



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών

Τομέας Τοπογραφίας

Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας

**ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΝΑΥΠΗΓΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ
ΣΚΑΦΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ
ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΓΕΙΟΥ ΣΑΡΩΤΗ LASER**



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ :

ΓΚΙΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΧΑΡΙΣΗΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2010

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών
Τομέας Τοπογραφίας
Εργαστήριο Γενικής Γεωδαισίας

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ :

ΓΚΙΚΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΧΑΡΙΣΗΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ

ΑΘΗΝΑ 2010

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σε όλη την διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας υπήρξαν πρόσωπα τα οποία βοήθησαν στην ολοκλήρωση της, τα οποία αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω.

Πρώτα και κύρια θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Γκίκα Βασίλειο, αρχικά για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπο μου, να μου αναθέσει το παρόν αντικείμενο, για την γενική εποπτεία που είχε στην εξέλιξη της εργασίας, καθώς και την καθοδήγηση του. Ειδικότερα τον ευχαριστώ για τις εύστοχες παρατηρήσεις και προτάσεις του όσο αφορά θέματα στις μετρήσεις του πειράματος, στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων, καθώς και για τις παρατηρήσεις του στο στάδιο της διαμόρφωσης των κειμένων.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιστημονικό Συνεργάτη κ. Δογγούρη Στέφανο, πρώτα για τις ενέργειες που έκανε ώστε να υπάρξει καλή συνεργασία με την σχολή των Ναυπηγών Μηχανικών. Επίσης τον ευχαριστώ για την γενικότερη παρακολούθηση και καθοδήγηση σε όλα τα στάδια της εργασίας από την οργάνωση των μετρήσεων μέχρι και την διόρθωση κειμένων.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες στον Καθηγητή κ. Γεωργόπουλο Ανδρέα του τομέα Φωτογραμμετρίας, που κίνησε τις διαδικασίες για την μέτρηση με το Laser Scanner καθώς και την υποψήφια Διδάκτωρ κ. Βαλάνη Άρτεμις για την αμέριστη βοήθεια της τόσο στην διαδικασία σάρωσης του μοντέλου όσο και στην εκμάθηση χειρισμού των αντίστοιχων προγραμμάτων χειρισμού και επεξεργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ πολύ τον καθηγητή κ. Γρηγορόπουλο Γρήγορη της σχολής των Ναυπηγών Μηχανικών που έδωσε την άδεια χρήσης του μοντέλου σκάφους του πειράματος, καθώς και για τις θεωρητικές πληροφορίες που έδωσε όσο αφορά τις ναυπηγικές έννοιες.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

Περιεχόμενα.....	1
Ευρετήριο Πινάκων.....	4
Ευρετήριο Σχημάτων.....	6
Ευρετήριο Εικόνων.....	7
Γλωσσάριο.....	13
Περίληψη.....	16
ABSTRACT.....	17
Εισαγωγή.....	18

ΚΕΦ. 1: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ (ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ - ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ-ΑΚΡΙΒΕΙΕΣ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ-ΣΦΑΛΜΑΤΑ)

1.1 Βιομηχανική Γεωδαισία (Σκοπός -Ακρίβειες-Μέσα -Εφαρμογές).....	22
1.2 Μεθοδολογίες βιομηχανικής γεωδαισίας.....	25
1.2.1 Μέθοδος Εμπροσθοτομίας.....	25
1.2.2 Μέθοδος πολικών συντεταγμένων.....	31
1.3 Πηγες σφαλμάτων στην βιομηχανική γεωδαισία.....	33
1.3.1 Σφάλματα χειριστών.....	33
1.3.2 Σφάλματα οργάνων.....	33
1.3.3 Σφάλματα περιβάλλοντος.....	35
1.4 Είδη Σφαλμάτων.....	37

ΚΕΦ. 2 : ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ-ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

2.1 Βασικά στοιχεία ναυπηγικής(ορισμοί).....	40
2.2 Κανονισμοί – Υπάρχοντα Συστήματα – Μετρήσεις Σε Σκάφη.....	42
2.2.1 Κανονισμοί.....	42
2.2.2 Υπάρχοντα συστήματα μέτρησης.....	43
2.2.3 Μετρήσεις σε σκάφη.....	45
2.3 Αντικείμενο πειράματος (Συστηματική σειρά ταχυπλόων με διπλή ακμή -NTUA series).....	46

ΚΕΦ.3 :ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

3.1 LEICA TPS 300 (TCR303).....	54
3.2 Topcon IS 203 (Imaging Station).....	57
3.3 Laser Scanner Leica HDS 2500.....	61
3.4 Cyclone 5.8.....	62
3.5 Geomagic 9.....	67

ΚΕΦ. 4 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

4.1 Εξοικείωση με τα όργανα.....	70
4.2 Οργάνωση τελικών μετρήσεων.....	71
4.3 Πρώτη σειρά μετρήσεων με Laser Scanner Leica HDS 2500.....	73
4.3.1 Πρόγραμμα διαχείρισης laser scanner στο πεδίο : Cyclone 5.8.....	74
4.4 Δεύτερη σειρά μετρήσεων με Topcon IS(203).....	76
4.4.1 Πρώτη φάση μέτρησης (ταχυμετρική αποτύπωση σημείων).....	78
4.4.2 Δεύτερη φάση μέτρησης (Scanning).....	80
4.5 Δεύτερη σειρά μετρήσεων με Leica TCR 303.....	83

ΚΕΦ. 5 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 Επεξεργασία μετρήσεων σάρωσης με Laser Scanner HDS 2500.....	88
5.1.1 Επεξεργασία μέσω προγράμματος Cyclone 5.8.....	88
5.1.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν.....	94
5.1.3 Θεωρητική προσέγγιση μετασχηματισμού από την μια θέση σάρωσης στην άλλη.....	94
5.1.4 Επεξεργασία μετρήσεων μέσω του προγράμματος Geomagic 9.....	100
5.1.4.α. Πρώτη μέθοδος χάραξης νομέων.....	109
5.1.4.β. Δεύτερη μέθοδος χάραξης νομέων.....	114
5.1.5 Σχεδιαστική απόδοση σάρωσης στο σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD.....	123
5.1.6 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν.....	127
5.2 Επεξεργασία δεδομένων μετρήσεων με Topcon IS.....	128
5.2.1 Πρώτο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων. Υπολογισμός συντεταγμένων.....	128
5.2.1.α Δεδομένα ταχυμετρικής αποτύπωσης.....	128

5.2.1.β Δεδομένα σάρωσης του μοντέλου.....	130
5.2.2 Δεύτερο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων. Σχεδιαστική απόδοση συντεταγμένων.....	131
5.2.2.α Δεδομένα ταχυμετρικής αποτύπωσης.....	131
5.2.2.β Δεδομένα σάρωσης.....	138
5.3 Επεξεργασία δεδομένων μετρήσεων με Leica TCR 303.....	146
5.3.1 Πρώτο στάδιο επεξεργασίας. Υπολογισμός συντεταγμένων.....	146
5.3.2 Δεύτερο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων. Σχεδιαστική απόδοση.....	148

ΚΕΦ. 6 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1 Σύγκριση σειρών μετρήσεων σε (χρονική ,πρακτική).....	152
6.1.1. Χρονική σύγκριση σειρών μετρήσεων.....	152
6.1.2. Σύγκριση σειρών μετρήσεων σε πρακτικό επίπεδο.....	153
6.2 Σύγκριση τελικών αποτελεσμάτων συντεταγμένων από τις μετρήσεις με τους γεωδαιτικούς σταθμούς.....	154
6.3 Σύγκριση γεωμετρικών στοιχείων του σκάφους από τις σειρές μετρήσεων με τους γεωδαιτικούς σταθμούς.....	159
6.4 Σύγκριση τυπικών σφαλμάτων ταχυμετρικών μετρήσεων προς ένα κοινό σημείο από νόμο μετάδοσης σφαλμάτων.	161

ΚΕΦ. 7 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΤΗΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

7.1 Διαδικασία ταύτισης σχεδίων από μετρήσεις με τους γεωδαιτικούς σταθμούς..	164
7.2 Σχεδιαστική απόδοση ταύτισης (σύγκριση).....	165

ΚΕΦ. 8 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 174

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ..... 180

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟ TOPCON IS..... 181

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ TOPCON IS

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ LEICA TCR 303..... 193

ΠΙΝΑΚΑΣ :ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ LEICA TCR303 ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΣΤΡΟΦΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ 200g ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΤΟ TOPCON IS

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....206

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Αντιστοιχία τύπων οργάνων με εφαρμογές της βιομηχανικής Γεωδαισίας.....	23
Πίνακας 1.2: Αντιστοιχία εφαρμογών, οργάνων, και ακριβειών ανάλογα με τις διαστάσεις του αντικειμένου.....	24
Πίνακας 2.1: Τα χαρακτηριστικά των προτύπων σκαφών, της συστηματικής σειράς ταχύπλοων με διπλή ακμή, του ΕΜΠ.....	52
Πίνακας 3.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά Leica TCR 303.....	55
Πίνακας 3.2: Τεχνολογίες οργάνου Topcon IS.....	58
Πίνακας 3.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά Topcon IS 203.....	60
Πίνακας 4.1: Αντιστοιχία μετρήσεων με όργανα μέτρησης, στάσεις μέτρησης, μεθόδους μέτρησης και προγράμματα επεξεργασίας.....	73
Πίνακας 5.1: Δεδομένα τελικού μετασχηματισμού.....	89
Πίνακας 5.2: Δεδομένα μετασχηματισμού με ανισοβαρείς παρατηρήσεις.....	90
Πίνακας 6.1: Χρόνοι σειρών μετρήσεων.....	152
Πίνακας 6.2: Παρουσίαση και σύγκριση συντεταγμένων, κοινών σημείων του σκάφους, από τις δυο μετρήσεις.....	154
Πίνακας 6.3: Απόλυτες διαφορές συντεταγμένων και συχνότητα εμφάνισης τους...156	
Πίνακας 6.4: Παρουσίαση και σύγκριση μήκων γεωμετρικών στοιχείων του σκάφους από τις δυο μετρήσεις.....	159
Πίνακας 6.5: Ακρίβειες γεωδαιτικών σταθμών.....	161
Πίνακας : 8.1 Αρμοδιότητες Τοπογραφίας και Ναυπηγικής Επιστήμη.....	177
Πίνακας: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ Πίνακας : ΜΕΤΡΗΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΑΧΥΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΤΗΣ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ TOPCON IS (Παραρτημα)...	181
Πίνακας: ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΣΕΩΝ, ΤΑΧΥΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΩΝ ΣΑΡΩΣΗΣ , ΠΟΥ ΜΕΤΡΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ TOPCON IS (Παραρτημα).....	187
Πίνακας: ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ LEICA TCR303 (Παράρτημα).....	193

LEICA TCR303 ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΣΤΡΟΦΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ 200g ΣΕ
ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΤΟ TOPCON IS
(Παράρτημα).....199

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Σχηματική παράσταση εμπροσθοτομίας. Όπου : A,B :Θεοδόλιχα, Γ : Σημείο παρατήρησης.....	26
Σχήμα 1.2: Το γραμμικό σφάλμα δ λόγω σγ.....	30
Σχημα 1.3: Περιοχή αβεβαιότητας στην εμπροσθοτομία λόγω σφαλμάτων των γωνιών.....	30
Σχήμα 1.4: Πολικές συντεταγμένες.....	31
Σχήμα 1.5: Ελλείψεις σφάλματος σημείων με 2 θεοδόλιχα τοποθετημένα αντικριστά.....	34
Σχήμα 1.6: Έλλειψης σφάλματος σημείων από όργανα που έχουν υψηλή ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων σε σχέση με την ακρίβεια μέτρησης διευθύνσεων.....	35
Σχήμα 1.7: Έλλειψης σφάλματος σημείων από όργανα που έχουν υψηλή ακρίβεια μέτρησης διευθύνσεων σε σχέση με την ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων.....	35
Σχήμα 2.1: Σχέδιο γραμμών του πατρικού σκάφους της συστηματικής σειράς του EMΠ (το σχέδιο εγκαρσίων τομών είναι σε μεγέθυνση επί 3) [Εγχειρίδιο συστηματικής σειράς ταχύπλοων με διπλή ακμή Savitsky].....	47
Σχήμα 4.1: Προσανατολισμός του συστήματος αναφοράς ως προς τον Y άξονα στην μέτρηση με TOPCON IS.....	78
Σχήμα 4.2: Άξονες X,Y τρισδιάστατων συστημάτων αναφοράς για τις δυο σειρές μετρήσεων. XY πρώτη σειρά μετρήσεων , X'Y' δεύτερη σειρά.....	84
Σχήμα 4.3: Στροφή συστήματος αναφοράς (XYZ)´ ως προς το XYZ κατά 200 g.....	84
Σχήμα 5.1 : Τρισδιάστατος μετασχηματισμός στέρεου σώματος [Rigid Body Transformation Files].....	95

***Εκτός από τα σχήματα 2.1 και 5.1, τα υπόλοιπα έχουν σχεδιαστεί στο πρόγραμμα AutoCAD.**

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 : Χαρακτηριστικά μήκη σκαφών. [http://el.wikipedia.org/wiki/Κυριες διαστάσεις πλοίου].	41
Εικόνα 2.2 : Ναυπηγικές γραμμές σχεδιασμού. [http://el.wikipedia.org/wiki/Κυριες διάσταση πλοίου].	44
Εικόνα 2.3 : Ναυπηγικό σχέδιο εγκαρσίων γραμμών (νομέων), εγκάρσια όψη. Το ΔΕ μέρος είναι από πλώρη μέχρι μέσον(πλωραίο τμήμα) και το AP από πρύμνη(πρυμναίο τμήμα) μέχρι μέσον (μέσου νομέα). [http://el.wikipedia.org/wiki/ Ναυπηγικές γραμμές].	44
Εικόνα 2.4 : Γενική όψη μοντέλου [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].	48
Εικόνα 2.5 : Οριζοντιογραφία 1.Εσωτερικο γάστρας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].	48
Εικόνα 2.6 : Οριζοντιογραφία 2.Κατοψη. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].	49
Εικόνα 2.7 : Πλάγια όψη 1.Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].	49
Εικόνα 2.8 : Πλάγια όψη 2.Εξωτερικο γάστρας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].	50
Εικόνα 2.9 : Εγκάρσια όψη .Πλωραίο τμήμα. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].	50
Εικόνα 2.10 : Εγκάρσια όψη. Πρόσοψη [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].	51
Εικόνα 3.1 : LEICA TPS300 (TCR 303) [www.leica-geosystems.com].	54
Εικόνα 3.2 : TOPCON IS[www.treecomp.gr].	57
Εικόνα 3.3 : Τεχνολογία Τηλεχειρισμού (iCONTROL) [www.treecomp.gr].	58
Εικόνα 3.4 : Οθόνη Αφής [www.treecomp.gr].	59
Εικόνα 3.5 : Χειριστήριο Πεδίου FC-200 [www.treecomp.gr].	59
Εικόνα 3.6 : Laser Scanner Leica HDS 2500 και παρελκόμενα. [www.leica-geosystems.com].	61
Εικόνα 3.7 : Σάρωση Σωληνώσεων. [www.leica-geosystems.com].	64

Εικόνα 3.8 : Πεδίο Εργασίας [www.leica-geosystems.com].....	65
Εικόνα 3.9 : Αποτέλεσμα δυο σαρώσεων ενός δρόμου [www.leica-geosystems.com].....	66
Εικόνα 3.10 : Σάρωση στόχου HDS [www.leica-geosystems.com]	66
Εικόνα 3.11 : Geomagic Studio 9 - Σχεδιαστικό περιβάλλον [www.mcadonline.com].....	68
Εικόνα 3.12 : Geomagic Studio 9 - Σχεδιαστικό περιβάλλον [www.mcadonline.com].....	69
Εικόνα 3.13 : Geomagic Studio 9 - Σχεδιαστικό περιβάλλον [www.mcadonline.com].....	69
Εικόνα 4.1: Διαδικασία μεταφοράς μοντέλου με γερανό.....	72
Εικόνα 4.2: Τελική θέση μοντέλου. Πρώτη θέση για μέτρηση με Laser Scanner.....	72
Εικόνα 4.3 : Θέση σάρωσης 1. [Cyclone 5.8].....	75
Εικόνα 4.4 : Θέση σάρωσης 2. [Cyclone 5.8].....	75
Εικόνα 4.5 : Περιοχή με μεγαλύτερες πιθανότητες σφάλματος στην καρίνα του σκάφους(μπλε γραμμοσκίαση).....	77
Εικόνα 4.6 : Νέα θέση σκάφους.....	77
Εικόνα 4.7 : Διαδικασία μέτρησης με Topcon IS.....	80
Εικόνα 4.8 : Αποθηκευμένη εικόνα πεδίου σάρωσης όπως φαίνεται από την οθόνη του οργάνου. [TopconLink].....	81
Εικόνα 4.9 : Παράθυρο πεδίου σάρωσης στην πλευρά της πρύμνης. [TopconLink].....	82
Εικόνα 4.10 : Παράθυρο πεδίου σάρωσης στην πλευρά της πλώρης. [TopconLink].....	82
Εικόνα 4.11 Έλεγχος μετρήσεων μέσω του προγράμματος «TopconLink» στο πεδίο.....	83
Εικόνα 4.12 : Μέτρηση με Leica TCR 303.....	86
Εικόνα 5.1 : Scanworld 1-Controlspace (Σάρωση από θέση 1 χωρίς επεξεργασία) [Cyclone 5.8].....	91
Εικόνα 5.2: Scanworld 2 -Controlspace (Σάρωση από θέση 2 χωρίς επεξεργασία.) [Cyclone 5.8].....	91
Εικόνα 5.3: Scanworld 1-Controlspace (υπό επεξεργασία) [Cyclone 5.8].....	92
Εικόνα 5.4 : Scanworld 2-Controlspace (τελικό) [Cyclone 5.8].....	92
Εικόνα 5.5 : Registration -Modelspace(υπό επεξεργασία) [Cyclone 5.8].....	93

Εικόνα 5.6: Registration-Modelspace (τελικό) [Cyclone 5.8].....	93
Εικόνα 5.7: Εικόνα κατά την διαδικασία μείωσης του θορύβου του νέφους σημείων. Η κλίμακα αναφέρεται στο όριο απόκλισης (deviation limit). [Geomagic 9].....	102
Εικόνα 5.8 : Αποτέλεσμα μετά από την εντολή Wrap. [Geomagic 9].....	103
Εικόνα 5.9 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Wrap (μεγέθυνση). [Geomagic 9].....	103
Εικόνα 5.10 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Relax Polygons. [Geomagic 9].....	104
Εικόνα 5.11 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Relax Boundaries. [Geomagic 9].....	105
Εικόνα 5.12 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Fill Holes [Geomagic 9].....	106
Εικόνα 5.13 : Μοντέλο πριν την εφαρμογή της εντολής Sandpaper. [Geomagic 9].	107
Εικόνα 5.14 : Αποτέλεσμα μετά την εφαρμογή της εντολής Sandpaper [Geomagic 9].....	107
Εικόνα 5.15 : Geomagic 9 - Κορυφή Πλήρης Μοντέλου [Geomagic 9].....	108
Εικόνα 5.16 : Πρώτος νομέας του σκάφους (νομέας 0).....	110
Εικόνα 5.17 : Χαρακτηριστικά σημεία νομέα από σχέδιο ναυπηγών σε περιβάλλον AutoCAD. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].....	111
Εικόνα 5.18 : Απόσταση σημείου 2 από πλευρικό όριο γάστρας [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].....	111
Εικόνα 5.19 : Απόσταση σημείου 3 από αριστερή κορυφή πρύμνης. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].....	112
Εικόνα 5.20 : Επίπεδο μηδενικού νομέα. [Geomagic 9].....	113
Εικόνα 5.21 : Επίπεδα νομέων. [Geomagic 9].....	113
Εικόνα 5.22 : Τελική εικόνα μοντέλου με νομείς. [Geomagic 9].....	114
Εικόνα 5.23 Αποτέλεσμα μετά από εντολή «Mirror Object» [Geomagic 9].....	115
Εικόνα 5.24 : Χαρακτηριστικά σημεία για εφαρμογή της εντολής «Alignment» [Geomagic 9].....	116
Εικόνα 5.25 : Νέφος σημείων σάρωσης, μοντελοποιημένη επιφάνεια σκάφους, και σημεία αποτύπωσης (κόκκινο χρώμα) μετά από την εφαρμογή της εντολής «Alignment» [Geomagic 9].....	117
Εικόνα 5.26 : Απόσταση μεταξύ σημείου σάρωσης(1) και σημείου αποτύπωσης(2), 0.002 m. [Geomagic 9].....	118
Εικόνα 5.27 : Διαδικασία χάραξης νομέων με την εντολή «Cross Section» [Geomagic 9].....	119
Εικόνα 5.28 : Τελικοί νομείς με την τρίτη μέθοδο χάραξης νομέων. [Geomagic 9].	119

Εικόνα 5.29 : Προβληματικό σημείο στην τριγωνοποιημένη επιφάνεια της καρίνας. [Geomagic 9].....	121
Εικόνα 5.30 : Πλάγια όψη της καρίνας (τελικό αποτέλεσμα). [Geomagic 9].....	121
Εικόνα 5.31 :Εγκάρσια όψη. Νομείς σκάφους όπως φαίνονται από την πλώρη.(πλωραία όψη) [Geomagic 9].....	122
Εικόνα5.32 : Εγκάρσια όψη νομέων από την πρύμνη του σκάφους.(πρυμναία όψη) [Geomagic 9].....	123
Εικόνα 5.33: Γενική όψη μοντέλου. [AutoCAD Drawing].....	124
Εικόνα 5.34 : Οριζοντιογραφία 1. Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	124
Εικόνα 5.35 : Οριζοντιογραφία 2 .Κάτοψη. [AutoCAD Drawing].....	125
Εικόνα 5.36 : Εγκάρσια όψη. Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing].....	125
Εικόνα 5.37 : Εγκάρσια όψη. Πρόσοψη. [AutoCAD Drawing].....	126
Εικόνα 5.38 : Πλάγια όψη 1. Εξωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	126
Εικόνα 5.39 : Πλάγια όψη 2. Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	127
Εικόνα 5.40 : Καρίνα σκάφους→ Νομείς 13,14(πράσινες γραμμές). Ταύτιση ευθύγραμμου τμήματος και καμπύλης περιγράμματος καρίνας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].....	132
Εικόνα 5.41 : Περίγραμμα γάστρας →Νομείς 13,14 (πράσινες γραμμές). Ελάχιστη αποχή του ευθύγραμμου τμήματος και της καμπύλης του περιγράμματος κατά 0,001m. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].....	132
Εικόνα 5.42 : Καρίνα → Νομείς 16,17 (πράσινες γραμμές). Αποχή ανάμεσα στο ευθύγραμμο τμήμα (κόκκινο) και την καμπύλη της γάστρας(άσπρο) κατά 0,003m. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].....	133
Εικόνα 5.43 : Περίγραμμα γάστρας→ Νομείς 16,17 (πράσινες γραμμές). Αποχή ανάμεσα στο ευθύγραμμο τμήμα και την καμπύλη της γάστρας κατά 0,004m. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000].....	133
Εικόνα 5.44 : Τρισδιάστατη σχεδιαστική απόδοση του μοντέλου σε περιβάλλον AutoCAD.Μέτρηση με Topcon IS.....	134
Εικόνα 5.45 : Κάτοψη Νο1 του μοντέλου. [AutoCAD Drawing].....	136
Εικόνα 5.46 : Κάτοψη Νο2 του μοντέλου. [AutoCAD Drawing].....	136
Εικόνα 5.47 : Εγκάρσια όψη από πρύμνη (Πρυμναίο τμήμα). [AutoCAD Drawing].....	137
Εικόνα 5.48: Εγκάρσια όψη από πλώρη (Πρόσοψη). [AutoCAD Drawing].....	137
Εικόνα 5.49 : Πλάγια όψη 1. Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	138

Εικόνα 5.50 : Πλάγια όψη 2. Εξωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	138
Εικόνα 5.51 : Σχεδιαστική απόδοση σάρωσης και ταχυμετρικών σημείων. [AutoCAD Drawing].....	139
Εικόνα 5.52 : Περιοχές διερεύνησης αποστάσεων μεταξύ των σημείων σάρωσης.(Γαλάζια γραμμοσκίαση) [AutoCAD Drawing].....	140
Εικόνα 5.53 : Ενδεικτικές αποστάσεις ανάμεσα στα σημεία σάρωσης, στις περιοχές διερεύνησης , πάνω στην επιφάνεια της γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	140
Εικόνα 5.54 : Πρώτο αίτιο μεταβολής της απόστασης. Απόσταση αντικειμένου από το όργανο.....	141
Εικόνα 5.55 : Δεύτερο αίτιο μεταβολής της απόστασης. Κλίση του αντικειμένου. [AutoCAD Drawing].....	142
Εικόνα 5.56 : Κάτοψη Νο1 του μοντέλου.(Όπως φαίνεται το μοντέλο μέσα από το κατάστρωμα). [AutoCAD Drawing].....	143
Εικόνα 5.57 : Κάτοψη Νο2 του μοντέλου. Κάτοψη [AutoCAD Drawing].....	144
Εικόνα 5.58 : Εγκάρσια όψη από πρύμνη. Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing].....	144
Εικόνα 5.59 : Εγκάρσια όψη από πλώρη. Πλωραίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]...	145
Εικόνα 5.60 : Σημεία σάρωσης που βρίσκονται εκτός της πραγματικής επιφάνειας του μοντέλου.(Μεγέθυνση εγκάρσιας όψης από πλώρη) [AutoCAD Drawing].....	145
Εικόνα 5.61 : Γενική όψη μοντέλου. [AutoCAD Drawing].....	148
Εικόνα 5.62 : Οριζοντιογραφία Νο1 του μοντέλου. (Όπως φαίνεται το μοντέλο μέσα από το κατάστρωμα). [AutoCAD Drawing].....	149
Εικόνα 5.63 : Οριζοντιογραφία Νο2 του μοντέλου (Κάτοψη). [AutoCAD Drawing].....	149
Εικόνα 5.64 : Εγκάρσια όψη .Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing].....	150
Εικόνα 5.65 : Εγκάρσια όψη από πλώρη (Πρόσοψη). [AutoCAD Drawing].....	150
Εικόνα 5.66 : Πλάγια όψη 1.Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	151
Εικόνα 5.67 : Πλάγια όψη 2.Εξωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	151
Εικόνα 7.1: Γενική όψη μοντέλου.[AutoCAD Drawing].....	165
Εικόνα 7.2: Πλάγια όψη, πλωραίο τμήμα. [AutoCAD Drawing].....	165
Εικόνα 7.3: Πλάγια όψη. Ακμή καρίνας. [AutoCAD Drawing].....	166
Εικόνα 7.4: Πλάγια όψη, περίγραμμα γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	166
Εικόνα 7.5: Πλάγια όψη, πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing].....	166

Εικόνα 7.6: Οριζοντιογραφία Νο1 του μοντέλου (Όπως φαίνεται το μοντέλο μέσα από το κατάστρωμα). [AutoCAD Drawing].....	167
Εικόνα 7.7: Οριζοντιογραφία Νο2 του μοντέλου (Κάτοψη). [AutoCAD Drawing].....	167
Εικόνα 7.8: Μεγέθυνση κάτοψης. [AutoCAD Drawing].....	168
Εικόνα 7.9: Εγκάρσια όψη. Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing].....	168
Εικόνα 7.10: Εγκάρσια όψη από πλώρη (Πρόσοψη). [AutoCAD Drawing].....	169
Εικόνα 7.11: Απόσταση νομέων 5. Οριο γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	169
Εικόνα 7.12: Απόσταση νομέων 5. Καρίνα. [AutoCAD Drawing].....	170
Εικόνα 7.13: Απόσταση νομέων 8.Καρίνα [AutoCAD Drawing].....	171
Εικόνα 7.14: Απόσταση νομέων 11.Οριο γάστρας. [AutoCAD Drawing].....	172

ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ

Hull = γάστρα

Deck = κατάστρωμα

Waterline = ίσαλος γραμμή

Designed Load Water = ίσαλος σχεδιάσεως

Keel = τρόπιδα

L.W.L. = μήκος ισάλου

L.O.A. = ολικό μήκος

Central Line = κεντρική γραμμή

D = εκτόπισμα

Transverse Frames = νομείς

L/B = μήκος / πλάτος

W.S. = βρεχόμενη επιφάνεια

T = βύθισμα

LCG = διαμήκες κέντρο βάρους

TCR 303 = Γεωδαιτικός σταθμός της εταιρείας Leica Geosystems της σειράς TPS 300 με δυνατότητα μέτρησης χωρίς κατάφωτο (reflectorless)

EDM = αποστασιόμετρο

RS 232 = σειριακή έξοδος για «on-line» επικοινωνία γεωδαιτικών σταθμών με H/Y

IS = imaging station (σειρά γεωδαιτικών σταθμών Topcon με δυνατότητα λήψης φωτογραφιών από το πεδίο μέτρησης)

iSCAN = τεχνολογία σάρωσης μέχρι και 20 σημείων ανά δευτερόλεπτο της σειράς γεωδαιτικών ρομποτικών σταθμών Topcon IS

iDRIVE = τεχνολογία αφής για τον χειρισμό των γεωδαιτικών σταθμών Topcon IS

iCONTROL = τεχνολογία τηλεχειρισμού της σειράς Topcon IS

FC-200 = χειριστήριο πεδίου της σειράς Topcon IS

RC-3 = σύστημα εντοπισμού στόχου

HDS 2500 = (High Definition Survey) Μοντέλο laser scanner της εταιρείας Leica Geosystems

AC/DC = τροφοδοτικό ενέργειας

DSSP = ψηφιακή μορφή δειγματοληψίας και επεξεργασίας του προγράμματος
Geomagic Studio 9

Scanworld = κάθε Scanworld περιέχεται σε project και περιέχει τα Control space,
model space, scans, images. Κάθε scan world αντιστοιχεί σε μια θέση σάρωσης.

Controlspace = Μενού του προγράμματος Cyclone 5.8 από το οποίο γίνονται όλες οι
διαδικασίες πεδίου κατά την σάρωση. Επιλογή πεδίου σάρωσης, παραμέτρων
σάρωσης, φωτογράφιση πεδίου, σάρωση.

Modelspace = μενού του προγράμματος Cyclone μέσα στο οποίο γίνεται η
επεξεργασία της σάρωσης.

Auto-Add Constraints = Αυτόματη εισαγωγή παραμέτρων. Εντολή για την εισαγωγή
ειδικών στόχων σάρωσης κατά την διαδικασία μετασχηματισμού

View Interim Results = Εντολή για να φανεί η σχεδιαστική απόδοση του
μετασχηματισμού σε κάθε δοκιμή

Occupation Point = στάση οργάνου

Backsite Point = Σημείο προσανατολισμού του οργάνου

Observation points = ταχυμετρικά σημεία

SD = Slope Distance (Κεκλιμένη απόσταση)

Scanning = Σάρωση

Grid = Κάνναβος

HD = Οριζόντια απόσταση

VD = Κάθετη απόσταση

Probe = έλεγχος

TopconLink = Λογισμικό επεξεργασίας μετρήσεων και προβολής αποτελεσμάτων
από την μέτρηση με τον γεωδαιτικό σταθμό Topcon IS. Προβολή μετρημένων
στοιχείων και συντεταγμένων σε πίνακες. Προβολή συντεταγμένων σημείων σε Cad
μορφή.

Cad = σχεδιαστική απόδοση δεδομένων

Prisme Type = Είδος πρίσματος

RL = reflectorless

p.p.m. = μέρη στο εκατομμύριο

Mean Absolute Error = τυπικό σφάλμα μεταβλητότητας

Coincident = Συμπίπτων (από πίνακα Constraint list)

Constraint List = λίστα αποτελεσμάτων μετασχηματισμού

Weight = βάρος

Vector = διάνυσμα

Horz = οριζόντια

Vert = κάθετα

Translation = μετάθεση

Rotation = στροφή

Perpendicular = κάθετος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος αυτής της εργασίας, είναι η γεωμετρική τεκμηρίωση μοντέλων σκαφών με Γεωδαιτικές μεθόδους. Για αυτό το σκοπό χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο ταχύπλου σκάφους της Σχολής των Ναυπηγών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. Για την εξυπηρέτηση του σκοπού της παρούσας εργασίας έγινε χρήση τριών διαφορετικών μετρητικών διατάξεων.

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν είναι ο Σαρωτής Laser Leica HDS 2500, και δυο Γεωδαιτικοί Σταθμοί .Ο Topcon IS και ο Leica TCR 303. Τα λογισμικά, χειρισμού οργάνων και επεξεργασίας των αποτελεσμάτων που χρησιμοποιήθηκαν είναι, το Cyclone 5.8 της Leica Geosystems, το Geomagic 9, το Topcon Link και το AutoCAD.

Σε πρώτη φάση, έγιναν προκαταρκτικές μετρήσεις με τα όργανα, για την εξοικείωση με τον τρόπο λειτουργίας τους. Η πρώτη πειραματική μέτρηση έγινε με τον Σαρωτή Laser. Οι μετρήσεις με τους Γεωδαιτικούς Σταθμούς έγιναν σε επόμενη φάση με αποτέλεσμα την επανατοποθέτηση του μοντέλου σε άλλη θέση λόγω πρακτικής δυσχέρειας.

Το αποτέλεσμα της σάρωσης του σκάφους είναι η δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου επιφανείας. Η χάραξη των νομέων έγινε με δυο μεθοδολογίες. Στην πρώτη επιχειρήθηκε η εξαγωγή των νομέων του σκάφους από το ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας, υλοποιώντας τον πρώτο νομέα με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της θέσης του πάνω στο σκάφος, από το σχέδιο των Ναυπηγών Μηχανικών. Στην δεύτερη έγινε ταυτοποίηση του μοντέλου επιφάνειας με τους ήδη σχεδιασμένους νομείς στην επιφάνεια του σκάφους. Το αποτέλεσμα της μέτρησης με τον Γεωδαιτικό Σταθμό Topcon IS είναι η αποτύπωση των χαρακτηριστικών σημείων που αναπαριστούν την γεωμετρία τους σκάφους, καθώς και νέφος σημείων με βήμα 0,03m που περιγράφουν την επιφάνεια της γάστρας. Το αποτέλεσμα της μέτρησης με τον Γεωδαιτικό Σταθμό Leica TCR303 είναι η αποτύπωση χαρακτηριστικών σημείων που περιγράφουν την γεωμετρία του σκάφους (περίγραμμα γάστρας, νομείς).

Στην φάση ανάλυσης έγινε σύγκριση των μεθόδων και αποτελεσμάτων ποιοτικά και ποσοτικά. Όσο αφορά τα αποτελέσματα των μετρήσεων με τα δυο Total Stations, έγινε σύγκριση συντεταγμένων κοινών χαρακτηριστικών σημείων καθώς και σύγκριση των διαστάσεων κοινών γεωμετρικών στοιχείων από τις δυο μετρήσεις. Επίσης έγινε σύγκριση των σχεδιαστικών αποδόσεων στο περιβάλλον του

προγράμματος AutoCAD. Όσο αφορά τις δυο σαρώσεις, από τον ρομποτικό γεωδαιτικό σταθμό Topcon και το τον επίγειο σαρωτή Laser έγινε σύγκριση των νεφών ως προς την ποιότητα αναπαράστασης της επιφάνειας του σκάφους.

Στο τελικό μέρος της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται συμπεράσματα που εξάγονται από τις παραπάνω αναλύσεις.

ABSTRACT

Objective of this work, is the geometric documentation of models of ships with surveying methods. On this aim was used a model of high speed ship of School of Naval Architecture and Marine Engineering of N.T.UA. For the service of aim of present work became use of three different metric stations.

The stations that were used are Laser Scanner Leica HDS 2500, and two total stations Topcon IS and Leica TCR 303. The softwares, handling of stations and treatment of results that was used it is, Cyclone 5.8, Geomagic 9, Topcon Link and AutoCAD.

In first phase, became preliminary measurements with total stations for the familiarization with their way of operation. The first experimental measurement became with Laser Scanner. The measurements with Total Stations became in next phase. Then became treatment of measurements, export of results and conclusions

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το εισαγωγικό κεφαλαίο περιγράφονται συνοπτικά το αντικείμενο και ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας, οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν, τα όργανα καταγραφής καθώς και τα περιεχόμενα κάθε κεφαλαίου.

Αντικείμενο Διπλωματικής Εργασίας

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία έγινε αποτύπωση και σάρωση της γάστρας ενός μοντέλου ταχύπλου σκάφους της Σχολής των Ναυπηγών Μηχανικών, με τρία διαφορετικά καταγραφικά όργανα. Τον επίγειο Σαρωτή Laser Leica HDS 2500, το ρομποτικό Γεωδαιτικό σταθμό Topcon IS και το Γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 303. Από την διαδικασία των μετρήσεων έγινε επεξεργασία αποτελεσμάτων και σχεδιασμός του σκάφους μέσω των βασικών ναυπηγικών γραμμών του, που είναι οι νομείς.

Σκοπός

Κυρίως στόχος της παρούσας εργασίας είναι η εξαγωγή αποτελεσμάτων (συντεταγμένες, μοντελοποιημένη επιφάνεια γάστρας, σχέδιο γάστρας) που να αποτελούν χρήσιμες και εκμεταλλεύσιμες πληροφορίες για την Ναυπηγική Επιστήμη. Συγκεκριμένα με τον σχεδιασμό της γάστρας του σκάφους, που αποδίδει τις διαστάσεις και με την χάραξη των νομέων που αποδίδουν τις διαστάσεις και την γεωμετρία του σκάφους, η ναυπηγική επιστήμη έχει τα δεδομένα που χρειάζονται για την εξαγωγή συμπερασμάτων για την πλευστότητα του σκάφους και την δυναμική συμπεριφορά. Όπως η αντίσταση του σκάφους, η ευστάθεια, η συμπεριφορά στον κυματισμό, το εκτόπισμα, η χωρητικότητα των κυτών κ.α.

Σειρά εργασιών - Μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν

Όπως αναφέρθηκε έγιναν τρεις διαφορετικές σειρές μετρήσεων. Σε κάθε σειρά αντιστοιχεί ένα όργανο καταγραφής, η στάση μέτρησης του οργάνου, η αντίστοιχη μεθοδολογία μέτρησης και τα αντίστοιχα προγράμματα επεξεργασίας των μετρήσεων. Η χρονική σειρά των μετρήσεων παρουσιάζεται συνοπτικά :

1. Σάρωση του σκάφους με τον επίγειο σαρωτή Laser Scanner Leica HDS 2500 από δυο θέσεις σάρωσης, περίπου αντιδιαμετρικές σε σχέση με την θέση της

ου επιφάνειας από το

νέφος σημείων και χάραξη των νομέων πάνω σε αυτή.

2. Σάρωση γάστρας και αποτύπωση σημείων με το ρομποτικό Γεωδαιτικό σταθμό Topcon IS. Οι μετρήσεις έγιναν από την στάση Σ_1 . Η αποτύπωση έγινε με την μέθοδο των Πολικών Συντεταγμένων και τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των μετρήσεων είναι τα «TopconLink» και «AutoCAD».
3. Αποτύπωση σημείων της γάστρας με τον Γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 303. Η μέτρηση έγινε από την σταση Σ_2 , με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των μετρήσεων και των αποτελεσμάτων είναι τα «Microsoft Excel» και «AutoCAD»

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι για την διαδικασία χάραξης των νομέων έγινε συνεργασία των προγραμμάτων «AutoCAD» και «Geomagic 9».

Διαδικασία που περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφ.5.

α/α	ΟΡΓΑΝΟ	ΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
1	Laser Scanner Leica HDS2500	2 θέσεις σάρωσης	Σάρωση Επιφάνειας ανά 0,01 m	Cyclone 5.8 Geomagic 9
2	Topcon IS	Σ_1	Αποτύπωση σημείων με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων και σάρωση ανά 0,03 m	TopconLink AutoCAD
3	Leica TCR 303	Σ_2	Αποτύπωση σημείων με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων	Microsoft Excel AutoCAD

Πίνακας : Αντιστοιχία μετρήσεων με όργανα μέτρησης, στάσεις μέτρησης, μεθόδους μέτρησης και προγράμματα επεξεργασίας.

Δομή της εργασίας

Η διπλωματική εργασία αποτελείται από οκτώ κεφαλαία των οποίων το περιεχόμενο παρουσιάζεται συνοπτικά ως εξής :

- ΚΕΦ.1 : Αυτό το κεφαλαίο αναφέρεται στην Βιομηχανική Γεωδαισία περιγράφοντας τα βασικά χαρακτηριστικά της, τις περιοχές που βρίσκει εφαρμογή και τις ακρίβειες που επιδιώκονται. Γίνεται αναφορά στις γεωδαιτικές μεθόδους μέτρησης και στις αντίστοιχες ακρίβειες τους καθώς επίσης και στα είδη σφαλμάτων και τις πηγές σφαλμάτων στην Βιομηχανική Γεωδαισία.
- ΚΕΦ. 2 : Το κεφαλαίο αυτό αναφέρεται στα βασικά στοιχεία της ναυπηγικής επιστήμης, όπως βασικές ορολογίες, διάφοροι κανονισμοί για την μελέτη και σχεδίαση σκαφών, συστήματα αναφοράς των σκαφών και προϋποθέσεις μέτρησης. Επίσης γίνεται αναφορά στο μοντέλο σκάφους που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα.
- ΚΕΦ. 3 : Στο κεφαλαίο αυτό γίνεται περιγραφή των οργάνων, των παρελκόμενων και των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας.
- ΚΕΦ. 4 : Σε αυτό το κεφαλαίο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία των μετρήσεων του σκάφους. Αρχικά γίνεται αναφορά στις προκαταρκτικές μετρήσεις με σκοπό την εξοικείωση με τα όργανα. Έπειτα περιγράφονται αναλυτικά οι τελικές μέτρησης ξεκινώντας από την οργάνωση τους και καταλήγοντας στην ακριβή περιγραφή τους (όργανο, στάσεις, μεθοδολογία, προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, σκαριφήματα).
- ΚΕΦ. 5 : Σε αυτό το κεφαλαίο γίνεται αναλυτική περιγραφή της επεξεργασίας των μετρήσεων. Περιγράφονται αναλυτικά διαδικασίες επεξεργασίας μετρήσεων και αποτελεσμάτων που είναι νέφη σάρωσης και συντεταγμένες

ρίες πάνω στις οποίες στηρίζονται κάποιες αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

- ΚΕΦ. 6 : Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται σύγκριση μετρήσεων και αποτελεσμάτων. Οι μετρήσεις συγκρίνονται με κριτήριο την χρονική διάρκεια που χρειάστηκε για να ολοκληρωθούν καθώς και όσο αφορά το πρακτικό επίπεδο. Έπειτα γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων με τον ρομποτικό γεωδαιτικό σταθμό Topcon και τον Γεωδαιτικό σταθμό Leica. Επίσης γίνεται αναφορά σε πιθανά σφάλματα και πηγές σφαλμάτων που οδήγησαν στις οποίες διάφορες των αποτελεσμάτων.
- ΚΕΦ. 7 : Σε αυτό το κεφαλαίο γίνεται σύγκριση των σχεδιαστικών αποδόσεων από τις μετρήσεις με τον ρομποτικό γεωδαιτικό σταθμό Topcon IS και τον γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR 303.
- ΚΕΦ. 8 : Σε αυτό το κεφαλαίο παρατίθενται τα συμπεράσματα που βγαίνουν από τις διαδικασίες επιλογής οργάνων, μετρήσεων και επεξεργασίας ειδικότερα καθώς και το γενικό συμπέρασμα από το σύνολο της εργασίας.
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ : Τα παραρτήματα περιέχουν τους πίνακες των μετρημένων στοιχείων καθώς και τους πίνακες των αποτελεσμάτων (συντεταγμένες).

ΚΕΦ. 1: ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΓΕΩΔΑΙΣΙΑ (ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ - ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ-ΑΚΡΙΒΕΙΕΣ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ-ΣΦΑΛΜΑΤΑ)

1.1. Βιομηχανική Γεωδαισία (Σκοπός -Ακρίβειες-Μέσα -Εφαρμογές).

Η γεωδαισία είναι η επιστήμη που με παρατηρήσεις, μετρήσεις και υπολογισμούς προσδιορίζει τις θέσεις σημείων στο χώρο, σχήματα και μεγέθη εκτάσεων, επιφανειών, όγκων, ακόμη και το σχήμα και μέγεθος της γης ή ακόμα και το γήινο πεδίο βαρύτητας.

Από την άλλη, ο συνδυασμός της ανάγκης μετρήσεων αντικειμένων που δεν ανήκουν απλά στην φυσική γήινη επιφάνεια, αλλά είναι τμήματα αντικειμένων και κυρίως βιομηχανικών παραγωγών, και της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας οδήγησαν στην δημιουργία του κλάδου της Βιομηχανικής Γεωδαισίας. Πρέπει να αναφερθεί, ότι ο σχεδιασμός όλων των εξαρτημάτων βιομηχανικής παραγωγής, βασίζεται σε μαθηματικά μοντέλα, το οποία ακολουθούν τα αντίστοιχα μηχανήματα ώστε να παράγουν τα αντικείμενα χωρίς σημαντικές αποκλίσεις στην μορφολογία τους. Σε αυτό το σημείο υπεισέρχεται η Βιομηχανική Γεωδαισία ελέγχοντας τις διαστάσεις και το σχήμα των διάφορων παραγωγών. Με αυτό το σκοπό, γίνεται άμεσα κατανοητό ότι οι μετρήσεις είναι περισσότερο ακριβείς από την κλασική Γεωδαισία, με την χρήση των κατάλληλων οργάνων. Φυσικά κάθε μέτρηση έχει διαφορετικό σκοπό οπότε δεν υπάρχουν συγκεκριμένες ακρίβειες. Αυτές εξαρτώνται από την κάθε εργασία.

Για παράδειγμα στον βασικό βιομηχανικό τομέα της αεροναυπηγικής η παραμικρή απόκλιση από τον σχεδιασμό μπορεί να έχει δυσμενή αποτελέσματα. Έτσι γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι τέτοιου είδους μετρήσεις γίνονται σε πεδίο μικρής έκτασης (μικροτριγωνομετρικό δίκτυο). Οι πιο πολλές εφαρμογές της Βιομηχανικής Γεωδαισίας γίνονται σε τέτοιο δίκτυο. Εκτός από το ειδικό δίκτυο, χρησιμοποιούνται και τα κατάλληλα όργανα και μέθοδοι υψηλών ακριβειών. Αλλά παραδείγματα εφαρμογών αυτού του τομέα είναι η ναυπηγική, η διαστασιολόγηση βιομηχανικών κατασκευών, οι χαράξεις υψηλής ακρίβειας, η προσαρμογή μαθηματικών επιφανειών σε βιομηχανικά μέρη κατασκευών κ.λ.π.

Η εφαρμογή της Βιομηχανικής Γεωδαισίας στην ναυπηγική, μπορεί να γίνει για τον ακριβή προσδιορισμό των διαστάσεων και γενικά ναυπηγικών γραμμών κάποιου

σκάφους. Στην παρούσα εργασία, εφαρμόστηκε για τον προσδιορισμό των διαστάσεων και των νομέων ενός μοντέλου ταχύπλου σκάφος. Αναλυτικότερη περιγραφή παρουσιάζεται σε επόμενα κεφάλαια.

Σκοπός του συγκεκριμένου τομέα της επιστήμης, είναι ο προσδιορισμός των συντεταγμένων σημείων(X,Y,Z) αντικειμένων που είναι βιομηχανικά παράγωγα. Έτσι επιτυγχάνεται η απόδοση μορφής, διαστάσεων και σχήματος του αντικειμένου. Έχοντας αυτές τις πληροφορίες (συντεταγμένες, σχέδια) μπορεί να γίνει σύγκριση με τις προδιαγραφές του σχεδιαστή. Κάτι που γίνεται στην παρούσα διπλωματική.

Συνήθως οι μετρήσεις γίνονται έχοντας ιδρύσει ένα μικροτριγωνομετρικό δίκτυο γύρω από το αντικείμενο. Σε αυτόν το τομέα οι απαιτούμενες ακρίβειες είναι μεγάλης ακρίβειας, μέχρι και δεκάτων χιλιοστού. Γι αυτό το λόγο γίνεται χρήση ειδικών μεθοδολογιών και οργάνων υψηλής ακρίβειας.

Τα μέσα, όργανα, που χρησιμοποιούνται σήμερα για τις ανάγκες της Βιομηχανικής Γεωδαισίας είναι:

- Σύστημα ενός θεοδόλιχου με ενσωματωμένο αποστασιόμετρο (total station)
- Συστήματα χρήσης δύο ή περισσότερων θεοδόλιχων
- Συστήματα φωτογραμμετρίας
- Laser trackers
- Laser Scanners

Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει την αντιστοιχία των παραπάνω μέσων με γενικές εφαρμογές της Βιομηχανικής Γεωδαισίας.

Όργανα		Εφαρμογές
Total Stations	Πολικές συντεταγμένες (total stations)	Ναυπήγηση Αυτοκινητοβιομηχανία Κατασκευή σωληνώσεων στις χημικές βιομηχανίες Βιομηχανικές αποτυπώσεις
	Τομή οπτικών ακτινών (Εμπροσθοτομία)	Έλεγχος φτερών αεροσκαφών Έλεγχος ποιότητας σκελετών
Laser trackers		Αποτυπώσεις μεγάλης λεπτομέρειας Έλεγχος σχεδιασμού Έλεγχος ποιότητας σκελετών Κατασκευή οργάνων, εργαλείων
Φωτογραμμετρία		Έλεγχος ποιότητας σκελετών Έλεγχος σχεδιασμού

Πίνακας 1.1 : Αντιστοιχία τύπων οργάνων με εφαρμογές της βιομηχανικής Γεωδαισίας. [Γκουντινάκος Γ. 2004]

Φυσικά, όπως μπορεί να γίνει κατανοητό, ο παραπάνω πίνακας παραθέτει κάποιες από τις εφαρμογές, κάποια κλασικά παραδείγματα. Αυτονόητο είναι πως υπάρχει μια πληθώρα εφαρμογών αφενός, αφετέρου μπορεί να γίνουν αλλαγές στις παραπάνω αντιστοιχίες ανάλογα με τις ακρίβειες που πρέπει να επιτευχθούν. Για παράδειγμα μπορεί να γίνει έλεγχος ποιότητας σχεδιασμού με total stations αν δεν ζητούνται για μεγάλες ακρίβειες.

Μετά την γενική αναφορά σε ακρίβειες, παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με κάποιους γενικούς κανόνες που αντιστοιχούν όργανα–εφαρμογές-ακρίβειες.

Μέγιστη διάσταση Αντικειμένου(mm)	Απαιτούμενη ακρίβεια Μέτρησης(mm)	Διάστημα ανοχής Μετρήσεων(mm)	Παράδειγμα εφαρμογής	Όργανα
5000	0,2	0,05	Αεροδιαστημική	Laser tracker
10000	1	0,5	Αεροδιαστημική	Laser tracker Total Station Φωτογραμμετρία
15000	3	2	Ναυπήγηση	Total Station
1000	0,1	0,02	Αεροδιαστημική	Total Station Φωτογραμμετρία
10000	1	0,2	Ναυπήγηση	Total Station

Πίνακας 1.2 : Αντιστοιχία εφαρμογών, οργάνων, και ακριβειών ανάλογα με τις διαστάσεις του αντικειμένου. [Γκουντινάκος Γ. 2004]

Φυσικά τίποτα από τα παραπάνω δεν είναι δεσμευτικό. Η τελική επιλογή των οργάνων και των μεθοδολογιών εξαρτάται από το είδος της μελέτης. Την ακρίβεια της, το απαιτούμενο χώρο, το κόστος, το συνοδευόμενο λογισμικό, την ευχρηστία και ταχύτητα του συστήματος, τον απαιτούμενο αριθμό χρηστών και τις γνώσεις τους.

1.2 Μεθοδολογίες Βιομηχανικής Γεωδαισίας

Οι μεθοδολογίες της Βιομηχανικής Γεωδαισίας χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό των τρισδιάστατων συντεταγμένων X, Y, Z σημείων του αντικειμένου του πειράματος, στην εκάστοτε περίπτωση. Οι παραπάνω συντεταγμένες υπολογίζονται σε ένα τοπικό σύστημα αναφοράς. Φυσικά αυτό μπορεί να μετατραπεί, στο σύστημα αναφοράς του αντικειμένου με σκοπό την σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις προδιαγραφές του αντικειμένου. Η παραπάνω διαδικασία έχει σκοπό τον υπολογισμό της μορφής και των διαστάσεων του αντικειμένου σε μια δεδομένη χρονική στιγμή, ώστε να βρεθούν τυχόν αλλοιώσεις, ώστε να συνδεθούν τμήματα αντικειμένων με μεγάλη ακρίβεια κλπ.

Οι μεθοδολογίες είναι δύο. Η μέθοδος της εμπροσθοτομίας και η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων. Με την εμπροσθοτομία χρησιμοποιούνται δυο η περισσότερα θεοδόλγα, ενώ με την μέθοδο πολικών συντεταγμένων χρησιμοποιούνται laser trackers ή total stations. Όσο για τις μετρήσεις με συστήματα φωτογραμμετρίας παρουσιάζουν μια διαφορετική συλλογιστική ως προς το θέμα, η οποία θα περιγραφεί σε επόμενο κεφάλαιο.

1.2.1 Μέθοδος εμπροσθοτομίας

Στην μέθοδο τις εμπροσθοτομίας βασίζονται τα πρώτα συστήματα της βιομηχανικής γεωδαισίας. Με την απλή μέθοδο εμπροσθοτομίας υπολογίζονται οι συντεταγμένες ενός αγνώστου σημείου Γ , αν γίνουν μετρήσεις γωνιών ή αποστάσεων προς αυτό, από δυο σημεία A και B γνωστών συντεταγμένων.

Αρχικά θα αντιμετωπιστεί το πρόβλημα στο επίπεδο και έπειτα στον χώρο.

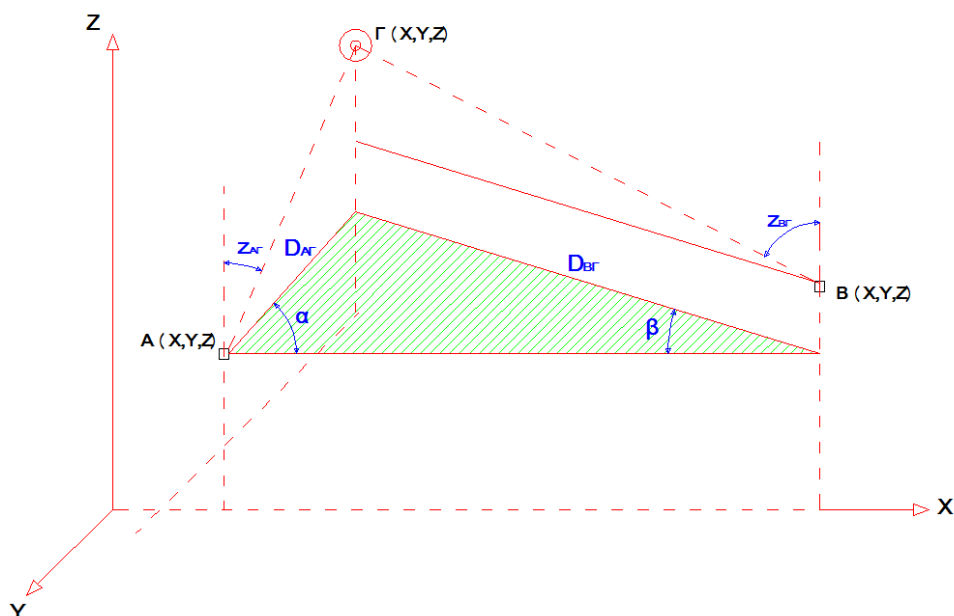
Στην περίπτωση αυτή : Δίνονται : X_A, Y_A, X_B, Y_B

Μετριοούνται : ή οι οριζόντιες γωνίες α και β ή τα
οριζόντια μήκη $D_{A\Gamma}$ και $D_{B\Gamma}$

Ζητούνται : X_Γ, Y_Γ

Είναι προφανές ότι όταν μετριοούνται τα μήκη σε λίγες περιπτώσεις είναι δυνατή η μέτρηση απ' ευθείας των οριζοντίων μηκών. Έτσι μετριοούνται κεκλιμένα μήκη και έπειτα γίνεται αναγωγή τους στο οριζόντιο επίπεδο ή στο επίπεδο προβολής, ανάλογα

με την έκταση, το είδος των εργασιών και την ακρίβεια. Επίσης πρέπει να τονισθεί ότι πρέπει να γίνονται όλες οι απαραίτητες διορθώσεις και αναγωγές στα μεγέθη που μετριοούνται.



Σχήμα 1.1: Σχηματική παράσταση εμπροσθοτομίας. Όπου : A,B :Θεοδόλιχα, Γ : Σημείο παρατήρησης.[Σχέδιο στο AutoCAD]

Από το παραπάνω σχήμα φαίνεται πως το τρίγωνο είναι κατασκευάσιμο σύμφωνα με την Ευκλείδεια Γεωμετρία. Αυτό γιατί η πλευρά AB είναι γνωστή ενώ κατά περίπτωση είναι γνωστές είτε οι προσκείμενες γωνίες είτε οι άλλες δυο πλευρές. Έτσι το πρόβλημα της εύρεσης των συντεταγμένων του σημείου Γ μπορεί να αντιμετωπιστεί με δυο τρόπους. Είτε έχοντας μετρημένες τις γωνίες α, β είτε τις αποστάσεις D_{AG} , D_{BG} . Παρακάτω περιγράφονται αυτές οι δυο μέθοδοι.

➤ **Επίλυση του τριγώνου ABΓ με μετρημένες τις γωνίες α,β.**

Η επίλυση ακολουθεί τα εξής στάδια :

α) Από τις συντεταγμένες των σημείων A και B, υπολογίζονται σύμφωνα με το 2^ο Θεμελιώδες πρόβλημα, το μήκος D_{AB} και οι γωνίες διεύθυνσης α_{AB} και α_{BA} .

$$D_{AB} = \sqrt{((X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2)}$$

$$\alpha_{AB} = \arctan \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

$$\alpha_{BA} = \arctan \frac{X_A - X_B}{Y_A - Y_B}$$

β) Με γνωστά το μήκος D_{AB} και τις μετρημένες γωνίες α και β , από τον νόμο των ημίτονων, υπολογίζονται τα μήκη D_{AG} και D_{BG} με τις παρακάτω σχέσεις :

$$D_{AG} = \frac{D_{AB} \cdot \sin \beta}{\sin(\alpha + \beta)}$$

$$D_{BG} = \frac{D_{AB} \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)}$$

γ) Με τις γνωστές γωνίες διεύθυνσης α_{AB} και α_{BA} και τις μετρημένες γωνίες α και β υπολογίζονται οι γωνίες διεύθυνσης των πλευρών AG και BG από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\alpha_{AG} = \alpha_{AB} + 400 - \alpha \quad \text{ή} \quad \alpha_{AG} = \alpha_{AB} + \alpha$$

$$\alpha_{BG} = \alpha_{BA} + 400 - \beta \quad \text{ή} \quad \alpha_{BG} = \alpha_{BA} + \beta$$

Οι παραπάνω σχέσεις για τον υπολογισμό των γωνιών διεύθυνσης, ισχύουν εναλλακτικά ανάλογα με την θέση του σημείου Γ ως προς την πλευρά AB .

Με δεδομένα τις συντεταγμένες των A και B , τα μήκη D_{AG} και D_{BG} και τις γωνίες διεύθυνσης των AG και BG , από το 1^ο Θεμελιώδες πρόβλημα, προκύπτουν οι συντεταγμένες του αγνώστου σημείου Γ , είτε από το A είτε από το B , από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\text{Από το } A : X_{\Gamma} = X_A + D_{AG} \sin \alpha_{AG}$$

$$Y_{\Gamma} = Y_A + D_{AG} \cos \alpha_{AG}$$

$$\text{Από το } B : X_{\Gamma} = X_B + D_{BG} \sin \alpha_{BG}$$

$$Y_{\Gamma} = Y_B + D_{BG} \cos \alpha_{BG}$$

Τελικά λαμβάνεται ο μέσος όρος από τις δυο λύσεις.

➤ **Επίλυση του τριγώνου ΑΒΓ με μετρημένα τα μήκη ΑΓ και ΒΓ.**

Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να τονισθεί ότι για να λυθεί το πρόβλημα επίλυσης του τριγώνου, πρέπει τα μήκη $D_{ΑΓ}$ και $D_{ΒΓ}$ να είναι ανοιγμένα στο επίπεδο χαρτογραφικής απεικόνισης. Άρα τα κεκλιμένα μήκη που έχουν μετρηθεί με EDM πρέπει να υποστούν τις απαραίτητες αναγωγές και διορθώσεις.

Βέβαια σε περιπτώσεις όπου το πεδίο μετρήσεων αποτελεί μια μικρή έκταση, τότε τα μήκη μπορεί να είναι οι οριζόντιες αποστάσεις που προκύπτουν από την σχέση :

$$D = L \sin z \quad \text{όπου: } D: \text{ οριζόντια απόσταση}$$
$$L: \text{ κεκλιμένη (μετρημένη)}$$
$$Z: \text{ ζενίθια γωνία}$$

Τα στάδια υπολογισμού των συντεταγμένων του σημείου Γ είναι :

α) Υπολογισμός της γωνίας διεύθυνσης $\alpha_{ΑΒ}$ και του μήκους $D_{ΑΒ}$.

$$\alpha_{ΑΒ} = \arctan \frac{X_B - X_A}{Y_B - Y_A}$$

$$D_{ΑΒ} = \sqrt{((X_B - X_A)^2 + (Y_B - Y_A)^2)}$$

β) Από το νόμο του συνημίτονου στο τρίγωνο ΑΒΓ, υπολογίζονται οι γωνίες του τριγώνου α και β , από τις παρακάτω σχέσεις :

$$\cos \alpha = \frac{D_{ΑΓ}^2 + D_{ΑΒ}^2 - D_{ΒΓ}^2}{2D_{ΑΓ}D_{ΑΒ}}$$

$$\cos \beta = \frac{D_{ΒΓ}^2 + D_{ΑΒ}^2 - D_{ΑΓ}^2}{2D_{ΒΓ}D_{ΑΒ}}$$

Τα υπόλοιπα στάδια είναι τα ίδια με την προηγούμενη περίπτωση.

➤ **Υπολογισμός z_{Γ}**

Στην περίπτωση που ενδιαφέρει να υπολογιστούν τις συντεταγμένες του σημείου Γ στον χώρο, υπολογίζουμε τις συντεταγμένες στο οριζόντιο επίπεδο με τους τρόπους που παρουσιάσαμε παραπάνω. Για να βρούμε το z_{Γ} επιλύονται ακόμα δυο τρίγωνα στο κατακόρυφο επίπεδο, με πρόσθετα στοιχεία την υψομετρική διαφορά των δυο οργάνων και τις ζενιθιες μετρημένες γωνίες $z_{A\Gamma}$ και $z_{B\Gamma}$.

Από το παραπάνω σχήμα, το ύψος του σημείου Γ από το οριζόντιο επίπεδο είναι :

$$z_{\Gamma} = D_{A\Gamma} \cos z_{A\Gamma} + z_A \quad (\text{από το τρίγωνο } A\Gamma\Gamma')$$

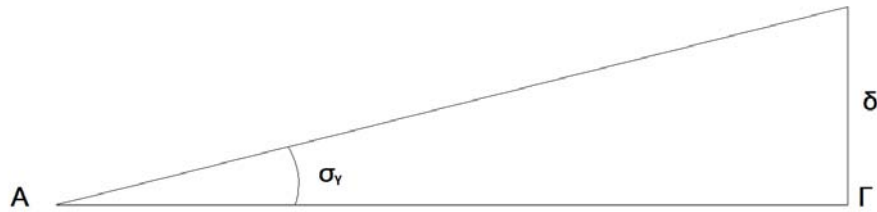
$$z_{\Gamma} = D_{B\Gamma} \cos z_{B\Gamma} + z_B \quad (\text{από το τρίγωνο } B\Gamma\Gamma')$$

Τελικά υπολογίζεται ο μέσος όρος από τα αποτελέσματα τα δυο παραπάνω τύπων. Φυσικά το επίπεδο αναφοράς μας, μιας και μιλάμε για μετρήσεις σε περιορισμένο χώρο είναι το οριζόντιο επίπεδο.

➤ **Ακρίβειες εμπροσθοτομίας.**

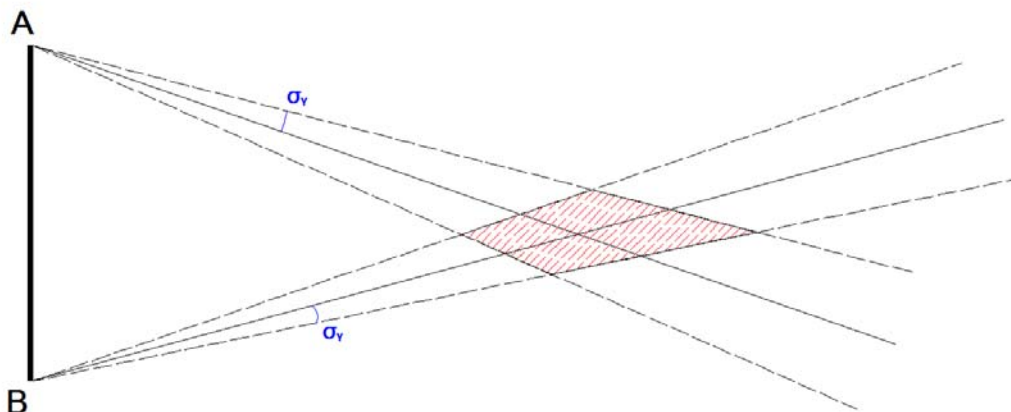
Η μέθοδος αυτή έχει δυο πλεονεκτήματα. Το ένα είναι η μεγάλη ακρίβεια που επιτυγχάνεται σε σχέση με άλλες μεθόδους και το άλλο ότι δεν απαιτείται το άγνωστο σημείο να προσεγγίζεται παρά μόνο να είναι ορατό. Η μεγάλη ακρίβεια δικαιολογείται από την δυνατότητα επίτευξης μεγαλύτερης ακρίβειας στην μέτρηση γωνιών από την μέτρηση μηκών (αποστάσεων).

Δυο είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν αυτή τη μέθοδο. Όσο μεγαλώνει η απόσταση ανάμεσα στο όργανο μέτρησης και το άγνωστο σημείο τόσο μεγαλώνει και το γραμμικό σφάλμα δ της αβεβαιότητας σ_{γ} που είναι κάθετο στην σκόπευση. Άρα όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση τόσο μεγαλύτερο είναι και το σφάλμα του προσδιοριζόμενου σημείου.



Σχήμα 1.2: Το γραμμικό σφάλμα δ λόγω σ_γ . (Σχέδιο στο AutoCAD), [Γκουντινάκος Γ. 2004]

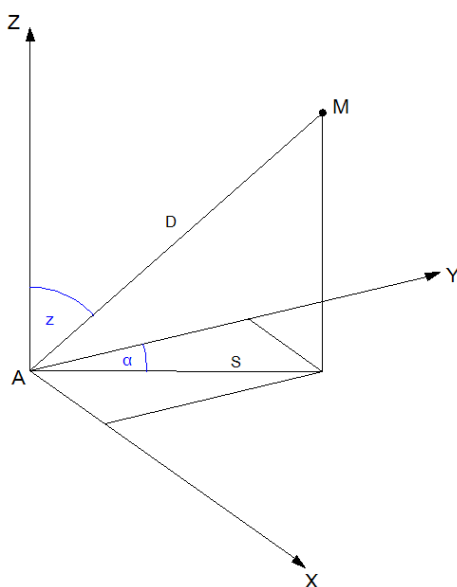
Ο δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει την μέθοδο της εμπροσθοτομίας είναι η γωνία τομής. Από το σχήμα φαίνεται ότι κάθε διεύθυνση που σκοπεύεται έχει μια περιοχή αβεβαιότητας. Όσο η γωνία τομής των δυο ευθειών τείνει να είναι οξεία ή αμβλεία τόσο μεγαλώνει και το εμβαδόν του τετράπλευρου που σχηματίζεται, με άμεσο αποτέλεσμα να μεγαλώνει και η αβεβαιότητα στον προσδιορισμό της θέσης του σημείου. Το ιδανικό είναι οι ευθείες να τέμνονται κάθετα. Έτσι το εμβαδόν θα είναι το μικρότερο που μπορεί να σχηματιστεί και η αβεβαιότητα θα είναι η μικρότερη. Πρακτικά είναι αδύνατον να σχηματιστεί ορθή γωνία. Οι αποδεκτές γωνίες τομής είναι από 65 – 130 βαθμούς.



Σχήμα 1.3: Περιοχή αβεβαιότητας στην εμπροσθοτομία λόγω σφαλμάτων των γωνιών. (Σχέδιο στο AutoCAD), [Γκουντινάκος Γ. 2004]

1.2.2. Μέθοδος πολικών συντεταγμένων

Η δεύτερη γεωδαιτική μέθοδος της Βιομηχανικής Γεωδαισίας είναι αυτή των πολικών συντεταγμένων. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται μόνο ένα γνωστό σημείο και από αυτό μετريέται η οριζόντια γωνία, η κατακόρυφη και η κεκλιμένη απόσταση προς το άγνωστο σημείο. Πρόκειται για σφαιρικές συντεταγμένες που μετατρέπονται σε πολικές με την βοήθεια της κατακόρυφης γωνίας που μετατρέπει την απόσταση σε οριζόντια.



Σχήμα 1.4: Πολικές συντεταγμένες(Σχέδιο στο AutoCAD), [Γκουντινάκος Γ. 2004]

Οι συντεταγμένες του σημείου M βρίσκονται από τις παρακάτω σχέσεις :

$$X_M = X_A + S \sin \alpha$$

$$Y_M = Y_A + S \cos \alpha \quad \text{όπου } S = D \sin z$$

$$Z_M = Z_A + D \cos z + \text{Υ.Ο.} - \text{Υ.Σ.} \quad (\text{όπου Υ.Ο. : ύψος οργάνου, Υ.Σ. : ύψος στόχου})$$

Σε αυτή την μέθοδο πρέπει το άγνωστο σημείο να είναι προσβάσιμο για να γίνει η τοποθέτηση του ανακλαστικού μέσου της ακτινοβολίας του EDM. Η ακρίβεια της μεθόδου εξαρτάται πρώτα και κύρια από την ακρίβεια μέτρησης του μήκους παρά των γωνιών. Αυτό το γεγονός την περιορίζει σε σχέση με την προηγούμενη μέθοδο.

Αν εφαρμόσουμε το νόμο μετάδοσης σφαλμάτων για τον υπολογισμό του σφάλματος της συντεταγμένης X_M έχουμε τον τύπο.

$$\sigma_{X_M} = (\sin \alpha \sigma_S)^2 + (S \cos \alpha \sigma_\alpha)^2 \quad (\text{θεωρούμε σημείο A χωρίς σφάλμα})$$

Όσο μικραίνει το S , βασικό ρόλο στην ακρίβεια της συντεταγμένης παίζει το σ_S . Όσο μεγαλώνει το S , βασικό ρόλο στην ακρίβεια της συντεταγμένης παίζει το σ_α .

Γενικότερα στην βιομηχανική γεωδαισία οι μετρήσεις σχετίζονται με κοντινές αποστάσεις, οπότε και στην μέθοδο των πολικών συντεταγμένων παίζει καθοριστικό ρόλο το σ_S των οργάνων μέτρησης. Φυσικά αυτό δεν σημαίνει ότι δεν έχει σημασία και η ακρίβεια στην μέτρηση των γωνιών. Απλά οι παράμετροι των οργάνων που μετράνε γωνίες ρυθμίζονται πιο εύκολα. Το ζητούμενο είναι να υπάρχει αρμονική ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων και γωνιομετρήσεων ώστε οι ημιάζονες της έλλειψης σφάλματος να είναι όσο το δυνατό ίσοι.

Όσο αυξάνεται η απόσταση τόσο αυξάνεται και το σφάλμα του αγνώστου σημείου. Αυτό είναι συνέπεια της μέτρησης γωνιών, που στην περίπτωση αυτή επιδεινώνεται και από την μέτρηση μήκους. Το σφάλμα της συντεταγμένης Y δίνεται από τον τύπο :

$$s_{Y_m} = (\cos \alpha \sigma_S)^2 + (S \sin \alpha \sigma_\alpha)^2$$

Από τους τύπους παρατηρούμε ότι τα σ_X και σ_Y είναι αντίστροφα, δηλαδή μικρό σ_X θα έχει μεγάλο σ_Y και αντίστροφα.

Για το σφάλμα της συντεταγμένης Z , παρατηρείται ότι σε μικρές αποστάσεις, για ζενίθιες γωνίες γύρω στους 100 βαθμούς τα σφάλματα είναι πολύ μικρά, ενώ μικρά σφάλματα παρατηρούνται γύρω από ζενίθιες γωνίες κοντά στους μηδέν βαθμούς, όταν γίνονται μετρήσεις σε μεγάλες αποστάσεις.

$$\sigma_{Z_m} = (\cos Z \sigma_D)^2 + (D \sin Z \sigma_Z)^2$$

1.3 Πηγες σφαλμάτων στην βιομηχανική γεωδαισία

Επειδή όπως προαναφέρθηκε στην Βιομηχανική Γεωδαισία επιβάλλονται μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά στις πηγες σφαλμάτων που είναι πιθανόν να υπάρχουν κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Οι πηγες των σφαλμάτων εξαρτώνται από τρεις παράγοντες :

- Τον χειριστή
- Τα όργανα μέτρησης
- Το περιβάλλον μετρήσεων

1.3.1 Σφάλματα χειριστων

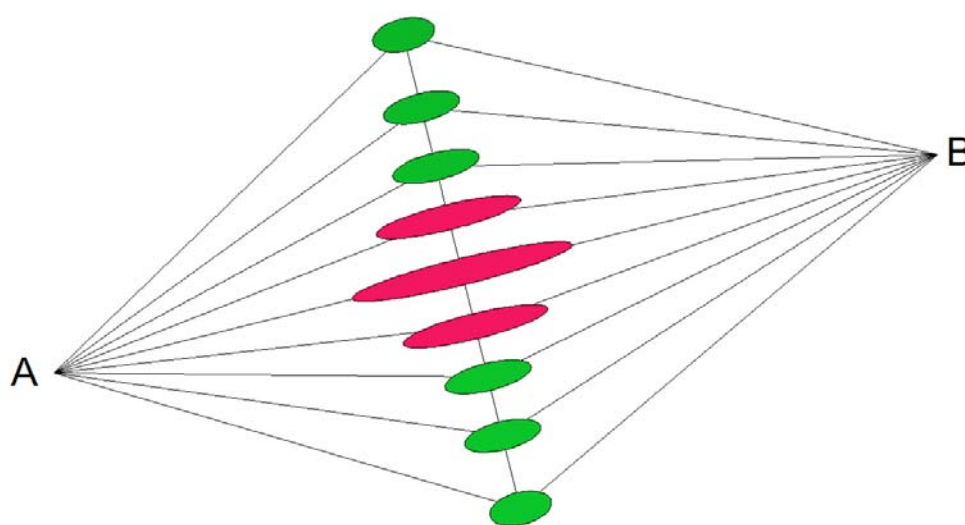
Σε επιστήμες όπως η Γεωδαισία, και ιδιαίτερα στην βιομηχανική γεωδαισία που χρειάζεται να επιτευχθούν μεγάλες ακρίβειες, για να γίνουν οι σωστές μετρήσεις πρέπει οι χειριστές των συστημάτων μετρήσεων να είναι άτομα καλά καταρτισμένα, ικανά και με εμπειρία. Φυσικά πάντα υπάρχει η πιθανότητα να γίνει κάποιο χονδροειδές λάθος. Για παράδειγμα μπορεί να μετρηθεί λάθος σημείο, να χρησιμοποιηθεί λάθος στόχος ή να εισαχθεί λανθασμένα μια κάποια παράμετρος του οργάνου μέτρησης. Με αυτή την λογική το πιο σημαντικό είναι να υπάρχει και να τηρείται μια συγκεκριμένη και με κανόνες διαδικασία μέτρησης ώστε να ελαχιστοποιούνται οι πιθανότητες για χονδροειδή λάθη.

1.3.2 Σφάλματα οργάνων

Στον τομέα αυτό υπεισέρχονται μετρήσεις μήκων και γωνιών. Αυτές γίνονται από όργανα, που και αυτά με την σειρά τους παρουσιάζουν σφάλματα και δεν ανταποκρίνονται 100% στις προδιαγραφές των κατασκευαστών. Αυτές οι αποκλίσεις που παρουσιάζουν τα όργανα από τις μέγιστες δυνατότητες τους(ακρίβειες στην μέτρηση γωνιών και αποστάσεων) οφείλεται στον τρόπο χρήσης τους και στην διάρκεια ζωής τους. Για την ελαχιστοποίηση αυτών των σφαλμάτων πρέπει να συντηρούμε τα όργανα σε τακτικά χρονικά διαστήματα κυρίως με την διαδικασία της βαθμονόμησης. Εκτός από τα όργανα πρέπει να δοθεί προσοχή στην χρήση των στόχων. Πρέπει, για κάθε περίπτωση να γίνεται επιλογή στόχων με το κατάλληλο μέγεθος, σχήμα και χρώμα ώστε οι παρατηρήσεις να επιτυγχάνουν όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια. Στην περίπτωση των μετρήσεων αποστάσεων πρέπει να εισάγονται οι σωστές σταθερές των οργάνων. Αν αμεληθεί, πράγμα που γίνεται συχνά υπάρχει ήδη μια σίγουρη πηγή σφάλματος. Μια άλλη αιτία σφάλματος, είναι η λάθος

γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας του οργάνου στον στόχο. Αυτό οφείλεται σε λανθασμένη στρέψη του στόχου σε σχέση με το όργανο, πράγμα που δεν μπορεί να γίνει άμεσα αντιληπτό με το μάτι. Έτσι το αποτέλεσμα θα είναι εσφαλμένη μέτρηση απόστασης.

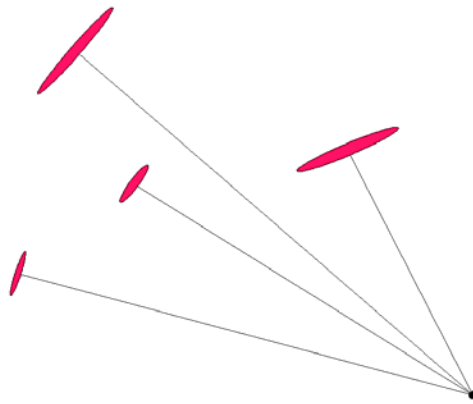
Άλλη αιτία σφάλματος στις μετρήσεις, που έχει άμεση σχέση με τα όργανα, είναι η λανθασμένη γεωμετρική τοποθέτηση των οργάνων μεταξύ τους (μετρήσεις με πάνω από δυο όργανα). Αν δυο όργανα είναι στημένα το ένα απέναντι από το άλλο, κάποια σημεία έχουν μεγάλες αβεβαιότητες. Αυτό φαίνεται από τις ελλείψεις σφάλματος στο παρακάτω σχήμα.



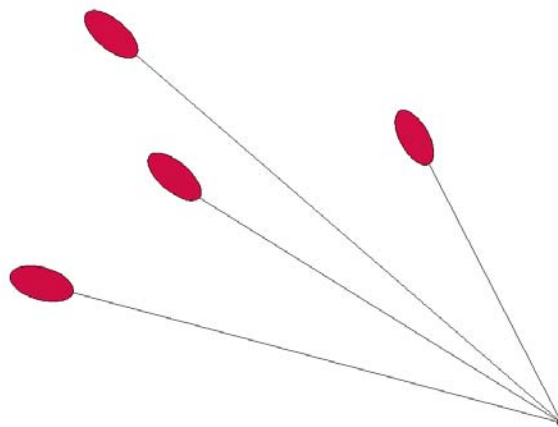
Σχήμα 1.5: Ελλείψεις σφάλματος σημείων με 2 θεοδόλιστα τοποθετημένα αντικριστά. (Σχέδιο στο AutoCAD), [Γκουντινάκος Γ. 2004]

Αιτία σφάλματος, όχι τόσο μεγάλης βαρύτητας βέβαια μπορεί να είναι και η επιλογή οργάνων ανάλογα την περίπτωση. Γενικά τα laser trackers παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια στην μέτρηση αποστάσεων σε σχέση με τα total stations, τα οποία προσδιορίζουν διευθύνσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό φαίνεται και από τον προσανατολισμό των ελλείψεων σφάλματος όπως φαίνεται και στο σχήμα.

Πρέπει να επισημανθεί σε αυτό το σημείο ότι τα σφάλματα που έχουν σχέση με την γεωμετρία μπορούν να περιοριστούν σε σημαντικό βαθμό από τα κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα. Αβεβαιότητες που προκαλούνται από λάθος μαθηματικά και στοχαστικά μοντέλα μπορούν να διορθωθούν με την απαραίτητη προσοχή και την σωστή βαθμονόμηση των οργάνων.



Σχήμα 1.6: Έλλειψης σφάλματος σημείων από όργανα που έχουν υψηλή ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων σε σχέση με την ακρίβεια μέτρησης διευθύνσεων. (Σχέδιο στο AutoCAD), [Γκουντινάκος Γ. 2004]



Σχήμα 1.7: Έλλειψης σφάλματος σημείων από όργανα που έχουν υψηλή ακρίβεια μέτρησης διευθύνσεων σε σχέση με την ακρίβεια μέτρησης αποστάσεων. (Σχέδιο στο AutoCAD), [Γκουντινάκος Γ. 2004]

1.3.3 Σφάλματα περιβάλλοντος

Κάτι πολύ σημαντικό στο κομμάτι των μετρήσεων της Βιομηχανικής Γεωδαισίας, είναι η σταθερότητα του λειτουργικού περιβάλλοντος η οποία έχει σαν αποτέλεσμα την αποφυγή σφαλμάτων. Ένα σημαντικό μέρος του λειτουργικού περιβάλλοντος είναι τα φυσικά φαινόμενα. Η οπτική διάθλαση, η ανομοιόμορφη θέρμανση των μετρητικών οργάνων ή ακόμα και οι μηχανικές δονήσεις μπορούν να μειώσουν

σημαντικά τις επιτεύξιμες ακρίβειες των μετρήσεων. Διάφοροι γεωδαίτες αναφέρουν ότι, στην περίπτωση που δεν υπάρχουν συστηματικά σφάλματα ή λάθη στην απαιτούμενη βαθμονόμηση το επόμενο αίτιο εσφαλμένων μετρήσεων είναι οι επιδράσεις του περιβάλλοντος.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, πείραμα, έχει να κάνει με μια εταιρία μετρολογικών ελέγχων η οποία εκτέλεσε δυο πειράματα για να αναδείξει την σημασία του περιβάλλοντος. Στο πρώτο, 4 χειριστές έστησαν ένα σύστημα total station της Sokkia και μέτρησαν σε τρία σετ, σαράντα στόχους γνωστών συντεταγμένων από απόσταση τεσσάρων μέτρων περίπου. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο κέντρο εργαστηριακών ελέγχων της Boeing, με ελεγχόμενες συνθήκες. Τελικά οι αποκλίσεις των τεσσάρων χειριστών διέφεραν από τις γνωστές συντεταγμένες από 0,1 ως 0,15 mm με μερικές εξαιρέσεις των 0,25 mm.

Στο δεύτερο πείραμα, μετρήθηκαν χαρακτηριστικά σημεία ενός αεροπλάνου C-130. Το αεροπλάνο στηρίζονταν σε γρύλους και οι πόρτες ανοιγόκλεισαν πολλές φορές. Επίσης υπήρχε μεταβολή της θερμοκρασία κατά την διάρκεια του πειράματος της τάξης των 15 °C. Χρησιμοποιήθηκαν ταυτόχρονα ένα total station της Sokkia και ένα laser tracker της SMX. Μετρήθηκαν δεκατέσσερα σημεία από τρεις στάσεις. Τελικά οι διαφορές των συντεταγμένων ήταν από 0,25 έως 0,75 mm.

Οι επιδράσεις του περιβάλλοντος μπορούν να διαχωριστούν σε δυο κατηγορίες.

- Στην παραμόρφωση της οπτικής ακτίνας ανάμεσα στο όργανο και το μετρητικό αντικείμενο.
- Στις διαφορικές μετακινήσεις ανάμεσα στο όργανο και το μετρούμενο αντικείμενο.

Οι διαφορικές μετακινήσεις μπορεί να οφείλονται σε περιοδικά φαινόμενα (δονήσεις), είτε σε ατυχή γεγονότα(μετακίνηση οργάνου), είτε σε συστηματικές επιδράσεις (ανομοιόμορφη θέρμανση). Άρα κάτι που γίνεται άμεσα αντιληπτό είναι η σημασία που έχει η σωστή θέση και τοποθέτηση του οργάνου. Επίσης το όργανο πρέπει να προστατεύεται από την επίδραση του ήλιου και άλλων πηγών θέρμανσης.

Η διάθλαση είναι από τα πιο βασικά φαινόμενα που επηρεάζουν τις μετρήσεις. Αυτή προκαλείται από μεταβολές στην πίεση, στην θερμοκρασία και στην σύσταση της ατμόσφαιρας. Έτσι προκαλείται μεταβολή στην ταχύτητα του φωτός με βάση την οποία λειτουργούν όλα τα όργανα μετρήσεις αποστάσεων. Γενικά για να διατηρηθεί ακρίβεια +/- ppm στην μέτρηση της απόστασης, η θερμοκρασία πρέπει να είναι

γνωστή με ακρίβεια ± 1 βαθμό $^{\circ}\text{C}$ και η πίεση με ακρίβεια ± 3 mb. Φυσικά από εμπειρίες ετών, είναι πλέον εφικτό να διορθώνονται αυτές οι επιδράσεις είτε διατηρώντας την συνθήκες σταθερές στο μετρητικό περιβάλλον, είτε με αισθητήρες θερμοκρασίας και πίεσης να γίνονται γνωστές οι μεταβολές και να προσαρμόζονται τα μετρητικά συστήματα κατάλληλα.

Ενός άλλος, λιγότερο σημαντικός παράγοντας στην ακρίβεια των μετρήσεων είναι η καμπύλωση των οπτικών ακτινών που προκαλείται από τοπικές θερμικές ανωμαλίες. Το φως ταξιδεύει σε ευθεία γραμμή μόνο σε ένα ομογενές περιβάλλον, δηλαδή σε συνθήκες σταθερής πυκνότητας και σύστασης. Βέβαια είναι αδύνατο να παραμετροποιηθούν τέτοιες συνιστώσες όποτε απλά πρέπει να αποφεύγουμε να σκοπεύουμε σε περιοχές με μεγάλες θερμικές ανωμαλίες.

Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι πρέπει στις μετρήσεις να διατηρούνται όσο τον δυνατό σταθερές και ελεγχόμενες συνθήκες περιβάλλοντος.

1.4 Είδη Σφαλμάτων

Γενικότερα τα σφάλματα των μετρήσεων διακρίνονται σε χονδροειδή, συστηματικά και τυχαία.

Τα χονδροειδή οφείλονται σε απροσεξία του παρατηρητή και αποφεύγονται αν ο παρατηρητής είναι προσεκτικός στις μετρήσεις. Αυτά εντοπίζονται με επανάληψη της μέτρησης.

Τα συστηματικά σφάλματα παρουσιάζουν μια σταθερότητα και μια περιοδικότητα σε μέγεθος και πρόσημο. Χαρακτηρίζονται από την ιδιότητα να τείνουν προς μια διεύθυνση. Τα συστηματικά σφάλματα εισάγονται από ατέλειες στα όργανα μέτρησης, τη βαθμονόμηση ή την τεχνική του πειράματος. Μπορεί να οφείλονται στην επίδραση εξωτερικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η υγρασία κλπ, ή ακόμα και στον τρόπο που παρατηρεί ο παρατηρητής. Επίσης ένα αίτιο δημιουργίας συστηματικών σφαλμάτων είναι η λανθασμένη επιλογή μοντέλου για τις ανάγωγες των μετρήσεων. Αν ένα μέγεθος μετρηθεί με το ίδιο σύστημα «όργανο - παρατηρητής-συνθήκες» τα συστηματικά σφάλματα δεν γίνονται αντιληπτά. Είναι αυτονόητο πως αν ακολουθείται η σωστή διαδικασία στις μετρήσεις, ελέγχονται, ρυθμίζονται, παρακολουθούνται τα όργανα, και χρησιμοποιούνται τα πιο ρεαλιστικά μαθηματικά μοντέλα, τα σφάλματα αυτά αποφεύγονται σε ένα μεγάλο βαθμό.

Τα τυχαία σφάλματα δίνουν το μέτρο της διακύμανσης των παρατηρήσεων σε επαναλαμβανόμενα πειράματα που γίνονται με τις ίδιες φαινομενικά συνθήκες. Αν κατά την μέτρηση μιας ποσότητας εξαλειφθούν τα χονδροειδή και τα συστηματικά σφάλματα, θα παραμείνουν τα τυχαία σφάλματα που προκαλούνται από αίτια που δεν ελέγχει ο παρατηρητής. Τα αίτια αυτά μπορεί να είναι η εκτίμηση μιας μέτρησης ανάγνωσης μεταξύ των ενδείξεων ενός αναλογικού οργάνου (π.χ. μεταξύ των χαραγών ενός χάρακα), ο ηλεκτρονικός θόρυβος κλπ.

Τα τυχαία σφάλματα υπάρχουν πάντα σε ένα πείραμα και όταν εξαλειφθούν τα συστηματικά και τα χονδροειδή σφάλματα, τα τυχαία σφάλματα εκδηλώνονται με τη διασπορά των μετρήσεων γύρω από την πραγματική τιμή, αφού τα αποτελέσματα των μετρήσεων δεν θα συμπίπτουν απόλυτα. Συνήθως θεωρείται ότι το μέγεθος των τυχαίων σφαλμάτων προκύπτει από το συνδυασμό μεγάλου αριθμού ανεξάρτητων αιτίων που παράγουν θετικό ή αρνητικό αποτέλεσμα με ίση πιθανότητα. Η φύση των τυχαίων σφαλμάτων είναι στατιστική και έτσι η ανάλυση γίνεται με την εφαρμογή στατιστικών μεθόδων.

ΚΕΦ. 2 : ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ – ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

2.1 Βασικά Στοιχεία Ναυπηγικής (Ορισμοί)

Σε αυτήν την παράγραφο θα γίνει αναφορά των βασικών στοιχείων της ναυπηγικής, τα οποία είναι απαραίτητα ως θεωρητικό υπόβαθρο για την περαιτέρω διεκπεραίωση της εργασίας.

Ακολουθούν ορισμοί που περιγράφουν θεωρητικά τα επιμέρους τμήματα ενός πλοίου καθώς δίνουν και γεωμετρική πληροφορία για αυτά.

- Γάστρα(Hull): καλείται η κοίλη εξωτερική επιφάνεια που αποτελεί το κύριο σώμα του σκάφους(σκελετός). Η γάστρα αποτελεί το βασικό αντικείμενο του ναυπηγικού σχεδιασμού. Κατασκευάζεται πριν από οτιδήποτε και φέρει τον υπόλοιπο εξοπλισμό του σκάφους.
- Κατάστρωμα (Deck): καλείται το υδατοστεγές στέγασμα της γάστρας.
- Ίσαλος γραμμή (Waterline): καλείται η τομή της επιφάνειας της θάλασσας με την επιφάνεια της γάστρας. Είναι αυτονόητο ότι η ίσαλος γραμμή είναι οριζόντια. Ανάλογα με το φορτίο του σκάφους, προκύπτει μικρότερη ή μεγαλύτερη βύθιση του σκάφους, με αποτέλεσμα την δημιουργία των αντίστοιχων ίσαλων, πάντα παράλληλων μεταξύ τους.
- Ίσαλος σχεδιάσεως(Designed Load Waterline): καλείται η ίσαλος στην οποία προδιαγράφεται από σχεδιασμό ότι το πλοίο θα πλέει με συγκεκριμένες συνθήκες φορτίου.
- Υφάλα Γάστρας: καλείται το τμήμα της γάστρας που είναι κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.
- Εξάλα γάστρας: καλείται το τμήμα της γάστρας που είναι άνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι αφού η ίσαλος γραμμή μεταβάλλεται έτσι αυξομειώνονται και οι επιφάνειες των αντιστοιχών υφάλων ή εξάλων.

- Τρόπιδα (Keel): Το κατώτερο μέρος του πλοίου που αποτελείται είτε από δοκό(ξύλινα πλοία), είτε από έλασμα σημαντικού πάχους(στα χαλύβδινα πλοία).

- Βασικό επίπεδο αναφοράς: καλείται το οριζόντιο επίπεδο που συνήθως διέρχεται από την πάνω όψη της τρόπιδας. Συνήθως ταυτίζεται με την τομή της χαμηλότερης ισάλου.
- Μήκος Ισάλου (L.W.L.): καλείται η οριζόντια απόσταση των σημείων τομής της γάστρας με την κατώτερη ίσαλο, δηλαδή με το βασικό επίπεδο αναφοράς.
- Ολικό μήκος (L.O.A.): καλείται η οριζόντια απόσταση μεταξύ των ακραίων σημείων του σκάφους (από ακρότατο προωαίο μέχρι ακρότατο πρυμναίο).
- Κεντρική γραμμή (Central Line): καλείται ο βασικός κεντρικός άξονας του πλοίου και ανήκει στο επίπεδο συμμετρίας του που είναι κατακόρυφο. Κατά μήκος της μετράται το ολικό μήκος του σκάφους.
- Εκτόπισμα (D): καλείται το βάρος του εκτοπιζόμενου υγρού κατά την πλευση του πλοίου και υπολογίζεται από τον όγκο των υφάλων.
- Νομείς (Transverse Frames): καλούνται τα εγκάρσια πλευρικά στοιχεία του σκελετού του πλοίου, στον οποίο στηρίζεται το εξωτερικό του περιβλήμα. Γεωμετρικά αποτελούν τα καμπύλα τμήματα που προέρχονται από την τομή της γάστρας με κατακόρυφα επίπεδα, κάθετα στις ίσαλους .

Εννοείται πως ανάλογα με την διαφορετικότητα της κατασκευής κάθε πλοίου, μεταβάλλονται ως προς την θέση και το σχήμα τους όλα τα παραπάνω. Εκτός από τα κύρια στοιχεία της κατασκευής ενός πλοίου που περιγράφηκαν παραπάνω υπάρχουν και πολλά αλλά όπως τα ξάρτια, ιστιοπλοϊκά πανιά κλπ, τα οποία όμως δεν ενδιαφέρουν την παρούσα εργασία.



Εικόνα 2.1 : Χαρακτηριστικά μήκη σκαφών. [[http://el.wikipedia.org/wiki/Κυρίες διαστάσεις πλοίου](http://el.wikipedia.org/wiki/Κυρίες_διαστάσεις_πλοίου)]

2.2 Κανονισμοί – Συστήματα Αναφοράς – Μετρήσεις Σε Σκάφη

2.2.1 Κανονισμοί

Η μελέτη και σχεδίαση των σκαφών, αφορά στην συμπεριφορά τους στην θάλασσα είτε με την μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να αναπτύξουν, την μικρότερη, το μέγιστο και το μικρότερο φορτίο που μπορούν να αντέξουν. Κύριο στοιχείο της ναυπηγικής επιστήμης είναι ο σχεδιασμός της γάστρας, του κυρίου σώματος του σκάφους όπως έχει ήδη αναφερθεί. Η αντίσταση του σκάφους, η ευστάθεια, η συμπεριφορά του σε κυματισμό, η χωρητικότητα των κυτών και γενικότερα η πλεύση του, συνδέεται άμεσα με την εξωτερική μορφή της γάστρας του. Άρα η απόδοσή της έχει καταλυτικό ενδιαφέρον, τόσο στα στάδια μελέτης της σχεδίασης του σκάφους καθώς και στο τελικό προϊόν της μελέτης.

Οι παράμετροι που καθορίζουν την γάστρα είναι το μέγεθος της, το σχήμα της, ο τύπος της καρίνας και του πηδαλίου καθώς και το προδιαγραφόμενο εκτόπισμα που αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο. Η επιφάνεια της γάστρας είναι μια πολύπλοκη μαθηματική επιφάνεια που την προσεγγίζει η χάραξη του σκελετού του πλοίου η οποία αποτελείται από τους νομείς. Κύριο στοιχείο του σχεδιασμού, είναι η χάραξη των νομέων οι οποίοι ορίζουν το μέγεθος και την γεωμετρία της γάστρας και συνεπώς τα υπόλοιπα στοιχεία του ναυπηγικού σχεδιασμού.

Οι κανονισμοί που ισχύουν από την Ε.Ι.Ο. για την νόμιμη συμμετοχή των σκαφών σε αγώνες αφορούν κυρίως τρεις βασικούς έλεγχους οι οποίοι είναι :

- α) η μέτρηση, έλεγχος του ολικού μήκους (L.O.A.)
- β) η μέτρηση, έλεγχος του μήκους ισάλου (L.W.L.)
- γ) ο υπολογισμός, έλεγχος του εκτοπίσματος (D)

Φυσικά υπάρχουν και οι κανονισμοί εκείνοι που αφορούν τον υπόλοιπο εξοπλισμό και αλλά ιστιοπλοϊκά δεδομένα του πλοίου.

Οι παραπάνω μετρήσεις γίνονται αποκλειστικά στην γάστρα του σκάφους. Είναι φυσικό, ο προσδιορισμός της γάστρας του σκάφους από μέτρηση και επεξεργασία αποτελεσμάτων να παίζει καθοριστικό ρόλο για τον έλεγχο κάθε τύπου σκάφους. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η γάστρα είναι το σημαντικότερο στοιχείο για την δυναμική μελέτη της πλεύσης και η μέτρηση της αποτελεί καθοριστικό κριτήριο της ορθότητας του σχεδιασμού. Η θέση του κέντρου βάρους της, ο όγκος, διάφορα κριτήρια ευσταθείας κλπ, αποτελούν βασικά ναυπηγικά χαρακτηριστικά της πλεύσης και υπολογίζονται φυσικά από την μέτρηση και τον περαιτέρω υπολογισμό της γάστρας.

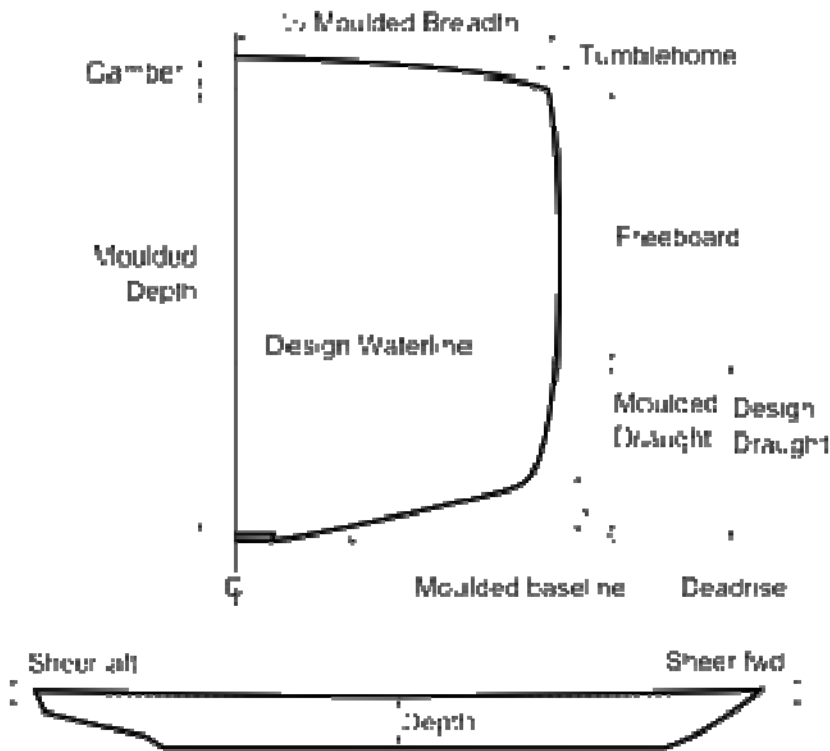
2.2.2 Σύστημα αναφοράς σκαφών στον τομέα της ναυπηγικής.

Όλες οι μετρήσεις της ναυπηγικής πάνω στα σκάφη, αναφέρονται πάντα σε ένα συγκεκριμένο τρισσορθογώνιο σύστημα αναφοράς που υλοποιείται από τρία βασικά επίπεδα που είναι κάθετα μεταξύ τους. Αυτά είναι :

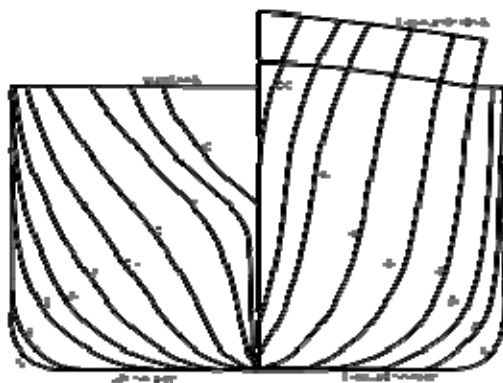
- α) το βασικό Επίπεδο Αναφοράς που είναι οριζόντιο και παράλληλο στις ίσαλους γραμμές.
- β) το Επίπεδο Συμμετρίας του σκάφους που περιέχει την κεντρική γραμμή (Central Line) και είναι κατακόρυφο.
- γ) το επίπεδο που περιέχει τους νομείς και είναι κάθετο στο επίπεδο συμμετρίας, που είναι κατακόρυφο.

Η αρχή του συστήματος αναφοράς είναι το σημείο τομής του Επίπεδου Συμμετρίας και του Βασικού Επιπέδου αναφοράς με κάποιον χαρακτηριστικό Νομέα, που συνήθως λαμβάνεται είτε στο πλωραίο είτε στο πρυμναίο ποδόσταμα (σημείο που αρχίζει να μεταβάλλεται απότομα η γάστρα). Ο άξονας X ορίζεται από την τομή του Διαμήκους Επιπέδου Συμμετρίας με το Βασικό Επίπεδο Αναφοράς. Ο άξονας Y ορίζεται από την τομή του Βασικού Επιπέδου Αναφοράς με το Επίπεδο του Νομέα στο ποδόσταμα και αυξάνεται προς την δεξιά πλευρά του πλοίου παρατηρώντας το πλοίο από την πρύμνη. Ο άξονας Z ορίζεται από την τομή του Επιπέδου του Νομέα στο ποδόσταμα με το Διάμηκες Επίπεδο Συμμετρίας και αυξάνει προς τα πάνω. Αυτή η σειρά έχει σαν αποτέλεσμα ένα αριστερόστροφο σύστημα αναφοράς.

Η μορφή της γάστρας αποδίδεται με τον προσδιορισμό ενός πλέγματος από κάθετα τεμνόμενες γραμμές οι οποίες ανήκουν στα επίπεδα που αναφέρθηκαν. Το ναυπηγικό σχέδιο αποτελείται από τρεις όψεις, την πρόσοψη, την κάτοψη και την πλάγια όψη όπως γίνεται στις περισσότερες σχεδιαστικές περιπτώσεις για οποιοδήποτε σχεδιαστικό αντικείμενο. Οι παραπάνω όψεις ονομάζονται αντίστοιχα, σχέδιο εγκάρσιων τομών, σχέδιο ίσαλων και σχέδιο διαμηκών τομών. Οι καμπύλες που παρουσιάζονται στο σχέδιο καλούνται αντίστοιχα, θεωρητικοί νομείς, ίσαλοι και διαμήκεις τομές.



Εικόνα 2.2 : Ναυπηγικές γραμμές σχεδιασμού. [[http://el.wikipedia.org/wiki/Κυριες διάστασης πλοίου](http://el.wikipedia.org/wiki/Κυριες_διάστασης_πλοίου)]



Εικόνα 2.3 : Ναυπηγικό σχέδιο εγκάρσιων γραμμών (νομέων), εγκάρσια όψη. Το ΔΕ μέρος είναι από πλώρη μέχρι μέσον(πλωραίο τμήμα) και το ΑΡ από πρύμνη(πρυμναίο τμήμα) μέχρι μέσον (μέσου νομέα). [[http://el.wikipedia.org/wiki/Ναυπηγικές γραμμές](http://el.wikipedia.org/wiki/Ναυπηγικές_γραμμές)]

Ένα σχέδιο όπως το παραπάνω είναι αυτόνομο, από αυτό προκύπτουν όλες οι υπόλοιπες γραμμές. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η καταμέτρηση του συνόλου ενός από τα είδη γραμμών που περιγράφηκαν είναι δυνατό να αποδώσει την επιφάνεια της γάστρας. Στην λογική αυτή στηρίζονται όλες οι μεθοδολογίες των

ναυπηγών, για την επιμέτρηση ενός σκάφους. Τον υπολογισμό της γάστρας του και γενικά των υπόλοιπων γεωμετρικών χαρακτηριστικών. Με τις υπάρχουσες μεθοδολογίες, το στοιχείο που καταμετράτε κυρίως είναι οι νομείς, επειδή είναι οι γραμμές που ορίζονται πιο εύκολα.

2.2.3 Μετρήσεις Σε Σκάφη

Βασική προϋπόθεση για να μπορούν να υλοποιηθούν οι νομείς του σκάφους όταν αυτό βρίσκεται στην ξηρά, είναι η οριζοντίωση του σκάφους. Έτσι από τα παραπάνω πρέπει η ίσαλος να είναι παράλληλη με το οριζόντιο επίπεδο και η διεύθυνση των νομέων να ταυτίζεται με την διεύθυνση της κατακόρυφου. Η οριζοντίωση του σκάφους όταν αυτό βρίσκεται στην ξηρά γίνεται με αλφαδολάστιχο και τον υψομετρικό έλεγχο ανάμεσα σε σταθερά σημεία. Αυτά θα είναι συμμετρικά (έλεγχος εγκάρσια κλίσης). Μπορεί όμως να ανήκουν και στην ίδια ίσαλο (έλεγχος διαμήκους κλίσης). Αφού οριζοντιωθεί το σκάφος επιλέγονται οι θέσεις και η πυκνότητα των νομέων πάνω στους οποίους γίνονται οι μετρήσεις. Επίσης ορίζεται και ο αριθμός των σημείων που θα μετρηθούν σε καθέναν από αυτούς. Φυσικά η επιλογή αυτών των στοιχείων έχει άμεση σχέση με το σχήμα και το μέγεθος της γάστρας, ώστε το προϊόν της καταμέτρησης να αποδίδει όσο το δυνατό ορθότερα το σχήμα και τις καμπύλες, οι οποίες μεταβάλλονται προς όλες τις κατευθύνσεις. Επιπλέον πρέπει να πραγματοποιείται η καταμέτρηση ορισμένων επιπλέον σημείων όπως αυτά που ορίζουν το περίγραμμα της γάστρας. Σημαντική είναι και η μέτρηση του νομέα του ποδοστάματος όπου εκεί βρίσκεται συνήθως η αρχή του συστήματος των συντεταγμένων. Όταν η καρίνα βρίσκεται έξω από το κύριο σώμα της γάστρας, στους νομείς που λαμβάνονται και την τέμνουν, λαμβάνονται και τα σημεία της καρίνας. Τελικά αφού γίνει η επιλογή των παραπάνω αρχίζει η διαδικασία της καταμέτρησης.

Πρώτο βήμα αποτελεί η υλοποίηση του άξονα X ο οποίος είναι οριζόντιος. Μπορεί ο άξονας να υλοποιηθεί είτε πάνω στο σκάφος, είτε έξω από αυτό, ανάλογα με το μέγεθος και το σχήμα του σκάφους. Αυτό είναι χαρακτηριστικό όλων των μεθοδολογιών. Πάντα υλοποιείται ο άξονας X και όλες η επιμέρους μετρήσεις γίνονται από αυτόν.

2.3 Συστηματική σειρά ταχύπλων με διπλή ακμή (NTUA series)-Ταχύπλοο Savitsky

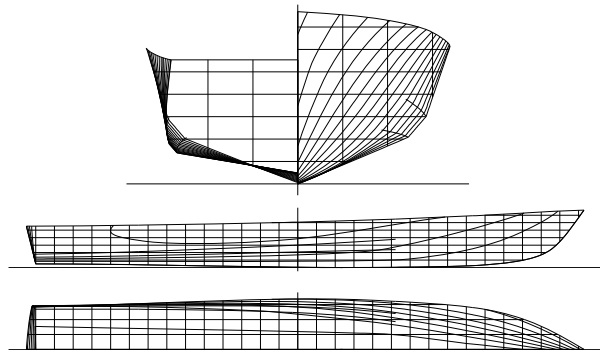
Το κριτήριο επιλογής του μοντέλου ήταν οι διαστάσεις του και η ύπαρξη των γεωμετρικών στοιχείων που ενδιαφέρουν (νομείς). Δεν έπρεπε να είναι πολύ μεγάλο (μεγαλύτερο των 5 m) επειδή θα καταλάμβανε πολύ χώρο και δεύτερον επειδή θα ήταν αρκετά χρονοβόρα η διαδικασία μέτρησης με τους γεωδαιτικούς σταθμούς. Είναι ένα μοντέλο ταχύπλου σκάφους κλίμακας 1/10 μήκους 3,8 m με σχεδιασμένους τους νομείς. Πιο συγκεκριμένα αφορά την γάστρα του μοντέλου. Το μοντέλο που μετρήθηκε είναι ένα ταχύπλοο Savitsky. Ανήκει στην συστηματική σειρά ταχύπλων με διπλή ακμή.

Η συστηματική σειρά γαστρών με διπλή ακμή (Double Chine), με πλατύ καθρέπτη και με στρεβλή επιφάνεια ολίσθησης αναπτύχθηκε στο εργαστήριο Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου κατά την τελευταία δεκαετία.

Η σειρά αποτελείται από πέντε μορφές γάστρας με λόγο μήκους προς πλάτος $L/B = 4.00, 4.75, 5.50, 6.25, \& 7.00$. Για κάθε μορφή γάστρας κατασκευάστηκαν και δοκιμάστηκαν στην πειραματική δεξαμενή του ΕΝΘΥ δύο γεωμετρικά όμοια ξύλινα πρότυπα από τα οποία το μικρότερο ήταν υπό κλίμακα 3/5:1 ως προς το μεγαλύτερο. Έτσι κατέστη δυνατή η δοκιμή της κάθε μορφής γάστρας σε έξι καταστάσεις φόρτωσης περιλαμβανομένων και πολύ ελαφριών, που χαρακτηρίζουν τα σύγχρονα, μεγάλα ταχύπλοα πλοία, για τις οποίες ήταν αναγκαία τα μεγάλα πρότυπα.

Το πατρικό σκάφος είναι αυτό με λόγο $L/B=5.50$ και όπως φαίνεται στο σχήμα 1, έχει δύο ακμές που εκτείνονται από τον καθρέπτη έως περίπου το 70% του μήκους στην πλώρη.

Η γάστρα έχει πλατύ καθρέπτη και κοίλες πλευρές στην περιοχή της πλώρης, έχει επίσης μεταβλητή γωνία ανύψωσης πυθμένα η οποία ξεκινάει από 10° στον καθρέπτη και φτάνει έως και 70° στην πλώρη, όπως προτείνει ο Savitsky et all (1972). Τα μέλη της σειράς προέκυψαν από το πατρικό κρατώντας την ίδια μορφή στην μέση τομή και μετατρέποντας κατάλληλα τα υπόλοιπα μεγέθη. Το σκάφος του πειράματος είναι το πατρικό με ολικό μήκος 3.83 m.



Σχήμα 2.1: Σχέδιο γραμμών του πατρικού σκάφους της συστηματικής σειράς του ΕΜΠ (το σχέδιο εγκαρσίων τομών είναι σε μεγέθυνση επί 3) [Εγχειρίδιο σκάφους από σχολή ναυπηγών μηχανικών]

Τα βασικά χαρακτηριστικά του σκάφους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Όπου :

L.O.A. :ολικό μήκος

L.W.L.: μήκος ισάλου

Δ : εκτόπισμα

W.S. : βρεχόμενη επιφάνεια

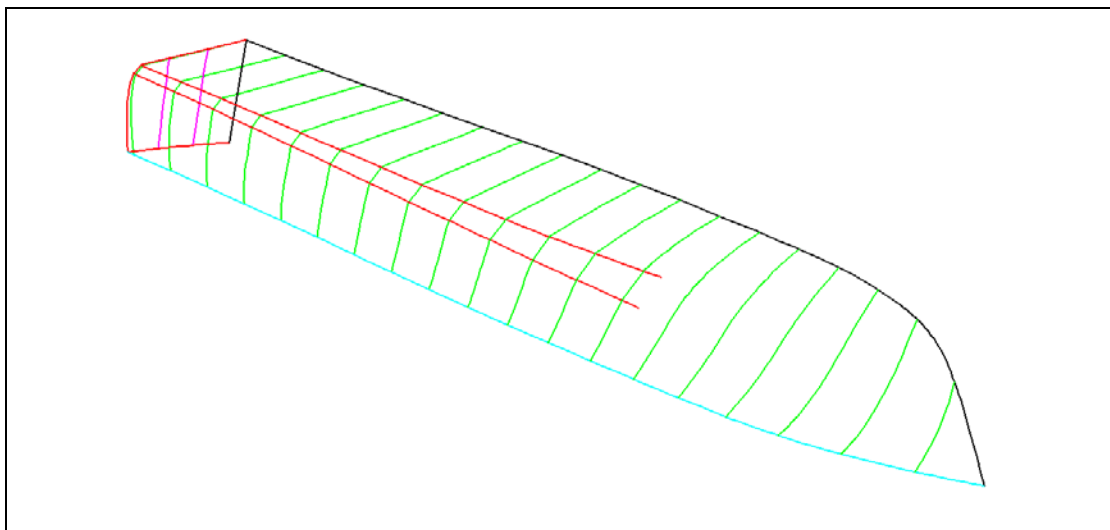
Το σχέδιο των ναυπηγών, του μοντέλου μέτρησης είναι ένα design σχέδιο πάνω στο οποίο βασίζεται η κατασκευή του πραγματικού σκάφους καθώς και του μοντέλου σε κλίμακα 1/10. Το ψηφιακό σχέδιο (dwg) των ναυπηγών αναφέρεται στις πραγματικές διαστάσεις του σκάφους. Οι διαστάσεις στο περιβάλλον των σχεδίων, έχουν ακρίβεια εκατοστού. Αυτό δηλώνει ότι η ζητούμενη ακρίβεια μέτρησης είναι της τάξης του 0,01 m. Η κλίμακα του μοντέλου είναι το 1/10 της πραγματικής.

Το μήκος από την κορυφή της πρύμνης μέχρι την κορυφή της πλώρης είναι 38,35 m για το πραγματικό σκάφος. Για το μοντέλο είναι 3,83 m. Λογικό αφού είναι η κεκλιμένη απόσταση και όχι το ολικό μήκος που είναι οριζόντια απόσταση. Το ολικό μήκος είναι η απόσταση ανάμεσα στην πλωραία και πρυμναία κάθετο όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη παράγραφο. Επίσης το μοντέλο έχει 19 νομείς. Τα ναυπηγικά σχέδια του μοντέλου στο περιβάλλον AutoCAD παρουσιάζονται παρακάτω 7 όψεις.

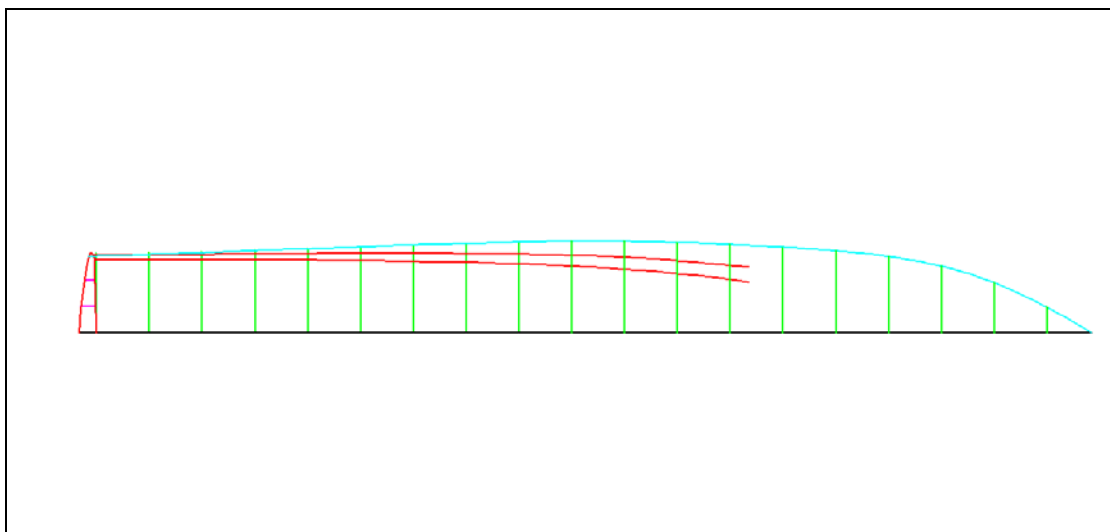
Οι παρακάτω όψεις προέρχονται από το σχέδιο των ναυπηγών σε περιβάλλον AutoCAD όπως αναφέρθηκε. Η ονομασία του σχεδίου είναι : «LB-5,5 (38.33)_2000»

όπου :

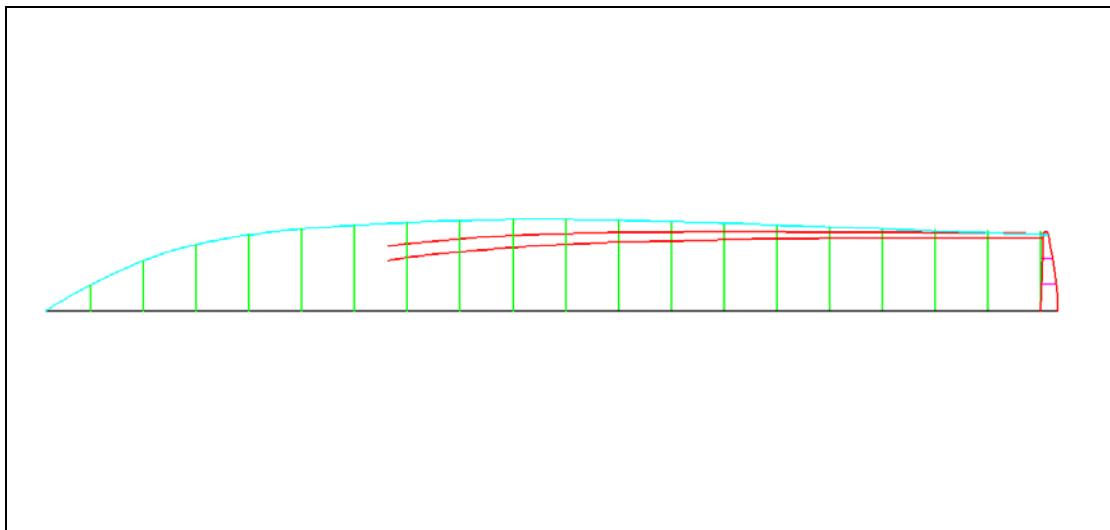
- LB : Length Between Perpendiculars (μήκος μεταξύ κάθετων)
- 5,5 : Λόγος ολικού μήκους προς πλάτος, γάστρας
- 38,33 : Ολικό μήκος σκάφους (m)
- 2000 : Χρονολογία σχεδιασμού



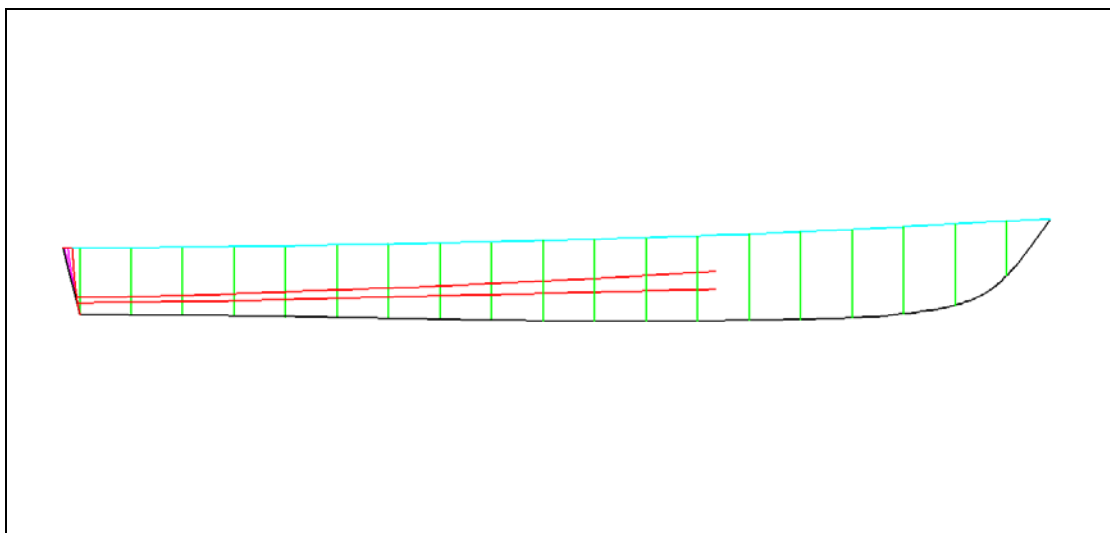
Εικόνα 2.4 : Γενική όψη μοντέλου [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



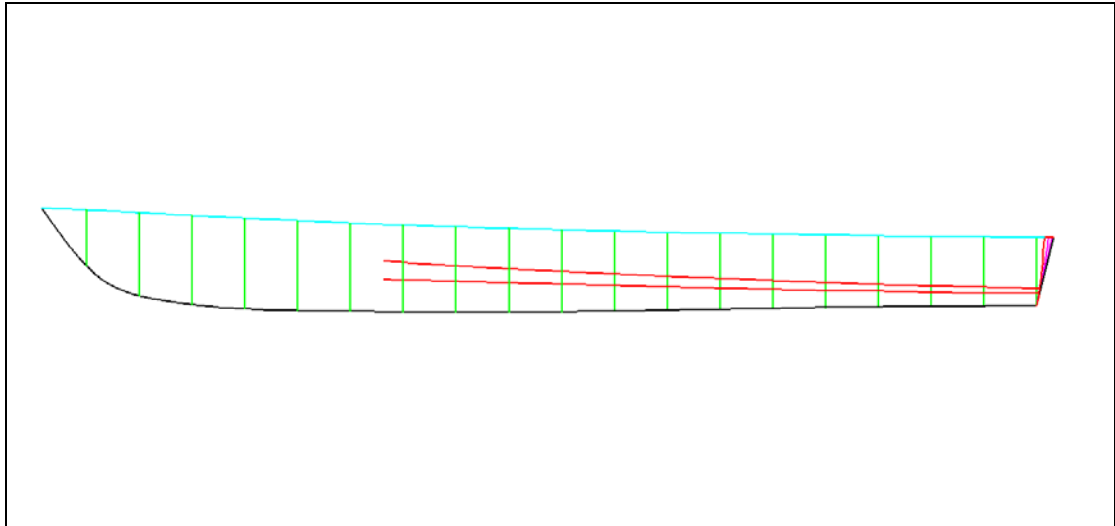
Εικόνα 2.5 : Οριζοντιογραφία 1.Εσωτερικο γάστρας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



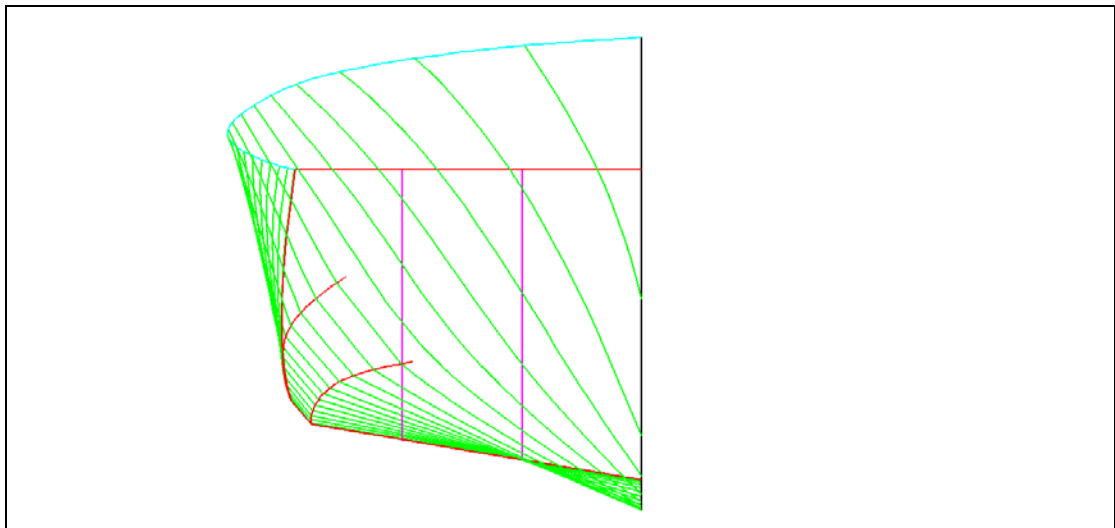
Εικόνα 2.6 : Οριζοντιογραφία 2.Κατοψη. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



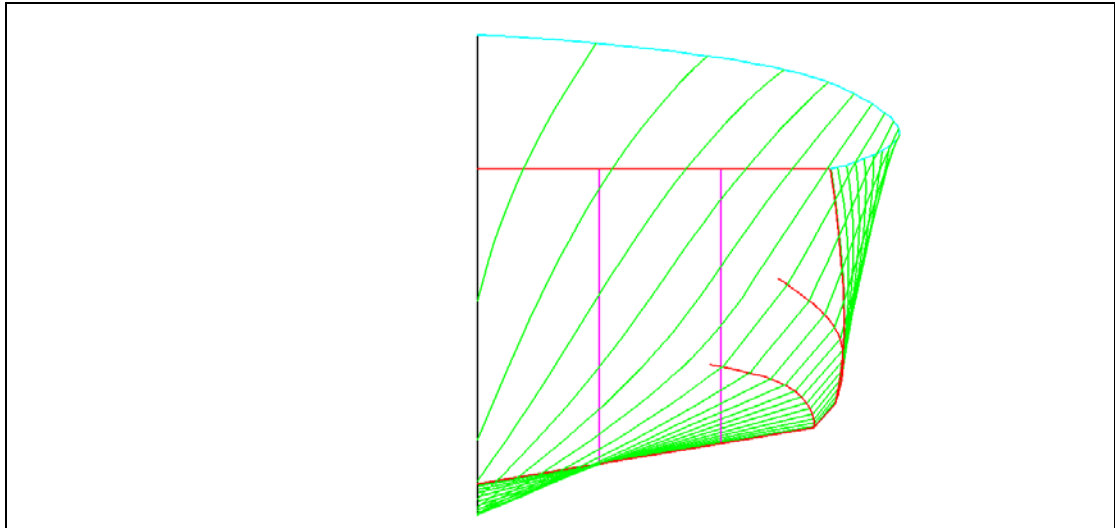
Εικόνα 2.7 : Πλάγια όψη 1.Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



Εικόνα 2.8 : Πλάγια όψη 2.Εξωτερικο γάστρας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



Εικόνα 2.9 : Εγκάρσια όψη .Πλωραίο τμήμα. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



Εικόνα 2.10 : Εγκάρσια όψη. Πρόσοψη [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]

L/B	4.00-big (163/01)	4.00-small (113/95)	4.75-big (150/99A)	4.75-small (154/99)	5.50-big (118/96)	5.50-small (097/94)	6.25-big (164/01)	6.25-small (146/98)	7.00-big (166/01)	7.00-small (116/96)
L _{OA}	3.820 m	2.292 m	3.820 m	2.292 m	3.820 m	2.292 m	4.3417	2.605 m	4.8617	2.917 m
C _{DL}										
	3.3915 1.32296		3.4147 1.34795		3.4300 1.36522		3.9683 1.71757		4.4570 2.083	
1.00	39.057		39.781		41.443		63.100		88.140	
	-0.3887 0.080		-0.4357 0.0770		-0.4795 0.0766		-0.5151 0.0880		-0.6508 0.0966	
	3.4453 1.73802		3.4681 1.69619		3.4970 1.63517		4.0293 2.02227	2.4176 0.72802	4.5302 2.4528	2.7181 0.88301
1.61	66.097		67.118		69.103		105.405	22.767	150.095	32.421
	-0.4613 0.099		-0.4954 0.0962		-0.5108 0.0966		-0.5185 0.1130	-0.3111 0.0678	-0.6398 0.1275	-0.3839 0.0765
	3.4803 2.00428		3.5046 1.91518	2.1028 0.68946	3.5389 1.8320	2.1233 0.65952	4.0703 2.26491	2.4422 0.81537		2.7310 0.9876
2.23	93.890		96.021	20.741	99.564	21.506	150.151	32.433		45.436
	-0.4936 0.1150		-0.511 0.1137	-0.3066 0.0682	-0.4900 0.117	-0.2940 0.0702	-0.5001 0.1372	-0.3001 0.0823		-0.3686 0.0932
	3.5142 2.24366	2.1085 0.80772	3.5395 2.1186	2.1237 0.7627		2.1450 0.7280		2.4660 0.91025		2.7830 1.1304
3.00	130.436	28.174	133.449	28.745		29.615		44.196		64.618
	-0.5090 0.1338	-0.3054 0.0803	-0.508 0.1345	-0.3013 0.0807		-0.2967 0.0834		-0.2832 0.0990		-0.3451 0.1164
		2.1104 0.85713		2.1373 0.8120		2.1600 0.7821		2.4884 0.9958		2.8094 1.2445
3.62		33.993		35.357		36.513		55.727		80.344
		-0.3065 0.0874		-0.3001 0.0857		-0.2883 0.0945		-0.3105 0.1146		-0.3269 0.1345
		2.1231 0.90345		2.1495 0.8593		2.1750 0.8343		2.5090 1.0740		2.8338 1.35476
4.23		40.462		42.039		43.530		66.752		96.134
		-0.3046 0.0957		-0.2944 0.0998		-0.2797 0.1055		-0.2970 0.1290		-0.3093 0.1520

Πίνακας 2.1: Τα χαρακτηριστικά των προτύπων σκαφών, της συστηματικής σειράς ταχύπλοων με διπλή ακμή, του ΕΜΠ.

1. Κάθε κελί του πίνακα περιέχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά. [Μήκος ισάλου(L_{wl}), βρεχόμενη επιφάνεια(ws), εκτόπισμα(D), διάμηκες κέντρο βάρους (LCG), βύθισμα(T)]

L _{wl} [m]	WS [m ²]
D [Kgr]	
LCG [m]	T [m]

ΚΕΦ 3: ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Σε αυτό το πείραμα χρησιμοποιήθηκαν τρία όργανα μέτρησης. Αυτό, όπως αναφέρθηκε, έγινε για την σύγκριση των μεθόδων και των αποτελεσμάτων μέτρησης πάνω στο ίδιο αντικείμενο. Τα όργανα είναι δυο Total Stations (Leica TCR 303, Topcon IS) και ένα Laser Scanner (Leica HDS 2500).

3.1 Leica TPS 300 (TCR 303)

Ο ολοκληρωμένος γεωδαιτικός σταθμός (total station) Leica TCR 303 είναι ένα σύγχρονο γεωδαιτικό όργανο, αποτύπωσης και χάραξης σημείων. Αποτελεί ένα αξιόπιστο γεωδαιτικό σταθμό, που κάνει τις εργασίες προσδιορισμού θέσης ευκολότερες και ταχύτερες. Γενικότερα αυτή η σειρά γεωδαιτικών σταθμών προσφέρει :

- Ένα ταχύτατο αποστασιόμετρο (EDM)
- Φιλικότερες εφαρμογές μέσω της οθόνης
- Μεγάλη εσωτερική μνήμη
- Σύστημα μέτρησης χωρίς κατάφωτο (reflectorless)



Εικόνα 3.1 : LEICA TPS300 (TCR 303) [www.leica-geosystems.com]

Στην περιγραφή του οργάνου θα συμπεριλάβουμε τα σημαντικότερα εξωτερικά και τεχνικά χαρακτηριστικά.

➤ Εξωτερικά χαρακτηριστικά

- Στόχαστρο
- Μπαταρία (με υποδοχέα)
- Κάλυμμα μπαταρίας
- Προσοφθάλμιο με δυνατότητα εστίασης
- Χειρολαβή μεταφοράς του οργάνου
- Σειριακή έξοδος RS 232
- Τρικόχλιο
- Οθόνη
- Πληκτρολόγιο
- Πλήκτρο ενεργοποίησης μέτρησης
- Πλήκτρο ενέργειας
- Δίσκοι μικρομετακίνησης (οριζόντιου και κατακόρυφου κυκλικού δίσκου)

➤ Τεχνικά χαρακτηριστικά Leica TPS300 (TCR 303) (3_η στήλη)

Τηλεσκόπιο				
Μεγέθυνση	30x			
Οπτικό πεδίο	1° 30' (26m at 1km)			
Φωτεινότητα Σταυρονημάτων	Bright / Dim Selectable			
Μέτρηση Γωνιών				
Μέθοδος	χbsoxute, Diametrical	Απόλυτη	Απόλυτη	Απόλυτη
Disxxay least count	1"(0.1mgon)	1"(0.5mgon)	1"(0.5mgon)	1"(0.5mgon)
Ακρίβεια (DIN 18723, ISx x2857)	2"(0.6mgxn)	3"(1mgon)	5"(1.5mgon)	7"(2xgon)
Compensator				
Σύστημα	Integxxted electronic dual axis, Liquid			
Working Range	± 4'			
Setting ακρίβεια	0.5"	1"	1.5"	2"
Μέτρηση απόστασης Infrared (IR) Coaxial				
Rxng ^{e1)} to 1 Leica GPR1 prism	3000m	3000m	3000m	x500m
Range ¹⁾ to 1 Leica GMP102 prism	1200m			
Range ¹⁾ xo Retro Tape (60mm x 60mm)	250m			
Ακρίβεια(FinexRapid/Tracking)	2mm + 2ppm / 5mm + 2ppm / 5mm + 2ppm			
Χρόνος μέτρησης(xinx/Rapid/Tracking)	< 1s / < 0.5s / < 0.3x			
Ορατό layser ²⁾ (xx) Coxxixl				

Βεληνεκές σε κατάλληλη επιφάνεια (χωρίς κατάφωτο) (Short mode) – White side of grey card	80m		
Βεληνεκές σε Leica GPR1 πρίσμα(Long mode)	5000m		
Ακρίβεια (Short/Long/Tracking)	3mm + 2pxm / 5mm + 2pxm / 5mm + 2ppm		
Χρόνος μέτρησης (Short/Long/Tracking)	3s + 1s / 10m (>30x) / x.5s / 1s + 0.3s / 10x (x30m)		
Spot size at 50m	12mm elliptical		
Κατηγορία laser	2/II		
Σύστημα			
Αποθήκευση δεδομένων: Εσωτερική μνήμη	4000 data records		
Αποθήκευση δεδομένων : Εξωτερική	Connect tx external data recorder via Interfacx port		
Σειριακή έξοδος	RS232		
Ανάλλαξη δεδομένων	GSI / IDEX / Definable Formats		
On-board Programs	Surveying / Set Out / Tie Distance / Axex / Free Station		
Built-in xunctions	REM / REC / IR-RL Switch / Delete Last Record		
Οθόνη	LCD 8 lines x 24 characters / 40mm x 65mm with built-in illumination		
Πληκτρολόγιο	12 keys (xlpphanumeric input) optional 2nd kexboard		
Παλμός laser			
Τύπος	Laser Pointer xith adjustxbxe intensity		
Ακρίβεια	± 0.8mm at 1.xm		
Περιβάλλον Λειτουργίας			
Θερμοκρασία Λειτουργίας	-20°C to 50°C		
Προστασία σε IEC529 (Σκόνη και Νερό)	IP54		
Υγρασία	95% RH, non condensing		
Θερμοκρασία Αποθήκευσης	xx0°C to 70°C		
Διαστάσεις και βάρος			
Grosx dimensions (L x W x H)	151mm x 203mm x 316mm		
Βάρος (οργάνου)	4.5kg	4.2kg	4.2kg
Ενεργειακή υποστήριξη			
Μπαταρία (κανονική)	NiMH / Stanxaxd Camcorder		
Voltage/Capacity	6V / 1800mAH (GEB111)		
Continuous xse – angle mode	>4 ώρες		
xo. of measurements with distance	>1000		
Recharging time	1 ώρα		

Πίνακας 3.1: Τεχνικά χαρακτηριστικά Leica TCR 303. [www.leica-geosystems.com]

3.2 Topcon IS 203 (Imaging Station)

Η νέα σειρά Topcon IS διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά των ρομποτικών σταθμών GPT-9000A προσθέτοντας την δυνατότητα φωτογραφικής απεικόνισης. Γίνεται συνδυασμός της ακρίβειας και της ταχύτητας που διαθέτει ένας ρομποτικός γεωδαιτικός σταθμός Topcon της σειράς GPT-9000 με την λειτουργία scanning και την δυνατότητα φωτογράφισης, σε πραγματικό χρόνο, του πεδίου μέτρησης ή σάρωσης μέσω δυο ψηφιακών φωτογραφικών μηχανών. Επίσης, αυξάνεται η λειτουργικότητα και η ευελιξία στο πεδίο με το λογισμικό «Image Master» το οποίο επιτρέπει την δημιουργία και την επεξεργασία φωτογραφιών με διάσταση. Χάρη στην ψηφιακή απεικόνιση, είναι σίγουρο ότι το σημείο που εμφανίζεται στην οθόνη είναι αυτό που βλέπει ο χρήστης και από τον φακό. Δίνει την δυνατότητα, εξερεύνησης του πεδίου εργασίας με την ευρείας γωνίας ψηφιακή φωτογραφική μηχανή και εντοπισμού σημείων που έχουν αποτυπωθεί σε απόσταση μέχρι και 2000m.



Εικόνα 3.2 : TOPCON IS[www.treecomp.gr]

➤ Το όργανο αυτό συνδυάζει τις παρακάτω τεχνολογίες αιχμής :

Τεχνολογία iSCAN
- Συνδυασμός συλλογής μετρήσεων στο πεδίο
- Αποδοτικότερη, λεπτομερέστερη και ταχύτερη αποτύπωση
- Σάρωση μέχρι και 20 σημείων ανά δευτερόλεπτο
Τεχνολογία Αφής iDRIVE
-Απόλυτος έλεγχος του οργάνου μέσω της οθόνης αφής
- Εναλλαγή από συμβατικό σε Reflectorless εξ' αποστάσεως
Τεχνολογία τηλεχειρισμού "iCONTROL"
- Τηλεχειρισμός του σταθμού, χωρίς καλώδια.
- Ασύρματη σύνδεση μέσω τεχνολογίας WiFi
- Έλεγχος εξ' αποστάσεως για δύσκολες περιοχές εργασίας
Πολλαπλές Επιλογές Τηλεχειρισμού
- Ασύρματη σύνδεση μέσω τεχνολογίας WiFi
- Laser IR πολλαπλών καναλιών σύνδεσης
- Ασύρματη σύνδεση μέσω τεχνολογίας Bluetooth
Χειριστήριο Πεδίου FC-200
- Σύνδεσης δικτύου WLAN
- Επεξεργαστής 520 MHz Intel XScale
- Τεχνολογία ραδιοζεύξης RS-1

Πίνακας 3.2: Τεχνολογίες οργάνου Topcon IS. [www.treecomp.gr]



Εικόνα 3.3 : Τεχνολογία Τηλεχειρισμού (iCONTROL) [www.treecomp.gr]



Εικόνα 3.4 : Οθόνη Αφής [www.treecomp.gr]

➤ Εξωτερικά χαρακτηριστικά

Το Topcon IS-3 έχει δύο πληκτρολόγια και δυο οθόνες αφής έγχρωμες, από ένα στην κάθε όψη. Έχει σκόπευτρο(προσοφθάλμιο) για την κεντρώσει του οργάνου στο σημείο που επιλέγουμε. Μια σφαιρική και μια σωληνωτή αεροστάθμη. Στην πλαϊνή όψη περιλαμβάνει πλήκτρα που ενεργοποιούν την ρομποτική σερβοκίνηση του οργάνου γύρω από τον οριζόντιο και κατακόρυφο άξονα. Τα ίδια πλήκτρα ενεργοποιούν και την μικρομετακίνηση. Μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανική και μια κεραία ραδιοζεύξης ολοκληρώνουν το σύνολο των εξωτερικών χαρακτηριστικών.

➤ Παρελκόμενα

- Επαναφορτιζόμενη αποσπώμενη μπαταρία Li-ion & Φορτιστής
- Χειριστήριο Πεδίου FC-200
- Σύστημα εντοπισμού Στόχου RC-3
- Ελαφρύ Πρίσμα 360° prism
- Κεραίες Ραδιοζεύξης «Radio Antennas»
- Λογισμικό Πεδίου & Γραφείου Επεξεργασίας σε Η/Υ «ImageMaster»



Εικόνα 3.5 : Χειριστήριο Πεδίου FC-200 [www.treecomp.gr]

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΜΕΤΡΗΣΗ ΓΩΝΙΩΝ	
Μέθοδος	Απόλυτη Ανάγνωση
Ελάχιστη Ανάγνωση	0,2/1 mgon 1'' / 5''
Ακρίβεια	1 mgon/3''
Αντισταθμιστής Οριζοντίωσης	Δυο Αξόνων
Εύρος Αντισταθμιστή	± 6'
ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΝ	
Με Πρίσμα	
- Εμβέλεια 1/3/9 Πρίσματα	3000 /4000 /5000
- Ακρίβεια	± (2mm + 2 ppm × D ') m.s.e.
Χωρίς Πρίσμα « Non-Prism»	
- Μικρές αποστάσεις	1,5 m – 250 m
Ακρίβεια	± 5 mm m.s.e.
- Μεγάλες αποστάσεις	250 m – 2000 m
Ακρίβεια	± (10mm +10 ppm × D) m.s.e.
Ταχύτητα Scanning	Έως 20 Hz ± 5 mm m.s.e.
Τάξη Laser EDM	Τάξη 1
ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΣΤΟΧΟΥ	
Ταχύτητα εντοπισμού	15 sec
Εμβέλεια εντοπισμού	1000 m (με το στάνταρ πρίσμα)
Ταχύτητα περιστροφής	85 sec
IMAGING	
Ψηφιακή φωτογραφική μηχανή	2×1.3 Mp ccd, ευρύ οπτικό πεδίο και ανάλυση 4.8 Mp
Ταχύτητα	Έως 15 tps
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	
Λειτουργικό (OS)	Microsoft Windows CE NET 4.2
Επεξεργαστής	Intel PXA255 ,400 MHz
Οθόνη	Έγχρωμη οθόνη τεχνολογίας αφής
Εμβέλεια επικοινωνίας	Έως 900 m
Στόχευση Laser Pointer	LD (ορατό laser)

Πίνακας 3.3: Τεχνικά χαρακτηριστικά Topcon IS 203. [www.treecomp.gr]

➤ Το IS Series παράγεται σε 3 διαφορετικά μοντέλα ανάλογα με την γωνιομετρική ακρίβεια.

- IS 201(3cc)
- IS 203(9cc)
- IS 205(15cc)

3.3 Laser Scanner Leica HDS 2500

Το HDS παρέχει, εξαιρετικά ολοκληρωμένες και ακριβείς πληροφορίες πολύ γρήγορα. Το HDS παραδίδει σημαντικά οικονομικά, προγραμματισμένα, ποιοτικά και ασφαλή οφέλη για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Είναι η δεύτερη γενιά laser scanner, παρέχοντας έναν πολύ καλό συνδυασμό συνολικά, παραγωγικότητας και υψηλής ακρίβειας(ακόμα και από μεγάλες αποστάσεις). Αποτελείται από πλήρως προσπελάσιμο, παλλόμενο laser scanner, AC/DC τροφοδοτικό ενέργειας, φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή, λογισμικό σάρωσης και σταθερά εξαρτήματα. Επίσης είναι διαθέσιμα, προαιρετικά εξαρτήματα και πρόσθετα λογισμικά.



Εικόνα 3.6 :Laser Scanner Leica HDS 2500 και παρελκόμενα. [www.leica-geosystems.com]

Το HDS ενσωματώνει την έμφυτη ακρίβεια του, με την τεχνολογία smartscan, για πρόσθετο έλεγχο σάρωσης. Ο χρήστης δημιουργεί υψηλής ακρίβειας προϊόντα

ελαχιστοποιώντας τον χρόνο μετρήσεων και τον χρόνο επεξεργασίας στο πεδίο, για ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών.

Με ακρίβεια θέσης σημείου της τάξης των +/- 4 mm,γωνιακή ακρίβεια +/- 60 microrad και μέγεθος ακτίνας σημείου μόνο 6 mm από 0-50 m εμβέλειας, το HDS θεωρείται κορυφαίας απόδοσης όργανο. Η τεχνολογία smartscan συνδυάζει το μικρό μέγεθος ακτίνας με την πλήρως διευθετήσιμη πυκνότητα σάρωσης. Με αυτό το συνδυασμό, συμπεριλαμβάνοντας δυνατότητα σκαναρίσματος σε απόσταση σημείο από σημείο της τάξης των 0.25 mm, τα ο HDS μπορεί να συλλάβει λεπτομερείς πληροφορίες, να καθορίσει, να υπολογίσει και να ιδρύσει με ακρίβεια συντεταγμένες στόχων ακόμα και σε μεγάλη απόσταση. Άλλο πλεονέκτημα της smartscan τεχνολογίας είναι η ικανότητα να βελτιστοποιεί την πυκνότητα σάρωσης επιλεκτικά μέσα σε μια σκηνή, να φιλτράρει τις ανεπιθύμητες πληροφορίες ενώ σκανάρει καθώς και να προσδιορίζει και να μοντελοποιεί στόχους.

Το HDS μπορεί να χειριστεί από ένα άτομο. Ο χρήστης απλά προσανατολίζει το scanner προς την σκηνή. Τότε επιλέγει επιθυμητά μέρη (κομμάτια) της σκηνής και την επιθυμητή πυκνότητα σάρωσης. Έπειτα κλικάρει την εντολή scan.Το όργανο σαρώνει την επιλεγμένη περιοχή αυτόματα σε λίγα λεπτά. Ο χρήστης μπορεί να δει επίσης το νέφος των σημείων σε 3D καθώς σαρώνεται. Μια ακόμα δυνατότητα είναι η ικανότητα του οργάνου να φωτογραφίζει την περιοχή σάρωσης.

Οι μοναδικές ικανότητες του HDS 2500 δίνουν την δυνατότητα να συγκεντρώσουμε όλα τα οφέλη της τοπογραφίας υψηλής ακρίβειας για ένα ασυνήθιστα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Παρέχει έγκαιρη επαλήθευση κατασκευών, παρέχει εύκολη ανάλυση στην κατασκευή, επεξεργασία, επιτρέπει ακριβή πορεία σχεδιασμού της κατασκευής, χρησιμοποιείται για σαρώσεις σε γέφυρες, δρόμους, εκτάσεις, επιφάνειες βράχων, ράγες ,τούνελ και κτήρια. Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε χρήση του στην ναυπηγική.

3.4 Cyclone 5.8

Το Cyclone είναι ένα δυνατό λογισμικό που δίνει την δυνατότητα στους χρηστές να απεικονίσουν, να πλοηγήσουν, να μετρήσουν και να μοντελοποιήσουν στοιχεία λέιζερ σάρωσης, γρήγορα και με ακρίβεια, για ένα ευρύ φάσμα υψηλής ακρίβειας τοπογραφικές εφαρμογές. Η μεταβλητότητα και η απόδοση του Cyclone, το έχουν κάνει το πιο διαδεδομένο λογισμικό επεξεργασίας νέφους σημείων, στην βιομηχανία.

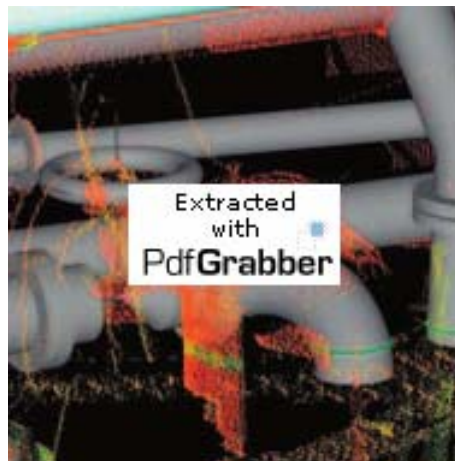
➤ Αποδοτικός χειρισμός νέφους σημείων

Το Cyclone έχει πολλά χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία επιτρέπουν στους χρηστές να δουλεύουν αποτελεσματικά με πληθώρα από σύνολα στοιχείων λείζερ σάρωσης. Το επίπεδο ανάλυσης των γραφικών παρέχει υψηλής αποτελεσματικότητας απεικονίσεις και χειρισμό των νεφών σημείων και των πρότυπων μοντέλων. Διάφοροι τρόποι απεικόνισης δίνουν την δυνατότητα στους χρηστές να δουν μέσα από τοίχους, να δημιουργήσουν σκιασμένη απόδοση ή να ενισχύουν άκρες για να βελτιώσουν την κατανόηση των πυκνών νεφών σημείων. Τα εργαλεία σύστασης μπορούν να αφήνουν τους χρήστες να εισάγουν φωτογραφίες από το περιβάλλον σάρωσης στο νέφος των σημείων του ίδιου περιβάλλοντος για μια ακόμα περισσότερο ρεαλιστική θέαση. Αυτές οι φωτογραφίες μπορούν να εξαχθούν ως διαστασιολογικά σωστές ορθοφωτογραφίες για να χρησιμοποιηθούν σε Cad και άλλες εφαρμογές.

➤ Υψηλής απόδοσης μοντελοποίηση για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

Το Cyclone χαρακτηρίζεται από το πληρέστερο σύνολο εργαλείων, στην βιομηχανία, για την δημιουργία προϊόντων και την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από τις σαρώσεις. Για παράδειγμα με τα εργαλεία επιλογής περιοχής ο χρήστης μπορεί να διαλέξει ένα ή περισσότερα σημεία σάρωσης και οι έξυπνοι αλγόριθμοι συνένωσης του Cyclone θα συμπεριλάβουν αυτόματα μόνο τα σχετικά και γειτονικά σημεία, για να μοντελοποιήσουν με ακρίβεια ένα επιλεγμένο γεωμετρικό τόπο, όπως σωλήνες, κυκλικούς δίσκους και διάφορες τοπογραφικές επιφάνειες. Το «γάριασμα», η δημιουργία συνοχής με την μέθοδο των ελάχιστων τετράγωνων, εξασφαλίζει αξιόπιστα αποτελέσματα ενώ η προηγμένη διαχείριση μνήμης του Cyclone εξασφαλίζει υψηλή απόδοση.

Τα μοντέλα υδραυλικής και σιδηροκατασκευών μπορούν να κατασκευαστούν χρησιμοποιώντας αλγόριθμους καλύτερης συνοχής «ταιριάσματος». Συνεχείς σωληνώσεις με διακλαδώσεις μπορούν να μοντελοποιηθούν αυτόματα.



Εικόνα 3.7 :Σάρωση Σωληνώσεων. [www.leica-geosystems.com]

- Πληθώρα συνόλων εργαλείων για εφαρμογές πολιτικών μηχανικών αρχιτεκτόνων και άλλων επιστημών.

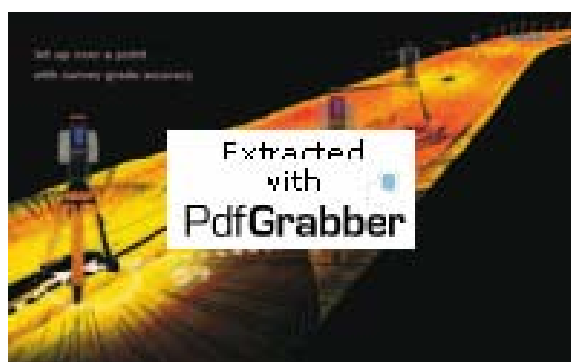
Το Cyclone διευθύνει αποτελεσματικά ένα ευρύ φάσμα από μηχανολογικές, τοπογραφικές και άλλες σχετικές εφαρμογές για τοπογράφους μηχανικούς και άλλους σχετικούς επιστήμονες. Για παράδειγμα, μιμούμενο ένα κλασικό συλλέκτη στοιχείων πεδίου, το εύκολο στην μάθηση Cyclone Virtual Surveyor εργαλείο, αφήνει τους τοπογράφους μηχανικούς να προωθήσουν γρήγορα, laser σαρώσεις σε κλασικά δισδιάστατα μηχανολογικά και τοπογραφικά διαγράμματα. Συντεταγμένες, σημεία με κώδικα χαρακτηριστικά γνωρίσματα τα οποία έχουν δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας το εργαλείο Virtual Surveyor, μπορούν να εξαχθούν αυτόματα μέσω ASCII, LandXML ή DXF formats.

Ένα έξυπνο μέσο υποδιαίρεσης μικραίνει, ελαχιστοποιεί το μέγεθος των αρχείων ενώ παράλληλα διατηρεί την ακριβή γεωμετρία. Περιγράμματα και άξονες κατά μήκος γραμμών έχουν εύκολα παραχθεί από αρχεία νεφών σημείων. Για ανασκαφές το εργαλείο Surface Deviation παρέχει ακριβείς υπολογισμούς ποσότητας. Θόρυβος και επιφάνειες για αποκοπή και γέμισμα υπολογίζονται ακριβώς. Οι επιλογές παραγωγής, εξαγωγής, περιλαμβάνουν θορύβους, περιγράμματα ή ακόμα και ταμπλέτες που περιλαμβάνουν υψομετρικές διαφορές.

- Cyclone Scan

Ευπροσάρμοστο HDS (High-Definition Survey) λογισμικό έλεγχου σάρωσης για καλύτερη αποδοτικότητα και ακρίβεια.

Το Leica Cyclone Scan είναι ένα ισχυρό, εύκολο στην εξοικείωση λογισμικό ελέγχου της laser σάρωσης το οποίο μεγιστοποιεί την ακρίβεια και αποδοτικότητα του προγράμματος. Το Cyclone Scan είναι το μόνο λογισμικό ικανό να ελέγξει δυο υψηλής απόδοσης Laser Scanners ταυτόχρονα. Το Cyclone Scan έχει μια πληθώρα χαρακτηριστικών για υψηλή παραγωγικότητα και καλύτερο έλεγχο σάρωσης. Για παράδειγμα, η τεχνολογία SmartScan παρέχεται για πλήρως διευθετήσιμο, έλεγχο οριζόντια και κάθετης πυκνότητας σάρωσης. Ένα εξειδικευμένο εργαλείο δίνει την δυνατότητα, διαφορετικά μέρη μιας σκηνής, να σαρωθούν αυτόματα με διαφορετικές πυκνότητες. Οι στόχοι μπορούν να αναγνωριστούν αυτόματα και να εξαχθούν. Εμπροσθοτομία, οπισθοτομία, χάραξη και χαρακτηριστικά σημείων μπορούν να παρέχουν περαιτέρω αποδοτικότητα και ελαστικότητα στο πεδίο.



Εικόνα 3.8 : Πεδίο Εργασίας [www.leica-geosystems.com]

➤ Αποδοτικότητα στο γραφείο.

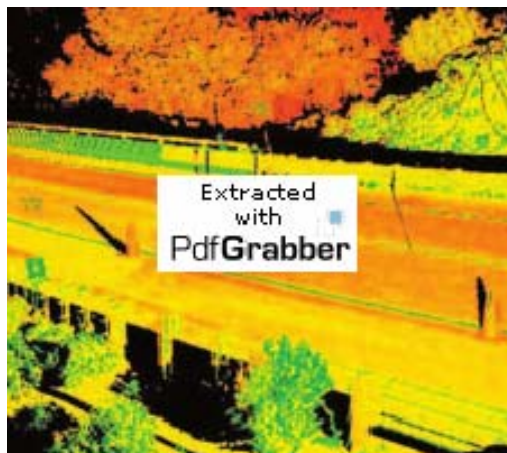
Πολλά τεχνικά χαρακτηριστικά του προγράμματος Cyclone Scan, εξυπηρετούν στο να κάνουν ταχύτερη την επεξεργασία, μειώνοντας το μέγεθος των αρχείων ή παρέχοντας βοηθητικές ενισχύσεις. Για παράδειγμα διάφορα φίλτρα σάρωσης μπορούν αυτόματα να αποκλείσουν αρχεία σάρωσης τα οποία βρίσκονται εκτός της επιθυμητής περιοχής. Τα κατάλληλα ID των στόχων, οι αυτοματοποιημένα βαθμονομημένες υψηλής ευκρίνειας εικόνες κάμερας, η αυτοματοποιημένη σύνδεση των σαρώσεων με τις εικόνες, και η δυνατότητα να βλέπεις τις περιοχές σάρωσης, είναι όλα προσθετά βοηθήματα για να κάνουν ταχύτερη την επεξεργασία δεδομένων στο γραφείο.

➤ Εξασφάλιση ακρίβειας.

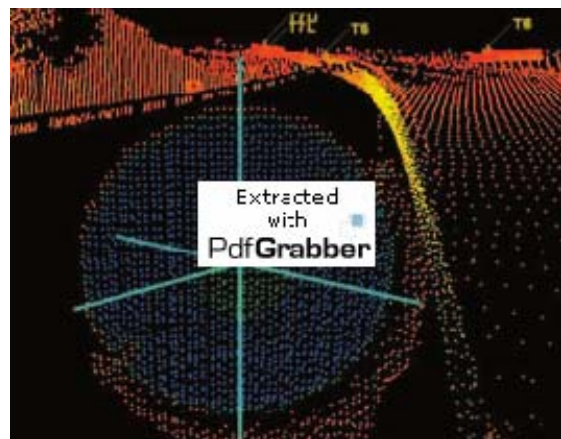
Για να εξασφαλιστεί κατάλληλη κάλυψη και πυκνότητα σάρωσης, παρέχεται η δυνατότητα, να δει ο χρήστης τις σαρώσεις ζωντανά σε φορητό υπολογιστή, τρισδιάστατα με όλες τις λειτουργίες της τρισδιάστατης θέασης (μεγέθυνση, σμίκρυνση, μετακίνηση). Για πρόσθετη διαβεβαίωση ακρίβειας, οι χρήστες μπορούν αυτόματα να επανελέγξουν τους στόχους μετά από μια σάρωση και αυτόματα να ελέγξουν τα αρχεία σάρωσης σε σχέση με το υψομετρικά αρχεία τα οποία έχουν συλλεχθεί με άλλες μεθόδους. Οι στόχοι σάρωσης μπορούν να εξαχθούν και να γεωαναφερθούν στο πεδίο και τα αρχεία σημείων έλεγχου και συντεταγμένες μπορούν να εισαχθούν και να εξαχθούν. Επιπλέον, κεκλιμένες αποστάσεις μεταξύ των στόχων ή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών μπορούν να μετρηθούν και να ελεγχθούν στο πεδίο, ενώ το ύψος των στόχων και του οργάνου και η ατμοσφαιρική διόρθωση μπορούν επίσης να εισαχθούν.

➤ Leica Cyclone Register

Leica Cyclone Register παρέχει το πιο ολοκληρωμένο σύνολο εργαλείων, ικανό να ευθυγραμμίσει νέφη σημείων, τα οποία έχουν σαρωθεί από διαφορετικές θέσεις σάρωσης, γρήγορα και με ακρίβεια. Τα νέφη σημείων μπορούν να καταχωρηθούν (μετασχηματιστούν) σε ένα κοινό σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιώντας



Εικόνα 3.9 : Αποτέλεσμα δυο σαρώσεων ενός δρόμου [www.leica-geosystems.com]



Εικόνα 3.10 : Σάρωση στόχου HDS [www.leica-geosystems.com]

περιορισμούς, καθορισμένους από τους HDS στόχους, την κοινή γεωμετρία, την επικάλυψη σημείων νεφών και από στοιχεία τοπογραφίας και ελέγχου. Αυτά τα ισχυρά χαρακτηριστικά έχουν ως αποτελεσμένα βέλτιστο μετασχηματισμό και

παρέχουν σημαντική μείωση στο κόστος και στον χρόνο μειώνοντας την ανάγκη να τοποθετείς και να εξάγεις τους στόχους.

Leica Cyclone Register αυτόματα ταυτίζει τους στόχους ή μοντελοποιεί αντικείμενα από διαφορετικές θέσης σάρωσης για την δημιουργία ενός συστήματος από περιορισμούς, το οποίο χρησιμοποιείται για να ενσωματώσει τα αρχεία νεφών σημείων σε ένα και μόνο σύστημα συντεταγμένων. Τα νέφη σημείων μπορούν να γεωαναφερθούν σε τοπογραφικά ή γνωστά αρχεία ελέγχου, γρήγορα και εύκολα.

Leica Cyclone Register είναι η πιο διαδεδομένη εφαρμογή στον χώρο της βιομηχανίας για τον μετασχηματισμό και την γεωαναφορά αρχείων laser σάρωσης, ανεξάρτητα από το ποιο scanner έχει χρησιμοποιηθεί. Η μοναδική τεχνολογία cloud-to-cloud constraints μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτόνομα ή σε συσχετισμό με τους στόχους. Βασικές δυνατότητες έλεγχου παρέχουν μια, εύκολη στην χρήση, μέθοδο που εξασφαλίζει το υψηλότερο επίπεδο παραγωγικότητας και υψηλής ακρίβειας στην βιομηχανία. Οι περιορισμοί των νεφών (μέθοδος) μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιήσουν περαιτέρω τα σημεία νεφών τα οποία έχουν μετασχηματισθεί χρησιμοποιώντας στόχους. Το Cyclone Register εκθέτει την συνολική ακρίβεια του μετασχηματισμού. Αναλυτικά στατιστικά του μετασχηματισμού περιλαμβάνουν το σφάλμα περιορισμού για κάθε στόχο και το τυπικό σφάλμα.

Αναλυτικότερα για τα βήματα της διαδικασίας σάρωσης στο πεδίο και επεξεργασίας στο πεδία, θα γίνει αναφορά παρακάτω στην περιγραφή της δικής μας διαδικασίας σάρωσης του μοντέλου.

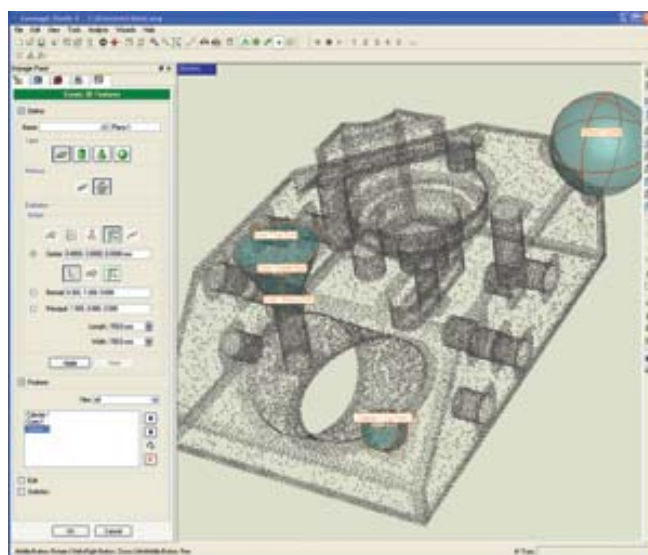
3.5 Geomagic Studio 9

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα σχεδιάστηκε για να επεξεργάζεται τρισδιάστατα στοιχεία σάρωσης, για εφαρμογές που κυμαίνονται από την αντίστροφη εφαρμοσμένη μηχανική έως τον σχεδιασμό και την ανάλυση. Το Geomagic 9 χρησιμοποιεί DSSP (ψηφιακή μορφή δειγματοληψίας και επεξεργασίας) για να αποκτήσει το νέφος των σημείων που προκύπτει μια τρισδιάστατη σάρωση και το μετατρέπει σε χρησιμοποιήσιμες επιφάνειες (NURBS). Το λογισμικό μπορεί να δημιουργήσει αυτόματα, ακριβή μοντέλα (πρότυπα) από οποιοδήποτε φυσικό αντικείμενο ή τμήμα αντικειμένου. Αυτό δεν αντικαθιστά αλλά συμπληρώνει οποιοδήποτε σύστημα CAD. Χρησιμοποιείται για ένα ευρύ φάσμα εργασιών, όπως η

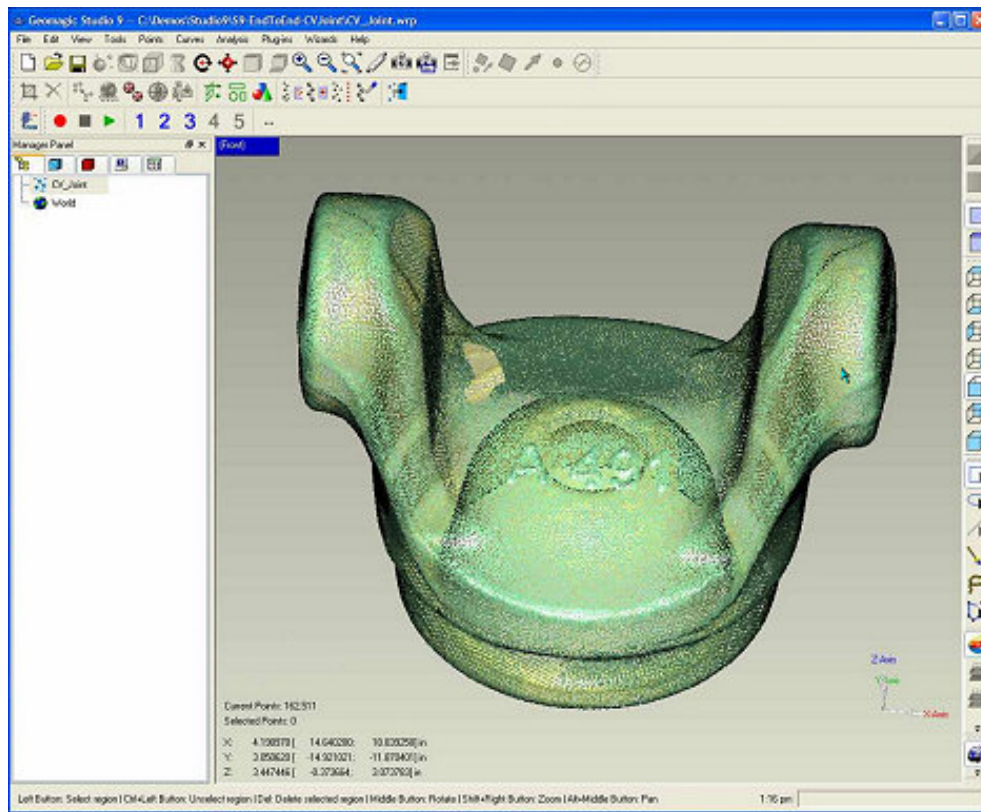
μαζική παραγωγή προσαρμοσμένων συσκευών, στην οδοντική βιομηχανία για την κατασκευή μοσχευμάτων.

Για τους αρχιτέκτονες τους πολιτικούς μηχανικούς, τους τοπογράφους μηχανικούς, τα νέα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του προγράμματος παρέχουν αυτοματοποίηση μέσω : 1) της αυτόματης ανίχνευσης των τρισδιάστατων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, 2) ενός επανασχεδιασμένου μακροσυστήματος , 3) ενός συστήματος που επιτρέπει στους χρήστες να καθορίσουν την ροή της δουλειάς τους ώστε να μειώσουν τον χρόνο διεκπεραίωσης ανάλογων εργασιών.

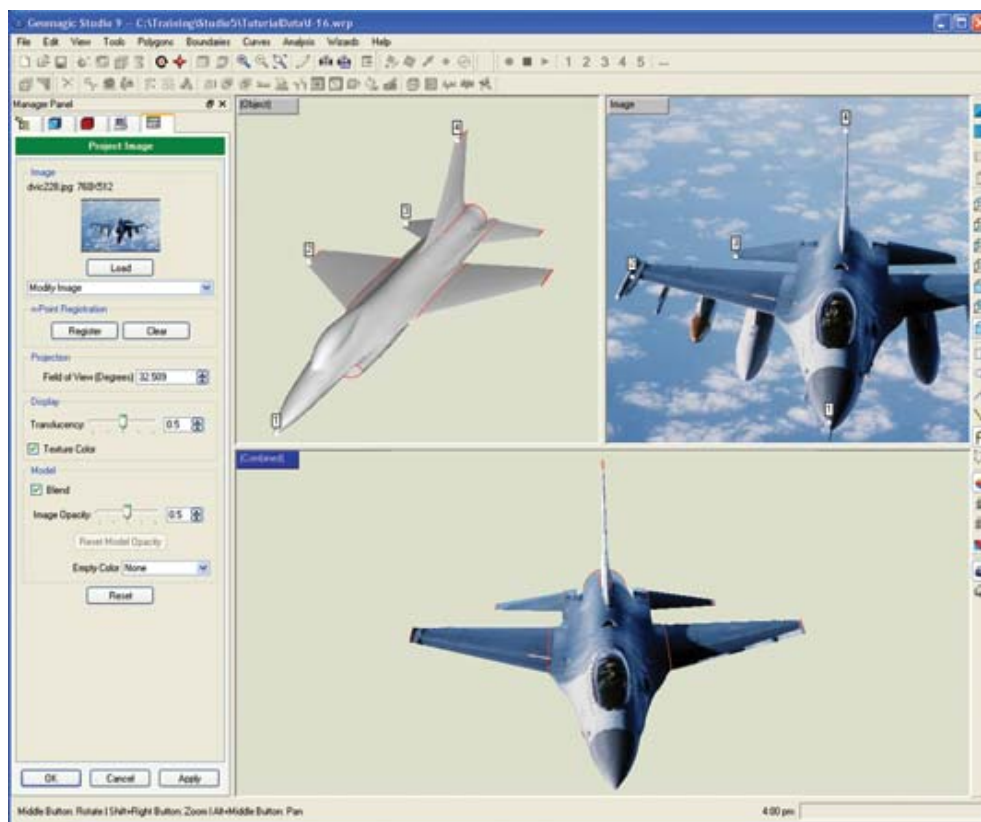
Γενικά οι εξελιγμένες λειτουργίες, παρέχουν την δυνατότητα να αναδημιουργηθεί η «τέλεια» γεωμετρία από τα πραγματικά αντικείμενα και τα στοιχεία σάρωσης. Τα νέα χαρακτηριστικά παρέχουν την ευελιξία και την βελτιστοποιημένη χειροκίνητη (manual) δημιουργία και την αυτόματη ανίχνευση των τρισδιάστατων (3D) γνωρισμάτων ή των γεωμετρικών σχημάτων. Τέσσερις πολύ βασικές λειτουργίες του προγράμματος είναι, η κατασκευή συνεχών καμπυλών, ο σχεδιασμός ευθυγραμμιών, ο χειρισμός καθορισμένων ορίων και η κάλυψη κενών (μπαλωμάτων) σε επιφάνειες. Οι λειτουργίες του προγράμματος είναι πολλές αλλά θα αναλυθούν παρακάτω, όπου περιγράφεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία του μοντέλου μας.



Εικόνα 3.11 : Geomagic Studio 9 - Σχεδιαστικό περιβάλλον [www.mcadonline.com]



Εικόνα 3.12 : Geomagic Studio 9 - Σχεδιαστικό περιβάλλον [www.mcadonline.com]



Εικόνα 3.13 : Geomagic Studio 9 - Σχεδιαστικό περιβάλλον [www.mcadonline.com]

ΚΕΦ. 4 : ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

4.1 Εξοικείωση με τα όργανα.

Πριν από τις κανονικές μετρήσεις του μοντέλου, προηγήθηκαν οι προκαταρκτικές μετρήσεις με σκοπό την αρχική εξοικείωση με τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν. Η διαδικασία αυτή έγινε στην αίθουσα Υ23 του κτηρίου «Λαμπαδάριο» της σχολής Α.Τ.Μ. Η διαδικασία της εξοικείωσης έγινε με τα δυο όργανα. Το TOPCON IS(O3) και το LEICA TCR 303 της σειράς TPS 300. Σε αυτό το στάδιο δεν έγινε χρήση του LASER SCANNER HDS 2500 λόγω της δυσκολίας μεταφοράς του, από τον μεγάλο όγκο του. Επίσης για τις μετρήσεις με αυτό το όργανο χρειάστηκε και εξειδικευμένο προσωπικό από τον τομέα της φωτογραμμετρίας καθώς επίσης και φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής με ειδικό πρόγραμμα. Όποτε και ήταν αδύνατο να κινηθούν διαδικασίες για μια εικονική σάρωση.

Με το TOPCON IS(203) τα παρελκόμενα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ένας βιομηχανικός τρίποδας που προϋπήρχε στην αίθουσα και ένας φορητός ηλεκτρονικός υπολογιστής με το λογισμικό Topcon Link για την μεταφορά των πρωτογενών στοιχείων μέτρησης (οριζόντια γωνία, κατακόρυφη γωνία, κεκλιμένη απόσταση). Οι μετρήσεις έγιναν προς τυχαία σημεία. Η μέτρηση έγινε απλά με σκοπό την εξοικείωση με το μενού του οργάνου, την διερεύνηση των μεθόδων μέτρησης και τον τρόπο εξαγωγής των στοιχείων μέτρησης σε πραγματικό χρόνο. Έγινε η διαπίστωση ότι αποτελεί ένα πολύ εύχρηστο όργανο με εξαιρετικά εύκολο μενού. Όπως αναφέρεται και στο Κεφ.3 που περιγράφονται τα όργανα, ο χειρισμός του γίνεται μέσω μιας έγχρωμης οθόνης αφής. Το λογισμικό του οργάνου είναι πολύ εύκολο και έχει την μορφή περιβάλλοντος Windows ή τουλάχιστον μοιάζει στην ευχρηστία. Συγκεκριμένα οι μέθοδοι μέτρησης που διερευνήθηκαν με αυτό το όργανο είναι οι χειροκίνητες (manual) μετρήσεις χωρίς κατάφωτο (reflectorless) και η σάρωση (Scanning) μιας επιλεγμένης περιοχής. Έπειτα έγινε η εξαγωγή των στοιχείων στον φορητό Η/Υ με επιτυχία.

Το ίδιο έγινε και με το LEICA TCR 303. Το μόνο παρελκόμενο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο βιομηχανικός τρίποδας της αίθουσας αν και στις πραγματικές μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε κλασικός τρίποδας από αλουμίνιο. Βέβαια στην θήκη του οργάνου υπήρχε και μια μετροταινία μεταλλική για την μέτρηση του ύψους. Έγινε η διαπίστωση ότι το μενού του οργάνου δεν είναι τόσο εύχρηστο όσο

του Topcon. Οι μετρήσεις που έγιναν ήταν προς τυχαία σημεία. Πρέπει να τονιστεί ότι δεν χρειάστηκε κατάφωτο αφού το όργανο έχει τεχνολογία reflectorless.

Η παραπάνω ενασχόληση με τα όργανα διήρκεσε περίπου δυο ώρες και για τα δυο. Ήταν μια διαδικασία υποχρεωτική με σκοπό την καλύτερη ετοιμότητα για τις τελικές μετρήσεις, για να μην χάνεται χρόνος και για την αποφυγή των σφαλμάτων του χειριστή.

Και οι δυο μετρήσεις έγιναν με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων που ήδη περιγράφεται σε προηγούμενο κεφαλαίο. Ο μικρός όγκος των μετρήσεων επεξεργάστηκε κατάλληλα με τα προγράμματα που θα γίνει αναφορά τους πιο αναλυτικά στις πραγματικές μετρήσεις. Το αποτέλεσμα φυσικά και από τις δυο μετρήσεις ήταν τυχαία σημεία στον χώρο.

4.2 Οργάνωση τελικών μετρήσεων

Πριν αρχίσουν τις τελικές μετρήσεις έπρεπε να γίνει μια πρώτη επίσκεψη στον χώρο διεξαγωγής των μετρήσεων, για να σχηματιστεί μια πρώτη ιδέα του πεδίου μετρήσεων, των συνθηκών που επικρατούν και του αντικειμένου μέτρησης. Το κτήριο των ναυπηγών μηχανικών βρίσκεται και αυτό στην Πολυτεχνειούπολη. Το πεδίο μετρήσεων, είναι η αίθουσα τοποθέτησης των μοντέλων σκαφών, δίπλα από τον χώρο με τις δεξαμενές πειραμάτων. Αποτελεί ένα πολύ μεγάλο χώρο, κλειστό, με ιδανικές συνθήκες μετρήσεων. Δηλαδή χωρίς να επηρεάζεται από τις εξωτερικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Πολύ σημαντικό είναι ο φυσικός φωτισμός του χώρου που είναι ο κατάλληλος για μετρήσεις με όργανα.

Έγιναν οι πρώτες διαπιστώσεις για τις συνθήκες των μετρήσεων και η πρώτη εξοικείωση με τον χώρο και έπειτα η επιλογή ενός ικανοποιητικού μοντέλου για το πείραμα. Αφού έγινε η επιλογή του μοντέλου έπειτα καθορίστηκε ο χώρος των μετρήσεων μέσα στην αίθουσα. Επιλέχτηκε μια ελεύθερη περιοχή περίπου 40 m². Το ιδανικότερο θα ήταν να μην υπάρχουν πολλά αντικείμενα γύρω από το μοντέλο καθώς θα γίνονται οι μετρήσεις, για να αποφύγουμε όσο το δυνατό περισσότερο θόρυβο στο σκανάρισμα. Πράγμα αδύνατο φυσικά αφού στον χώρο υπάρχει μεγάλος αριθμός μοντέλων. Αυτό ισχύει για τις πρώτες μετρήσεις που έγιναν με το Laser Scanner αφού οι μετρήσεις με τα αλλά δυο όργανα έγιναν σε παρακείμενο χώρο.

Μετά την επιλογή του χώρου διεξαγωγής των μετρήσεων έπρεπε να γίνει μεταφορά του σκάφους στην θέση επιλογής. Η μεταφορά του σκάφους έγινε με το γερανό μεταφοράς που βρίσκεται ψηλά, σε ράγες στην αίθουσα. Στην τελική θέση

τοποθετήθηκε ένα τραπέζι όπου εκεί επάνω, σταθεροποιήθηκε το σκάφος γυρισμένο ανάποδα φυσικά για να σταθεροποιηθεί αλλά και για να είναι εκτεθειμένη η περιοχή που μας ενδιαφέρει (γάστρα). Αυτήν ήταν η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση με το Laser Scanner. Μετά από τις παραπάνω διαδικασίες το επόμενο βήμα είναι να ξεκινήσουν οι μετρήσεις του πειράματος.



Εικόνα 4.1: Διαδικασία μεταφοράς μοντέλου με γερανό.



Εικόνα 4.2: Τελική θέση μοντέλου. Πρώτη θέση για μέτρηση με Laser Scanner.

Πριν την περιγραφή των μετρήσεων αναλυτικότερα, παρατίθεται πίνακας που περιγράφει όλες τις πειραματικές μετρήσεις, τα αντίστοιχα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν, τις αντίστοιχες μεθοδολογίες μέτρησης καθώς και τα προγράμματα επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκαν.

α/α	ΟΡΓΑΝΟ	ΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
1	Laser Scanner Leica HDS2500	2 θέσεις σάρωσης	Σάρωση Επιφάνειας ανά 0,01 m	Cyclone 5.8 Geomagic 9
2	Topcon IS	Σ_1	Αποτύπωση σημείων με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων και σάρωση ανά 0,03 m	TopconLink AutoCAD
3	Leica TCR 303	Σ_2	Αποτύπωση σημείων με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων	Microsoft Excel AutoCAD

Πίνακας 4.1 : Αντιστοιχία μετρήσεων με όργανα μέτρησης, στάσεις μέτρησης, μεθόδους μέτρησης και προγράμματα επεξεργασίας.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί ότι μετρήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις η μίση επιφάνεια της γάστρας όπως ορίζεται από τον διαμήκη άξονα συμμετρίας της (κεντρική γραμμή) που είναι κατακόρυφος. Αυτά τα στοιχεία προβάλλονται και στο σχέδιο των Ναυπηγών Μηχανικών.

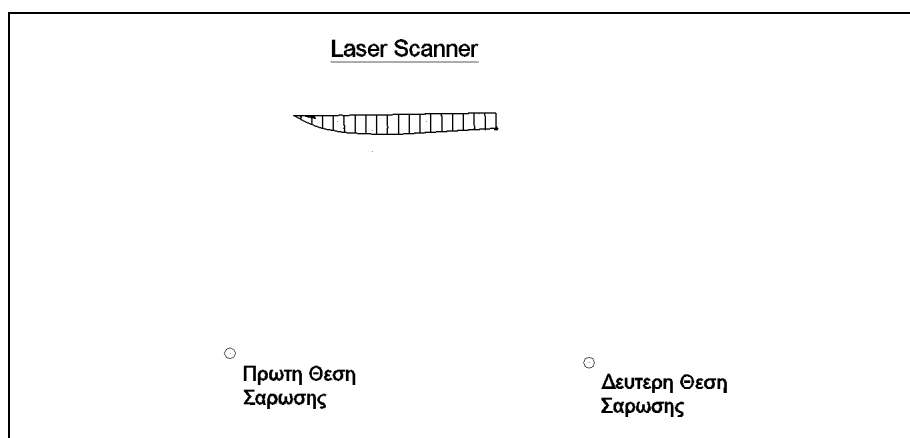
4.3 Μέτρηση με Laser Scanner Leica HDS 2500

Οι πρώτες μετρήσεις έγιναν με το laser scanner. Αυτές έπρεπε να οργανωθούν έτσι ώστε να μην υπάρχει περίπτωση να επαναληφθούν λόγω της δυσκολίας μεταφοράς του εξοπλισμού. Τελικά έγιναν οι μετρήσεις σε μια μέρα. Πριν ξεκινήσουν οι μετρήσεις τοποθετήθηκαν έξι ειδικοί ανακλαστικοί στόχοι που χρησιμεύουν στην διαδικασία μετασχηματισμού. Αποτελούν τα σημεία αναφοράς πάνω στα οποία βασίζεται η διαδικασία του μετασχηματισμού της μιας σάρωσης ως προς την άλλη. Το είδος μετασχηματισμού αναφέρεται σαν μετασχηματισμός στερεού σώματος.

Τα παρελκόμενα του οργάνου είναι ο τρίποδας στήριξης, που δίνει την δυνατότητα περιστροφής του οργάνου γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Το όργανο από μόνο του μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τον οριζόντιο άξονα συμμετρίας του με δυνατότητα να πακτώνει στην επιθυμητή θέση. Το τροφοδοτικό που αναφέρθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο, και ένας φορητός H/Y σαν μέσο χειρισμού του οργάνου. Το

λογισμικό για την εκτέλεση και την επεξεργασία των μετρήσεων είναι το Cyclone 5.8.

Αρχικά τοποθετήθηκε το όργανο στην αριστερή πλευρά του μοντέλου σε απόσταση περίπου πέντε μέτρων. Βάζοντας σε λειτουργία το όργανο και τον H/Y, μέσω του προγράμματος Cyclone 5.8, φάνηκε ζωντανά στην οθόνη και καθορίστηκε η περιοχή σάρωσης. Όπως αναφέρεται και στο 3^ο κεφαλαίο φωτογραφήθηκε και έγινε καταγραφή της εικόνας της σκηνής της σάρωσης μέσω του προγράμματος. Πιο συνοπτικά η διαδικασία έγινε από δυο θέσεις σάρωσης ώστε να καλυφθούν όλες οι επιφάνειες του μοντέλου που ενδιαφέρουν. Η μια θέση είναι στην αριστερή πλευρά και η δεύτερη στην δεξιά πλευρά του σκάφους περίπου στην ίδια απόσταση. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία ήταν περίπου 40 λεπτά. Παρακάτω παρατίθεται σκαρίφημα που παρουσιάζει την γεωμετρία θέσεων σάρωσης σε σχέση με το σκάφος.



Σκαρίφημα 4.1 : Σχετική θέση μοντέλου και στάσεων σάρωσης.

4.3.2 Πρόγραμμα διαχείρισης laser scanner στο πεδίο : Cyclone 5.8

Η σάρωση του μοντέλου έγινε με το πρόγραμμα cyclone 5.8. Επιγραμματικά έγινε σάρωση του σκάφους από δυο στάσεις σκόπευσης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Στην συνέχεια από την δεύτερη στάση, μετά από το δεύτερο scanning έγινε ο πρώτος μετασχηματισμός (registration) στο πεδίο με σκοπό τον έλεγχο των μετρήσεων. Η διαδικασία του μετασχηματισμού περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο.

Πιο αναλυτικά με βάση την ορολογία του προγράμματος το κάθε scanning αντιστοιχεί σε ένα scanworld του προγράμματος. Μέσα από το controlspace του scanworld 1 αποθηκεύεται η εικόνα του σκάφους έτσι όπως απεικονίζεται μέσα από το scanner. Στην ουσία γίνεται φωτογραφική λήψη της σκηνής. Έπειτα έγινε επιλογή βήματος σάρωσης 0,010 m και με την εντολή scan έγινε η σάρωση της πρώτης σκηνής μέσα σε λίγα λεπτά. Επιλέχτηκε βήμα σάρωσης 0,010 m για δυο λόγους.

Πρώτον, λόγω της μεγάλης πυκνότητας των σημείων, υπάρχει καλύτερη προσέγγιση στην επιφάνεια του μοντέλου. Δεύτερον πρόκειται να γίνει σάρωση και με άλλο όργανο με το ίδιο βήμα, ώστε να είναι ορθότερη η σύγκριση. Φυσικά το pointcloud πρέπει να επεξεργαστεί, αλλά αυτή η διαδικασία δεν έγινε στο πεδίο. Στην συνέχεια έγινε αλλαγή στάσης σάρωσης και ακολουθήθηκε την ίδια διαδικασία στο scanworld 2. Έχοντας θέσει το ίδιο βήμα ακτίνας, αποθηκεύτηκε η εικόνα και έγινε σάρωση του μοντέλου από την καινούργια οπτική γωνία.



Εικόνα 4.3 : Θέση σάρωσης 1. [Cyclone 5.8]



Εικόνα 4.4 : Θέση σάρωσης 2. [Cyclone 5.8]

Έχοντας έτοιμα τα δυο scanworlds, το επόμενο βήμα ήταν η διαδικασία του μετασχηματισμού στο πεδίο, για να γίνει ένας πρώτος έλεγχος των μετρήσεων μέσω των σφαλμάτων του μετασχηματισμού στερεού σώματος.

Από το μενού του προγράμματος και με τη επιλογή της εντολής registration (μετασχηματισμός) ξεκινάει η διαδικασία. Μέσα από το παράθυρο του registration 1, με την εντολή «add scanworld» το πρόγραμμα εισάγει τα δυο scanworlds. Έπειτα επιλέγεται η εντολή «Auto-Add Constraints» η οποία εισάγει αυτόματα τους στόχους του μετασχηματισμού. Το μόνο που μένει είναι να γίνει ο μετασχηματισμός των δυο scanworlds. Με την εντολή register και αφού ολοκληρωθεί ο μετασχηματισμός με την εντολή «view interim results» παρουσιάζεται και γραφικά πλέον το αποτέλεσμα του μετασχηματισμού των δύο νεφών σημείων. Αναλυτικότερη περιγραφή αυτής της διαδικασίας γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο που αναφέρεται στην επεξεργασία των μετρήσεων.

4.4 Μέτρηση με Topcon IS 203

Μετά την αλλαγή θέσης του μοντέλου, λόγω ανακαίνισης στην αίθουσα των Ναυπηγών Μηχανικών, επανατοποθετήθηκε το σκάφος σε έναν ελεύθερο χώρο περίπου 40 m² με κριτήριο να μην υπάρχουν πολλά αντικείμενα γύρω από αυτό για ευνόητους λόγους. Αυτήν την φορά το αντικείμενο μέτρησης τοποθετήθηκε στο δάπεδο τις αίθουσας ώστε να μειωθεί η πιθανότητα να χαθούν τα σημάδια της ακμής της καρίνας, λόγω τις μικρής γωνίας πρόσπτωσης της ακτίνας του laser πάνω στην επιφάνεια του μοντέλου σε αυτά τα σημεία. Χαμηλώνοντας το ύψος τοποθέτησης του σκάφους με επιφάνεια αναφοράς το δάπεδο, αυξάνεται η υψομετρική διάφορα του σε σχέση με το σημείο σκόπευσης του οργάνου , με αποτέλεσμα να αυξάνεται η γωνία πρόσπτωσης της ακτίνας στο πάνω μέρος της γάστρας. Ο σκοπός είναι να τείνει στις 90° ή 100g που είναι και η ιδανική περίπτωση μέτρησης.



Εικόνα 4.5 : Περιοχή με μεγαλύτερες πιθανότητες σφάλματος στην καρίνα του σκάφους(μπλε γραμμοσκίαση).



Εικόνα 4.6 : Νέα θέση σκάφους.

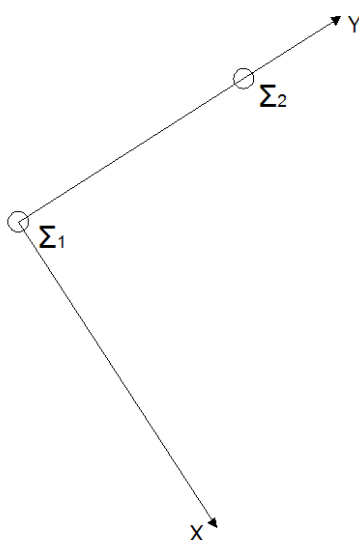
Αφού τοποθετήθηκε το μοντέλο στην κατάλληλη θέση, το επόμενο βήμα στην διαδικασία μέτρησης ήταν η ίδρυση ενός τοπικού δικτύου, δηλαδή η δημιουργία ενός συστήματος αναφοράς των τρισδιάστατων συντεταγμένων. Ιδρύθηκαν δυο στάσεις οι Σ_1 και Σ_2 . Η σχετική θέση των στάσεων σε σχέση με το αντικείμενο μέτρησης θα φανεί παρακάτω σε κάτοψη του πεδίου μέτρησης από το πρόγραμμα «AutoCAD».

Το επόμενο στάδιο είναι η οργάνωση των μετρήσεων και ο σχεδιασμός ενός κροκί. Οι μετρήσεις που αποφασίστηκε να γίνουν με το Topcon IS είναι δυο ειδών. Η πρώτη μέτρηση είναι ταχυμετρική αποτύπωση, χειροκίνητα (manually), χωρίς

κατάφωτο(reflectorless). Η δεύτερη είναι σάρωση της επιφάνειας το μοντέλου, αφού το όργανο παρέχει αυτήν την δυνατότητα.

4.4.1 Αποτύπωση σημείων

Σε αυτό το στάδιο έγινε μέτρηση των χαρακτηριστικών σημείων του μοντέλου. Αυτά είναι το περίγραμμα της γάστρας, το οποίο περιλαμβάνει την καρίνα, και τους νομείς του σκάφους στους οποίους έχει γίνει θεωρητική αναφορά στο δεύτερο κεφαλαίο. Το όργανο στήθηκε στην στάση Σ_1 και από εκεί έγινε μηδενισμός της οριζόντιας γωνίας στην στάση Σ_2 . Με αυτήν την διαδικασία, ορίζεται αυτόματα ο άξονας Y του τοπικού συστήματος αναφοράς, στην διεύθυνση $\Sigma_1\Sigma_2$ όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Σχήμα 4.1: Προσανατολισμός του συστήματος αναφοράς ως προς τον Y άξονα στην μέτρηση με TOPCON IS. [AutoCAD Drawing]

Αναλυτικότερα τα στάδια της διαδικασίας μέτρησης περιγράφονται παρακάτω :

1. Κέντρωση του οργάνου πάνω στην στάση Σ_1 .
2. Οριζοντίωση του οργάνου.
3. Δημιουργία αρχείου εργασίας στο μενού του οργάνου(job file).
4. Εισαγωγή του ονόματος της στάσης και του ύψους του οργάνου στο μενού ορισμού της στάσης.(Occupation point)
5. Μηδενισμός του οριζόντιου κυκλικού δίσκου στην διεύθυνση προσανατολισμού $\Sigma_1\Sigma_2$ σκοπεύοντας την στάση Σ_2 .(backsight point)

6. Μέτρηση επιθυμητών σημείων από το μενού (observation points). Στο μενού αυτό χρειάζεται να γίνει εισαγωγή του ύψους του κατάφωτου και του κωδικού κάθε σημείου (προαιρετικό). Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εργασίας που γίνεται μέτρηση σημείων χωρίς κατάφωτο (reflectorless) το ύψος που εισάγεται είναι μηδενικό.

Συγκεκριμένα :

- Σ₁ :E,N,EL(X,Y,Z) :10m,10m,0m
- Ύψος οργάνου : 1,445 m
- Απόκλιση ηλεκτρονικής οριζοντίωσης ακρίβειας (cc) :

Κατά X άξονα : -0,0002 g

Κατά Y άξονα : -0,0012 g

Τα στοιχεία καταγραφής του οργάνου, τα πρωτογενή στοιχεία, είναι η οριζόντια γωνία (ρ), η κατακόρυφη (z) και η κεκλιμένη απόσταση SD(slope distance). Η οριζόντια γωνία είναι αυτή που περιέχεται στην διεύθυνση μηδενισμού και στην διεύθυνση του σκοπευόμενου σημείου. Η κατακόρυφη (ζενίθια) περιέχεται στην διεύθυνση του πρωτεύοντα άξονα περιστροφής του οργάνου (διεύθυνση κατακόρυφου) και στην διεύθυνση του σκοπευόμενου σημείου.

Στο κροκί δόθηκε συγκεκριμένη αρίθμηση των ταχυμετρικών σημείων ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση του μοντέλου, η οποία έγινε ως εξής :

- Από πρύμνη ως πλήρη νομείς :

1001...νομέας 0

2001...νομέας 1

⋮

19001...νομέας 18

- 101 – 165 περίγραμμα γάστρας
- 501 – 506 σημεία κοινής λήψης και από τα δυο όργανα (για έλεγχο)
- 19007,19008,19009,19010 άκρες ίσαλων γραμμών

Ο συνολικός χρόνος της ταχυμετρικής αποτύπωσης με αυτό το όργανο ήταν 110 λεπτά της ώρας (110').



Εικόνα 4.7 : Διαδικασία μέτρησης με Topcon IS.

4.4.2 Σάρωση μοντέλου (scanning)

Αμέσως μετά το τέλος της αποτύπωσης, η επόμενη διαδικασία μέτρησης είναι σάρωση του μοντέλου με το ίδιο όργανο και από την ίδια στάση μέτρησης. Στο ίδιο αρχείο εργασίας (job file) έγιναν τα εξής βήματα ώστε να ξεκινήσει η σάρωση του μοντέλου :

- 1.Επιλογή εντολής : « scanning» από το μενού «Survey».
- 2.Επιλογή ορίων πεδίου σάρωσης, με την εντολή «Square». Το εργαλείο που δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να καθορίσει το πεδίο σάρωσης, είναι η κάμερα του οργάνου, που εμφανίζει την εικόνα του πεδίου στην έγχρωμη οθόνη σε πραγματικό χρόνο(real time). Με το σταυρόνημα που φαίνεται και στην κάμερα του οργάνου ορίστηκαν, οι πάνω αριστερή και κάτω δεξιά, γωνίες του ορθογωνίου παραλληλόγραμμου παραθύρου σάρωσης. Αυτόματα το όργανο ορίζει το παράθυρο και αποθηκεύει την εικόνα του πεδίου που ορίστηκε ως παράθυρο. Αυτή ,όπως και όλα τα δεδομένα, εξάγεται από το λογισμικό Topcon



Εικόνα 4.8 : Αποθηκευμένη εικόνα πεδίου σάρωσης όπως φαίνεται από την οθόνη του οργάνου. [TopconLink]

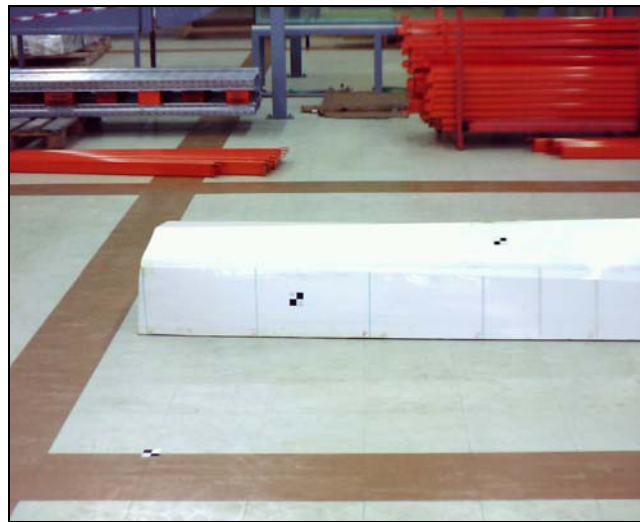
3. Επιλογή τρόπου σάρωσης. Υπάρχει η σάρωση με μορφή τυχαίων σημείων και η σάρωση με μορφή κανάβου. Επιλέχτηκε η δεύτερη μέθοδος με την εντολή «Grid»
4. Μετά την επιλογή σάρωσης σε μορφή κανάβου ,ορίστηκε το βήμα σάρωσης, δηλαδή η αποστάσεις των σημείων του κανάβου σε σειρά και σε στήλη. Επιλέχτηκε βήμα 0,030m και στις γραμμές και στις στήλες του κανάβου. Συγκεκριμένα έγινε στόχευση σε ένα σημείο του σκάφους που να αντιπροσωπεύει την μέση απόσταση των σημείων της γάστρας και με την εντολή «Probe» το όργανο καταχώρησε την μέτρηση της κεκλιμένης απόστασης. Αυτό γίνεται για να υπάρχει συσχέτιση του παράθυρου σάρωσης (εύρος) και απόστασης.
5. Αφού έχει οριστεί το βήμα του κανάβου με την εντολή «Scan» ξεκινάει η διαδικασία σάρωσης. Το όργανο παρέχει πληροφορίες για τον χρόνο σάρωσης και τον αριθμό των σημείων της σάρωσης, σε πραγματικό χρόνο. Αυτό γίνεται αφού έχει επέλθει ένα ποσοστό σάρωσης σημείων.

Συγκεκριμένα :

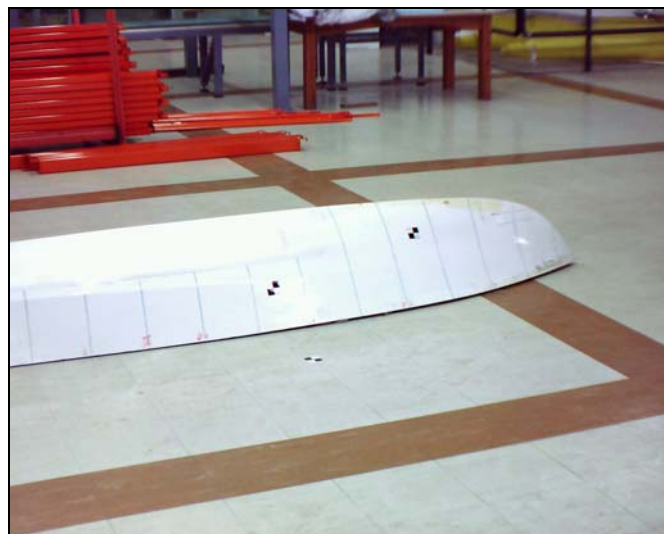
- Βήμα κανάβου : 0,030 m
- HD (Horizontal Distance) : 0,030 m
- VD (Vertical Distance) : 0,030 m
- Probe : 4,372 m
- Μέγιστος χρόνος σάρωσης : 219 sec ένδειξη στο 12% της διαδικασίας σάρωσης
- Αριθμός σημείων σάρωσης : 4076 se points

Πρέπει να σημειωθεί ότι επιλέχτηκε βήμα κανάβου 0,030 m επειδή το όργανο είχε πρόβλημα στην σάρωση με βήμα 0,010 m. Σάρωνε την μίση επιφάνεια, όσες φορές και αν δοκιμάστηκε. Από την στιγμή που δεν γινόταν να οριστεί βήμα ίδιο με του scanner για καλύτερη σύγκριση, επιλέχτηκε βήμα 0,030 m και η σάρωση έγινε κανονικά.

Βλέποντας την παραπάνω εικόνα του πεδίου σάρωσης, φαίνεται ότι είναι χωρισμένη σε δυο μέρη, επειδή το πεδίο για την απόσταση που ορίστηκε έχει μεγάλο εύρος. Οι δυο εικόνες που αποτελούν το πεδίο έχουν καταχωρηθεί με μεγαλύτερη ανάλυση και παρατίθενται παρακάτω.

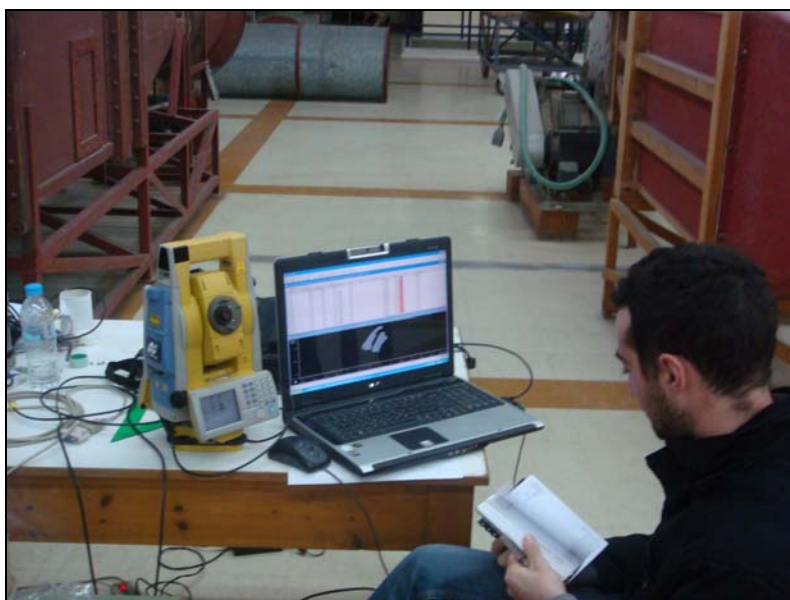


Εικόνα 4.9 : Παράθυρο πεδίου σάρωσης στην πλευρά της πρύμνης. [TopconLink]



Εικόνα 4.10 : Παράθυρο πεδίου σάρωσης στην πλευρά της πλώρης. [TopconLink]

Τα δεδομένα των μετρήσεων, τόσο τα πρωτογενή (μετρημένα μεγέθη) όσο και τα δευτερογενή (συντεταγμένες X,Y,Z) μπορούν να εξαχθούν σε Η/Υ σε πραγματικό χρόνο στο πεδίο, μέσω του προγράμματος «TopconLink». Αυτό γίνεται και για τον άμεσο έλεγχο των μετρήσεων. Ένας τέτοιος έλεγχος έγινε και στην μέτρηση του πειράματος. Συνδέθηκε το όργανο με τον φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή, με ειδικό καλώδιο συνδεσιμότητας (USB) και τα στοιχεία εξήχθησαν ταχύτατα χωρίς καμία επιπλοκή. Ο φορητός Η/Υ περιέχει το λογισμικό «TopconLink». Στο πρόγραμμα τα στοιχεία παρουσιάζονται, με μορφή πινάκων, παρόμοια με το πρόγραμμα «Microsoft Excel». Η περιγραφή των δεδομένων των πινάκων γίνεται στο κεφάλαιο 5, όπου περιγράφεται η επεξεργασία των δεδομένων.



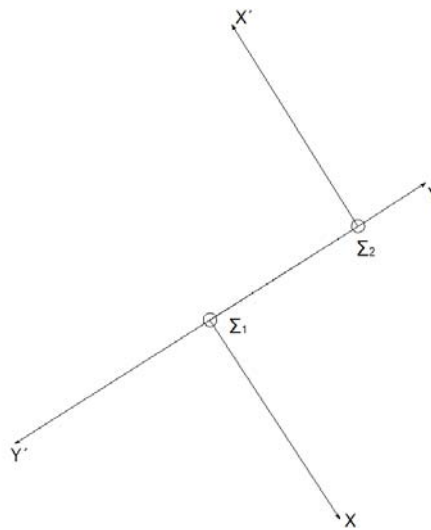
Εικόνα 4.11 Έλεγχος μετρήσεων μέσω του προγράμματος «TopconLink» στο πεδίο.

4.5 Μέτρηση με Leica TCR303

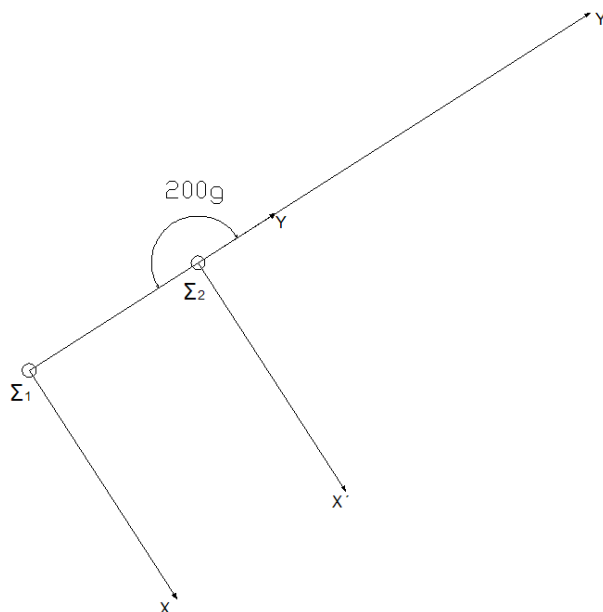
Μετά το πέρας των μετρήσεων με το Total Station «Topcon IS», ξεκίνησε η δεύτερη μέτρηση με το Total Station «Leica TCR303». Το μοντέλο παράμεινε στην ίδια θέση, ώστε με την ένταξη των δυο σειρών μετρήσεων στο ίδιο σύστημα αναφοράς, τα σχέδια από τις δυο μετρήσεις να συμπέσουν. Η λογική αυτή, έχει σαν στόχο την άμεση σύγκριση και ανάλυση των σχεδιαστικών και αριθμητικών αποτελεσμάτων, διαδικασία που γίνεται στο επόμενο κεφαλαίο.

Την μέρα μέτρησης με τον Γεωδαιτικό Σταθμό Leica TCR 303 διαπιστώθηκε ότι πάνω από την στάση Σ_1 είχε τοποθετηθεί πάγκος με ένα μεταλλικό κυλινδρικό κομμάτι αεροδυναμικής σήραγγας. Λόγω της δυσκολίας μετακίνησης αποφασίστηκε

να στηθεί το όργανο στην στάση Σ_2 . Το θετικό είναι ότι ήταν ορατή η στάση Σ_1 . Έτσι, το όργανο στήθηκε πάνω στην στάση Σ_2 και προσανατολίστηκε, μηδένισε τον οριζόντιο δίσκο μέτρησης γωνιών στην διεύθυνση $\Sigma_2\Sigma_1$. Με αυτήν τη διαδικασία δημιουργήθηκε ένα σύστημα αναφοράς που χρειάζεται να μετασχηματιστεί σε σχέση με το προηγούμενο. Είναι ένας απλός μετασχηματισμός στροφής του συστήματος αναφοράς της μιας μέτρησης ως προς την άλλη κατά $200g$ ή 180° , οριζοντιογραφικά. Αυτή η σχέση μεταξύ των δυο μετρήσεων θα επαληθευτεί από τα αποτελέσματα των μετρήσεων.



Σχήμα 4.2: Άξονες X,Y τρισδιάστατων συστημάτων αναφοράς για τις δυο σειρές μετρήσεων. XY πρώτη σειρά μετρήσεων, X'Y' δεύτερη σειρά. [AutoCAD Drawing]



Σχήμα 4.3: Στροφή συστήματος αναφοράς (XYZ)' ως προς το XYZ κατά $200g$. [AutoCAD Drawing]

Αναλυτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκαν για την έναρξη των μετρήσεων είναι οι παρακάτω:

1. Κεντρώση του οργάνου πάνω στην στάση Σ_2 .
2. Οριζοντίωση του οργάνου (κατακορύφωση του πρωτεύοντος άξονα).
3. Δημιουργία αρχείου εργασίας στο μενού του οργάνου (job file).
4. Εισαγωγή του ονόματος της στάσης και του ύψους του οργάνου στο μενού ορισμού της στάσης.
5. Επιλογή μεθόδου μέτρησης Reflectorless (χωρίς κατάφωτο).
6. Μηδενισμός του οριζόντιου κυκλικού δίσκου στην διεύθυνση προσανατολισμού $\Sigma_2\Sigma_1$ σκοπεύοντας την στάση Σ_1 .
7. Μέτρηση επιθυμητών σημείων από την βασική οθόνη προβολής του οργάνου. Στο μενού αυτό χρειάζεται να γίνει εισαγωγή του ύψους του κατάφωτου και του κωδικού κάθε σημείου (προαιρετικό). Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εργασίας που γίνεται μέτρηση σημείων χωρίς κατάφωτο (reflectorless) το ύψος που εισάγεται είναι μηδενικό.

Συγκεκριμένα :

- Σ_2 :E,N,EL(X,Y,Z) :10,000 m, 12,259 m, 0,008 m
- Ύψος οργάνου : 1,452 m
- Η οριζοντίωση του οργάνου έγινε μέσω της ηλεκτρονικής αεροστάθμης με ακρίβεια δευτερόλεπτων της μοίρας. Η διαδικασία της οριζοντίωσης εκτελέστηκε πολύ σχολαστικά ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν καλύτερο αποτέλεσμα και για την αποφυγή σφάλματος χειρίστη. Σφάλματα από το περιβάλλον μετρήσεων ή το όργανο μέτρησης δεν υπήρξαν, αφού το περιβάλλον ήταν ιδανικό με σταθερές συνθήκες μέτρησης σε όλη την διάρκεια και το όργανο σε καλή κατάσταση.
- Από το μενού «settings» ορίστηκε το είδος του κατάφωτου.Prism Type (είδος πρίσματος) →RL(Reflectorless)

Τα στοιχεία καταγραφής του οργάνου, τα πρωτογενή στοιχεία, είναι η οριζόντια γωνία (ρ), η κατακόρυφη (z) και η κεκλιμένη απόσταση SD (slope distance). Η οριζόντια γωνία είναι αυτή που περιέχεται στην διεύθυνση μηδενισμού και στην διεύθυνση του σκοπευόμενου σημείου. Η κατακόρυφη (ζενίθια) περιέχεται στην διεύθυνση του πρωτεύοντα άξονα περιστροφής του οργάνου (διεύθυνση κατακόρυφου) και στην διεύθυνση του σκοπευόμενου σημείου.

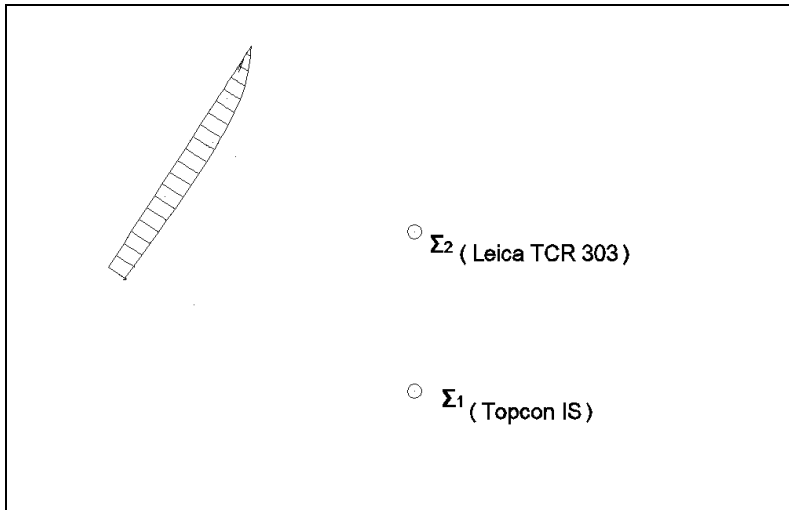
Στο κροκί δόθηκε συγκεκριμένη αρίθμηση των ταχυμετρικών σημείων ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση του μοντέλου, η οποία έγινε ως εξής :

- Από πρύμνη ως πλώρη νομείς :
10001...νομέας 0
10013...νομέας 1
12001...νομέας 2
⋮
28001...νομέας 18
- 1 – 72 περίγραμμα γάστρας
- 501 – 506 σημεία κοινής λήψης και από τα δυο όργανα(για έλεγχο)
- 101,102,103,104 άκρες ίσαλων γραμμών

Ο συνολικός χρόνος μέτρησης είναι 100' της ώρας. Από 16.20 έως 17.40.



Εικόνα 4.12 : Μέτρηση με Leica TCR 303.



Σκαρίφημα 4.2 : Σχετική θέση σκάφους και στάσεων μέτρησης με τους γεωδαιτικούς σταθμούς.

ΚΕΦ. 5 : ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

5.1 Επεξεργασία μετρήσεων σάρωσης με Laser Scanner Leica HDS 2500

5.1.1 Επεξεργασία μέσω προγράμματος Cyclone 5.8

Τα στοιχεία μέτρησης (σάρωσης) του πεδίου επεξεργάστηκαν μέσω του ίδιου προγράμματος εκτός πεδίου για την εξαγωγή καλύτερου αποτελέσματος. Ακολουθήθηκαν τα εξής στάδια :

- Σε κάθε «scanworld» σβήστηκε η πληροφορία που δεν είναι χρήσιμη. Δηλαδή τα νέφη εκτός των ανακλαστικών στόχων και του μοντέλου. Αυτό έγινε στο «controlspace» και όχι στο modelspace γιατί το πρώτο χρησιμεύει για τον μετασχηματισμό. Φυσικά κάποια νέφη γύρω από τα όρια του μοντέλου παρέμειναν, με σκοπό να μην αλλοιωθεί κάποια πληροφορία.
- Έπειτα έγινε αντιγραφή στο περιβάλλον του Cyclone Navigator του project 1 σε project 2 για τυχόν αποφυγή λαθών.
- Στο project 2 δημιουργήθηκε καινούργιο registration (μετασχηματισμός). Στο περιβάλλον του registration ακολουθήθηκε η διαδικασία μετασχηματισμού για ακόμη μια φορά χρησιμοποιώντας τα επεξεργασμένα modelspaces. Αρχικά μέσω της εντολής «add-scanworlds» εισήχθησαν τα δυο modelspaces από κάθε scanworld. Με αυτήν την εντολή έγινε εισαγωγή των δυο νεφών σαν στοιχεία μετασχηματισμού. Το σημαντικότερο όμως είναι να εισαχθούν οι ειδικοί στόχοι μετασχηματισμού. Αυτό έγινε με την εντολή «Auto-add constraints». Από το παράθυρο του μετασχηματισμού «Constraint List», φαίνεται ότι η στόχοι έχουν εισαχθεί κατά στήλη για κάθε scanworld.. Τελικά χωρίς να αλλάξουν τα options του μετασχηματισμού επιλέγεται στην εντολή register και το πρόγραμμα πραγματοποίησε τον ζητούμενο μετασχηματισμό παραθέτοντας στο ίδιο παράθυρο και τα τυπικά σφάλματα του μετασχηματισμού για κάθε στόχο (σ_x , σ_y , σ_z) και φυσικά το τυπικό σφάλμα του διανύσματος θέσης για κάθε στόχο. Τα αποτελέσματα του μετασχηματισμού φυσικά είναι τα ίδια με αυτόν που κάναμε στο πεδίο. Η μόνη διάφορα είναι η οπτική εικόνα που παρουσιάζει μόνο το αντικείμενο που μας ενδιαφέρει. Ειδικότερα με την εντολή «Show Diagnostics» αποθηκεύτηκαν τα δεδομένα του μετασχηματισμού, όπως αυτά φαίνονται στο παράθυρο «Constraint List». Τα δεδομένα παρατίθενται στον πίνακα 1.

- Αφού πραγματοποιήθηκε ο μετασχηματισμός επιλέχτηκε η εντολή View Interim Results για να φανεί η σχεδιαστική απόδοση του μετασχηματισμού. Έπειτα από το τελευταίο παράθυρο των μετασχηματισμένων νεφών, δημιουργήθηκε modelspace μετασχηματισμού ώστε να είναι δυνατή η σχεδιαστική παρέμβαση.
- Στο modelspace του μετασχηματισμού σβήστηκαν προσεκτικά τα νέφη που δεν αποτελούν μέρος του μοντέλου ώστε να εξαχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Φυσικά έγιναν και άλλες δόκιμες μετασχηματισμού αλλάζοντας τα βάρη (0-1) μετασχηματισμού σε κάθε στόχο. Το αποτέλεσμα σε όλες τις περιπτώσεις ήταν λιγότερο ικανοποιητικό από τον αρχικό μετασχηματισμό. Τα τυπικά σφάλματα ήταν μεγαλύτερα. Τα αποτελέσματα μιας δοκιμής παρατίθενται στον πίνακα 2. Όσο για την διαδικασία του μετασχηματισμού θα γίνει θεωρητική αναφορά σε επόμενη παράγραφο.

Mean Absolute Error:									
for Enabled Constraints = 0.001 m									
for Disabled Constraints = 0.000 m									
Database name : ship1									
ScanWorlds	ScanWorld 2			ScanWorld 1					
Constraints									
Name	ScanWorld	ScanWorld	Type	On/Off	Weight	Error	Error Vector	Horz	Vert
TargetID: 1	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.002 m	(0.001, 0.000, 0.001) m	0.002 m	0.000 m
TargetID: 2	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, 0.000, 0.000) m	0.001 m	0.000 m
TargetID: 3	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(-0.001, 0.000, 0.000) m	0.001 m	0.000 m
TargetID: 4	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	0.001 m	0.000 m
TargetID: 5	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, -0.001) m	0.001 m	0.000 m
TargetID: 6	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.0000	0.001 m	(0.000, 0.000, -0.001) m	0.001 m	0.000 m
ScanWorld Transformations									
ScanWorld 2	translation: (0.000, 0.000, 0.000) m			rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg					
ScanWorld 1	translation: (-5.782, 0.366, -5.467) m			rotation: (0.0553, -0.9933, -0.1012):61.400 deg					

Πίνακας 5.1: Δεδομένα τελικού μετασχηματισμού. [Cyclone 5.8]

Mean Absolute Error:									
for Enabled Constraints = 0.001 m									
for Disabled Constraints = 0.000 m									
Database name : ship1									
ScanWorlds		ScanWorld 2			ScanWorld 1				
Constraints									
Name	ScanWorld	ScanWorld	Type	On/Off	Weight	Error	Error Vector	Horz	Vert
TargetID: 1	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	0.400	0.002 m	(-0.002, -0.001, 0.001) m	0.001 m	0.002 m
TargetID: 2	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	0.400	0.001 m	(0.001, 0.000, 0.000) m	0.000 m	-0.001 m
TargetID: 3	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	1.000	0.000 m	(0.000, 0.000, 0.000) m	0.000 m	0.000 m
TargetID: 4	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	0.400	0.001 m	(0.000, -0.001, 0.000) m	0.001 m	0.000 m
TargetID: 5	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	0.200	0.002 m	(0.001, 0.000, 0.001) m	0.001 m	-0.001 m
TargetID: 6	ScanWorld 2	ScanWorld 1	Coincident: Vertex-Vertex	On	0.300	0.002 m	(0.001, 0.000, 0.001) m	0.001 m	-0.001 m
ScanWorld Transformations									
ScanWorld 2	translation: (0.000, 0.000, 0.000) m			rotation: (0.0000, 1.0000, 0.0000):0.000 deg					
ScanWorld 1	translation: (7.571, 0.538, -2.413) m			rotation: (-0.0555, 0.9933, 0.1012):61.388 deg					

Πίνακας 5.2: Δεδομένα μετασχηματισμού με ανισοβαρείς παρατηρήσεις. [Cyclone 5.8]

➤ Τα στοιχεία των πινάκων είναι τα παρακάτω :

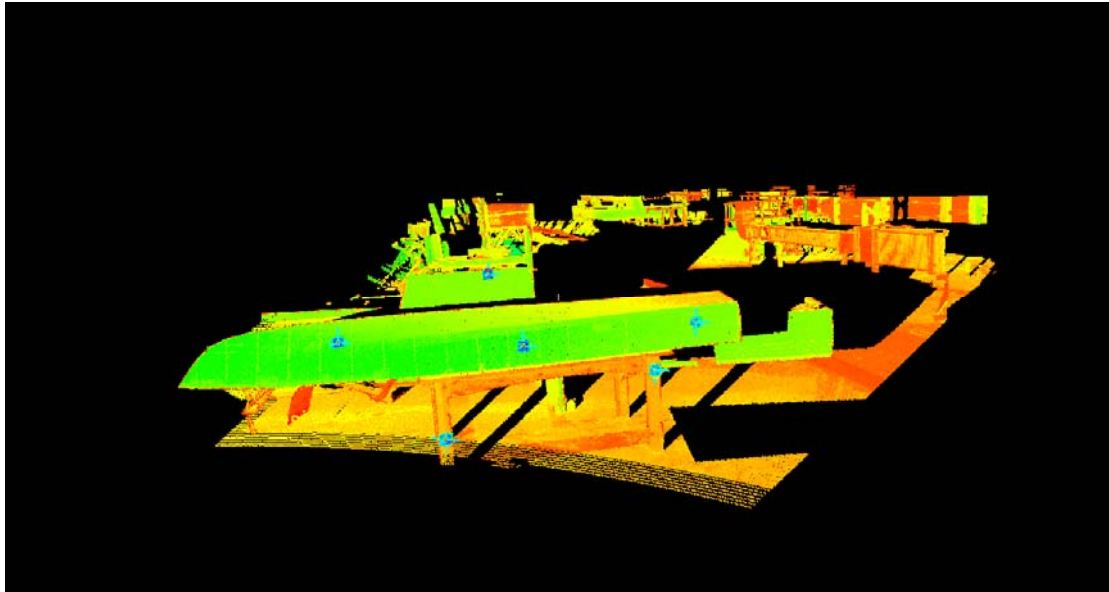
- Error : σφάλμα θέσης
- Error vector : τυπικά σφάλματα διανύσματος θέσης ($\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$)
- Horz : ολικό σφάλμα οριζοντιογραφικά
- Vert : ολικό σφάλμα κατά την διεύθυνση της κατακόρυφου

➤ Στον πίνακα 2 αλλάζοντας τα βάρη σε τιμές από 0-1, φαίνεται ότι τα τυπικά σφάλματα αλλάζουν, γίνονται μεγαλύτερα, έστω και κατά μια μονάδα του χιλιοστού. Αυτό εξηγείται από τον ορισμό της έννοιας του βάρους. Ο τύπος του βάρους είναι : $P_i =$

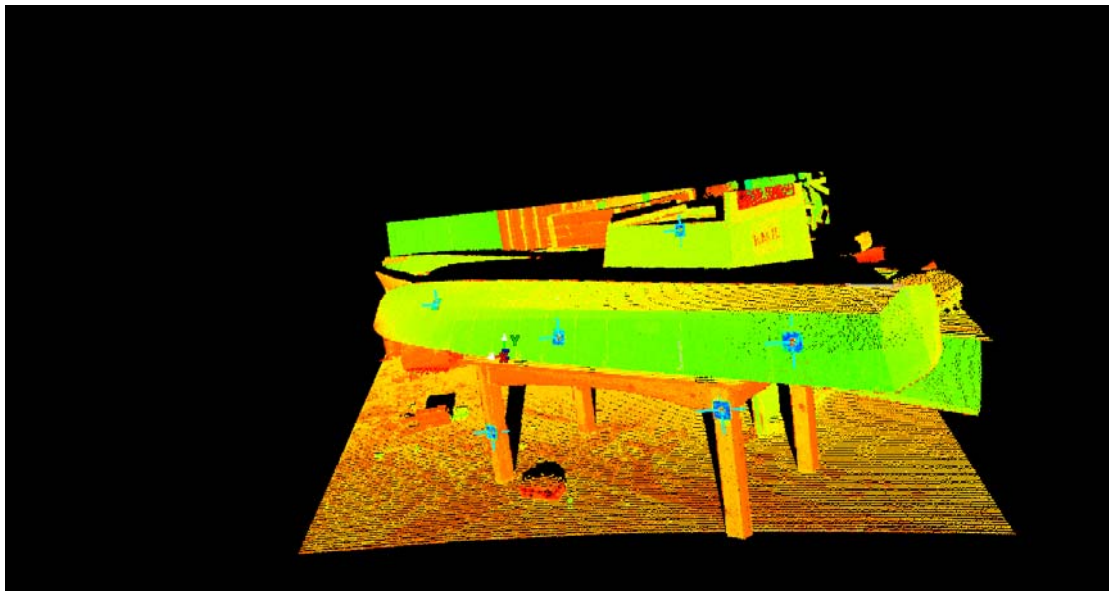
$$\frac{\sigma_o^2}{\sigma_i^2} \Rightarrow \sigma_i^2 = \frac{\sigma_o^2}{P_i} . \text{ Από τον τελευταίο τύπο γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι όσο μικραίνει η}$$

μέτρησης.

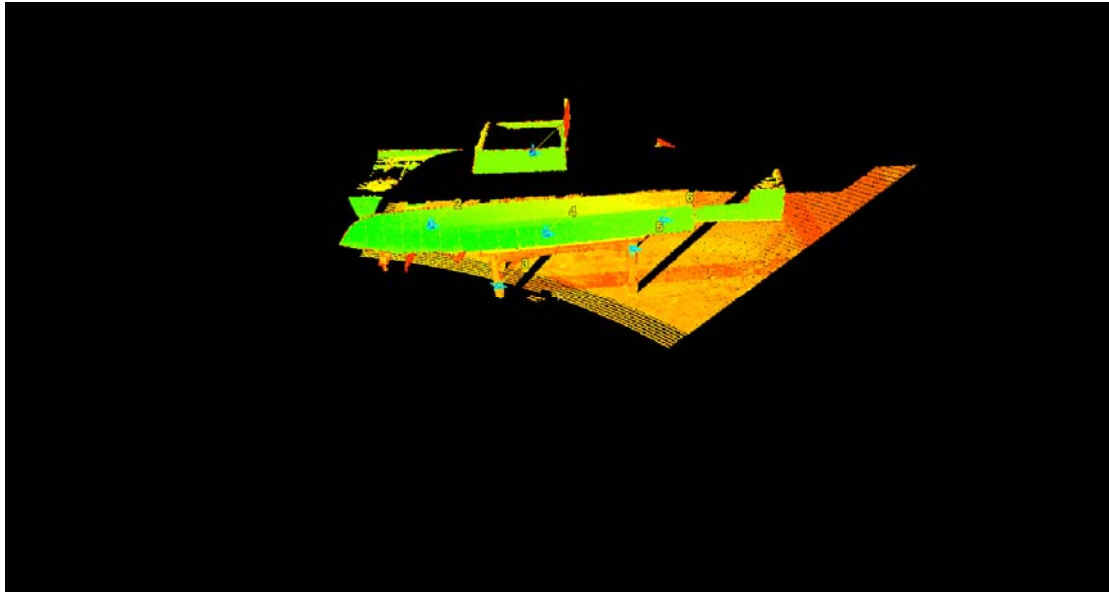
Παρακάτω ακολουθούν εικόνες (snapshots) από τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας.



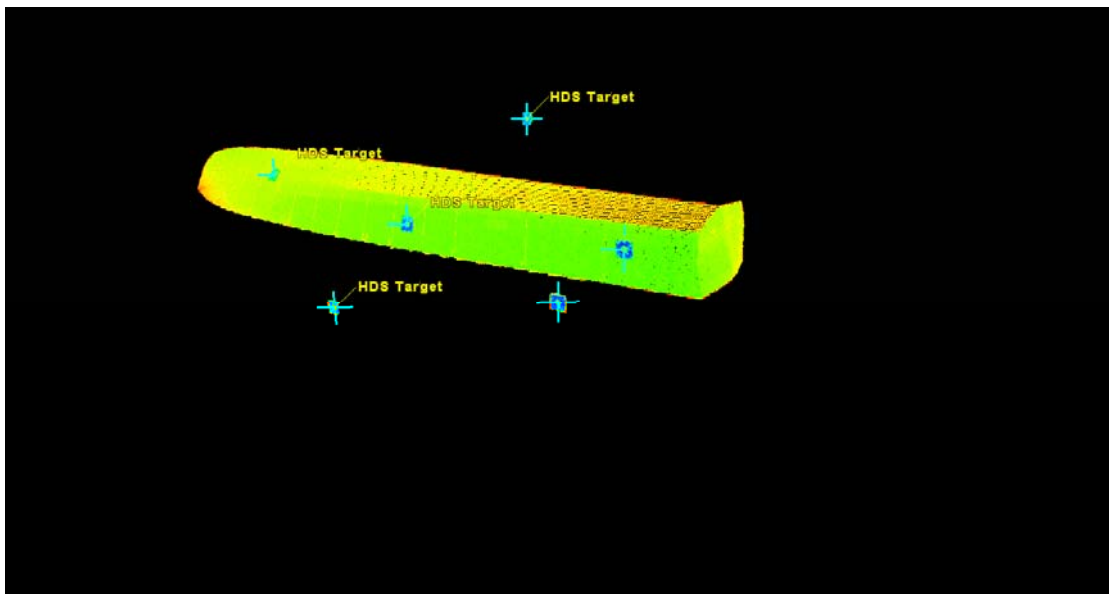
Εικόνα 5.1 : Scanworld 1-Controlspace (Σάρωση από θέση 1 χωρίς επεξεργασία) [Cyclone 5.8]



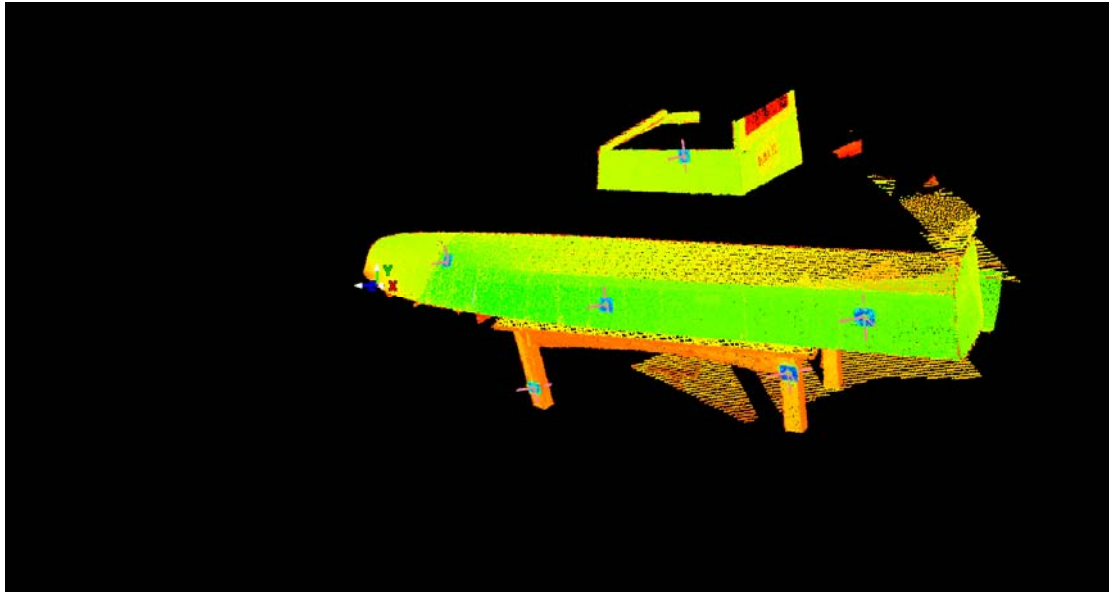
Εικόνα 5.2: Scanworld 2 -Controlspace (Σάρωση από θέση 2 χωρίς επεξεργασία.) [Cyclone 5.8]



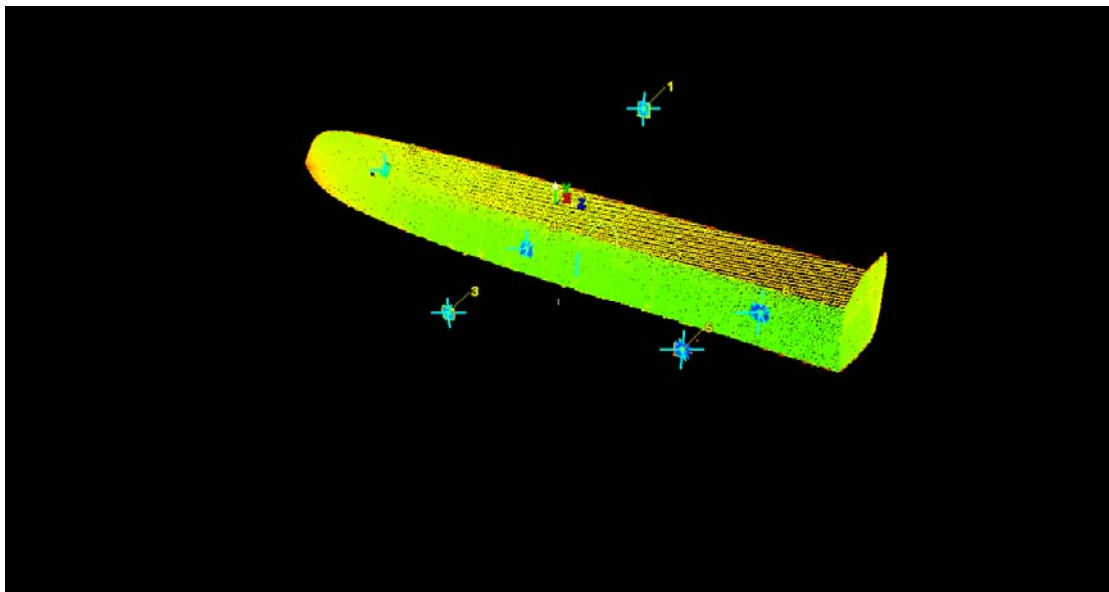
Εικόνα 5.3: Scanworld 1-Controlspace (υπό επεξεργασία) [Cyclone 5.8]



Εικόνα 5.4 : Scanworld 2-Controlspace (τελικό) [Cyclone 5.8]



Εικόνα 5.5 : Registration -Modelspace(υπό επεξεργασία) [Cyclone 5.8]



Εικόνα 5.6: Registration-Modelspace (τελικό) [Cyclone 5.8]

Στις παραπάνω εικόνες φαίνονται και οι θέσεις των HDS στόχων. Επίσης φαίνεται και ο όγκος των πληροφοριών που καταγράφονται με ένα Laser Scanner. Τότε αντιλαμβάνεται ο χρήστης πόσο πιστά και ολοκληρωτικά μπορεί να αποδώσει την πραγματικότητα αυτό το όργανο.

5.1.2 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν.

Πρέπει ακόμη να τονισθεί ότι δεν ήταν δυνατό να γίνουν δυο πράγματα μέσω του Cyclone 5.8. Πρώτον να γίνει σχεδίαση των νομέων με καθαρές γραμμές, επειδή φαίνονταν αγνά και όχι σε όλα τα σημεία. Επίσης το πρόγραμμα έχει πάντα ως βάση τα νέφη σημείων. Άρα η σχεδιαστική απόδοση μιας γραμμής ήταν πάντα τεθλασμένη γραμμή, επειδή προκύπτει από την ένωση κοντινών σημείων. Το δεύτερο είναι ότι δεν γίνεται να οριστεί το σύστημα συντεταγμένων ακριβώς. Απλά ορίστηκε η αφετηρία και η διεύθυνση του άξονα X και το πρόγραμμα εισάγει το σύστημα αξόνων στην θέση επιλογής. Αφού γίνεται επεξεργασία νεφών, σίγουρα δεν γίνεται να υπάρχουν ακριβείς ευθυγραμμίες πλευρών ώστε να προσανατολιστεί το σύστημα αξόνων με βάση το αντικείμενο με ακρίβεια. Όσον αφορά το σχεδιαστικό κομμάτι χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «Geomagic 9».

5.1.3 Θεωρητική προσέγγιση μετασχηματισμού από την μια θέση σάρωσης στην άλλη.

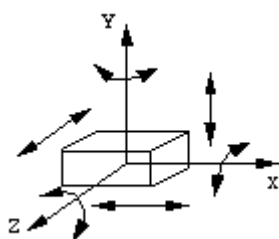
Στο πρόγραμμα Cyclone 5.8 στο μενού Registration γίνεται εισαγωγή των δυο Scanworlds, με σκοπό να γίνει μετασχηματισμός των δυο σαρώσεων σε μια. Αυτό σημαίνει ότι το ένα σύστημα αναφοράς θα μετασχηματιστεί ως προς το άλλο με την βοήθεια των έξι ειδικών στόχων μετασχηματισμού. Στην ουσία μετασχηματίζεται το ένα τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς ως προς το άλλο. Αυτό σημαίνει ότι οι συντεταγμένες (X,Y,Z) των σημείων της μιας σάρωσης θα συμπέσουν με τις συντεταγμένες (x,y,z) των σημείων της άλλης. Φυσικά με κάποιο τυπικό σφάλμα μετασχηματισμού. Μέσα από το παράθυρο registration και με την εισαγωγή των δυο Scanworlds, με την εφαρμογή της εντολής auto-add constraints εισάγονται οι έξι στόχοι από κάθε σάρωση με τις κώδικες ονοματολογίες τους (ID). Αυτά τα στοιχεία φαίνονται από το παράθυρο «constraint list», όπου μετά την εφαρμογή του μετασχηματισμού με την εντολή register, παρουσιάζονται τα τυπικά σφάλματα των συντεταγμένων (σ_x , σ_y , σ_z) του κάθε στόχου και το τυπικό σφάλμα του διανύσματος θέσης όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Από όλα τα παραπάνω γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι πρέπει να γίνει αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο αυτής της

διαδικασίας του προγράμματος. Αναφορά του είδους μετασχηματισμού και της θεωρητικής διαδικασίας εφαρμογής του.

Αρχικά πρέπει να οριστεί η έννοια του «στέρεου σώματος» με βάση τις έννοιες του μετασχηματισμού. Γεωμετρικά, «στέρεο σώμα» ορίζεται ένα τρισδιάστατο σύνολο σημείων XYZ , το οποίο όταν μετασχηματιστεί δεν μεταβάλλεται ως προς το σχήμα και το μέγεθος του.

Ο τρισδιάστατος μετασχηματισμός στέρεου σώματος στην γενικότερη μορφή του είναι τρισδιάστατος μετασχηματισμός στροφής και θέσης. Δηλαδή, υπάρχει στροφή των αξόνων του ενός συστήματος ως προς το άλλο κατά γωνίες $(\omega, \varphi, \kappa)$ και μετάθεση της αρχής των αξόνων κατά $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$. Δεν αποτελεί αφινικό μετασχηματισμό αφού το στέρεο αντικείμενο παραμένει ως έχει, διατηρεί το σχήμα του, δεν παραμορφώνεται σε κανέναν άξονα. Επίσης τα δυο συστήματα αναφοράς έχουν την ίδια κλίμακα μέτρησης σε κάθε άξονα όποτε ο συντελεστής κλίμακας δεν επηρεάζει τον μετασχηματισμό. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το στέρεο σώμα δεν μεταβάλλει τις διαστάσεις του κατά τον μετασχηματισμό. Το στέρεο σώμα δεν αλλάζει μέγεθος. Όποτε η κλίμακα δεν αποτελεί παράμετρο του μετασχηματισμού.

Κάθε σημείο γνωστό στα δυο συστήματα παρέχει 3 εξισώσεις (παρατήρησης). Δεν επαρκούν όμως δυο σημεία για να βρεθούν οι 6 παράμετροι $\omega, \varphi, \kappa, \Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ του μετασχηματισμού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι με δυο σημεία, μένει ένας αδέσμευτος βαθμός ελευθέριας, που είναι η στροφή γύρω από την ευθεία που ορίζουν τα δυο σημεία. Συνηθίζεται να λέγεται ότι αρκούν δυο σημεία και μια συντεταγμένη ενός τρίτου. Αυτά τα δεδομένα όμως δίνουν δυο λύσεις αφού υπάρχει και δεύτερη θέση, με την στροφή του στέρεου σώματος, γύρω από την ευθεία, που ορίζεται από τα 2 πλήρως γνωστά σημεία στην οποία η συντεταγμένη του τρίτου σημείου παίρνει την ορθή τιμή της. Άρα ο ελάχιστος αριθμός σημείων που απαιτούνται για τον μετασχηματισμό ενός στέρεου σώματος, γενικά, είναι 3. Γνωστά και στα δύο συστήματα φυσικά.



Σχήμα 5.1 : Τρισδιάστατος μετασχηματισμός στέρεου σώματος.

Στην γενική περίπτωση, οι παράμετροι του μετασχηματισμού είναι έξι. Οι γωνίες στροφής (ω, ϕ, κ) και οι γραμμικές μετατοπίσεις (μεταθέσεις) ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$). Οι στόχοι είναι έξι, αλλά κάθε στόχος έχει και τρεις συντεταγμένες X, Y, Z . Άρα τα μετρημένα μεγέθη είναι δεκαοκτώ (3×6). Τόσες είναι και οι εξισώσεις παρατηρήσεις, όσες και τα μετρημένα μεγέθη. Άρα με 18 μετρημένα μεγέθη και 6 άγνωστες ανεξάρτητες καθοριστικές παραμέτρους, ο υπολογισμός των καλύτερων τιμών των παραμέτρων και των τυπικών σφαλμάτων των συντεταγμένων θα γίνει με την μέθοδο των έμμεσων παρατηρήσεων από την θεωρία σφαλμάτων. Ο βαθμός ελευθέριας του συστήματος είναι : $n=18-6=12$. Η θεωρητική μέθοδος των έμμεσων παρατηρήσεων για τον συγκεκριμένο μετασχηματισμό παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω.

➤ Εξισώσεις παρατήρησης (γενική μορφή)

$$l_1 + v_1 = a_{10} + a_{11} \cdot x_1 + a_{12} \cdot x_2 + \dots + a_{1m} \cdot x_m$$

$$l_2 + v_2 = a_{20} + a_{21} \cdot x_1 + a_{22} \cdot x_2 + \dots + a_{2m} \cdot x_m \quad (1)$$

$$l_n + v_n = a_{n0} + a_{n1} \cdot x_1 + a_{n2} \cdot x_2 + \dots + a_{nm} \cdot x_m$$

όπου : x_1, x_2, \dots, x_m οι καλλίτερες τιμές των m ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων

l_1, l_2, \dots, l_n οι μετρημένες τιμές των n στοιχείων που μετρήθηκαν

v_1, v_2, \dots, v_n τα πιθανά ή φαινόμενα σφάλματα των μετρήσεων

Σε μορφή πινάκων το σύστημα των εξισώσεων παρατήρησης γράφεται :

$$\mathbf{l} + \mathbf{v} = \mathbf{a} + \mathbf{A}\mathbf{x} \quad (2)$$

όπου :

$$\mathbf{l} = \begin{bmatrix} l_1 \\ l_2 \\ \vdots \\ l_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{v} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_{10} \\ a_{20} \\ \vdots \\ a_{n0} \end{bmatrix} \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Τα στοιχεία του πίνακα \mathbf{A} των συντελεστών των άγνωστων θεωρούνται χωρίς σφάλμα. Ο πίνακας \mathbf{A} λέγεται και πίνακας σχεδιασμού. Επίσης χωρίς σφάλμα θεωρούνται και τα στοιχεία του πίνακα \mathbf{a} που υπάρχει περίπτωση να είναι και μηδενικά. Το σύστημα των εξισώσεων παρατήρησης περιέχει n εξισώσεις όσες και οι μετρήσεις και $n(v_i) + m(x_i)$ άγνωστα μεγέθη. Άρα η λύση θα ικανοποιεί την δέσμευση της Μ.Ε.Τ.

$$S^2 = \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} = \min \Rightarrow \frac{\partial S^2}{\partial \mathbf{x}} = 0 \quad (4)$$

Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει η υπενθύμιση ότι το \mathbf{x} είναι η καλύτερη τιμή των άγνωστων καθοριστικών παραμέτρων.

➤ Εκτίμηση του \mathbf{x}

$$\text{Από την σχέση : } \mathbf{I} + \mathbf{v} = \mathbf{a} + \mathbf{A}\mathbf{x} \Rightarrow \mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{a} - \mathbf{I} \Rightarrow \mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{d}\mathbf{I} \quad (5)$$

Αν στην σχέση $\frac{\partial S^2}{\partial \mathbf{x}} = 0$ αντικατασταθεί το S^2 με το $\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{d}\mathbf{I}$ και με επίλυση της εξίσωσης το αποτέλεσμα είναι η εξίσωση :

$$\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A} \mathbf{x} = \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{d} \mathbf{I} \Rightarrow \mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{d} \mathbf{I} \quad (6)$$

Αν οι μετρήσεις είναι ισοβαρείς τότε ο πίνακας \mathbf{P} είναι ο μοναδιαίος \mathbf{I} άρα το \mathbf{x} υπολογίζεται από την σχέση :

$$\mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{d} \mathbf{I} \quad (7)$$

Στους παραπάνω τύπους το διάνυσμα \mathbf{x} αποτελεί την καλύτερη τιμή.

➤ Εκτίμηση του \mathbf{V}_x (a priori).

Από τον τύπο $\mathbf{x} = \mathbf{A} \mathbf{d} \mathbf{I} \Rightarrow \mathbf{V}_x = \mathbf{A} \mathbf{V}_{d\mathbf{I}} \mathbf{A}^T$ και $\mathbf{V}_{d\mathbf{I}} = \sigma_o^2 \mathbf{P}^{-1}$ με αντικατάσταση από τους παραπάνω τύπους προκύπτει : $\mathbf{V}_x = \sigma_o^2 (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1}$ (a priori, εκτίμηση μεταβλητοτήτων πριν την συνόρθωση)

Πάντα στους τύπους εισάγεται η καλλίτερη τιμή του διανύσματος \mathbf{x} .

➤ Εκτίμηση του \mathbf{V}_I (a priori).

Από τις σχέσεις : $\mathbf{Ax}=\mathbf{dl}$, $\mathbf{V}_1=\mathbf{V}_{\mathbf{dl}}$ και $\mathbf{V}_x=\sigma_o^2(\mathbf{A}^T\mathbf{PA})^{-1}$ προκύπτει :

$$\mathbf{V}_1=\sigma_o^2\mathbf{A}(\mathbf{A}^T\mathbf{PA})^{-1}\mathbf{A}^T$$

Στους παραπάνω τύπους χρησιμοποιούνται οι καλύτερες τιμές των διανυσμάτων $\mathbf{x},\mathbf{l},\mathbf{dl}$.

Όλοι οι παραπάνω υπολογισμοί είναι a priori υπολογισμοί. Δηλαδή οι πίνακες μεταβλητότητας συμμεταβλητότητας με τους τύπους που δόθηκαν μπορούν να υπολογιστούν πριν γίνουν οι μετρήσεις.

➤ Εκτίμηση των μεταβλητοτήτων μετά την συνόρθωση (a posteriori).

Αφού υπολογιστεί η καλλίτερη τιμή του διανύσματος \mathbf{x} από τους γνωστούς τύπους, με αντικατάσταση της στις εξισώσεις παρατηρήσεις, προκύπτει το διάνυσμα των υπόλοιπων \mathbf{v} .

Τα \mathbf{n} γινόμενα $\mathbf{v}_i^2\mathbf{P}_i$ δίνουν \mathbf{n} ισοβαρείς εκτίμησης της μεταβλητότητας της μονάδας βάρους, όπου οι $\mathbf{n}-\mathbf{m}$ είναι ανεξάρτητες. Άρα οι ανεπηρέαστη, από τις ανεξάρτητες καθοριστικές παραμέτρους, εκτίμηση της μεταβλητότητας της μονάδας βάρους θα

δίνεται από την σχέση : $\sigma_o^2 = \frac{\mathbf{v}^T\mathbf{P}\mathbf{v}}{\mathbf{n}-\mathbf{m}}$ (8) (a posteriori μεταβλητότητα μονάδας

βάρους).

Από την σχέση $\mathbf{v} = \mathbf{Ax} - \mathbf{dl}$ και με αντικατάσταση στον τύπο $\mathbf{S}^2 = \mathbf{v}^T\mathbf{P}\mathbf{v}$ το σ_o^2 υπολογίζεται από την τελική σχέση : $\sigma_o^2 = \frac{\mathbf{dl}^T\mathbf{P}\mathbf{dl} - \mathbf{x}^T\mathbf{N}\mathbf{x}}{\mathbf{n}-\mathbf{m}}$ όπου \mathbf{x} καλλίτερη τιμή.

Εάν \mathbf{V}_1 ο πίνακας μεταβλητότητας συμμεταβλητότητας των μετρήσεων από εκτιμήσεις πριν την συνόρθωση, μετά την συνόρθωση θα είναι :

$$\mathbf{V}_1 = \sigma_o^2\mathbf{P}^{-1} = \frac{\sigma_o^2\mathbf{V}_l}{\sigma_o^2} \text{ όπου: } \sigma_o \text{ στον αριθμητή (a posteriori) , } \mathbf{V}_1 \text{ a posteriori} \quad (9)$$

Από τα παραπάνω καταλήγουμε στους τύπους των μεταβλητοτήτων μετά την συνόρθωση :

$$\mathbf{V}_x = \sigma_o^2(\mathbf{A}^T\mathbf{PA})^{-1} \quad (10)$$

$$V_1 = \sigma_o^2 A(A^T P A)^{-1} A^T$$

(11)

Όπου σ_o, V_x, V_1 a posteriori τιμές.

Με αυτό το θεωρητικό υπόβαθρο σχηματίστηκαν οι εξισώσεις παρατηρήσεις του μετασχηματισμού. Η γενική τους μορφή είναι η εξής :

$$x' = R x + t' \quad (12)$$

όπου x το διάνυσμα τυχόντος σημείου στο σύστημα XYZ και x' το διάνυσμα του ίδιου σημείου στο σύστημα $X'Y'Z'$, που διαφέρει κατά στροφή και μετάθεση όπως έχει αναφερθεί παραπάνω. Το R είναι ο πίνακας στροφής και t είναι η μετάθεση κατά τους τρεις άξονες.

Η μορφή του πίνακα στροφής $R(3 \times 3)$ εξαρτάται από την σειρά με την οποία θεωρούνται οι στροφές. Γενικά ισχύει η διάδοχη Ω - Φ - K :

$$R = R_{(K)} R_{(\Phi)} R_{(\Omega)} \quad (13)$$

Ο μετασχηματισμός του στέρεου σώματος είναι αμφιμονοσήμαντος. Βάση των γνωστών ιδιοτήτων των πινάκων στροφής (ορθογωνικότητα) ισχύει :

$$R^{-1} = R^T = R_{(-\Omega)} R_{(-\Phi)} R_{(-K)} \quad (14)$$

Αν r_{ij} ($i, j = 1, 3$) είναι τα 9 στοιχεία του πίνακα στροφής, ο μετασχηματισμός στέρεου σώματος αναπτύσσεται στην ακόλουθη τριάδα εξισώσεων, για ένα σημείο.

$$\begin{bmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} \quad (15)$$

Ο πίνακας στροφής παρουσιάζεται παρακάτω αναλυτικά.

$$R = R_{(K)} R_{(\Phi)} R_{(\Omega)} = \begin{pmatrix} \cos \kappa \cos \varphi & \cos \kappa \sin \varphi \sin \omega - \sin \kappa \cos \omega & \cos \kappa \sin \varphi \cos \omega + \sin \kappa \sin \omega \\ \sin \kappa \cos \varphi & \sin \kappa \sin \varphi \sin \omega + \cos \kappa \cos \omega & \sin \kappa \sin \varphi \cos \omega - \cos \kappa \sin \omega \\ -\sin \varphi & \cos \varphi \sin \omega & \cos \varphi \cos \omega \end{pmatrix} \quad (16)$$

Οι παραπάνω εξισώσεις αφορούν ένα σημείο. Στο πείραμα γίνεται χρήση έξι σημείων για τον μετασχηματισμό. Άρα οι παραπάνω εξισώσεις γίνονται δεκαοκτώ 18.

Αυτές είναι οι εξισώσεις παρατήρησης του μετασχηματισμού Εξ.1 όπου :

- $1 + v$: οι συντεταγμένες X', Y', Z'
- $x_1 \dots x_6$: οι καλλίτερες τιμές των ανεξάρτητων καθοριστικών παραμέτρων $\omega, \varphi, \kappa, X_0, Y_0, Z_0$
- $\alpha_{11} \dots \alpha_{18}$: οι συντεταγμένες των 6 σημείων στο άλλο σύστημα αναφοράς.

Με αντικατάσταση στους τύπους των έμμεσων παρατηρήσεων και ειδικότερα στους τύπους 7,10,11 υπολογίζονται οι στροφές και οι μεταθέσεις, καθώς και τα a posteriori τυπικά σφάλματα των καθοριστικών παραμέτρων ($\sigma_\omega, \sigma_\varphi, \sigma_\kappa, \sigma_{X_0}, \sigma_{Y_0}, \sigma_{Z_0}$) και των μετρημένων στοιχείων ($\sigma_X, \sigma_Y, \sigma_Z$).

Τα παραπάνω τυπικά σφάλμα φαίνονται στο παράθυρο του μετασχηματισμού μέσα απ το πρόγραμμα Cyclone 5.8.

5.1.4 Επεξεργασία μετρήσεων μέσω του προγράμματος Geomagic 9.

Σε αυτή την παράγραφο περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την επεξεργασία του νέφους όπως αυτό έχει εξαχθεί από το πρόγραμμα Cyclone 5.8.

Αρχικά έγινε εξαγωγή (export) του νέφους σημείων του μοντέλου, μετά τον μετασχηματισμό, με την μορφή αρχείου «dxf». Η αμέσως επόμενη κίνηση ήταν να γίνει εισαγωγή (import) των δεδομένων στο πρόγραμμα Geomagic 9 θέτοντας σαν κύρια μονάδα μήκους το μέτρο.

Μετά την εισαγωγή του νέφους και την εμφάνιση του στην οθόνη, γίνεται άμεσα αντιληπτό πόσο εύκολος είναι ο χειρισμός της εικόνας, όσο αφορά την εποπτεία του μοντέλου από οποιαδήποτε οπτική γωνία, και φυσικά από οποιαδήποτε μεγέθυνση.

Τα δεδομένα που αποκτώνται από τους τρισδιάστατους σαρωτές περιέχουν, συνήθως, σφάλματα εξαιτίας της ύπαρξης θορύβου. Ο θόρυβος εμφανίζεται με τη μορφή τυχαίων σημείων γύρω από την πραγματική επιφάνεια του αντικειμένου. Το πρώτο βήμα είναι η μείωση του θορύβου που υπάρχει στο νέφος των σημείων. Οι

εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για το τελικό αποτέλεσμα επιγραμματικά είναι οι παρακάτω :

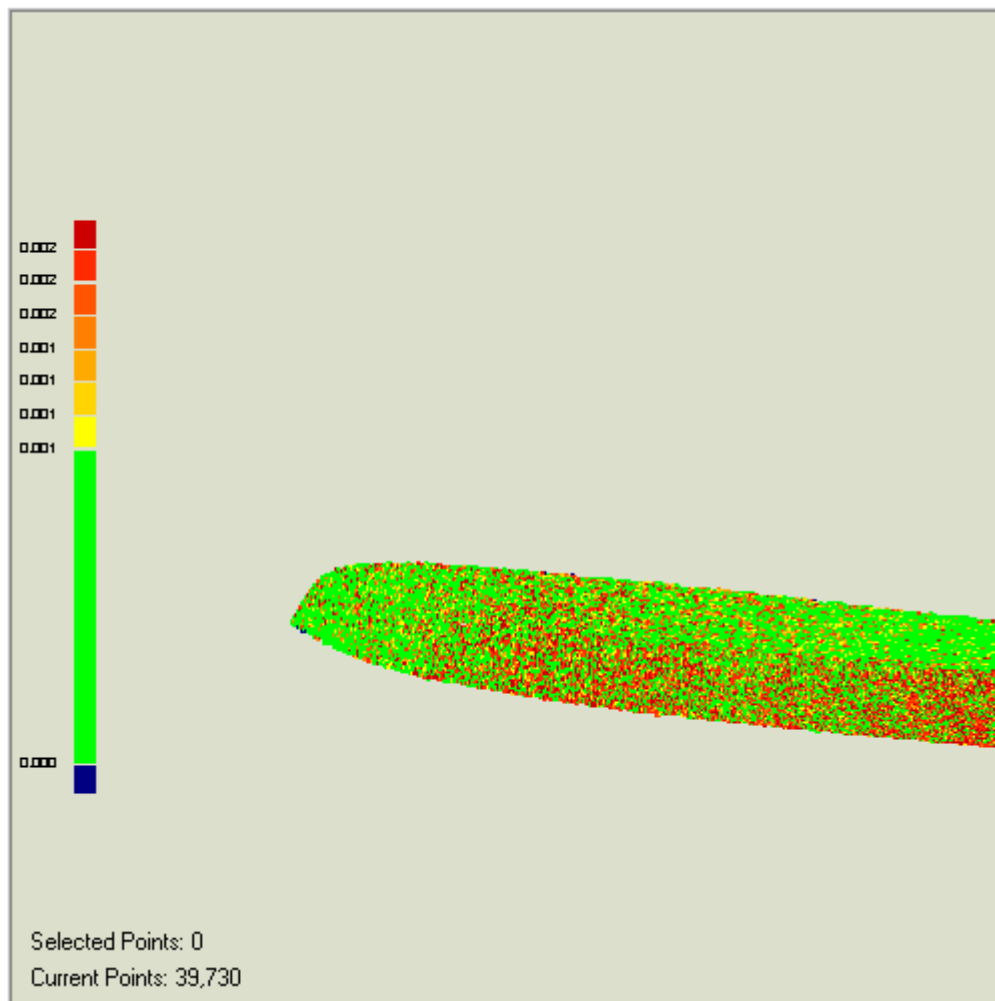
1. «Reduce Noise»
2. «Wrap»
3. «Relax Polygons»
4. «Relax Boundaries»
5. «Fill Holes»
6. «Sand Paper»
7. «Cross Section»
8. «wrap»
9. «compute»

Πιο αναλυτικά γίνεται αρχή με την εντολή «Reduce Noise» (μείωση θορύβου). Τότε εμφανίζεται το παράθυρο της εντολής στο «Manager Panel» με τις διάφορες επιλογές (options). Μετά από δόκιμες πάνω στις επιλογές ορίζονται οι παρακάτω :

- Prismatic Shapes(πρισματικά σχήματα) : Aggressive
- Smoothness Level (επίπεδο ομαλότητας) : 2/5
- Iterations (επαναλήψεις) : 5
- Deviation Limit(όριο απόκλισης) : 0,00179 m

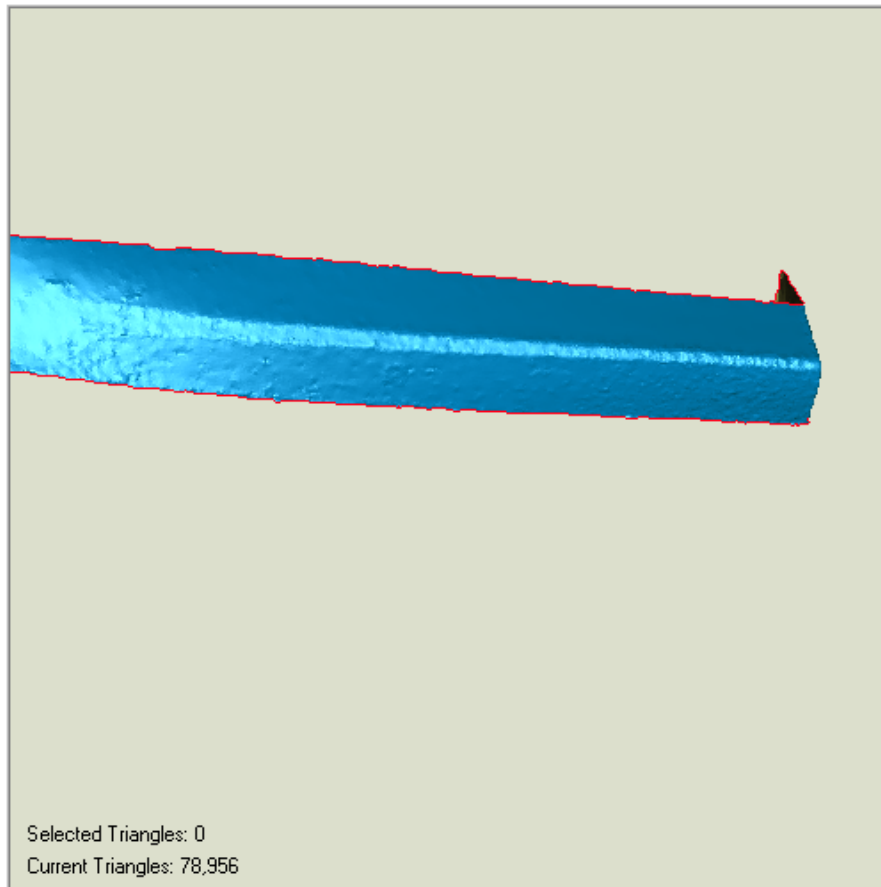
Μετά τις επιλογές αυτές ,εκτελώντας την εντολή, πήραμε τα ακόλουθα στατιστικά αποτελέσματα :

- Maximum Distance(μέγιστη απόσταση) : 0,00179 m
- Average Distance(μέση απόσταση) : 0,001096 m
- Standard Deviation : 0,000623 m

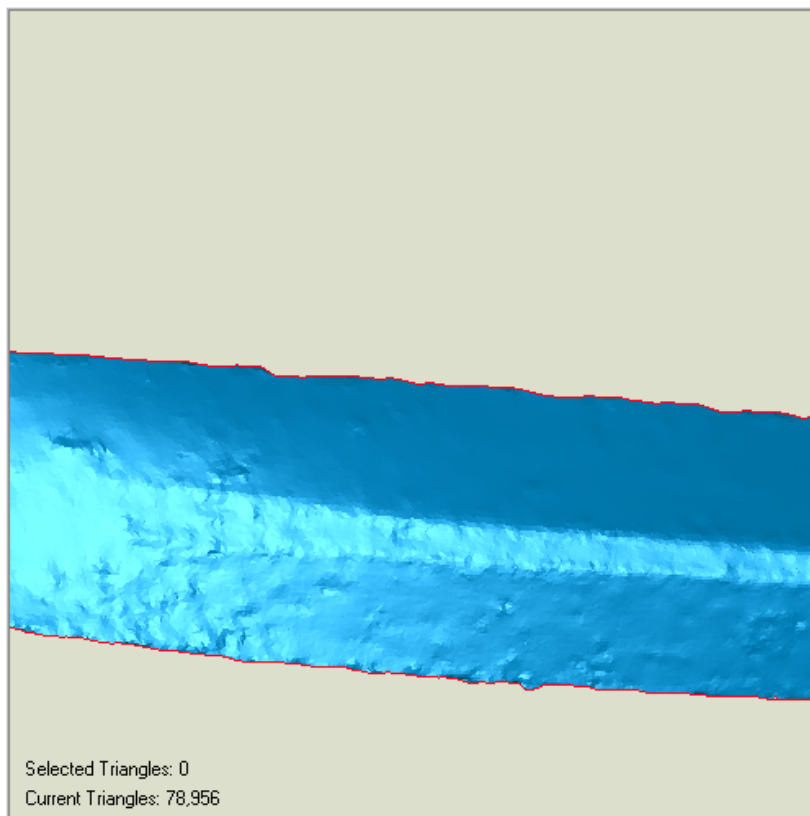


Εικόνα 5.7: Εικόνα κατά την διαδικασία μείωσης του θορύβου του νέφους σημείων. Η κλίμακα αναφέρεται στο όριο απόκλισης (deviation limit). [Geomagic 9]

Μετά από την μείωση του θορύβου παίρνοντας ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα μετά από δοκιμές, το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία επιφάνειας μέσω του νέφους σημείων, ώστε να δοθεί στερεή μορφή στο μοντέλο παρόμοια με την πραγματική. Αυτό γίνεται με την δυνατότητα που δίνει το πρόγραμμα να γίνει κάλυψη όλων των σημείων από μικρές τριγωνικές επιφάνειες με κορυφές τα σημεία του νέφους. Η εντολή που χρησιμοποιήθηκε είναι η «wrap» (triangulation). Πιο απλά αντικαταστάθηκε το νέφος σημείων με μια συνεχή επιφάνεια αποτελούμενη από αυτά τα τρίγωνα.

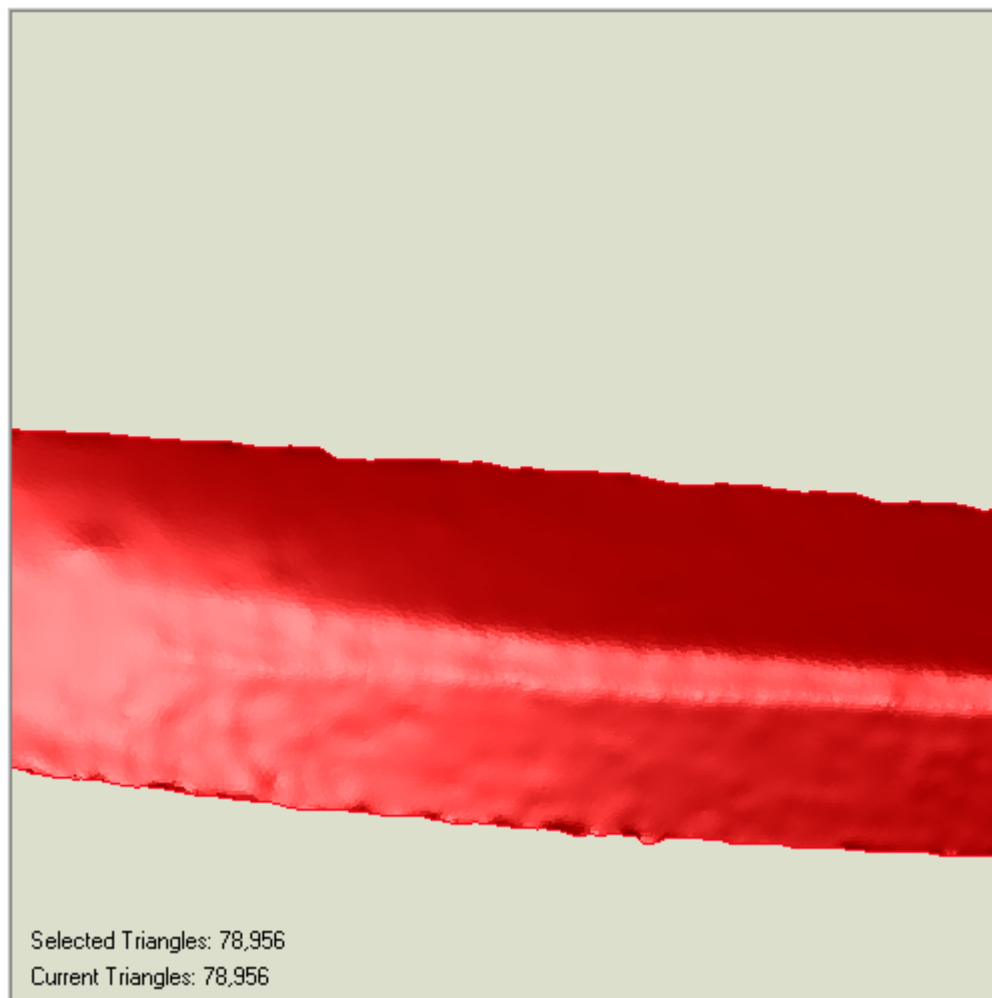


Εικόνα 5.8 : Αποτέλεσμα μετά από την εντολή Wrap. [Geomagic 9]



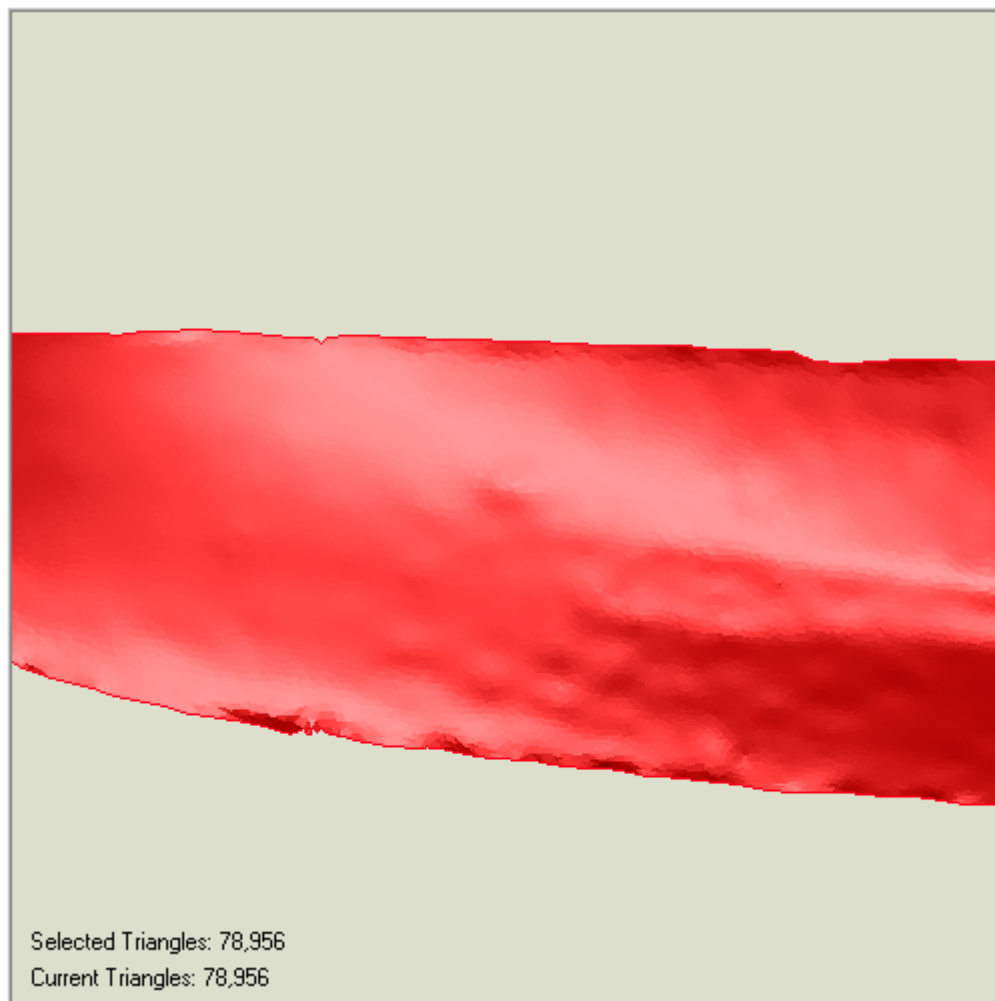
Εικόνα 5.9 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Wrap (μεγέθυνση). [Geomagic 9]

Το επόμενο βήμα είναι να γίνει ομαλοποίηση της υφής των πολύγωνων πάνω στην πολυγωνική επιφάνεια που δημιουργήσαμε. Αυτό έγινε με την εντολή «Relax Polygons» όπου στο παράθυρο της εντολής στο Manager Panel επιλέχτηκε «Smoothness Level : Maximum» (επίπεδο ομαλότητας : μέγιστο). Έχοντας μεγεθύνει την εικόνα του μοντέλου παρατηρείται η αλλαγή στην επιφάνεια του. Πράγματι τα τρίγωνα της επιφάνειας έγιναν πιο ομαλά όσο αφορά το ανάγλυφο τους.



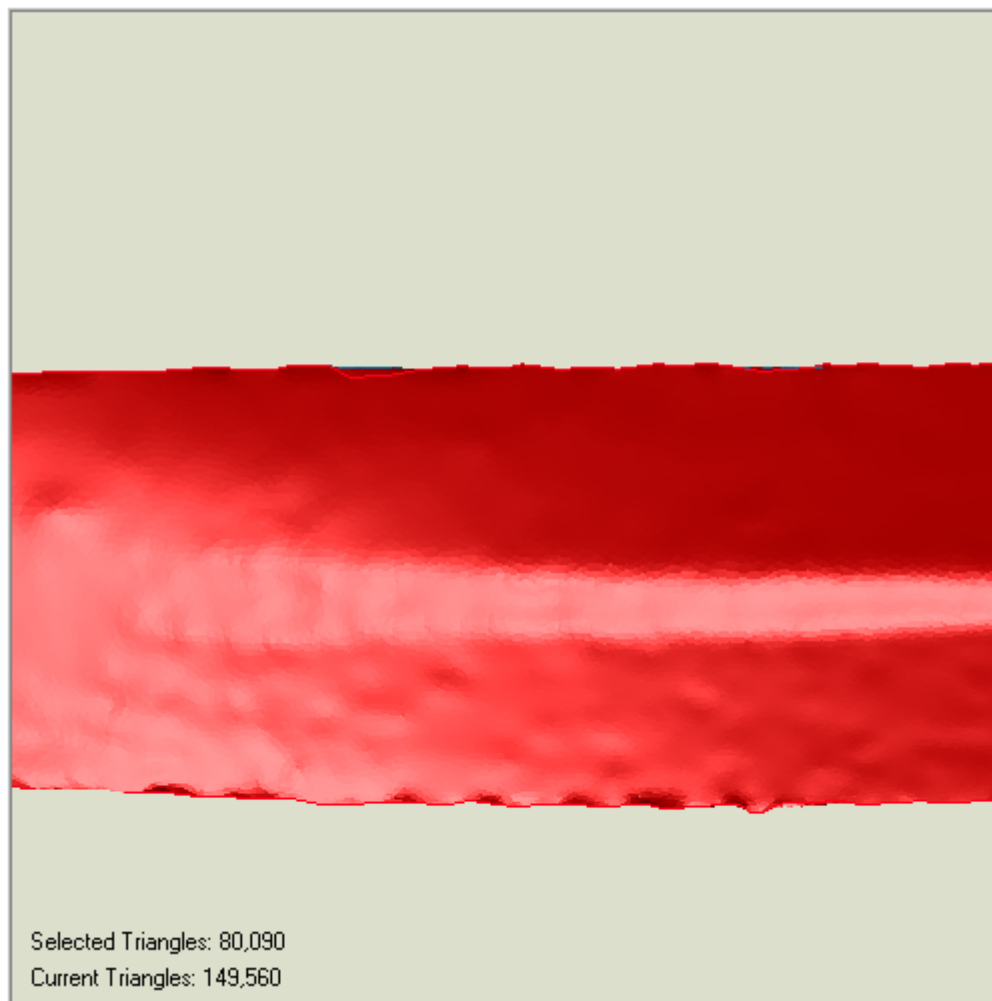
Εικόνα 5.10 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Relax Polygons. [Geomagic 9]

Άλλη μια εντολή που χρησιμοποιήθηκε για την καλύτερευση της εικόνας του μοντέλου και την όσο το δυνατό καλύτερη προσέγγιση της πραγματικότητας είναι η «Relax Boundaries» (ομαλοποίηση ορίων). Δεν υπήρχε ιδιαίτερη δυσκολία στον χειρισμό αυτής της εντολής. Απλά επιλέχτηκαν τα όρια του μοντέλου και εκτελέστηκε η εντολή.



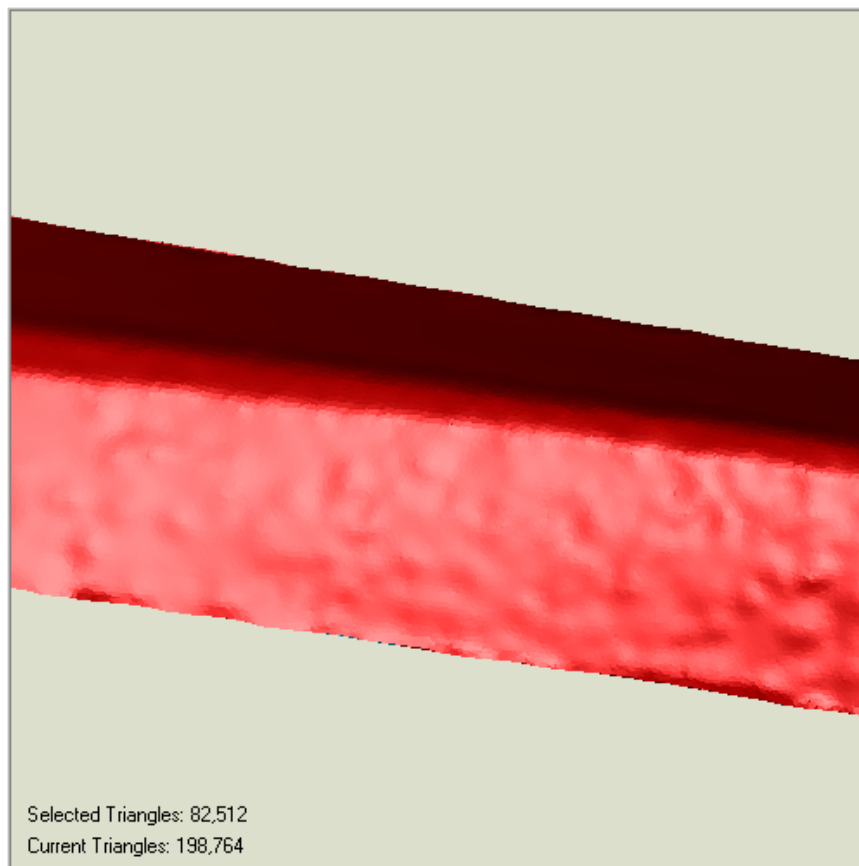
Εικόνα 5.11 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Relax Boundaries. [Geomagic 9]

Συνεχίζοντας στην καλύτερευση της επιφάνειας καλύφθηκαν οι τρύπες στην ατελή επιφάνεια που είχαμε δημιουργήσει επιλέγοντας την εντολή «Fill Holes(κάλυψη τρυπών)».Στο παράθυρο της εντολής που εμφανίστηκε στο Manager Panel επιλέχτηκαν οι εντολές «All Holes» και «Apply boundary cleanup». Η πρώτη επιλογή είναι για να γίνει η κάλυψη όλων των κενών ανεξαρτήτου μεγέθους και η δεύτερη για τον καθορισμό των ορίων μέσω της κάλυψης των κενών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ομαλοποίηση των ορίων.

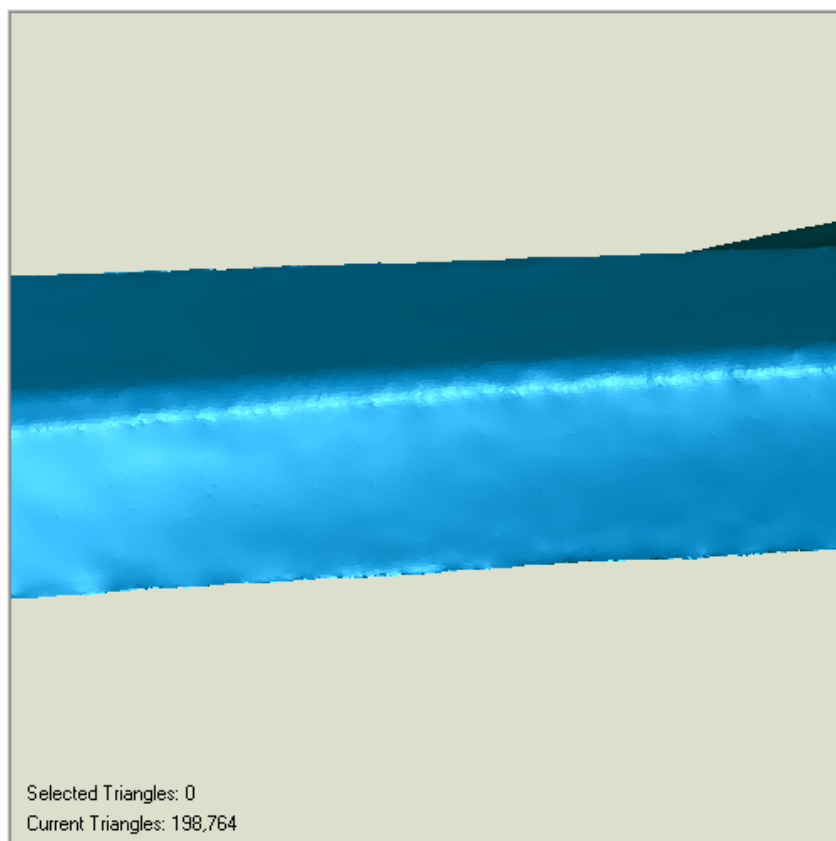


Εικόνα 5.12 : Αποτέλεσμα μετά από εντολή Fill Holes [Geomagic 9]

Έπειτα έγινε χρήση της εντολής «Sand Paper»(γυαλόχαρτο) για να μειωθεί ο θόρυβος, αυτή την φορά στην επιφάνεια του μοντέλου. Στο Manager Panel με την επιλογή Relax (χαλάρωσε) καθώς και για την ένταση του γυαλόχαρτου επιλέχτηκε η μετρία (Medium). Στην συνέχεια έχοντας πατημένο το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού και επιλέγοντας τις περιοχές εξομάλυνσης στο μοντέλο η διαδικασία μοιάζει με αυτήν που ακολουθεί ένας τεχνίτης το συγκεκριμένο εργαλείο. Η διαδικασία διήρκεσε περίπου 35 λεπτά και το αποτέλεσμα φαίνεται αρκετά ικανοποιητικό.



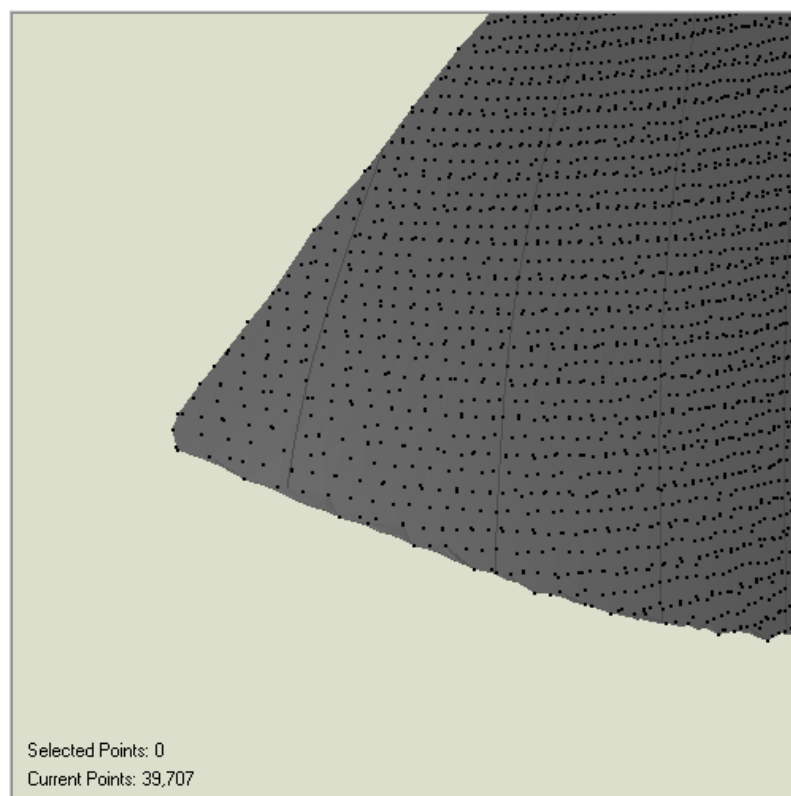
Εικόνα 5.13 : Μοντέλο πριν την εφαρμογή της εντολής Sandpaper. [Geomagic 9]



Εικόνα 5.14 : Αποτέλεσμα μετά την εφαρμογή της εντολής Sandpaper [Geomagic 9]

Άλλη εντολή που μπορεί να γίνει χρήση της, είναι η «Edit boundary» μέσω της οποίας γίνονται τα όρια ομαλές γραμμές χωρίς σπασίματα. Αυτό έγινε με το γέμισμα των κενών με προηγούμενη διαδικασία. Άλλη εντολή όπως η «Create/Modify Curves» (δημιουργία καμπυλών), δεν χρησιμοποιήθηκε γιατί γίνεται μέσω χειροκίνητης (manual) επιλογής σημείων, όπου φυσικά δεν είναι δυνατό μια καμπύλη να γίνει ομαλή και να ακολουθήσει μια ακριβή διεύθυνση. Φυσικά μετά από τις προηγούμενες εντολές δεν χρειάστηκε να γίνει χρήση της.

Με τα παραπάνω βήματα που ακολουθήθηκαν έγινε μετατροπή του νέφους σημείων, σε στερεό σώμα με συγκεκριμένο σχήμα αλλά όχι συγκεκριμένες διαστάσεις. Είναι αυτονόητο το γεγονός ότι οι διαστάσεις δεν είναι συγκεκριμένες αφού καμία γραμμή επάνω στο σκάφος δεν είναι ευθεία. Για παράδειγμα στην προσπάθεια μέτρησης του ολικού μήκους μεταξύ του ακρότατου πωραίου και του ακρότατου πρυμναίου έγινε προσπάθεια να σχηματιστεί μέσα από το πρόγραμμα η νοητή οριζόντια απόσταση. Αυτό δεν γίνεται γιατί υπάρχει σφάλμα στην απεικόνιση των δυο αυτών σημείων. Πιο απλά δεν φαίνονται σαν συγκεκριμένα σημεία. Για παράδειγμα παρατίθεται μια εικόνα της κορυφής της πλώρης από το τελικό αποτέλεσμα του προγράμματος.



Εικόνα 5.15 : Geomagic 9 - Κορυφή Πλώρης Μοντέλου [Geomagic 9]

Φαίνεται καθαρά ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένο σημείο κορυφής στην πλώρη. Το ίδιο ισχύει και για το ακρότατο πρυμναίο. Οπότε δεν γίνεται να σχεδιαστεί η νοητή οριζόντια ευθεία που ορίζει την υποτείνουσα του τριγώνου με κάθετη πλευρά το ολικό μήκος L.O.A.

Αφού δημιουργήθηκε η στερεή μορφή του μοντέλου το επόμενο βήμα είναι η σχεδίαση των νομέων του μοντέλου μέσω του προγράμματος. Αυτό έγινε μέσω της εντολής Cross Section (τεμνόμενο επίπεδο). Έγινε επιλογή αυτής της εντολής επειδή τα σημεία του επιπέδου που τέμνουν την γάστρα του μοντέλου, δημιουργούν μια καμπύλη, που στην προκειμένη περίπτωση αποτελεί τον νομέα του σκάφους, αν το επίπεδο τέμνει το σκάφος κάθετα, εγκάρσια ως προς τον διαμήκη άξονα. Στο παράθυρο «manager panel» έγιναν οι εξής επιλογές :

- Με την εντολή Align Plane ορίζεται το επίπεδο που τέμνει το μοντέλο, μέσω της επιλογής τριών σημείων πάνω στο μοντέλο, αφού ένα επίπεδο ορίζεται από τρία σημεία. Από την γεωμετρία των νομέων είναι ευνόητο ότι κύριο μέλημα είναι να οριστεί μόνο μια καμπύλη που θα αντιπροσωπεύει τον αντίστοιχο νομέα. Οι υπόλοιπες καμπύλες θα σχηματιστούν από επίπεδα παράλληλα προς το αρχικό σε απόσταση που είναι γνωστή από τον σχεδιαστή. Η επιλογή των τριών σημείων ώστε να σχηματίσουν ένα επίπεδο που δημιουργεί καμπύλη με ίδια ακριβώς γεωμετρία με τους πραγματικούς νομείς όπως φαίνεται στο πρότυπο σχέδιο των ναυπηγών είναι μια ιδεατή κατάσταση. Ο σκοπός είναι η δημιουργία νομέα που να προσεγγίζει με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια τον πραγματικό.

5.1.4.a. Πρώτη μέθοδος χάραξης νομέων

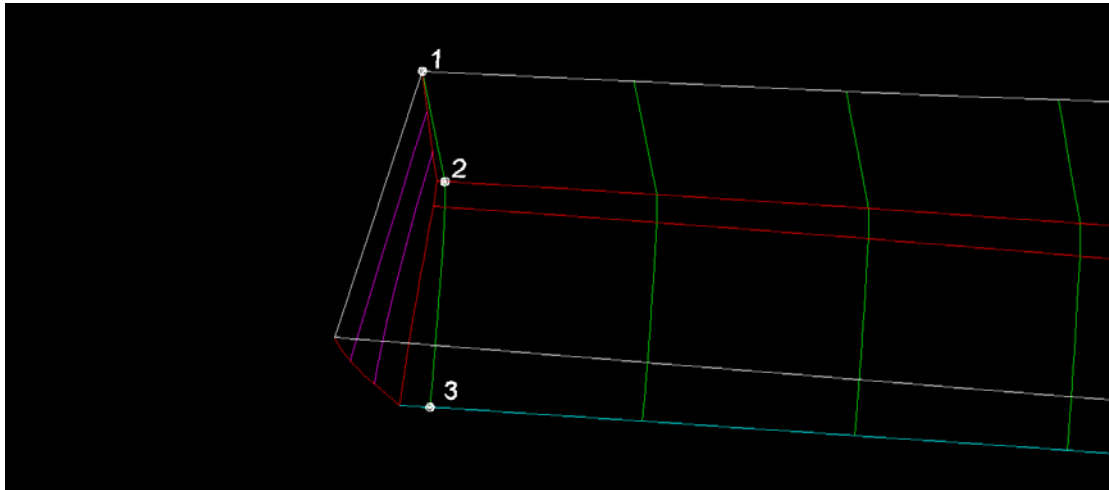
Η πρώτη μέθοδος που εφαρμόστηκε για την σχεδίαση νομέων, που να προσεγγίζουν καλύτερα τους πραγματικούς φαίνεται απλούστερη αλλά τελικά αποδείχτηκε περισσότερο αποδοτική. Έγινε χρήση του πρώτου νομέα του σκάφους, τον μηδενικό, που βρίσκεται στην πρύμνη του σκάφους. Η κορυφή του νομέα βρίσκεται στην κεντρική γραμμή του σκάφους. Καθώς ο νομέας ανεβαίνει προς τα πλευρικά

τοιχώματα του σκάφους απομακρύνεται λίγο από τα όρια του σκάφους όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 5.16 : Πρώτος νομέας του σκάφους (νομέας 0).

Φαίνεται και από την εικόνα, ότι ο νομέας έχει τέσσερα χαρακτηριστικά σημεία(σπασίματα). Την κορυφή του που βρίσκεται πάνω στην κεντρική γραμμή της γάστρας(καρίνα), αλλά δυο σημεία πάνω στην διπλή ακμή (Double Chine) του σκάφους και το τελευταίο σημείο στο τέλος του νομέα .Χρησιμοποιήθηκαν τρία από αυτά τα σημεία για την εύρεση του νομέα, τα οποία ορίστηκαν μέσα από το σχέδιο των ναυπηγών σε περιβάλλον AutoCAD(dwg).



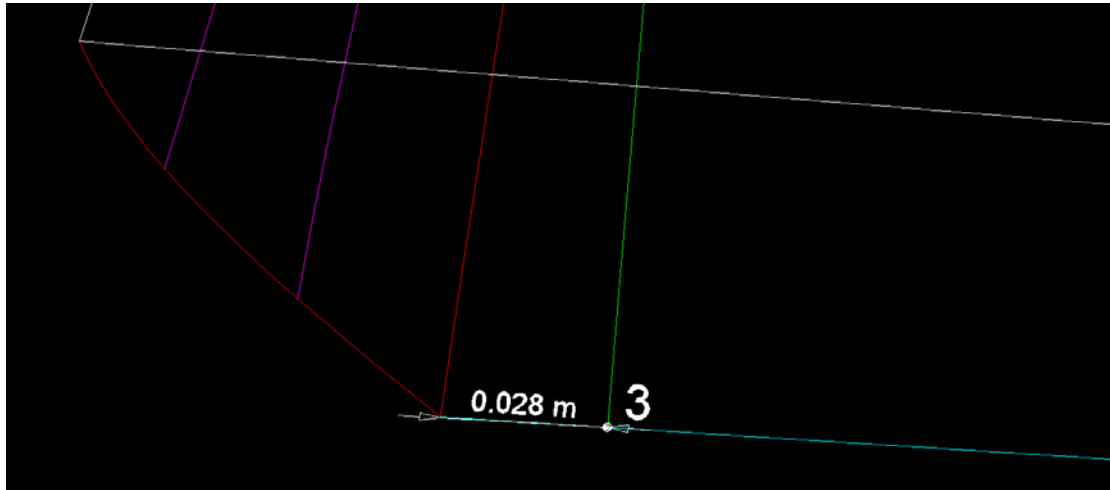
Εικόνα 5.17 : Χαρακτηριστικά σημεία νομέα από σχέδιο ναυπηγών σε περιβάλλον AutoCAD. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]

Έπειτα μετρήθηκαν οι αποστάσεις των δυο σημείων από το πλευρικό όριο με ευθείες αναφορές τις χαρακτηριστικές γραμμές. Φυσικά το πρώτο σημείο είναι η τομή του νομέα με την πρυμναία κάθετο. Η απόσταση του σημείου 2 από το πλευρικό όριο τις καρίνας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα είναι 0,008 m.



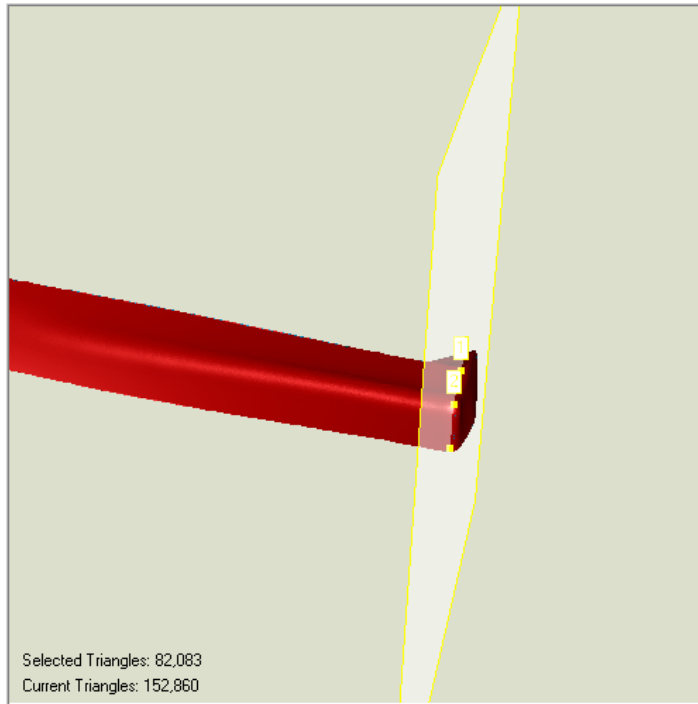
Εικόνα 5.18 : Απόσταση σημείου 2 από πλευρικό όριο γάστρας [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]

Η απόσταση του σημείου 3 από το πλευρικό όριο της καρίνας (αριστερή γωνία πρύμνης) είναι 0,028 m.



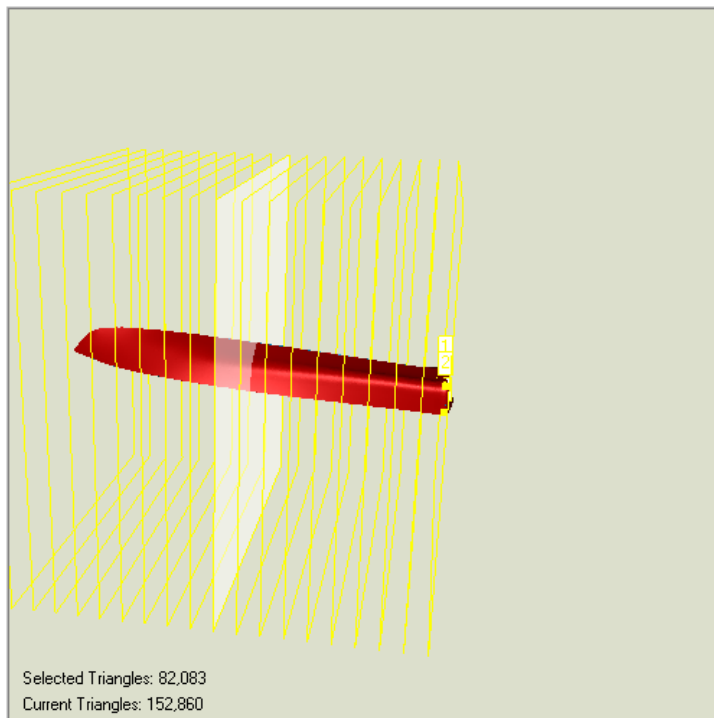
Εικόνα 5.19 : Απόσταση σημείου 3 από αριστερή κορυφή πρύμνης. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]

Αφού μετρήθηκαν οι αποστάσεις, ορίστηκε η θέση των τριών αυτό σημείων πάνω στην γάστρα. Πλέον μέσα από το πρόγραμμα Geomagic ορίστηκαν τα τρία αυτά σημεία πάνω στο τρισδιάστατο μοντέλο. Αυτό έγινε με δοκιμές αποστάσεων από τα όρια τις καρίνας και πάνω στις χαρακτηριστικές γραμμές όπως φαίνεται στις παραπάνω εικόνες. Από την πυκνότητα του νέφους σημείων το σφάλμα θέσης του κάθε σημείου ως προς την πραγματική του θέση σε σχέση με την γραμμή του νομέα δεν πρέπει να ξεπερνάει τα $\pm 0,01$ m. Έχοντας ορίσει τα σημεία πάνω στο μοντέλο, επαναλήφθηκε η ίδια διαδικασία για την δημιουργία επιπέδου που περιέχει τον μηδενικό νομέα. Έτσι μέσω της εντολής Cross Section ορίστηκε επίπεδο νομέα από τα τρία σημεία που αναφέραμε όπως φαίνεται και στην εικόνα από το περιβάλλον του προγράμματος Geomagic.



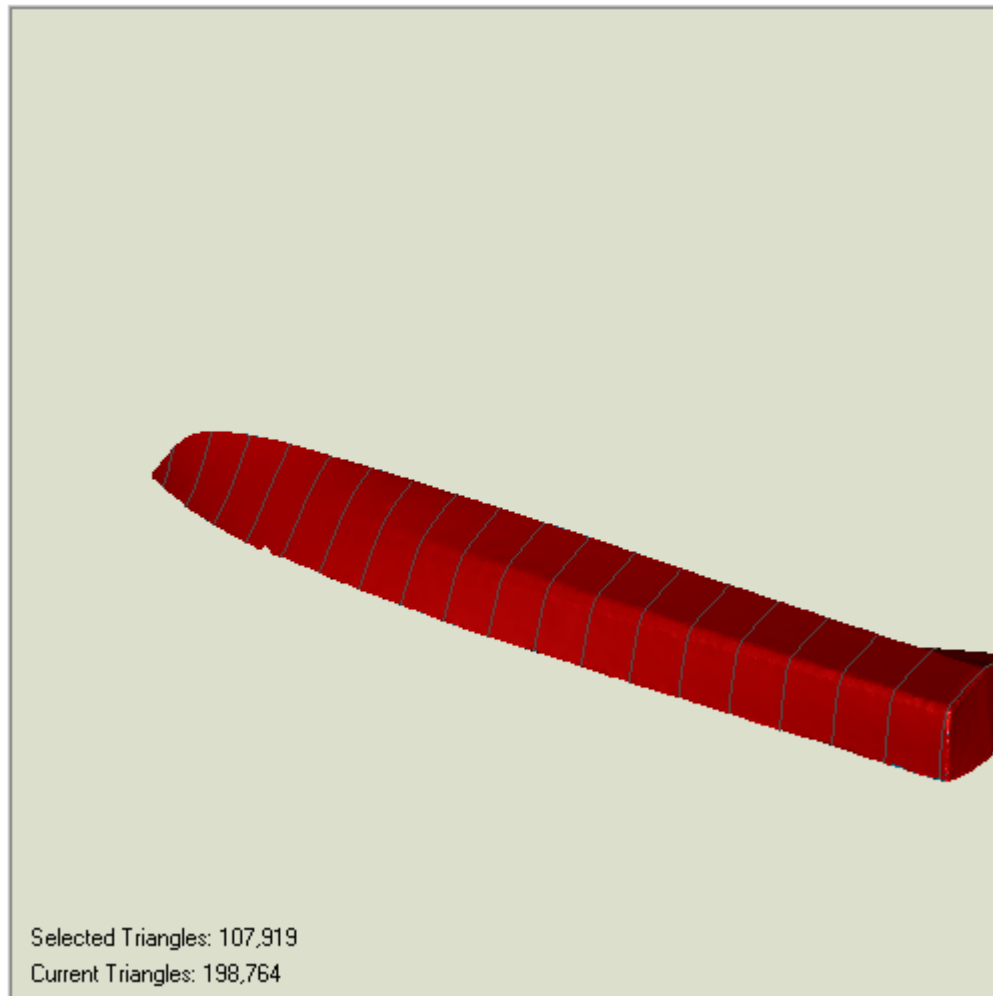
Εικόνα 5.20 : Επίπεδο μηδενικού νομέα. [Geomagic 9]

Όπως έγινε και στην προηγούμενη διαδικασία, πολλαπλασιάστηκαν τα επίπεδα σε 19, όσο και ο αριθμός των νομέων (από 0 έως 18) και ορίστηκε η μεταξύ τους απόσταση ανά 0,20 m όπως φαίνεται και από τα αρχικά σχέδια των ναυπηγών. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.21 : Επίπεδα νομέων. [Geomagic 9]

Οι παρακάτω εικόνες αναφέρονται στην τελική, προσπάθεια που έγιναν για την δημιουργία νομέων, με την δεύτερη μέθοδο. Με την εντολή «Compute» σχηματίστηκαν οι καμπύλες τομής των 19 επιπέδων με την καρίνα του μοντέλου, οι νομείς. Το τελικό σχεδιαστικό αποτέλεσμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



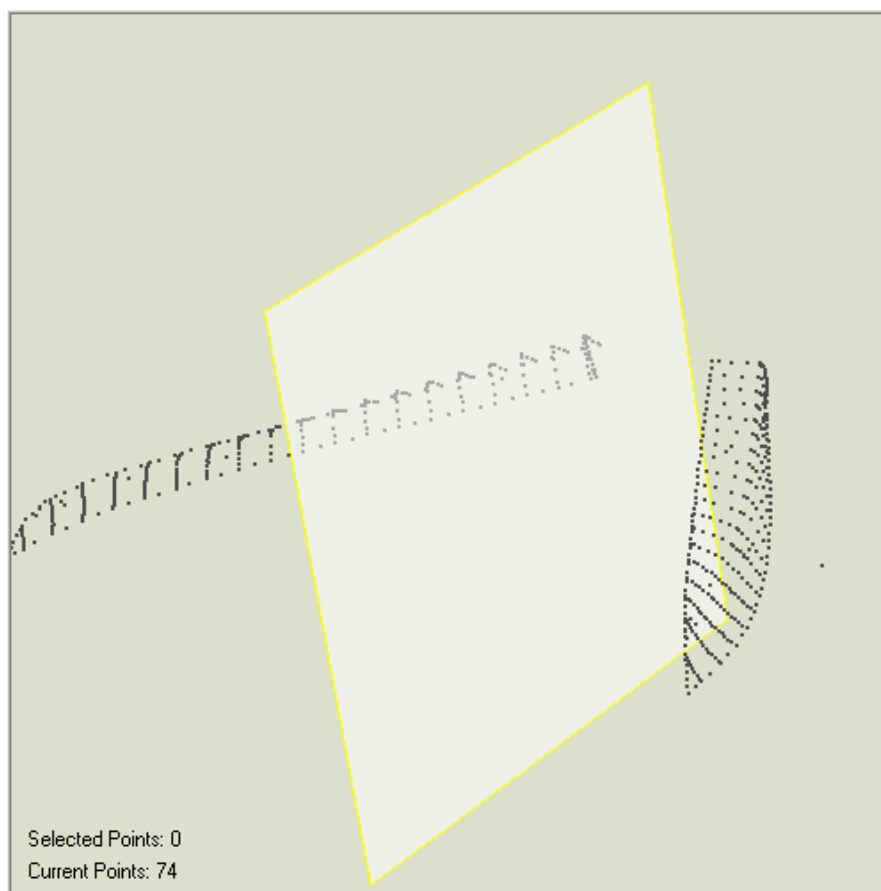
Εικόνα 5.22 : Τελική εικόνα μοντέλου με νομείς. [Geomagic 9]

5.1.4.β. Δεύτερη μέθοδος χάραξης νομέων.

Αφού έγιναν και οι μετρήσεις με τα total stations, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της μιας από τις δυο, για την ορθότερη σχεδίαση των νομέων πάνω στο σκάφος.

Έγινε χρήση των αποτελεσμάτων της μέτρησης με το Leica TCR 303. Έγινε εισαγωγή όλων των σημείων της ταχυμετρικής αποτύπωσης στο πρόγραμμα Geomagic 9 σε μορφή αρχείου «dxf». Επειδή στην αποτύπωση των σημείων με το TCR 303, μετρήθηκε η άλλη πλευρά της γάστρας σε σχέση με την σάρωση, μέσω της

εντολής «Mirror Object» δημιουργήθηκαν εκείνα τα σημεία που ορίζουν την ίδια πλευρά με εκείνη της σάρωσης.



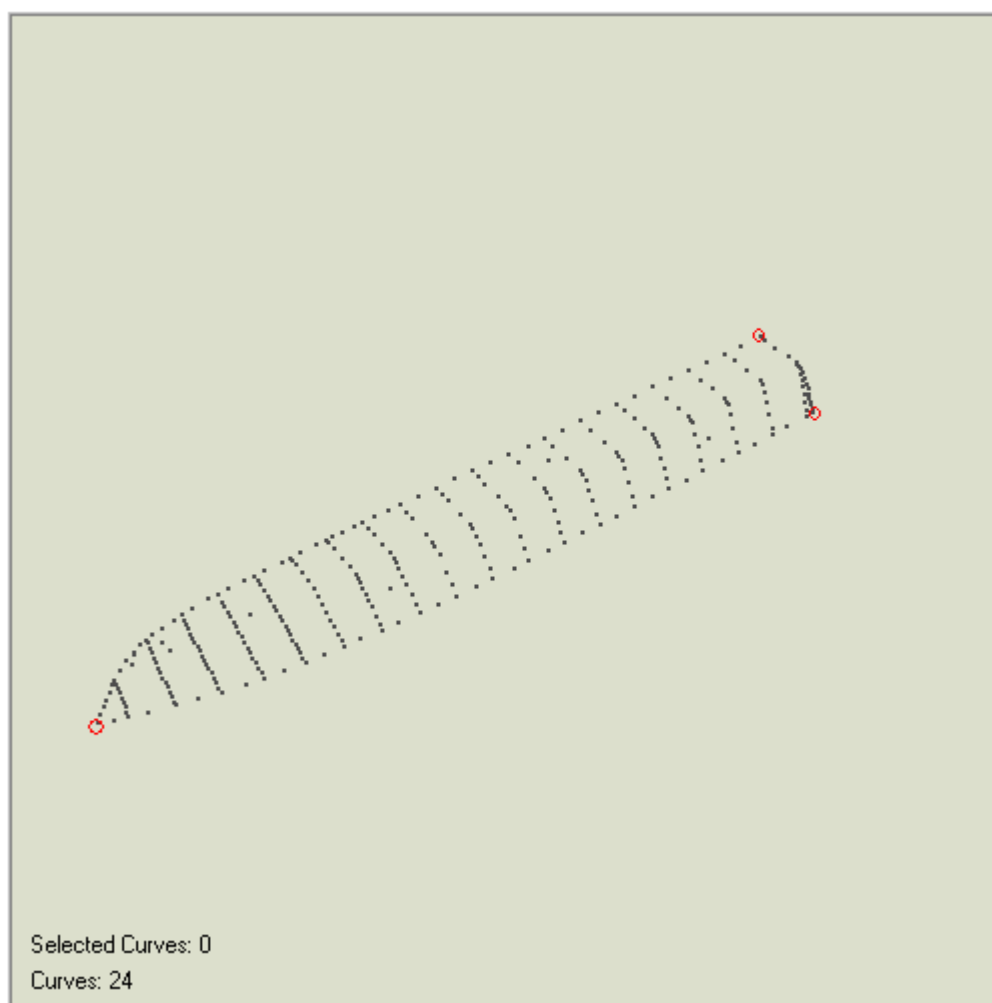
Εικόνα 5.23 Αποτέλεσμα μετά από εντολή «Mirror Object» [Geomagic 9]

Έπειτα έγινε εισαγωγή του νέφους σημείων μαζί με την μοντελοποιημένη επιφάνεια στο ίδιο αρχείο δουλείας. Έχοντας τα σημεία της αποτύπωσης στην ίδια επιφάνεια εργασίας με τα σημεία σάρωσης με το Laser Scanner, αυτό που πρέπει να γίνει είναι η προσαρμογή των σημείων αποτύπωσης στα σημεία σάρωσης και ταυτόχρονα στην μοντελοποιημένη επιφάνεια. Αυτό έγινε με την εντολή «Alignment to object».

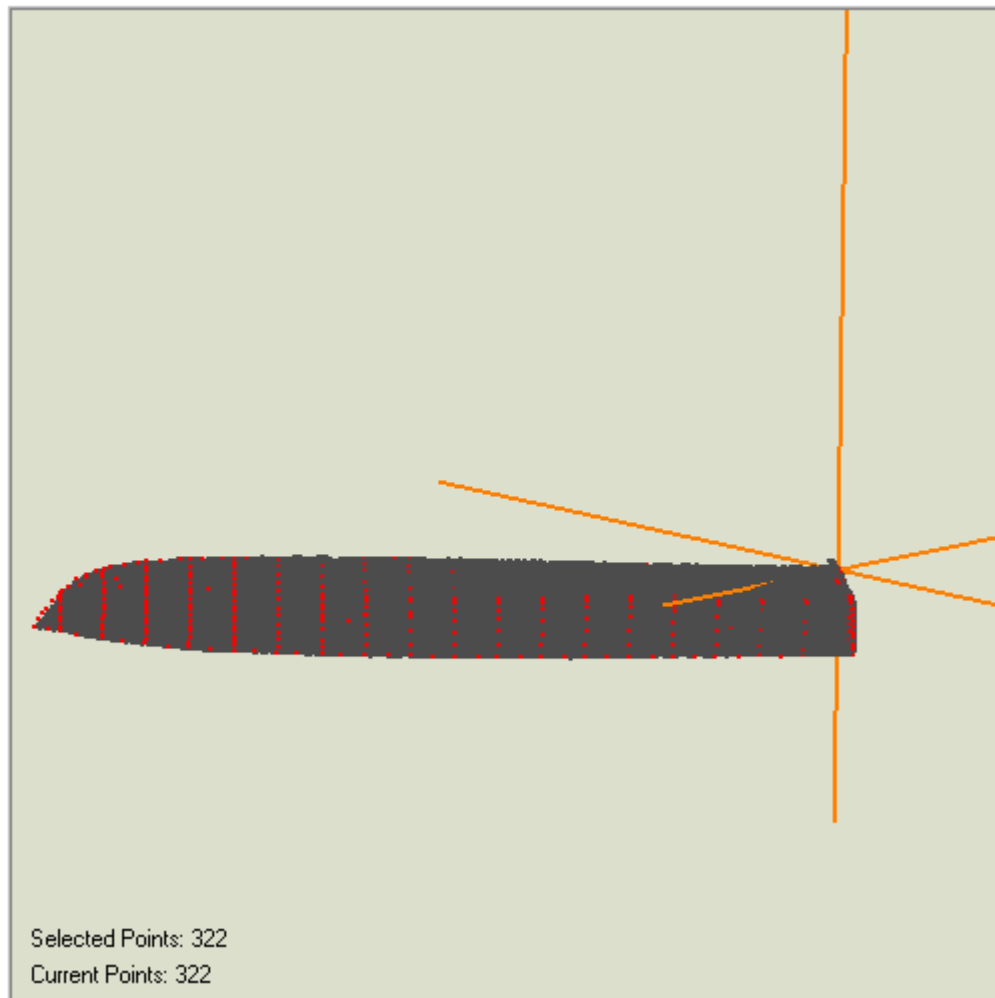
Ο τρόπος λειτουργίας αυτής της εντολής, μέσω του παραθύρου «Manager Panel» είναι ο εξής. Έγινε επιλογή τριών χαρακτηριστικών σημείων από τα σημεία αποτύπωσης. Το πρώτο είναι η κορυφή της πλώρης, το δεύτερο το πρυμναίο άκρο της καρίνας και το τρίτο το πρυμναίο άκρο της κουπαστής. Ύστερα από αυτή την επιλογή επιλέχτηκαν τα αντίστοιχα σημεία στο νέφος της σάρωσης. Με την εκτέλεση της εντολής έγινε σύμπτωση του ενός συνόλου σημείων πάνω στο άλλο. Απλά μετασχηματίστηκε το ένα σύνολο σημείων ως προς το άλλο με πολύ εύκολο τρόπο.

Το αποτέλεσμα ήταν αρκετά ικανοποιητικό. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε μερικές φορές με τα ίδια αποτελέσματα.

Η σύμπτωση των δυο συνόλων σημείων είναι ικανοποιητική αφού τα σημεία της σάρωσης και της αποτύπωσης δεν διαφέρουν περισσότερο από 0,002 m στα όρια της γάστρας. Μεγαλύτερη διάφορα παρουσιάζεται στην κορυφή της πλώρης αλλά αυτή οφείλεται στην προβληματική επιφάνεια του σκάφους σε αυτό το σημείο. Άλλο σημείο μετρήθηκε με την αποτύπωση σαν κορυφή και άλλο στην σάρωση. Με την εντολή «Alignment» αυτή η διαφορά φάνηκε και υπάρχει μόνο σε αυτό το σημείο όπως ήταν το αναμενόμενο.

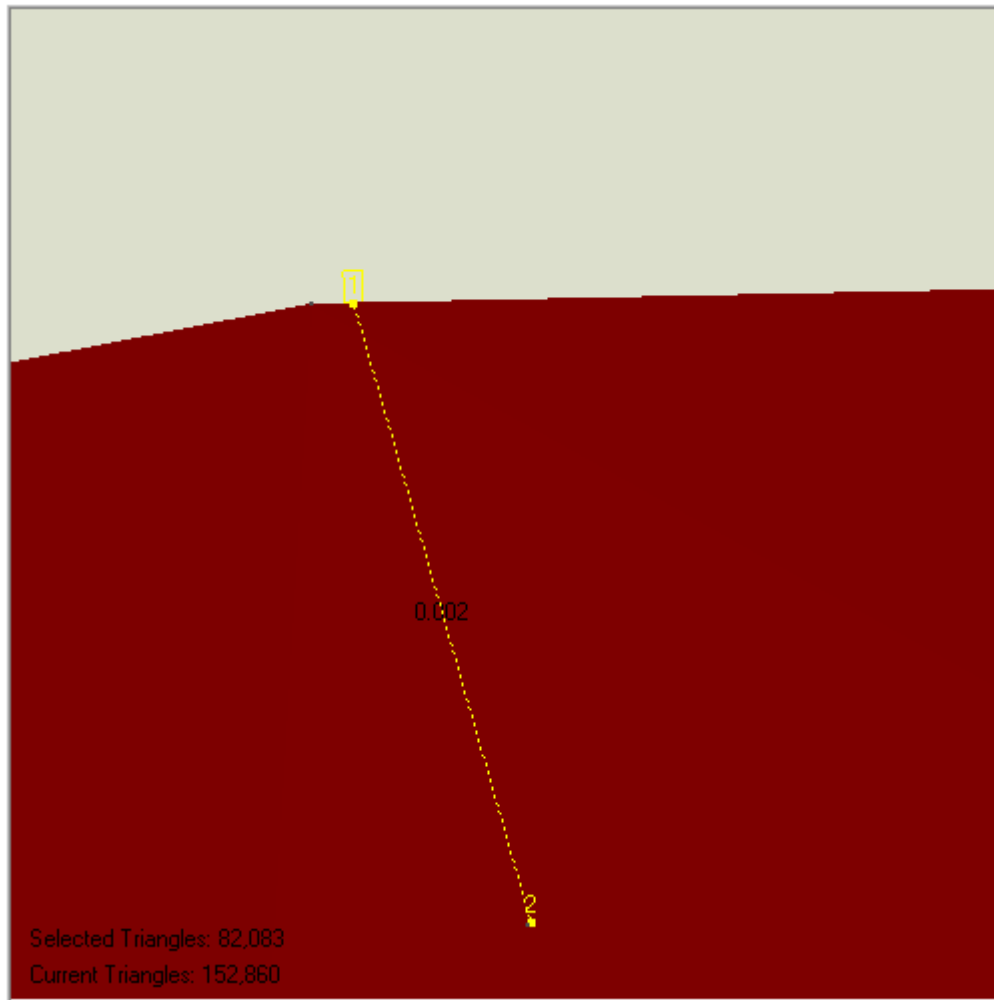


Εικόνα 5.24 : Χαρακτηριστικά σημεία για εφαρμογή της εντολής «Alignment» [Geomagic 9]



Εικόνα 5.25 : Νέφος σημείων σάρωσης, μοντελοποιημένη επιφάνεια σκάφους, και σημεία αποτύπωσης (κόκκινο χρώμα) μετά από την εφαρμογή της εντολής «Alignment» [Geomagic 9]

Στην εικόνα 5.27 φαίνεται η μικρή αποχή των σημείων σάρωσης από τα σημεία αποτύπωσης στη περιοχή της κορυφής της πλώρης. Αυτή μπορεί να οφείλεται και στην την γωνία σάρωσης του μοντέλου, αφού είναι μια καμπύλη επιφάνεια.

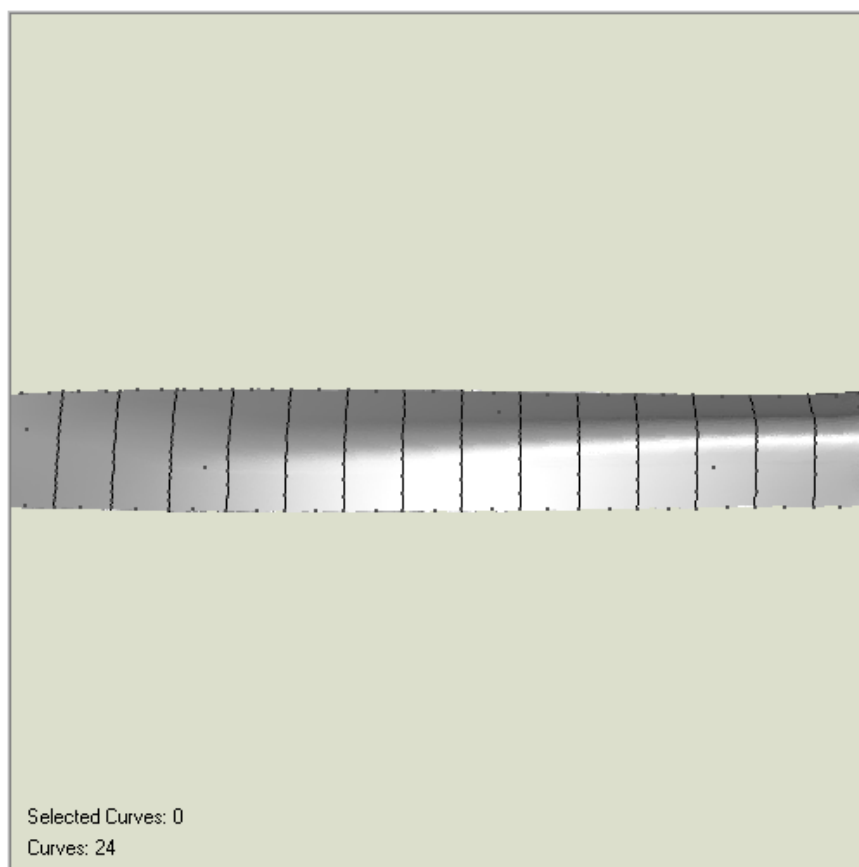


Εικόνα 5.26 : Απόσταση μεταξύ σημείου σάρωσης(1) και σημείου αποτύπωσης(2), 0.002 m. [Geomagic 9]

Αφού έγινε η διαδικασία ταύτισης έπειτα επιλέχτηκε η εντολή «Cross Section» για την δημιουργία νομέων. Εκτελέστηκε η ίδια διαδικασία όπως στην παράγραφο 5.1.2.2. Τα σημεία επιλογής για την δημιουργία επιπέδου, είναι σημεία της αποτύπωσης. Έγινε επιλογή τριών σημείων που αποτελούν ένα νομέα (κεντρικό), με την εντολή «Align» δημιουργήθηκε επίπεδο και ύστερα πολλαπλασιάστηκαν τα επίπεδα σε 19 με απόσταση 0,200 m. Με την εντολή «Compute» έγινε η χάραξη των νομέων.



Εικόνα 5.27 : Διαδικασία χάραξης νομέων με την εντολή «Cross Section» [Geomagic 9]

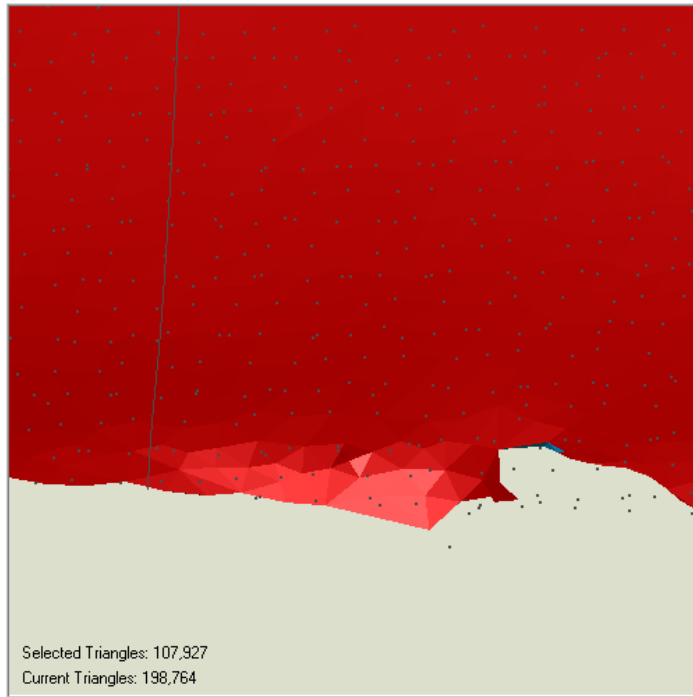


Εικόνα 5.28 : Τελικοί νομείς με την δευτερη μέθοδο χάραξης νομέων. [Geomagic 9]

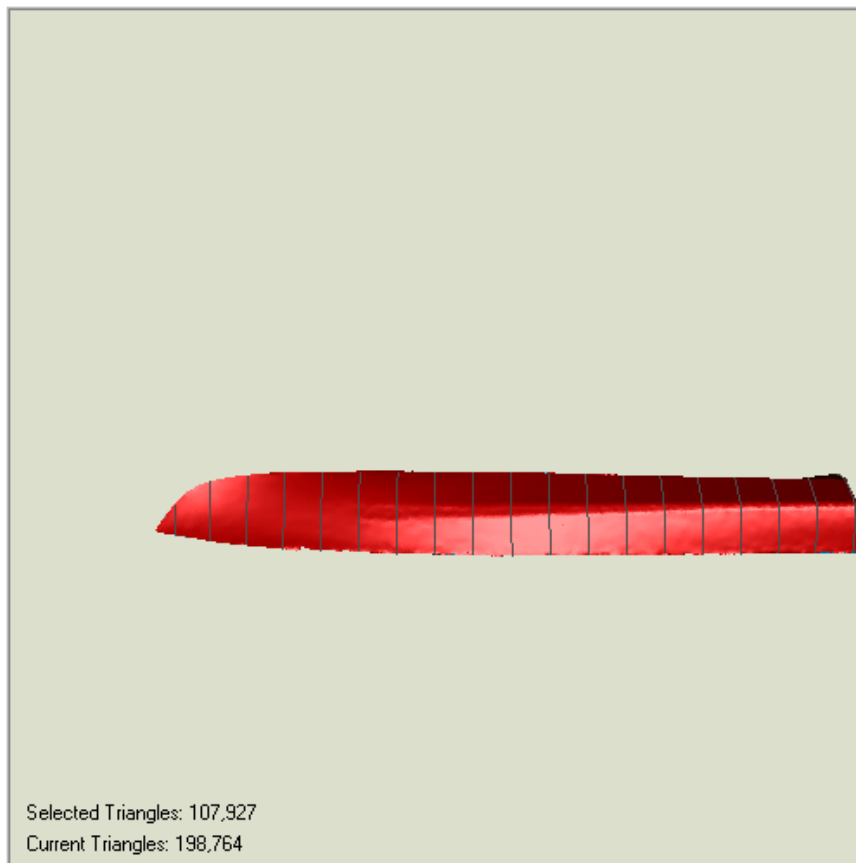
Έχοντας τα σημεία της αποτύπωσης πάνω στο σκάφος υπάρχει η δυνατότητα να δημιουργηθούν οι νομείς, ένας ένας με βάση τα σημεία από τα οποία αποτελείται ο καθένας χωρίς να γίνει πολλαπλασιασμός του ενός. Αυτή η διαδικασία δοκιμάστηκε αλλά μειονεκτεί σε σύγκριση με τον πολλαπλασιασμό του ενός νομέα για δυο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι στους τελευταίους νομείς προς την πλώρη, επειδή η επιφάνεια της γάστρας είναι καμπύλη με δυο κορυφές καμπυλότητας τα επίπεδα που αποτελούν τα σημεία των νομέων δεν είναι εγκάρσια στην κεντρική γραμμή του σκάφους. Ο δεύτερος είναι ότι αν γίνει η χάραξη των νομών έναν προς έναν τότε η σχετική τους θέση δεν θα είναι σταθερή, όλοι οι νομείς θα είναι μη παράλληλοι μεταξύ τους έστω και για λίγα χιλιοστά.

Όπως φαίνεται η δεύτερη μέθοδος χάραξης νομέων μπορεί να είναι περισσότερο ακριβής αφού δεν γίνονται επανειλημμένες δόκιμες μέσα στο νέφος από τον παρατηρητή που ενέχει κίνδυνους για μεγάλα σφάλματα θέσης. Απλά επιλέγονται 3 ακραία σημεία. Φυσικά αφού δεν αποτελούν χαρακτηριστικά σημεία σίγουρα υπάρχει σφάλμα επιλογής θέσης. Γίνεται μια αυτόματη, βέλτιστη, προσαρμογή μέσω του προγράμματος των δυο συνόλων σημείων. Αυτό δίνει την δυνατότητα να ελαχιστοποιηθούν τα σφάλματα στην επιλογή σημείων για την δημιουργία επιπέδου του νομέα σε μεγάλο βαθμό, σε σχέση με την δεύτερη μέθοδο που γίνονται δόκιμες σε αποστάσεις από αφετηρίες (σημεία) που είναι αποτέλεσμα εκτίμησης του χειρίστη του προγράμματος μέσα στο νέφος των σημείων σάρωσης.

Στην εικόνα 5.31, παρατηρείται στο μπροστά μέρος της καρίνας και στα πλαϊνά όρια ανάμεσα στους νομείς 14 και 15 ένα μικρό κενό. Σε αυτό το κενό υπάρχει νέφος σημείων. Όμως δημιουργήθηκε μετά την εφαρμογή κάποιας από τις εντολές που εκτελέστηκαν. Πρέπει να αναφερθεί ότι ακολουθήθηκαν τα βασικά βήματα που ακολουθούν και τις εντολές που χρησιμοποιούν, όλοι οι μηχανικοί και τεχνικοί στον βιομηχανικό τομέα. Για αυτές τις διαδικασίες έγινε ενημέρωση από τα αντίστοιχα sites στο διαδύκτιο. Παρά τις προσπάθειες που έγιναν για την διόρθωση του κενού μέσω εντολών όπως «Fill Holes», «Sandpaper», «Edit Boundaries» δεν υπήρχε κανένα επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι παρέμεινε όπως είναι, χωρίς να γίνει αλλαγή σε κάποια από τα βασικά βήματα που είναι και τα σωστά. Παρακάτω παρατίθεται η εικόνα του κενού με το νέφος σημείων.



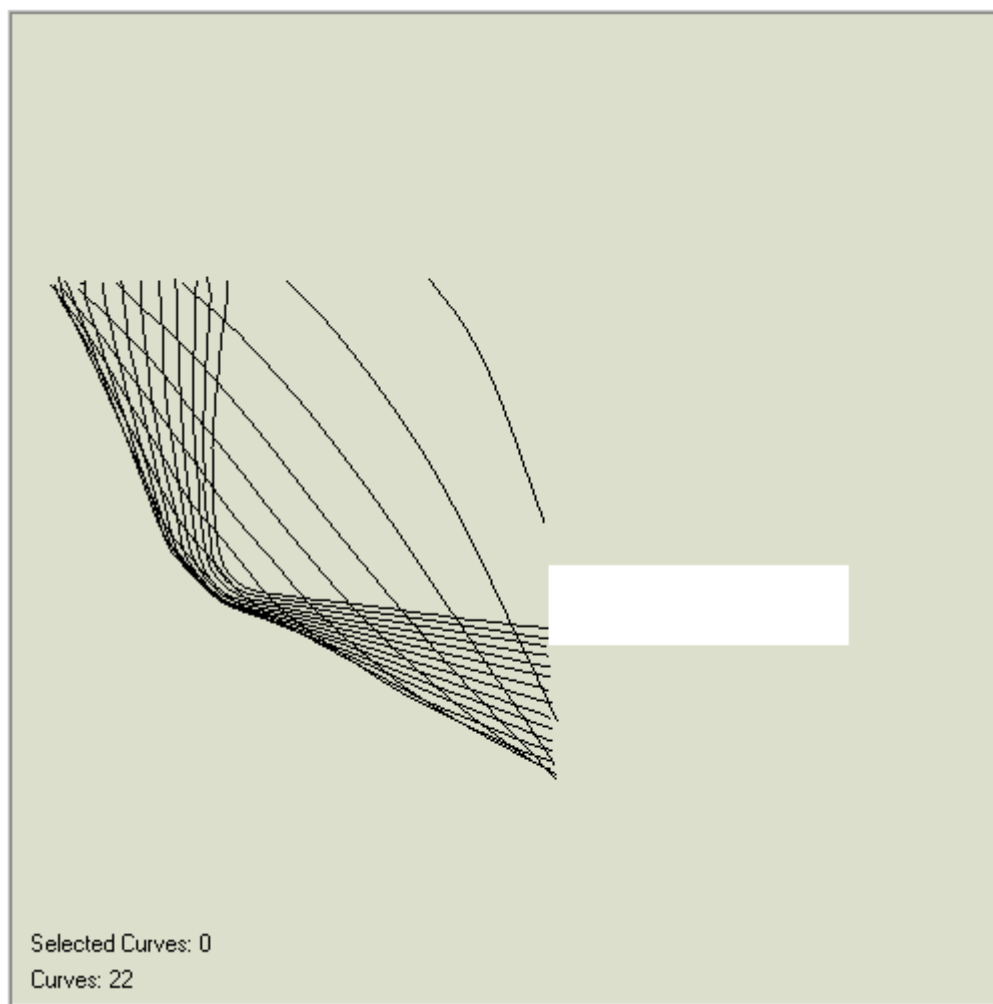
Εικόνα 5.29 : Προβληματικό σημείο στην τριγωνοποιημένη επιφάνεια της καρίνας. [Geomagic 9]



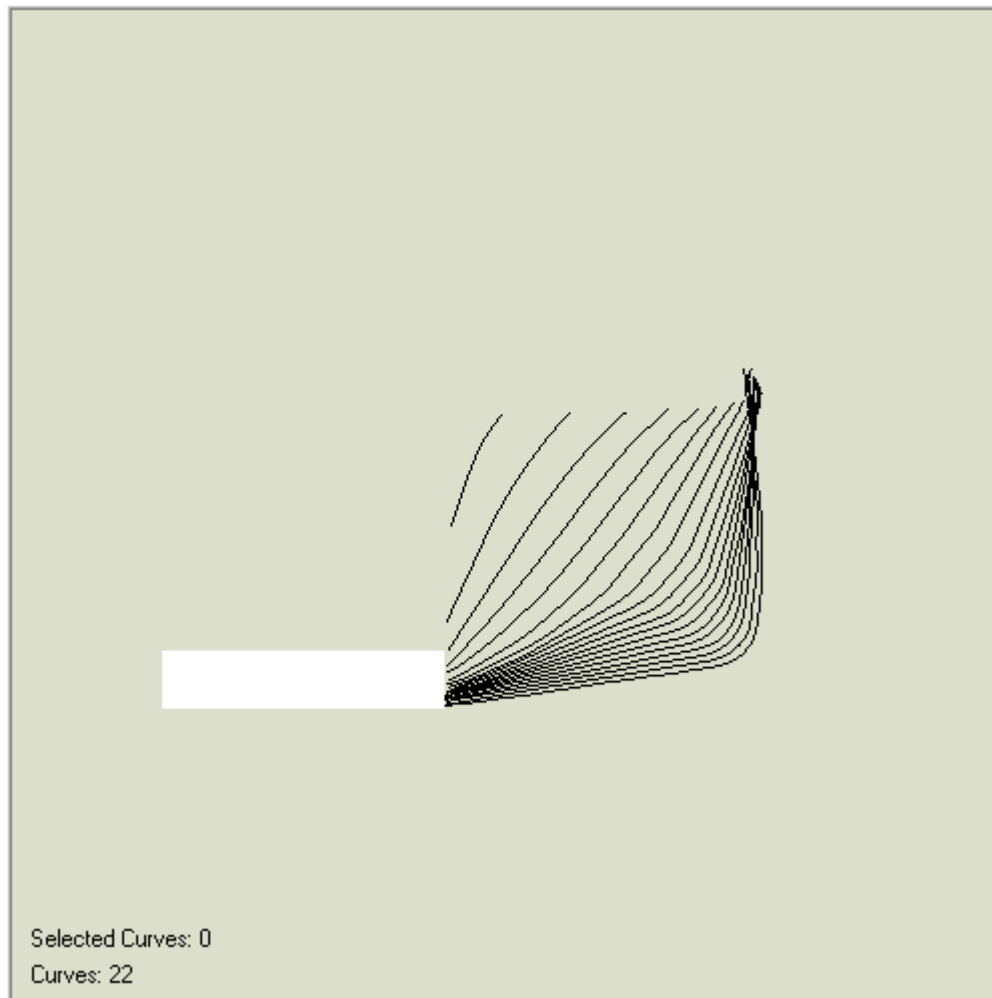
Εικόνα 5.30 : Πλάγια όψη της καρίνας (τελικό αποτέλεσμα). [Geomagic 9]

Στην εικόνα 5.32 το γεγονός ότι οι γραμμές δεν φαίνονται ομαλές οφείλεται στην ανάλυση της εικόνας (snapshot).

Τελικά μετά από όλες τις παραπάνω διαδικασίες γίνεται γραφική απόδοση μέσα από το τελικό προϊόν του προγράμματος Geomagic, των βασικών ναυπηγικών γραμμών του σκάφους που είναι οι νομείς. Η πρώτη απόδοση θα είναι η εγκάρσια όψη από την πλώρη του σκάφους και η δεύτερη η εγκάρσια όψη από την πρύμνη του σκάφους. Φυσικά, δεν είναι συγκεκριμένος ο διαμήκης άξονας με βάση τον οποίο θα γίνει η στροφή του μοντέλου με ακρίβεια στις όψεις που πρέπει, γιατί όπως εξηγήθηκε και παραπάνω, γίνεται επεξεργασία ενός νέφους σημείων και όχι ενός θεωρητικού σχεδίου. Παρακάτω θα αναλυθεί αυτό το πρόβλημα πιο αναλυτικά.



Εικόνα 5.31 :Εγκάρσια όψη. Νομείς σκάφους όπως φαίνονται από την πλώρη.(πλωραία όψη) [Geomagic 9]

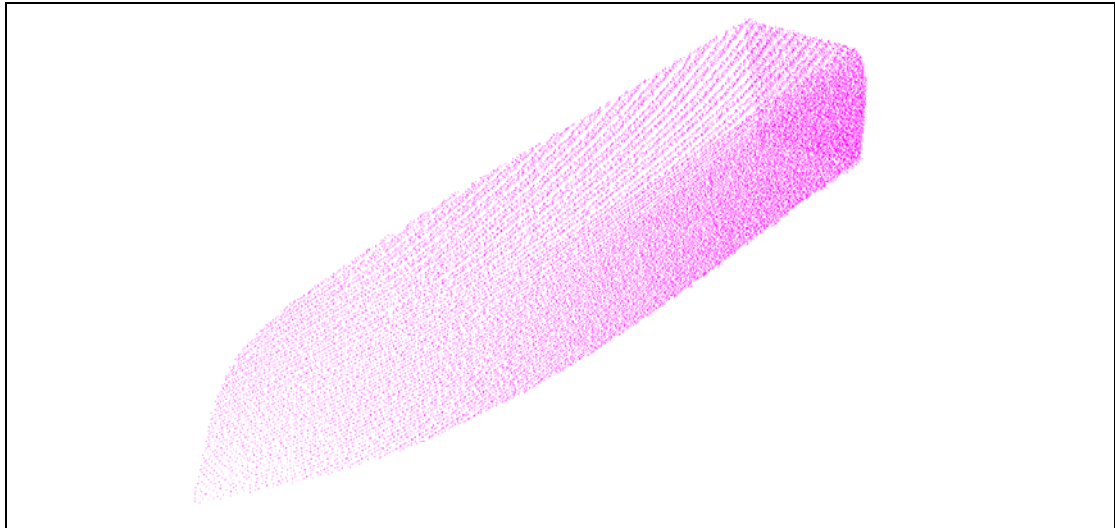


Εικόνα5.32 : Εγκάρσια όψη νομέων από την πρύμνη του σκάφους.(πρυμναία όψη) [Geomagic 9]

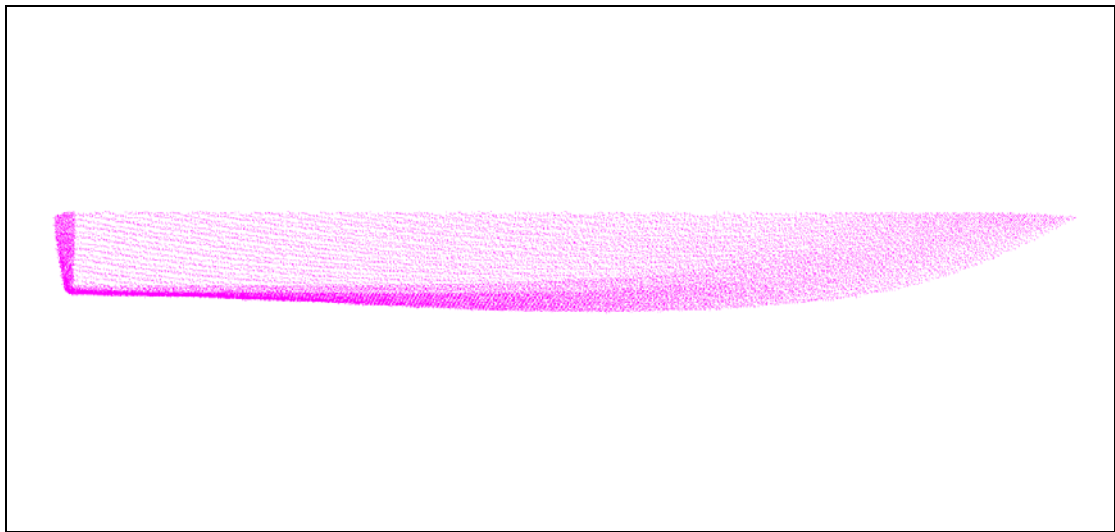
5.1.5 Σχεδιαστική απόδοση σάρωσης σε σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD.

Τα δεδομένα της σάρωσης ,μέσα από ο πρόγραμμα Cyclone εξήχθησαν και σε μορφή αρχείου dwg για επεξεργασία σε σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD. Το προϊόν εξαγωγής είναι το τελικό αποτέλεσμα επεξεργασίας από το πρόγραμμα Cyclone.

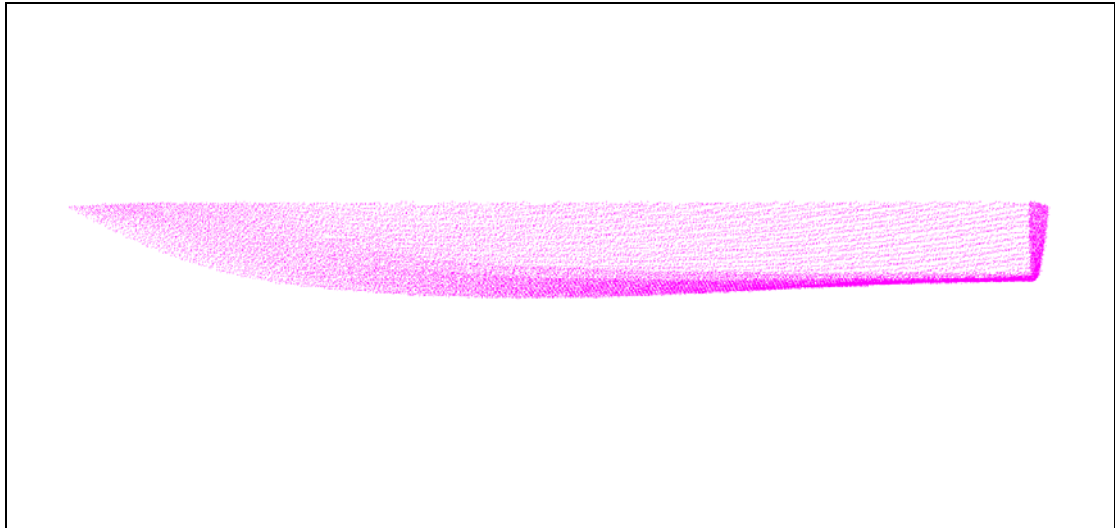
Η επεξεργασία που έγινε στο νέφος σημείων μέσω του προγράμματος AutoCAD, σχετίζεται με τις όψεις παρουσίασης του μοντέλου. Αυτές πρέπει να είναι παρόμοιες με εκείνες, του σχεδίου των Ναυπηγών Μηχανικών. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο, επειδή τα σημεία σάρωσης δεν είναι χαρακτηριστικά, όπως άκρες ευθύγραμμων τμημάτων, η σημεία σύνδεσης χαρακτηριστικών γεωμετρικών τόπων γενικότερα, δεν είναι δυνατή η σχεδίαση γραμμών όπως το περίγραμμα της γάστρας ή τους νομείς κλπ.



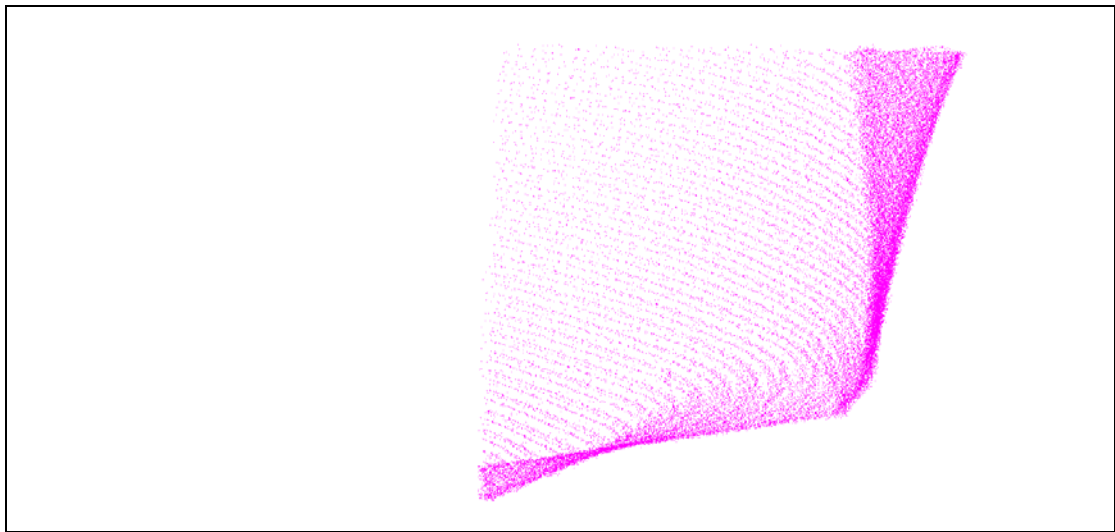
Εικόνα 5.33: Γενική όψη μοντέλου. [AutoCAD Drawing]



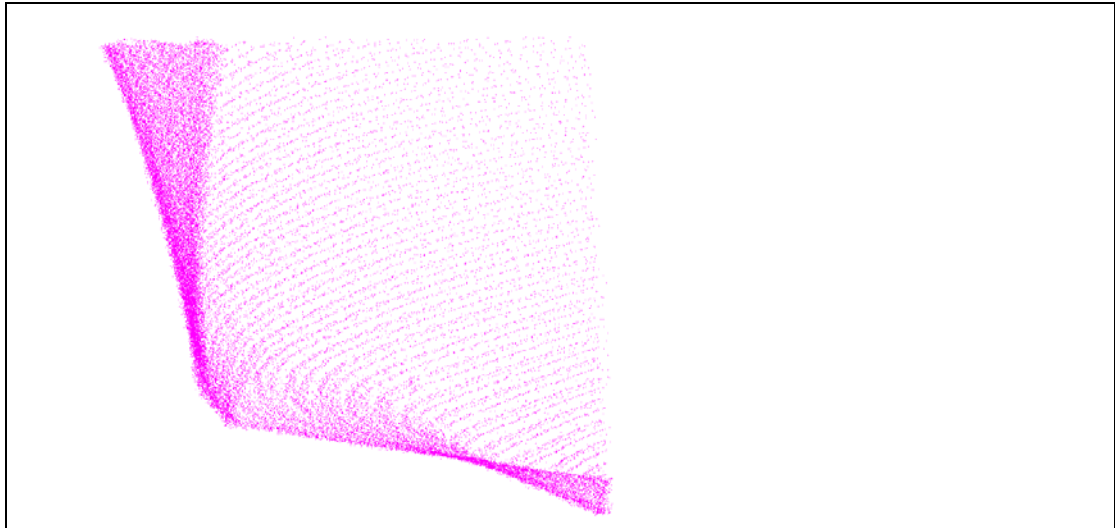
Εικόνα 5.34 : Οριζοντιογραφία 1. Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing]



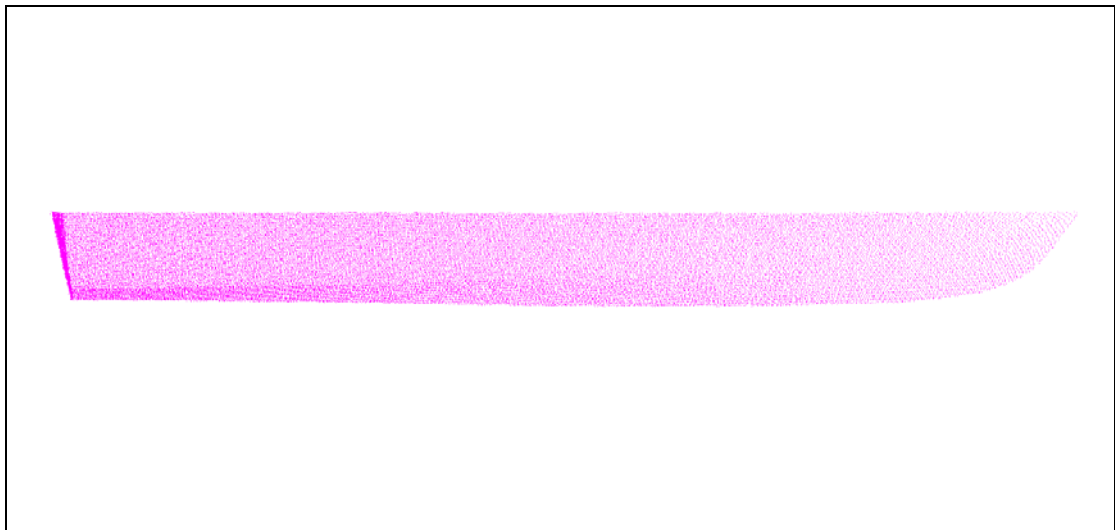
Εικόνα 5.35 : Οριζοντιογραφία 2 .Κάτοψη. [AutoCAD Drawing]



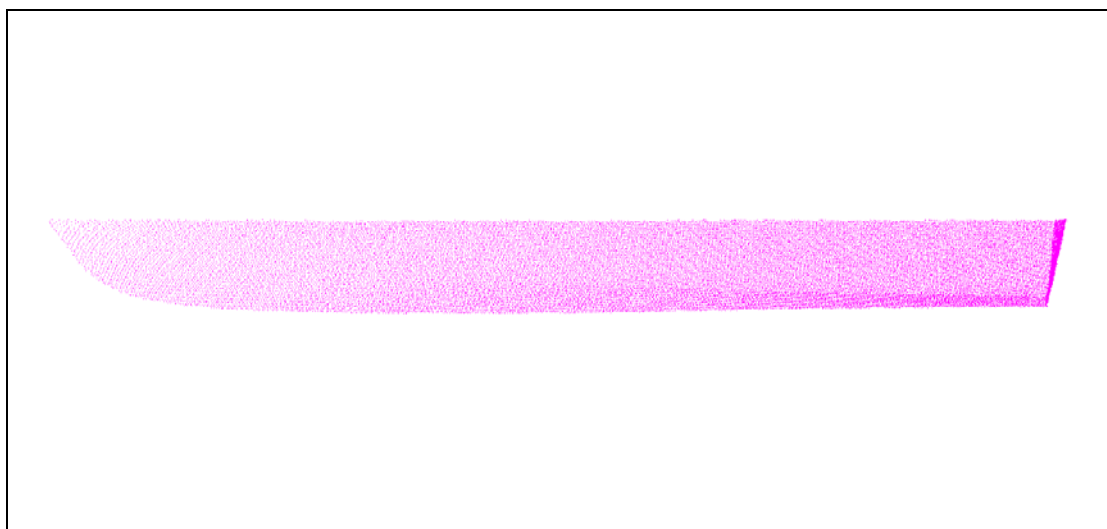
Εικόνα 5.36 : Εγκάρσια όψη. Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.37 : Εγκάρσια όψη. Πρόσοψη. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.38 : Πλάγια όψη 1. Εξωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.39 : Πλάγια όψη 2. Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing]

5.1.6 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάστηκε στο πρόγραμμα Geomagic είναι η δημιουργία τρισδιάστατου συστήματος αξόνων XYZ ως σύστημα αναφοράς. Το πρόγραμμα έχει το δικό του σύστημα αξόνων αλλά αυτό δεν γίνεται να μετατεθεί και να στραφεί με οποιαδήποτε εντολή. Η ανάγκη δημιουργίας συγκεκριμένου συστήματος αξόνων αναφοράς, είναι για να υπάρχουν επιλογές όψεων του μοντέλου, ως προς τον άξονα συμμετρίας που χρειάζονται. Στην προσπάθεια δημιουργίας συστήματος αναφοράς για το συγκεκριμένο πείραμα, μέσω της εντολής «Create Datums» στο «Manager Panel» επιλέχτηκε σύστημα αξόνων (Axis). Για τον ορισμό των αξόνων υπήρχαν 5 επιλογές ορισμού. Έγινε, με επιλογή δυο σημείων (point to point), που ορίζουν τον άξονα, αφού με τις υπόλοιπες επιλογές ήταν αδύνατον να υλοποιηθεί άξονας στην θέση επιλογής μας. Η θέση επιλογής για τον πρώτο άξονα (axis1) είναι ο άξονας του ολικού μήκους του σκάφους (L.O.A.). Η θέση είναι πάντα προσεγγιστική γιατί όπως έχει αναφερθεί το αντικείμενο επεξεργασίας είναι νέφος σημείων. Το κυρίως πρόβλημα ξεκινάει από αυτό το σημείο. Μπορεί να δημιουργηθεί τρισσορθόγωνιο σύστημα αξόνων αλλά μόνο παράλληλο με το υπάρχων σύστημα του προγράμματος. Δεν γίνεται να γίνει στροφή (Rotate) του συστήματος ώστε ο ένας άξονας να συμπέσει με τον άξονα επιλογής μας. Διαφορετικά γίνεται να οριστεί ένα τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς με την εντολή επιλογής σημείων αλλά δεν θα είναι τρισσορθόγωνιο. Μόνο με τυχαίους άξονες οι οποίοι ορίζονται από σημεία επιλογής μας. Ακόμα και με αυτό το ατελές σύστημα αξόνων το πρόγραμμα δεν δίνει την

δυνατότητα να γίνει χρήση του ουσιαστικά. Κρατάει πάντα το υπάρχον σύστημα βάση του οποίου καθορίζονται οι όψεις του αντικειμένου. Ούτε ένας άξονας αναφοράς γίνεται να χρησιμοποιηθεί για αλλαγή των όψεων ως προς αυτόν (Εγκάρσια και πλάγια όψη σε οποιαδήποτε γωνία).

Στο Cyclone 5.8 έγινε μεταφορά της αρχής του συστήματος αξόνων στο επιθυμητό σημείο και παράλληλα έχοντας διατηρήσει την τρισσορθογώνια μορφή. Έγινε προσανατολισμός του ενός άξονα ως προς την προσεγγιστική ευθεία του ολικού μήκους. Έτσι προσανατολίστηκε όλο το σύστημα αξόνων. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν όψεις του μοντέλου που προσεγγίζουν τις επιθυμητές (πλάγια, εγκάρσια, κάτοψη) παρόμοιες με το θεωρητικό σχέδιο των ναυπηγών. Στην περίπτωση του Cyclone όμως δεν είναι αναγκαίες γιατί δεν δύναται να γίνει σχεδίαση των νομέων σε αυτό το πρόγραμμα.

5.2 Επεξεργασία δεδομένων μετρήσεων με Topcon IS.

Σε αυτό το μέρος της εργασίας, γίνεται η επεξεργασία των μετρημένων στοιχείων. Η επεξεργασία αποτελείται από το στάδιο του υπολογισμού των συντεταγμένων και το στάδιο σχεδιαστικής απόδοσης των αποτελεσμάτων. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι η απαιτούμενη ακρίβεια μέτρησης για τους Ναυπηγούς είναι της τάξης 0,01 m όπως έχει αναφερθεί και στο Κεφ. 2.

5.2.1 Πρώτο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων. Υπολογισμός συντεταγμένων.

5.2.1.a. Δεδομένα αποτύπωσης.

Τα δεδομένα των μετρήσεων με τον γεωδαιτικό σταθμό Topcon IS, εξάγονται στο πρόγραμμα διαχείρισης και επεξεργασίας δεδομένων, «Topcon Link». Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στο συγκεκριμένο λογισμικό είναι τα εξής :

1. Τα μετρημένα μεγέθη. Η οριζόντια γωνία(Hz), η κατακόρυφη γωνία(z) και η κεκλιμένη απόσταση (SD).
2. Οι συντεταγμένες των σημείων (X,Y,Z).

Οι τρισδιάστατες καρτεσιανές συντεταγμένες των σημείων, προέρχονται από την αυτόματη επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων μέσω του προγράμματος. Το θεωρητικό υπόβαθρο για την εξαγωγή των συντεταγμένων, είναι η μέθοδος των πολικών συντεταγμένων για την οποία υπάρχει σχετική αναφορά σε παραπάνω κεφάλαιο. Τα δεδομένα παρουσιάζονται στο πρόγραμμα με πίνακες μορφής Microsoft Excel.

Ένα παράδειγμα υπολογισμού των συντεταγμένων, ενός από τα μετρημένα σημεία του πειράματος, με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων παρουσιάζεται παρακάτω :

Σημείο: 2008

- Μετρημένα μεγέθη από στάση Σ_1
 - Οριζόντια γωνία (Hz) : 326,7390 g
 - Ζενίθια γωνία (z) : 116,5880 g
 - Κεκλιμένη απόσταση (SD) : 4,512 m
 - Ύψος στόχου (RH) : 0 m
 - Ύψος οργάνου : 1.445 m

Ο υπολογισμός των συντεταγμένων γίνεται μέσω των τύπων της μεθόδου των πολικών συντεταγμένων όπως φαίνεται παρακάτω :

$$\begin{aligned} X_{2008} &= X_{\Sigma_1} + (SD_{(\Sigma_1-2008)} \cdot \sin z_{2008}) \cdot \sin(\alpha_{BA} + H_{Z2008}) \\ &= 10.000\text{m} + (4,512\text{m} \cdot \sin 116,5880\text{g}) \cdot \sin 326,739\text{m} \\ &= 10.000\text{m} + (4,512\text{m} \cdot 0,966) \cdot (- 0,9134) \\ &= 6,019 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{2008} &= Y_{\Sigma_1} + (SD_{(\Sigma_1-2008)} \cdot \sin z_{2008}) \cdot \cos(\alpha_{BA} + H_{Z2008}) \\ &= 10.000\text{m} + (4,512\text{m} \cdot \sin 116,5880\text{g}) \cdot \cos 326,739\text{m} \\ &= 10.000\text{m} + (4,512\text{m} \cdot 0,966) \cdot 0,408 \\ &= 11,788\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{2008} &= H_{\Sigma_1} + SD \cdot \cos z_{2008} + Y.O \\ &= 0\text{m} + 4,512 \cdot \cos 116,588 + 1,445\text{m} \\ &= 4,512 \cdot (- 0,2576) + 1,445\text{m} \\ &= 0,283\text{m} \end{aligned}$$

Τα αποτελέσματα επαληθεύονται από το λογισμικό «Topcon Link» όπως φαίνεται και από τους πίνακες. Με μια απλή παρατήρηση όλων γωνιών γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η ακρίβεια της γωνιομέτρησης του οργάνου είναι της τάξης των 9 cc, όπως δηλώνεται και από την κατασκευάστρια εταιρεία. Περαιτέρω ανάλυση των ακριβειών κάθε μέτρησης γίνεται στο κεφάλαιο 6.

Ο πίνακας των πρωτογενών δεδομένων περιέχει σε στήλες, την ονοματολογία στάσεων και σημείων, τις αντίστοιχες οριζόντιες γωνίες, τις ζενίθιες, τις κεκλιμένες αποστάσεις και ο κωδικούς των σημείων. Ο πίνακας των δευτερογενών δεδομένων περιέχει τις συντεταγμένες X,Y,Z των σημείων και τους κωδικούς. Η έννοια «κωδικός» αναφέρεται στην περιγραφή του σημείου. Στο συγκεκριμένο πείραμα οι κωδικοί που δόθηκαν κατά την διάρκεια των μετρήσεων ,μέσα από το μενού του οργάνου είναι:

- NOMEIS (σημεία που αντιστοιχούν σε νομείς)
- PER (σημεία που αντιστοιχούν στο περίγραμμα τις γάστρας)
- STOXOI (σημεία που αντιστοιχούν στους κοινούς στόχους μέτρησης ,με τα δυο όργανα)

Εκτός των πινάκων με τα δεδομένα, το λογισμικό «TopconLink» για κάθε αρχείο δεδομένων έχει και το αντίστοιχο «CadView». Στο συγκεκριμένο παράθυρο παρουσιάζονται σε δισδιάστατη σχεδίαση τα δευτερογενή δεδομένα (σημεία, κωδικοί, χρώμα Layer).

Παρακάτω παρουσιάζονται οι πίνακες των πρωτογενών και δευτερογενών δεδομένων.

5.2.1.β. Δεδομένα σάρωσης του μοντέλου.

Όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο που πραγματεύεται τις μετρήσεις του πειράματος, εκτός από την ταχυμετρική αποτύπωση έγινε και σάρωση του μοντέλου. Τα δεδομένα σάρωσης του μοντέλου, 4077 σημεία σάρωσης (από sc1000 έως sc5076) παρουσιάζονται στο λογισμικό «TopconLink». Σε αυτήν την περίπτωση, παρουσιάζονται μόνο οι συντεταγμένες των σημείων (δευτερογενή δεδομένα). Είναι λογικό αφού γίνεται χρήση διαφορετικής μεθόδου αποτύπωσης της υπάρχουσας κατάστασης, από τις κλασικές μεθόδους γεωδαισίας. Τα δεδομένα παρουσιάζονται σε πίνακες στο παράρτημα της παρούσας εργασίας.

5.2.2 Δεύτερο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων. Σχεδιαστική απόδοση συντεταγμένων.

5.2.2.α. Δεδομένα αποτύπωσης.

Μετά την παρουσίαση των σημείων στο λογισμικό «TopconLink», το αρχείο αποθηκεύτηκε σε μορφή Design(dwg) για να εξαχθούν τα σημεία(στάσεις και ταχυμετρικά) στο σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD. Έχοντας εισάγει τα σημεία στο σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD, ξεκινάει η διαδικασία σχεδίασης.

Ο τρόπος σχεδιασμού του μοντέλου, είναι απλός. Είναι η τομή των σημείων με μια συνεχή γραμμή(polyline). Τα σημεία που χρησιμεύουν για την σχεδίαση δεν είναι απαραίτητο να είναι όλα όσα έχουν μετρηθεί. Έτσι, μέσω του αρχικού σχεδίου των ναυπηγών έγινε διερεύνηση των σημείων που θα χρησιμοποιηθούν για την σχεδίαση του μοντέλου. Πιο απλά, τα σημεία σύνδεσης των σχεδιαστικών γραμμών, στο σχέδιο των ναυπηγών, χρησιμοποιήθηκαν στην σχεδίαση του μοντέλου από τα υπάρχοντα σημεία.

Ο τρόπος διερεύνησης των σημείων σύνδεσης είναι ο εξής. Κατά μήκος της γάστρας σχεδιάστηκαν ευθύγραμμα τμήματα που τέμνουν τους νομείς του σκάφους. Επομένως δυο ευθύγραμμα τμήματα για κάθε ζεύγος νομέων, στην καρίνα και στο πάνω όριο της γάστρας.

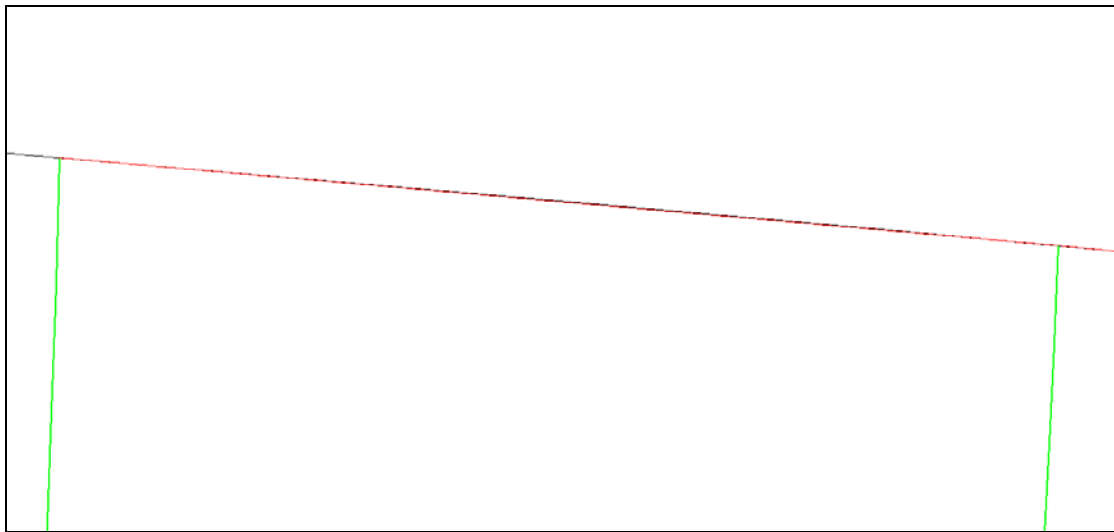
Το κριτήριο είναι το εξής. Αν το ευθύγραμμο τμήμα συμπίπτει με την γραμμή του ορίου του σκάφους, τότε δεν θα χρησιμοποιηθούν τα ενδιάμεσα μετρημένα σημεία (ανάμεσα στα όρια των νομέων) για την σχεδίαση του περιγράμματος της γάστρας. Αν το ευθύγραμμο τμήμα διαφέρει από την γραμμή περιγράμματος της γάστρας κατά 0.03m τότε θα γίνει χρήση των μετρημένων σημείων ανάμεσα στους νομείς. Το σημείο μέτρησης της απόστασης μεταξύ της γραμμής ναυπηγών(καμπύλη) και του ευθύγραμμου τμήματος είναι το μέσο του τόξου της καμπύλης(χονδρικά).

Για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας δίνεται σχεδιαστικό παράδειγμα του τρόπου διερεύνησης για τους νομείς : 13-14, 16-17.

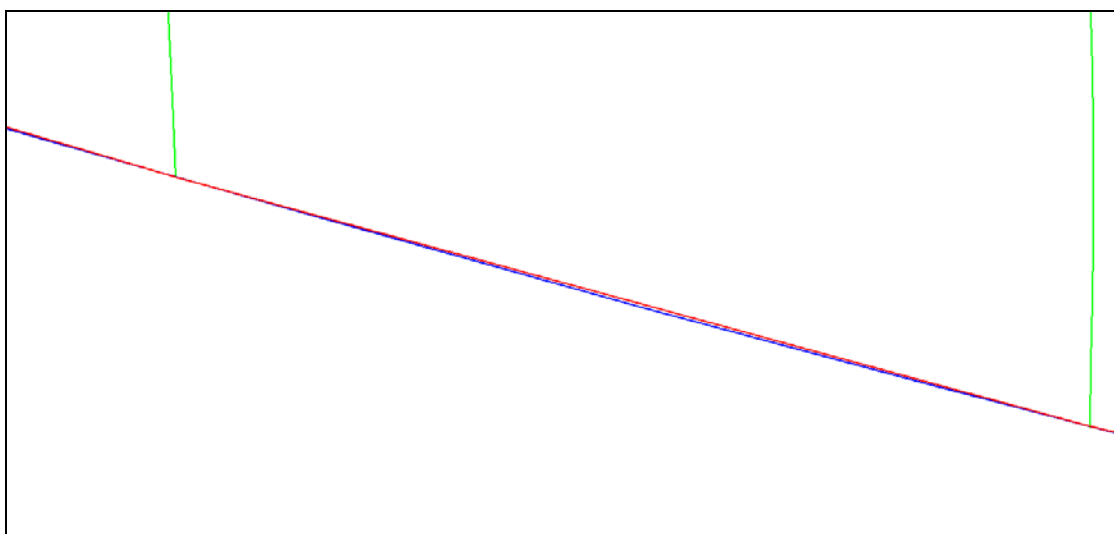
- Νομείς : 13-14
 - Καρίνα σκάφους :Το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στους νομείς συμπίπτει με την καμπύλη της καρίνας.Για την εξαγωγή αυτό του συμπεράσματος μετρήθηκε η απόσταση ανάμεσα στο μέσο της καμπύλης και το ευθύγραμμο τμήμα.Το αποτέλεσμα ήταν μηδενικό.
 - Περίγραμμα γάστρας : Το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στους νομείς απέχει από το μέσο της καμπύλης της γάστρας κατά 0,001 m.

- Νομείς : 16,17
 - Καρίνα σκάφους : Το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στους νομείς απέχει από το μέσο της καμπύλης της καρίνας κατά 0,003 m.
 - Περίγραμμα γάστρας : Το ευθύγραμμο τμήμα ανάμεσα στους νομείς απέχει από το μέσο της καμπύλης της γάστρας κατά 0,004 m.

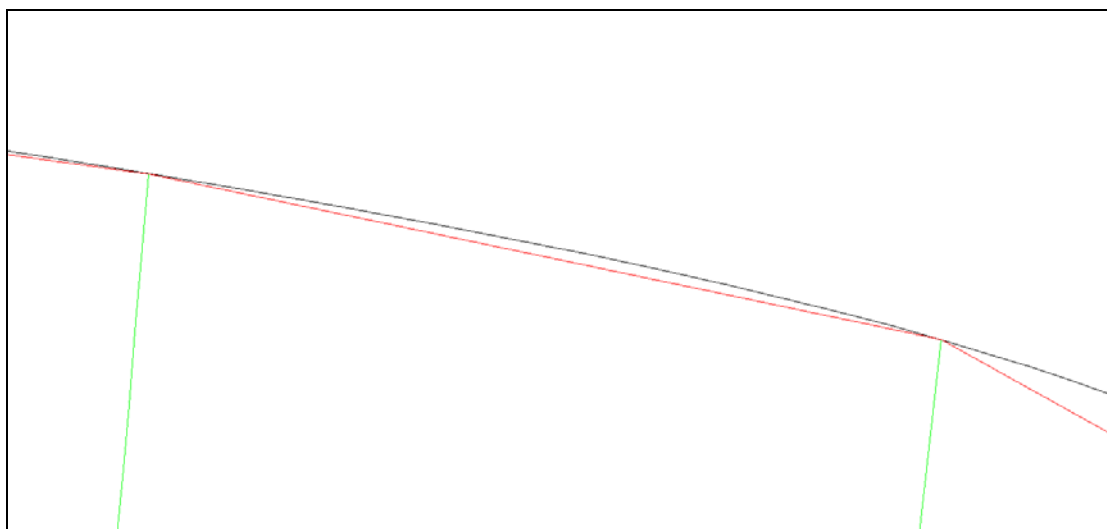
Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν τις περιοχές που αναφέρονται παραπάνω όπως επεξεργάστηκαν στο σχεδιαστικό περιβάλλον του AutoCAD.



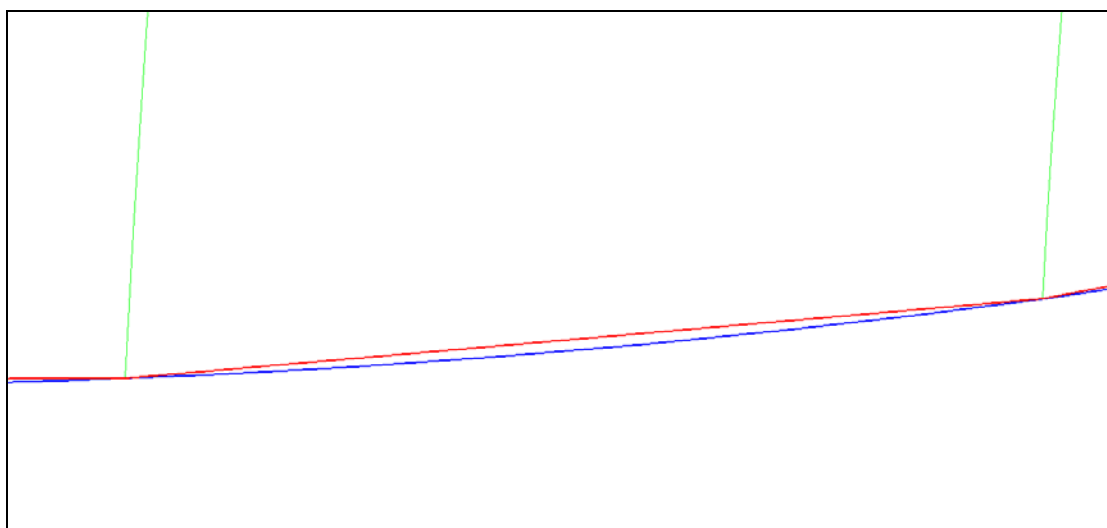
Εικόνα 5.40 : Καρίνα σκάφους→ Νομείς 13,14(πράσινες γραμμές). Ταύτιση ευθύγραμμου τμήματος και καμπύλης περιγράμματος καρίνας. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



Εικόνα 5.41 : Περίγραμμα γάστρας →Νομείς 13,14 (πράσινες γραμμές). Ελάχιστη αποχή του ευθύγραμμου τμήματος και της καμπύλης του περιγράμματος κατά 0,001m. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



Εικόνα 5.42 : Καρίνα → Νομείς 16,17 (πράσινες γραμμές). Αποχή ανάμεσα στο ευθύγραμμο τμήμα (κόκκινο) και την καμπύλη της γάστρας(άσπρο) κατά 0,003m. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]



Εικόνα 5.43 : Περίγραμμα γάστρας→ Νομείς 16,17 (πράσινες γραμμές). Αποχή ανάμεσα στο ευθύγραμμο τμήμα και την καμπύλη της γάστρας κατά 0,004m. [AutoCAD Drawing, LB – 5,5 (38,33)_2000]

⇒ Στην περίπτωση που η απόσταση είναι της τάξης του 0,001m ή 0,002m, γίνεται σχεδίαση του ευθύγραμμου τμήματος ανάμεσα στα σημεία των νομέων. Αν υπάρχει αποχή μεγαλύτερη του 0,002m τότε χρησιμοποιείται ενδιάμεσο σημείο για να γίνει απόδοση της καμπύλης.

Το συμπέρασμα που εξήχθη για τον τρόπο σχεδίασης είναι το εξής :

- Καρίνα σκάφους :

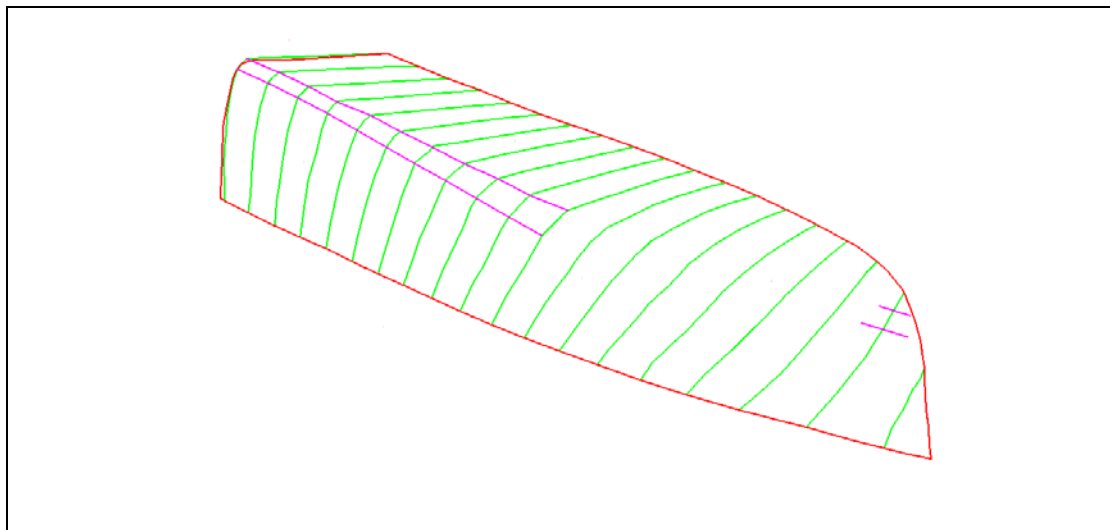
- Σχεδιασμός καμπύλης μετά τον νομέα 14.
- Υπόλοιπο περίγραμμα γάστρας
- Σχεδιασμός καμπύλης μετά τον νομέα 13.

Φυσικά ο τρόπος αυτός σχεδίασης , ακολουθείται και για της δυο σειρές μετρήσεων.

➤ Διαδικασία σχεδίασης στο σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD.

Η σύνδεση των σημείων για την δημιουργία καμπυλών γίνεται , με την εντολή «3dpolyline». Το διαφορετικά είδη των ναυπηγικών γραμμών αντιστοιχούν σε επίπεδα (Layers), με διαφορετικό χρώμα το καθένα.

- Περίγραμμα γάστρας: Είδος γραμμής ⇒Συνεχής, Χρώμα⇒ Κόκκινο
- Νομείς : Είδος γραμμής ⇒Συνεχής, Χρώμα⇒ Πράσινο
- Ίσαλα : Είδος γραμμής ⇒Συνεχής, Χρώμα⇒Μοβ
- Γραμμές : Είδος γραμμής ⇒Συνεχής, Χρώμα⇒ Μοβ



Εικόνα 5.44 : Τρισδιάστατη σχεδιαστική απόδοση του μοντέλου σε περιβάλλον AutoCAD.Μέτρηση με Torcon IS.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί, ότι το παραπάνω σχεδιαστικό αποτέλεσμα, αναφέρεται στα σημεία όπως μετρήθηκαν στο τοπικό σύστημα αναφοράς. Σε αυτό το σύστημα, οι συγκεκριμένες όψεις που πρέπει να παρουσιάζεται το μοντέλο, δεν είναι ίδιες με αυτές του σχεδίου των ναυπηγών. Αυτό γιατί το τρισδιάστατο σύστημα αναφοράς έχει άλλη θέση και προσανατολισμό σε σχέση με αυτό, των ναυπηγών.

Για να υπάρχει δυνατότητα παρουσίασης του μοντέλου στις ίδιες όψεις, με αυτές του σχεδίου των ναυπηγών, πρέπει να γίνει μετάθεση της αρχής του συστήματος

αναφοράς στο ίδιο σημείο με αυτή των ναυπηγών και να δοθεί ο ίδιος προσανατολισμός. Η διαδικασία αυτή έγινε σχεδιαστικά, στο περιβάλλον AutoCAD.

Στο σχέδιο των Ναυπηγών Μηχανικών, η αρχή των αξόνων αναφοράς βρίσκεται στην κρυφή της καρίνας, από την πλευρά της πρύμνης(πρυμναίο τμήμα). Ο άξονας X έχει την διεύθυνση του διαμήκη άξονα του σκάφους με φορά προς την πλώρη. Ο άξονας Y βρίσκεται στην δεξιά πλευρά του άξονα X ενώ ο άξονας Z έχει φορά προς το υπόλοιπο μέρος της γάστρας.

Σκοπός είναι, οι νέοι άξονες αναφοράς να πληρούν τα ίδια κριτήρια με τους άξονες του πρωτότυπου σχεδίου. Τα βήματα για την δημιουργία του νέου συστήματος αναφοράς σχεδιάστηκα είναι τα εξής :

- Σχεδίαση ορθής γωνίας με πλευρές περίπου 0.200 m έχοντας επιλέξει την εντολή «ORTHO» και την εντολή «Line» για δισδιάστατη σχεδίαση. Με αυτόν τον τρόπο η ορθή γωνία περιέχεται στο οριζόντιο επίπεδο.
- Μετατόπιση της ορθής γωνίας ώστε η κορυφή της να ταυτιστεί με την κορυφή της καρίνας στο πρυμναίο τμήμα, με την εντολή «Move».
- Στροφή της γωνίας με κριτήριο η μια πλευρά της να συμπέσει με τον διαμήκη άξονα του σκάφους με φορά προς την πλώρη και η δεύτερη πλευρά να βρίσκεται στα δεξιά με άξονα συμμετρίας αυτήν την κατεύθυνση.

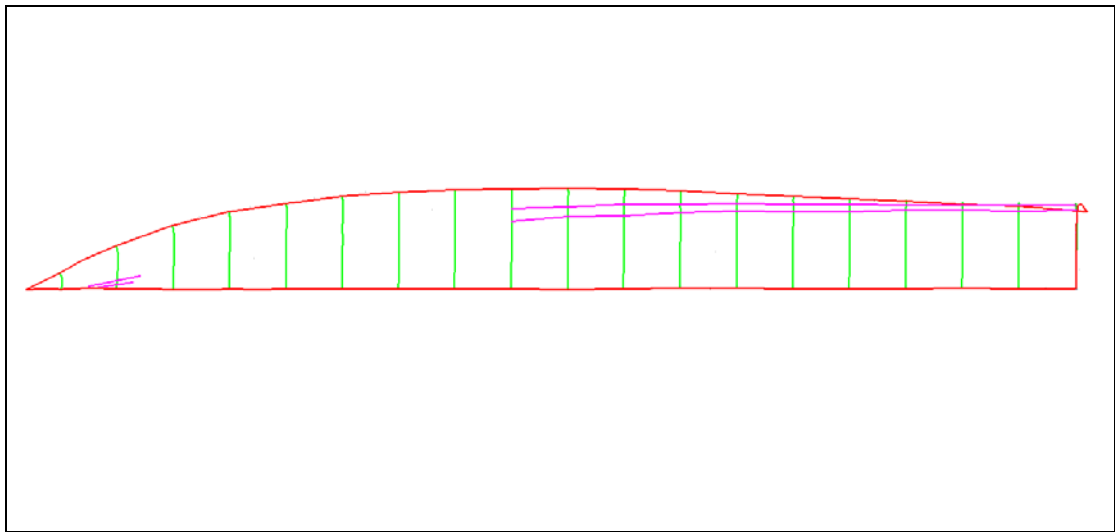
Με τα παραπάνω βήματα ορίστηκαν οι ευθείες με τις οποίες θα ταυτιστούν οι άξονες X και Y.

- Από την γραμμή εντολών «Tools» και την εντολή «New UCS⇒3 point» ορίστηκαν η αρχή των νέων αξόνων αναφοράς(origin point 1), το σημείο 2 που ορίζει τον άξονα X (φορά και κατεύθυνση) και το σημείο 3 που ορίζει τον άξονα Y.
- Αυτόματα ορίστηκε ο άξονας Z με την σωστή φορά.
- Με την εντολή «Named UCS» έγινε αποθήκευση των δεδομένων. Ονομασία νέου συστήματος αξόνων(UCS2) και καταχώρηση νέων όψεων.

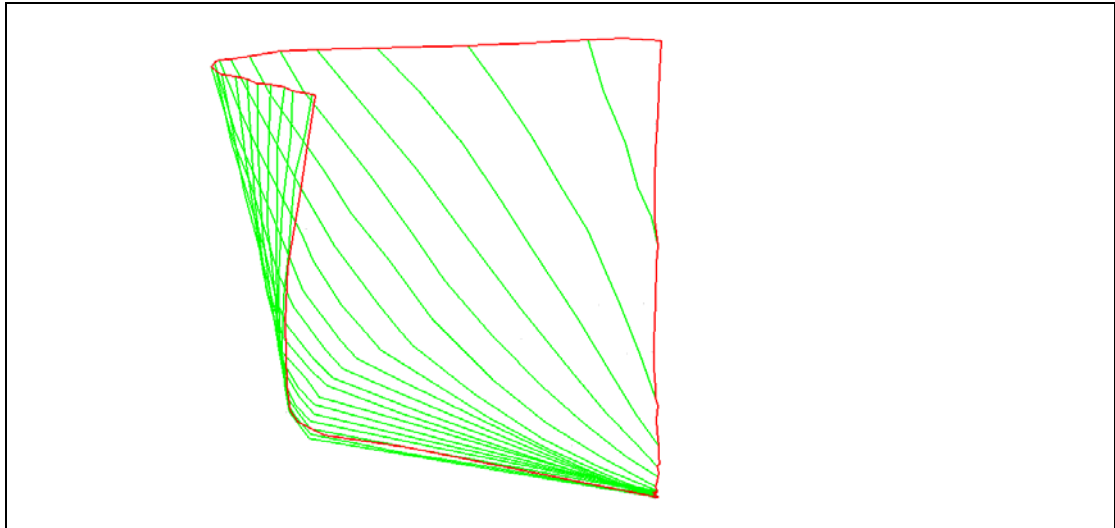
Αφού έγινε αλλαγή του συστήματος αναφοράς, παρακάτω παρουσιάζονται οι όψεις του μοντέλου, παρόμοιες με εκείνες του σχεδίου των ναυπηγών.



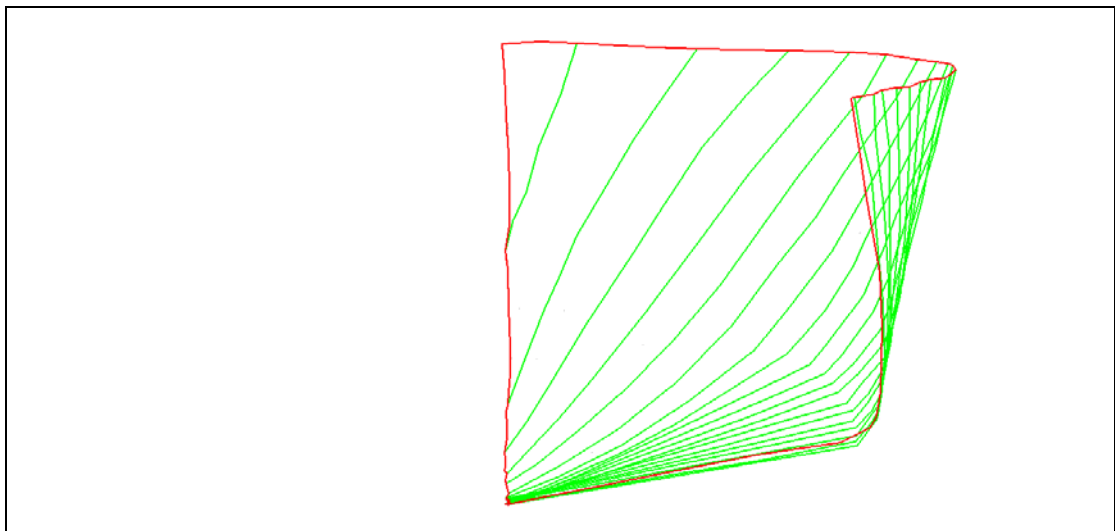
Εικόνα 5.45 : Κάτοψη Νο1 του μοντέλου. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.46 : Κάτοψη Νο2 του μοντέλου. [AutoCAD Drawing]

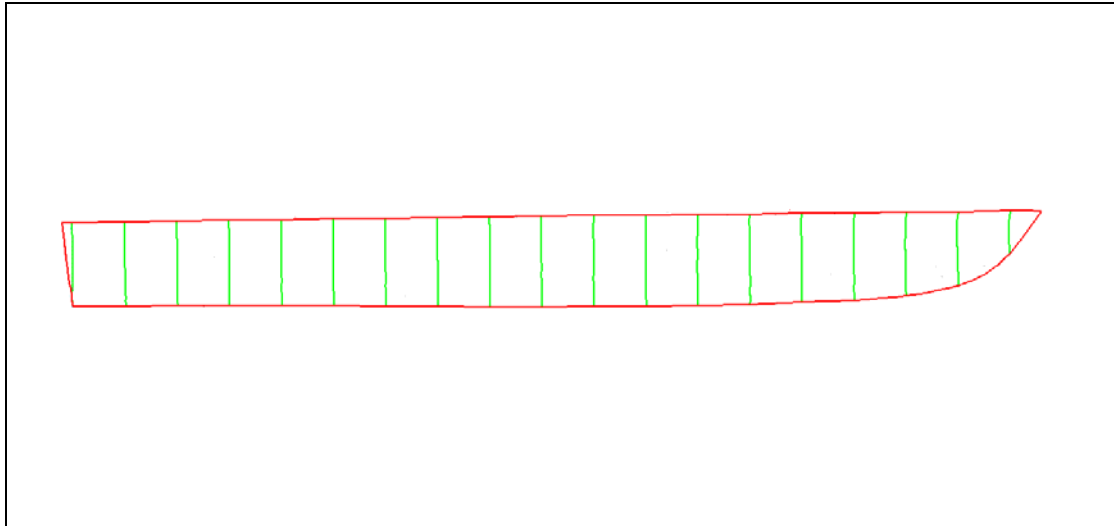


Εικόνα 5.47 : Εγκάρσια όψη από πρύμνη (Προμναίο τμήμα). [AutoCAD Drawing]

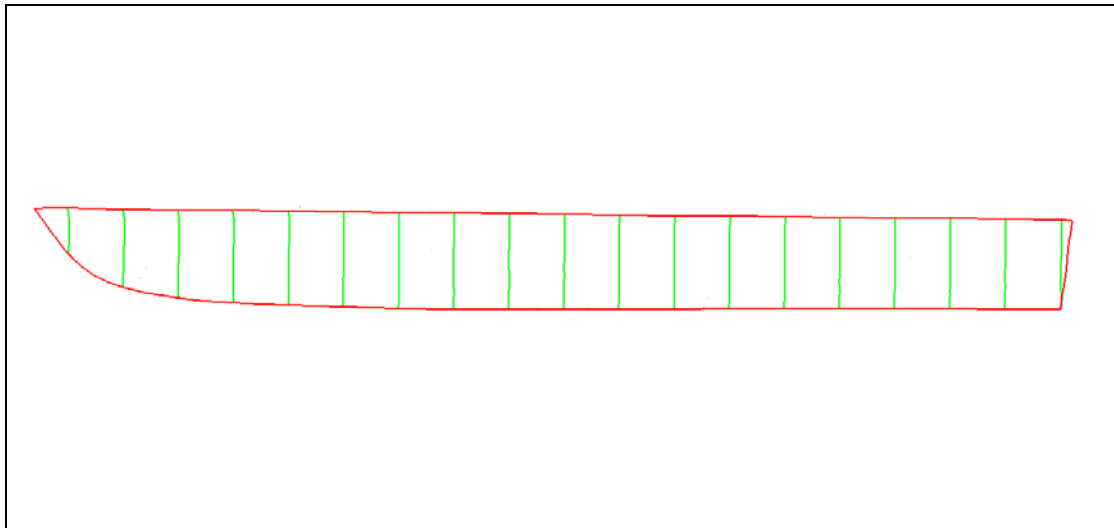


Εικόνα 5.48: Εγκάρσια όψη από πλώρη (Πρόσοψη). [AutoCAD Drawing]

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι εικόνες 87 και 88 παρουσιάζουν τις σημαντικότερες όψεις στα ναυπηγικά σχέδια. Με αυτές τις όψεις γίνεται η εγκάρσια σύγκριση των νομέων, άρα η διερεύνηση της σωστής γεωμετρίας τους. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφαλαίο οι νομείς ,είναι οι σημαντικότερες ναυπηγικές γραμμές.



Εικόνα 5.49 : Πλάγια όψη 1. Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing]



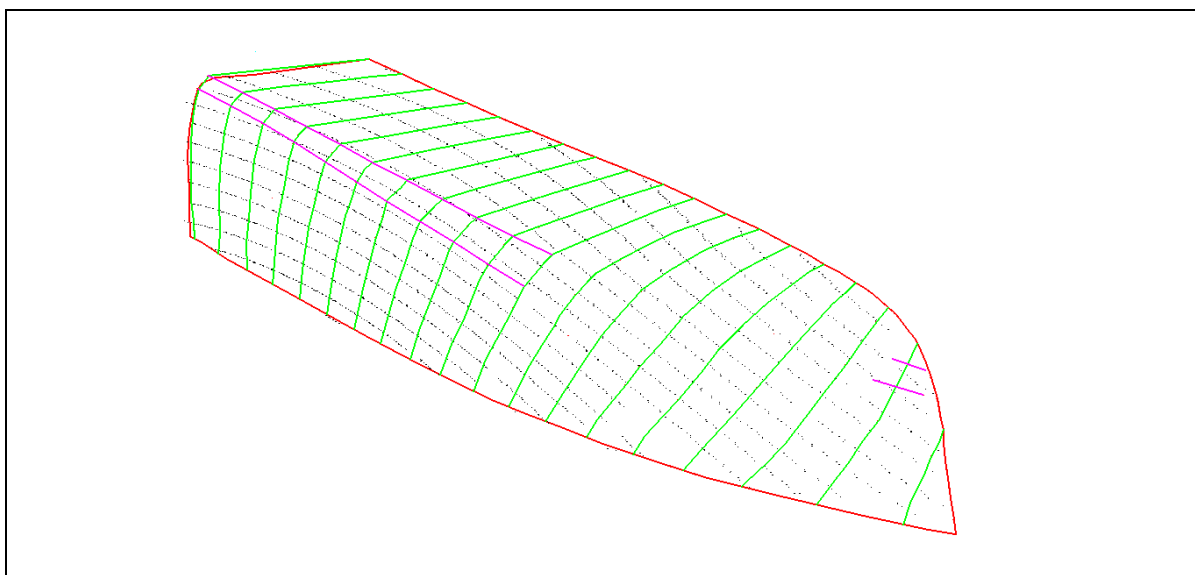
Εικόνα 5.50 : Πλάγια όψη 2. Εξωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing]

5.2.2.β. Δεδομένα σάρωσης.

Τα δεδομένα σάρωσης, δηλαδή οι συντεταγμένες των σημείων σάρωσης, παρατίθενται και αυτά στους ίδιους πίνακες συντεταγμένων με τα δεδομένα ταχυμετρικής αποτύπωσης. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να τα διαχωρίσει και να τα επεξεργαστεί ή να τα εξάγει ξεχωριστά.

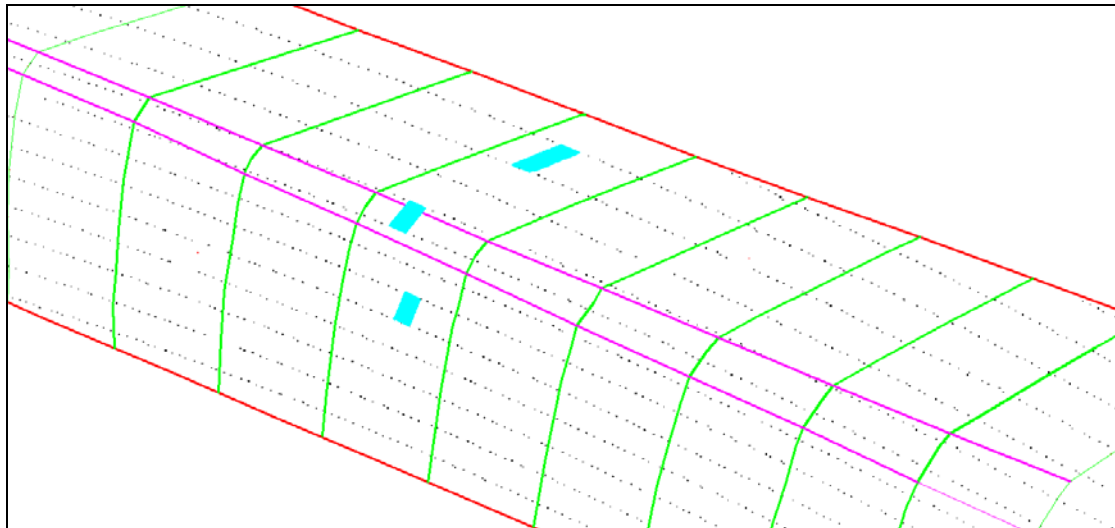
Τα σημεία της σάρωσης εξάγονται και αυτά σε μορφή αρχείου «dwg», όποτε και παρουσιάζονται άμεσα και έτοιμα για επεξεργασία στο σχεδιαστικό περιβάλλον του προγράμματος «AutoCAD». Αυτά χρησιμεύουν στην καλύτερη παρουσίαση,

απόδοση, περιγραφή της επιφάνειας του μοντέλου. Οπότε δεν επιδέχονται καμία επεξεργασία στο περιβάλλον σχεδίασης. Όπως αναφέρεται και σε προηγούμενο κεφαλαίο, το μοντέλο έχει σαρωθεί σε μορφή κανάβου ανά 0,030 m. Οι παρακάτω εικόνες παρουσιάζουν την σχεδιαστική απόδοση της σάρωσης μαζί με την σχεδιαστική απόδοση των ταχυμετρικών σημείων, ώστε να υπάρχει ολοκληρωμένη εποπτεία του μοντέλου.

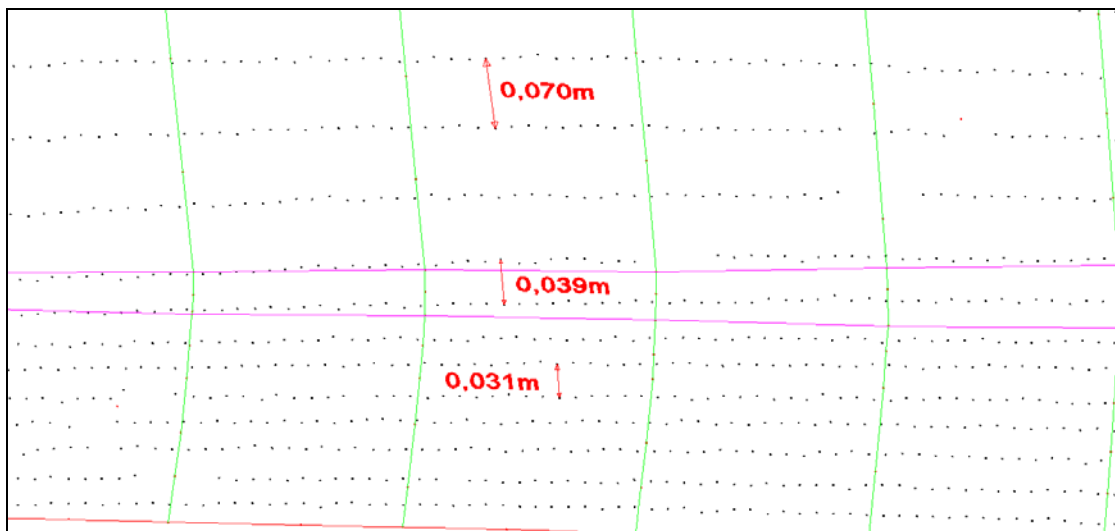


Εικόνα 5.51 : Σχεδιαστική απόδοση σάρωσης και ταχυμετρικών σημείων. [AutoCAD Drawing]

Στην εικόνα 5.53 φαίνονται λίγα κενά σημεία στις γραμμές σάρωσης. Αυτά οφείλονται μόνο στο όργανο. Δεν υπήρχε κάποιον εμπόδιο μπροστά από τις περιοχές αυτές κατά την διάρκεια της σάρωσης. Άρα αποτελούν σφάλμα του οργάνου. Επίσης φαίνεται ότι τα σημεία σάρωσης δεν είναι σε μορφή κανάβου με γραμμές και στήλες που ισαπέχουν, παρόλο που δόθηκαν ίσες αποστάσεις, άρα και γωνίες, για τον καθορισμό της σάρωσης. Στις γραμμές της σάρωσης τα σημεία είναι πιο πυκνά και απέχουν κατά μέσο όρο περίπου 0,015. Στις στήλες σάρωσης τα περισσότερα σημεία απέχουν κατά μέσο όρο 0,030 m. Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα, οι απόσταση 0,030 μπορεί να οριστεί και σαν η απόσταση μεταξύ των γραμμών σάρωσης. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, δεν ισαπέχουν όλα τα σημεία στις στήλες σάρωσης ή διαφορετικά, δεν ισαπέχουν όλες οι γραμμές σάρωσης. Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται τρεις χαρακτηριστικές περιοχές που συμβαίνει αυτό και στις οποίες γίνεται διερεύνηση του αιτίου.



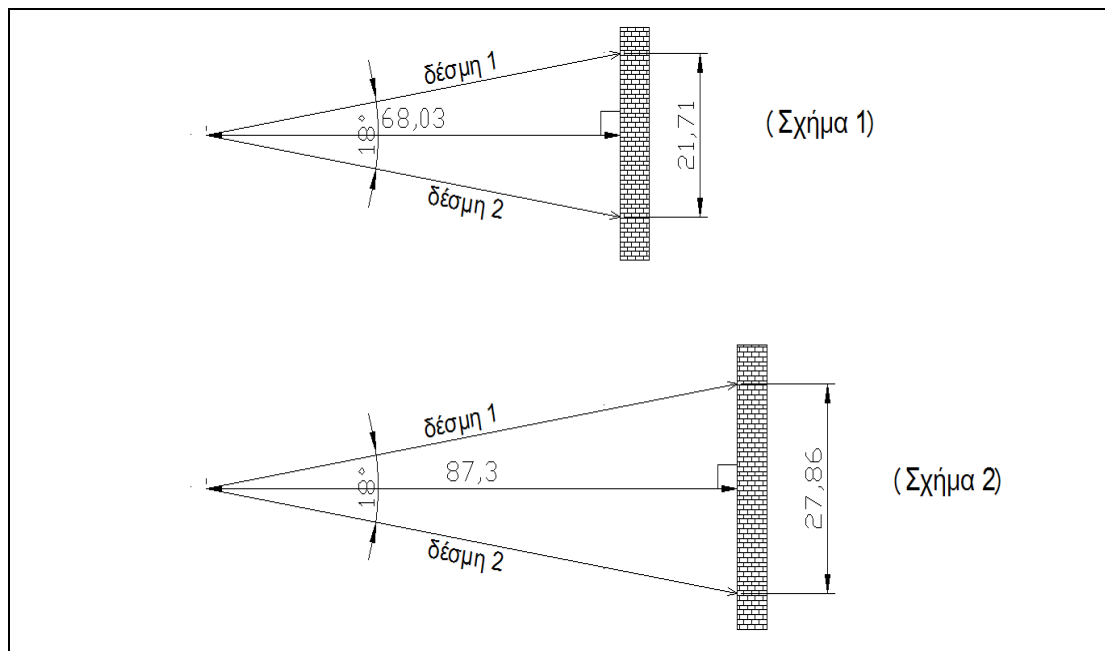
Εικόνα 5.52 : Περιοχές διερεύνησης αποστάσεων μεταξύ των σημείων σάρωσης. (Γαλάζια γραμμοσκίαση) [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.53 : Ενδεικτικές αποστάσεις ανάμεσα στα σημεία σάρωσης, στις περιοχές διερεύνησης, πάνω στην επιφάνεια της γάστρας. [AutoCAD Drawing]

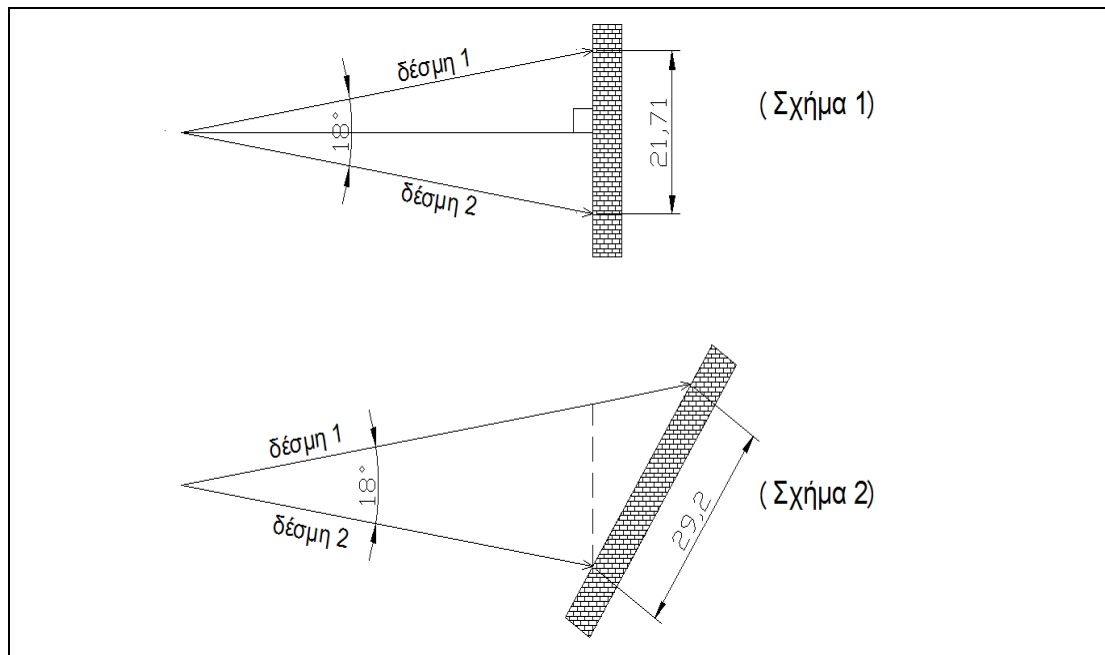
Αναλυτικότερα οι αποστάσεις των σημείων στις περιοχές αυτές φαίνονται στην εικόνα 5.55. Η αντιστοιχία στις περιοχές και στο ζεύγους σημείων φαίνεται σχηματικά.

Σε αυτή την περίπτωση θα γίνει διερεύνηση του αιτίου της διαφοράς των αποστάσεων, παρόλο που έχει τεθεί συγκεκριμένο βήμα 0,003m. Η εξήγηση είναι απλή και ισχύει και για τα δυο επίπεδα στον χώρο, οριζόντιο και κατακόρυφο. Οι παρακάτω εικόνες βοηθούν στην άμεση κατανόηση της κατάστασης.



Εικόνα 5.54 : Πρώτο αίτιο μεταβολής της απόστασης. Απόσταση αντικειμένου από το όργανο.

Το πρώτο αίτιο μεταβολής τις απόστασης μεταξύ των σημείων της σάρωσης, είναι η απόσταση του αντικειμένου από το όργανο. Πιο συγκεκριμένα από την πηγή εκπομπής της δέσμης του laser. Όπως φαίνεται και από την εικόνα 5.56, διατηρώντας σταθερή την γωνία εκπομπής της δέσμης, από την θέση 1 στην θέση 2, μεταβάλλοντας την απόσταση του αντικειμένου μεταβάλλεται και η απόσταση των σημείων πρόσπτωσης της δέσμης 1 από την δέσμη 2. Αυτό ισχύει και για την σάρωση που έγινε στο πείραμα. Η σταθερή απόσταση που τέθηκε 0,003 m αντίστοιχη σε σταθερή γωνία 0,4368 g για probe:4,3720 m όπως περιγράφεται στο κεφαλαίο των μετρήσεων. Επομένως σημεία της γάστρας που απέχουν περισσότερο ή λιγότερο από το όργανο, μεταβάλλουν την απόσταση των σημείων σάρωσης κατά στήλη.



Εικόνα 5.55 : Δεύτερο αίτιο μεταβολής της απόστασης. Κλίση του αντικειμένου. [AutoCAD Drawing]

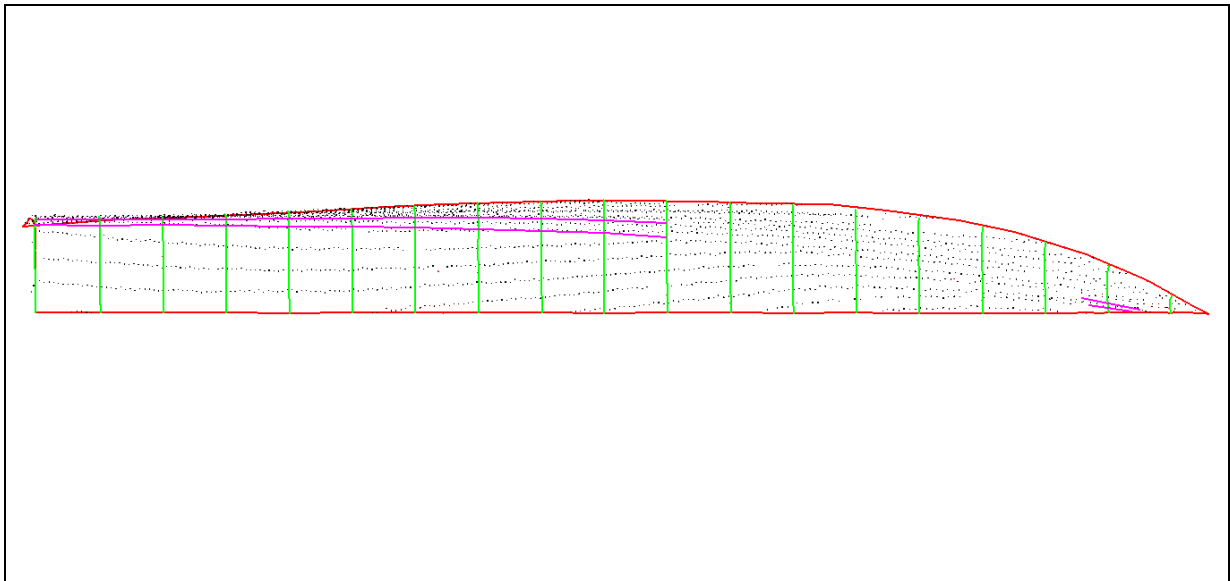
Το δεύτερο αίτιο μεταβολής της απόστασης μεταξύ των σημείων, στην διαδικασία σάρωσης με σταθερή γωνία κανάβου, είναι η κλίση του αντικειμένου. Στο πείραμα το αντικείμενο είναι η επιφάνεια της γάστρας. Από την εικόνα 5.57 είναι γίνεται άμεσα κατανοητό ότι καθώς μεταβάλλεται η κλίση του αντικειμένου ως προς την διχοτόμο (γωνία μικρότερη ή μεγαλύτερη των 90° ή 100°) μεταβάλλεται και η απόσταση των σημείων πρόσπτωσης της δέσμης 1 από τα αντίστοιχα σημεία της δέσμης 2. Επομένως, όσον αφορά το πείραμα, στις περιοχές που μεταβάλλεται η γεωμετρία της γάστρας και πιο συγκεκριμένα η κλίση της επιφάνειάς της, μεταβάλλεται και η απόσταση των σημείων σάρωσης.

Ένα τρίτο αίτιο που προκαλεί αυτήν την μεταβολή, παρά την σταθερή γωνία είναι ο συνδυασμός των δυο παραπάνω. Η μεταβολή της απόστασης του αντικειμένου αλλά και της κλίσης του.

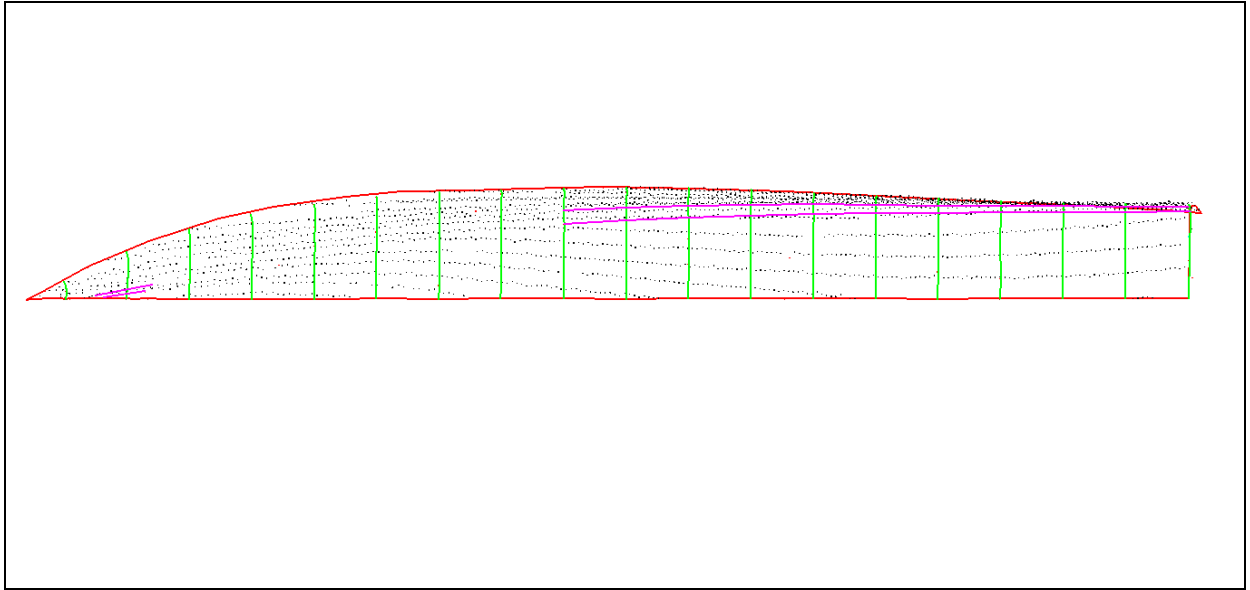
Στην περίπτωση του πειράματος, η μεταβολή στην απόσταση των σημείων σάρωσης, ανάμεσα στις γραμμές σάρωσης οφείλεται κυρίως στο δεύτερο αίτιο. Αυτό φαίνεται χαρακτηριστικά από την εικόνα 5.54. Η μεταβολή στην γεωμετρία της επιφάνειας της γάστρας είναι πολύ έντονη, ανάμεσα στην πλάγια όψη της γάστρας και στο κάτω τμήμα των ίσαλων, ειδικά στο πρυμναίο τμήμα του σκάφους. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.55 στο κάτω τμήμα της γάστρας μια τυχαία απόσταση μετρήθηκε 0,070 m. Στο μέσο τμήμα της γάστρας, εκεί που αλλάζει η κλίση η

απόσταση είναι 0,039 m ,ενώ στην πλάγια όψη η απόσταση είναι 0,031 m. Το πρώτο αίτιο στην περίπτωση του πειράματος δεν συμβάλει τόσο στην μεταβολή της απόστασης, αφού η μέγιστη διαφορά του κοντινότερο σημείου στο όργανο με το πιο απομακρυσμένο είναι της τάξης των 0,30m ,κατά μέσο όρο σε όλο το μήκος της γάστρα. Αυτή η διαφορά δεν είναι ικανή να προκαλέσει μεγάλη μεταβολή της απόστασης ανάμεσα στα σημεία σάρωσης.

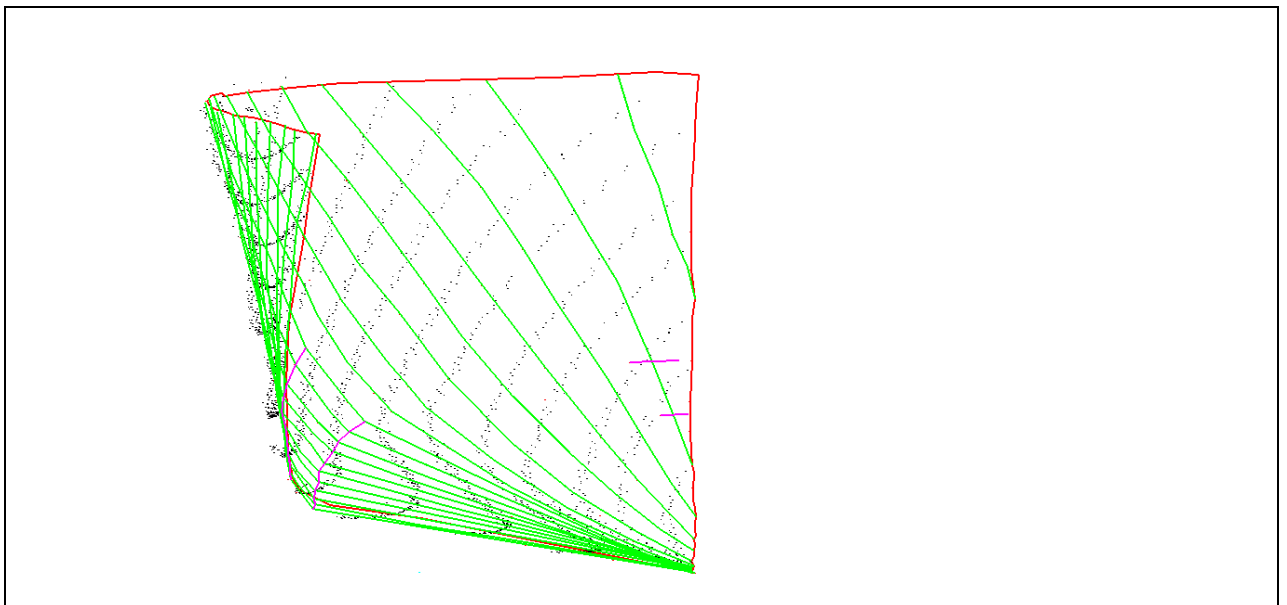
Το σχεδιαστικό αποτέλεσμα της σάρωσης του μοντέλου, παρουσιάζεται σε παρόμοιες όψεις όπως στο σχέδιο των ναυπηγών μηχανικών. Η διαδικασία μετάθεσης και στροφής του τρισδιάστατου άξονα, έγινε στο σχεδιαστικό περιβάλλον AutoCAD όπως περιγράφεται παραπάνω. Οι όψεις είναι δυο κατόψεις και δυο εγκάρσιες όψεις.



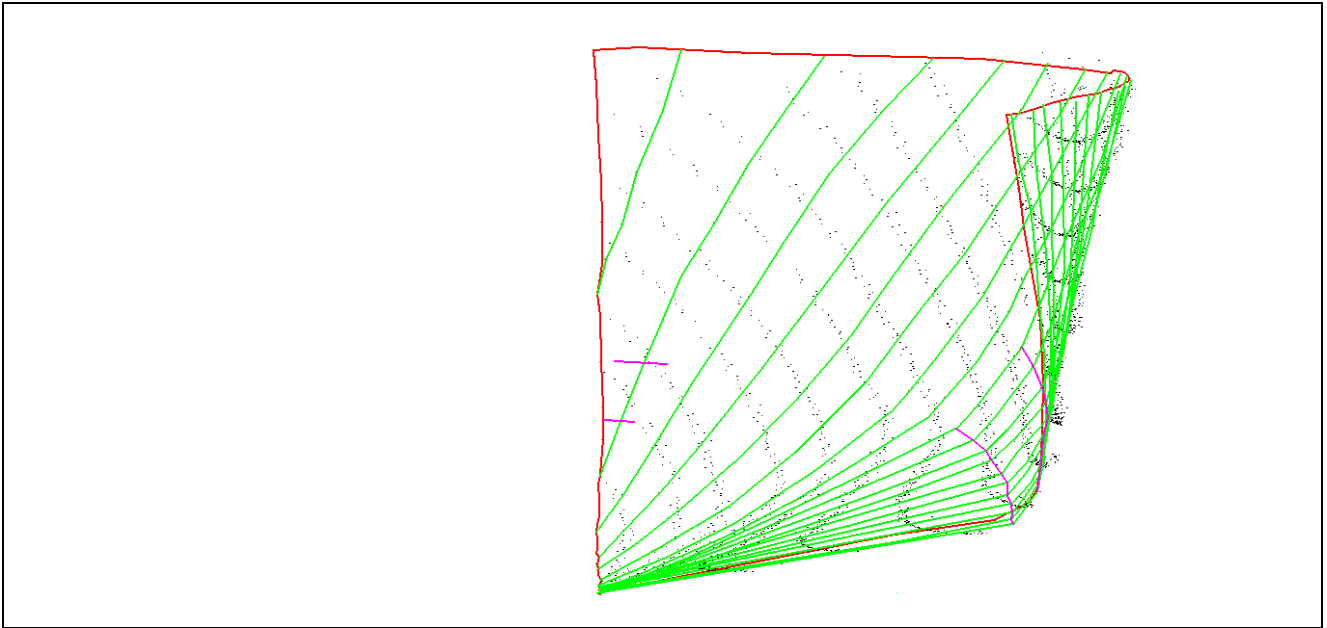
**Εικόνα 5.56 : Κάτοψη Νο1 του μοντέλου.(Όπως φαίνεται το μοντέλο μέσα από το κατάστρωμα).
[AutoCAD Drawing]**



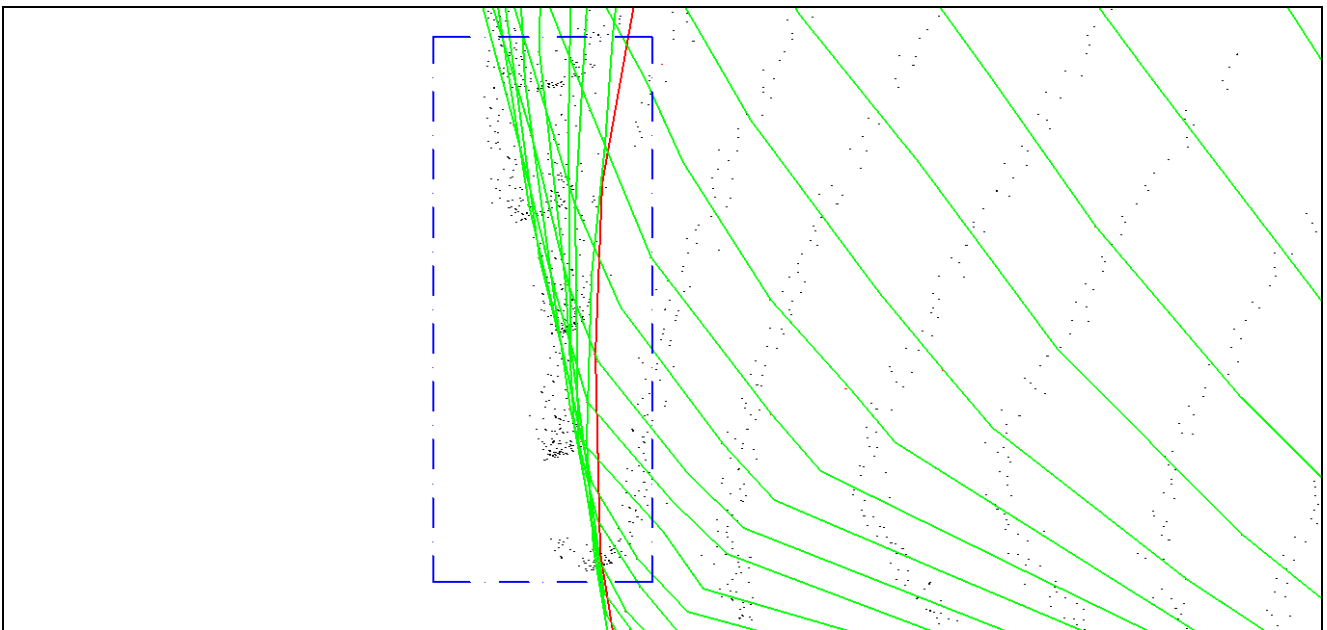
Εικόνα 5.57 : Κάτοψη Νο2 του μοντέλου. Κάτοψη [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.58 : Εγκάρσια όψη από πρύμνη. Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.59 : Εγκάρσια όψη από πλήρη.Πλωραίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.60 : Σημεία σάρωσης που βρίσκονται εκτός της πραγματικής επιφάνειας του μοντέλου.(Μεγέθυνση εγκάρσιας όψης από πλήρη) [AutoCAD Drawing]

Στην εικόνα 5.62 φαίνεται ότι κάποια σημεία σάρωσης βρίσκονται εκτός της πραγματικής επιφάνειας του μοντέλου. Στην ουσία και τα υπόλοιπα σημεία που φαίνεται να βρίσκονται πάνω στην επιφάνεια της γάστρας δεν βρίσκονται ακριβώς. Λογικά αυτό το σφάλμα πρέπει να οφείλεται και στην συμβολή της μέτρησης της απόστασης με την εντολή «Probe». Όπως παρατηρείται η σάρωση με το συγκεκριμένο όργανο διαφέρει πολύ σε απόδοση σε σχέση με το Laser Scanner.

5.3 Επεξεργασία δεδομένων μετρήσεων με Leica TCR 303

5.3.1 Πρώτο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων. Υπολογισμός συντεταγμένων.

Τα δεδομένα των μετρήσεων με τον γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR303, εξήχθησαν μέσω ειδικού προγράμματος στον τομέα τοπογραφίας. Το μόνο που χρειάστηκε να γίνει, ήταν η σύνδεση της σειριακής εξόδου RS232 του οργάνου, με τον H/Y, με ένα καλώδιο.

Τα δεδομένα του οργάνου, εξήχθησαν σε αρχείο μορφής «ANSI». Αυτά είναι τα μετρημένα μεγέθη. Η οριζόντια γωνία(Hz), η κατακόρυφη γωνία(z) και η κεκλιμένη απόσταση (SD). Για την μετατροπή των πρωτογενών δεδομένων στις συντεταγμένες των σημείων, έγινε εισαγωγή των δεδομένων σε φύλλο εργασίας του προγράμματος «Microsoft Excel». Εκεί, μέσω των τύπων της μεθόδου των πολικών συντεταγμένων, μετατράπηκαν τα δεδομένα σε καρτεσιανές συντεταγμένες XYZ. Τα μετρημένα μεγέθη και τα αποτελέσματα της επεξεργασίας (συντεταγμένες σημείων) παρουσιάζονται στο ίδιο φύλλο εργασίας. Παρακάτω παρατίθενται οι πίνακες με τα αρχικά δεδομένα και τις συντεταγμένες των σημείων.

Ένα παράδειγμα υπολογισμού των συντεταγμένων, ενός από τα μετρημένα σημεία του πειράματος, με την μέθοδο των πολικών συντεταγμένων παρουσιάζεται παρακάτω :

23012 133,2800 120,5265 3,5010 3,3206 12,877 10,601 0,3506
(Γραμμή πίνακα)

Σημείο: 23012

- Μετρημένα μεγέθη από στάση Σ_2
 - Οριζόντια γωνία (Hz) : 133,2800 g
 - Ζενίθια γωνία (z) : 120,5265 g
 - Κεκλιμένη απόσταση (SD) : 3,5010 m
 - Οριζόντια απόσταση : 3,3206
 - Ύψος στόχου (RH) : 0 m
 - Ύψος οργάνου : 1.452 m

- Συντεταγμένες :
 - X : 12,877 m

$$- Y : 10,601 \text{ m}$$

$$- Z : 0,3506 \text{ m}$$

Ο υπολογισμός των συντεταγμένων γίνεται μέσω των τύπων της μεθόδου των πολικών συντεταγμένων όπως φαίνεται παρακάτω :

$$\begin{aligned} X_{23012} &= X_{\Sigma 2} + (SD_{(\Sigma 2-23012)} \cdot \sin z_{23012}) \cdot \sin(\alpha_{BA} + H_{Z23012}) \\ &= 10.000\text{m} + 3,3206 \cdot \sin 133,2800 \\ &= 10.000\text{m} + 3,3206 \cdot 0,8664 \\ &= 12,877 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y_{23012} &= Y_{\Sigma 2} + (SD_{(\Sigma 2-23012)} \cdot \sin z_{23012}) \cdot \cos(\alpha_{BA} + H_{Z23012}) \\ &= 12,259 + 3,3206 \text{ m} \cdot \cos 133,2800 \\ &= 12,259 + 3,3206\text{m} \cdot (-0,4993) \\ &= 10,601 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{23012} &= H_{\Sigma 2} + SD \cdot \cos z_{2008} + Y.O \\ &= 0,008\text{m} + 3,5010 \cdot \cos 120,5265 + 1,452\text{m} \\ &= 0,008 + 3,5010 \cdot (-0,3169) + 1,452\text{m} \\ &= 0,3506\text{m} \end{aligned}$$

Με μια απλή παρατήρηση όλων γωνιών γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η ακρίβεια της γωνιομέτρησης του οργάνου είναι μεγαλύτερη της τάξης των 10cc (κάτω από 10cc), όπως δηλώνεται και από την κατασκευάστρια εταιρεία. Συγκεκριμένα είναι 9cc. Περαιτέρω ανάλυση των ακριβειών κάθε μέτρησης γίνεται στο κεφάλαιο 6.

Με την στροφή κατά 200 g για τον μετασχηματισμό του ενός συστήματος ως προς το άλλο το σημείο 23012 αποκτά νέες συντεταγμένες :

$$X = 7,123 \text{ m} , Y = 13,917 \text{ m} , Z = 0,351$$

23012	333,2800	120,5265	3,5010	3,3206	7,123	13,917	0,351
-------	----------	----------	--------	--------	-------	--------	-------

Οι πίνακες που αφορούν τις μετρήσεις με το Leica TCR 303 είναι δυο. Ο πρώτος περιλαμβάνει τις μετρήσεις όπως έγιναν πριν τον μετασχηματισμό και δεύτερος περιλαμβάνει τις μετρήσεις μετά τον μετασχηματισμό στροφής κατά 200 g. Ο κάθε πίνακας περιέχει σε στήλες, την ονοματολογία στάσεων και σημείων, τις αντίστοιχες

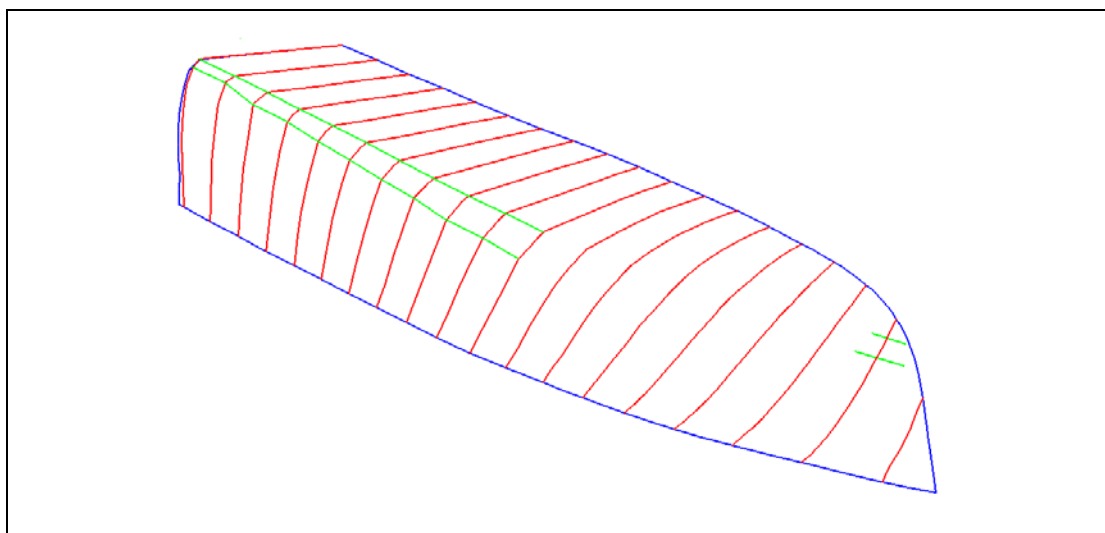
οριζόντιες γωνίες, τις ζενίθιες ,τις κεκλιμένες αποστάσεις τις οριζόντιες αποστάσεις και τις συντεταγμένα των σημείων. Οι πίνακες παρατίθενται στο παράρτημα.

5.3.2 Δεύτερο στάδιο επεξεργασίας δεδομένων. Σχεδιαστική απόδοση.

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων, έγινε η εξαγωγή των δεδομένων (συντεταγμένες σημείων) σε σχεδιαστικό περιβάλλον του προγράμματος «AutoCAD».

Τα κριτήρια της επιλογής των σημείων σχεδίασης, έχουν ήδη αναφερθεί στην παράγραφο 5.3.2. και είναι ακριβώς τα ίδια. Επίσης η αλλαγή του τρισδιάστατου συστήματος αναφοράς στο περιβάλλον σχεδίασης, ώστε να συμπίπτει με αυτό του σχεδίου των Ναυπηγών Μηχανικών, με σκοπό την επίτευξη των ίδιων όψεων του μοντέλου, έχει γίνει με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, όπως περιγράφεται στην παράγραφο 5.2.2.

Παρακάτω παρατίθενται οι όψεις του μοντέλου, μέσα από το σχεδιαστικό περιβάλλον που σχεδιάστηκε (AutoCAD).

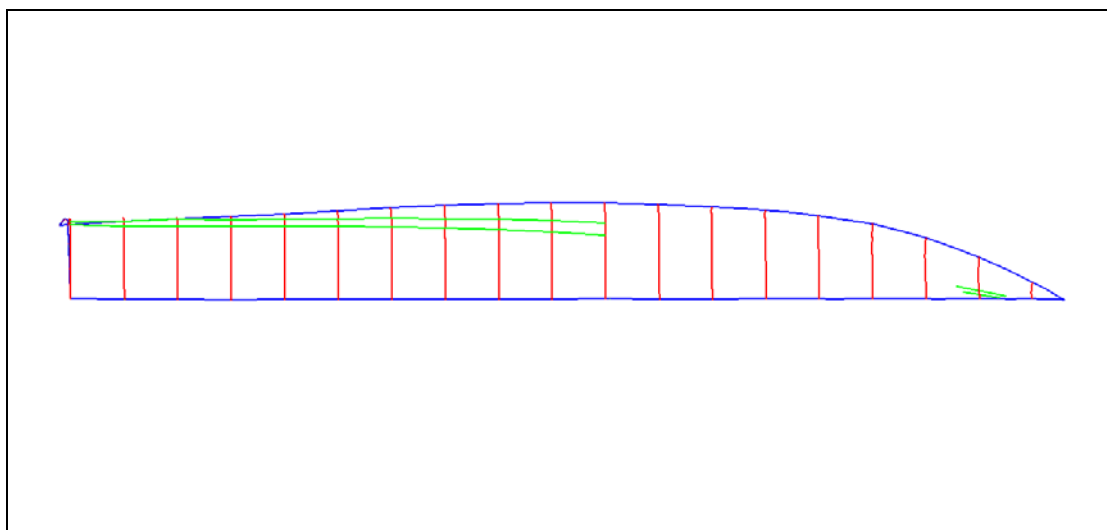


Εικόνα 5.61 : Γενική όψη μοντέλου. [AutoCAD Drawing]

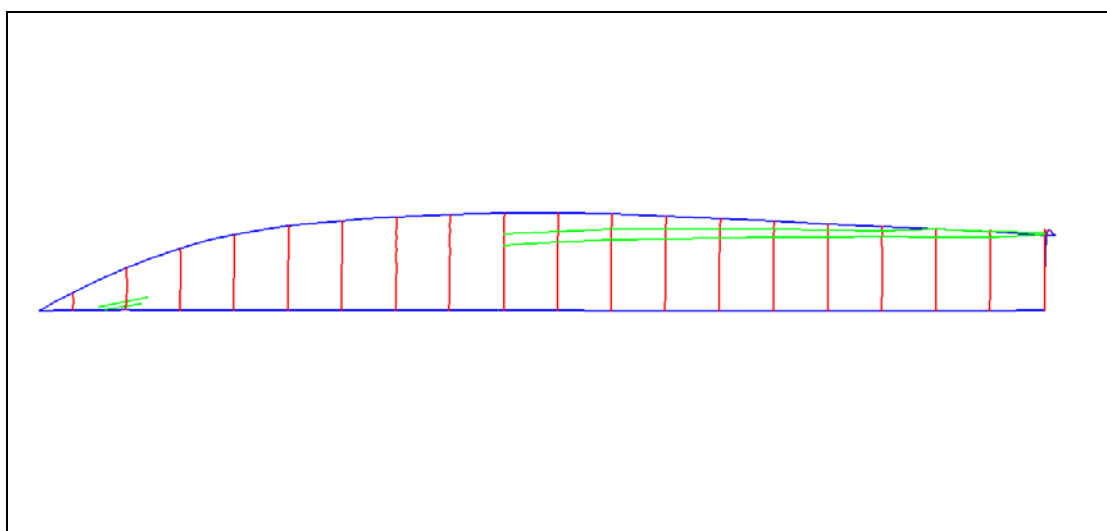
Σε αυτό το σημείο πρέπει να γίνει αναφορά των επιπέδων σχεδίασης (layers). Για κάθε είδος γραμμής έχουμε και διαφορετικό χρώμα.

- Περίγραμμα γάστρας: Είδος γραμμής \Rightarrow Συνεχής, Χρώμα \Rightarrow Μπλε
- Νομείς : Είδος γραμμής \Rightarrow Συνεχής, Χρώμα \Rightarrow Κόκκινο
- Ίσαλα : Είδος γραμμής \Rightarrow Συνεχής, Χρώμα \Rightarrow Πράσινο

- Γραμμές : Είδος γραμμής ⇒Συνεχής, Χρώμα⇒ Πράσινο

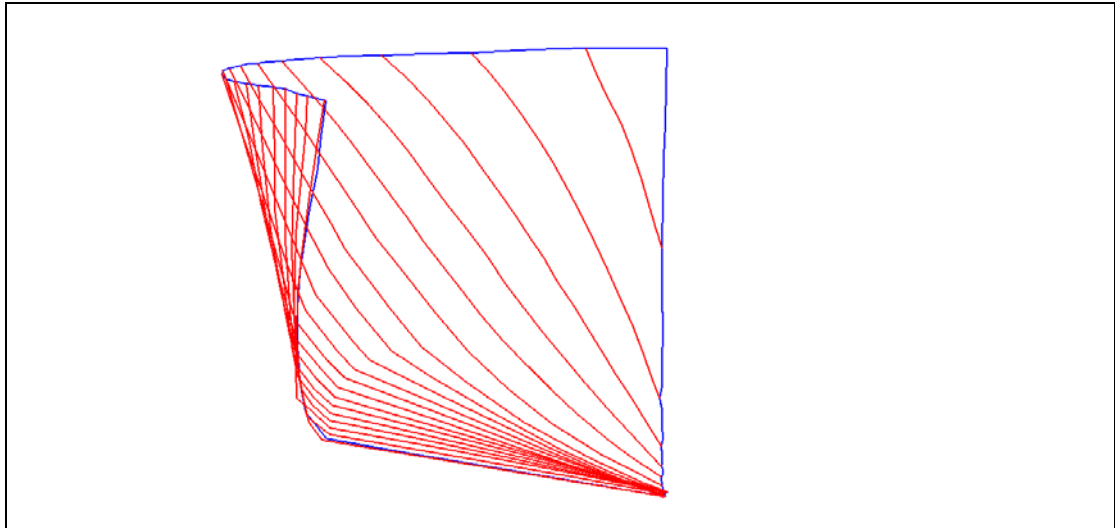


Εικόνα 5.62 : Οριζοντιογραφία Νο1 του μοντέλου. (Όπως φαίνεται το μοντέλο μέσα από το κατάστρωμα). [AutoCAD Drawing]

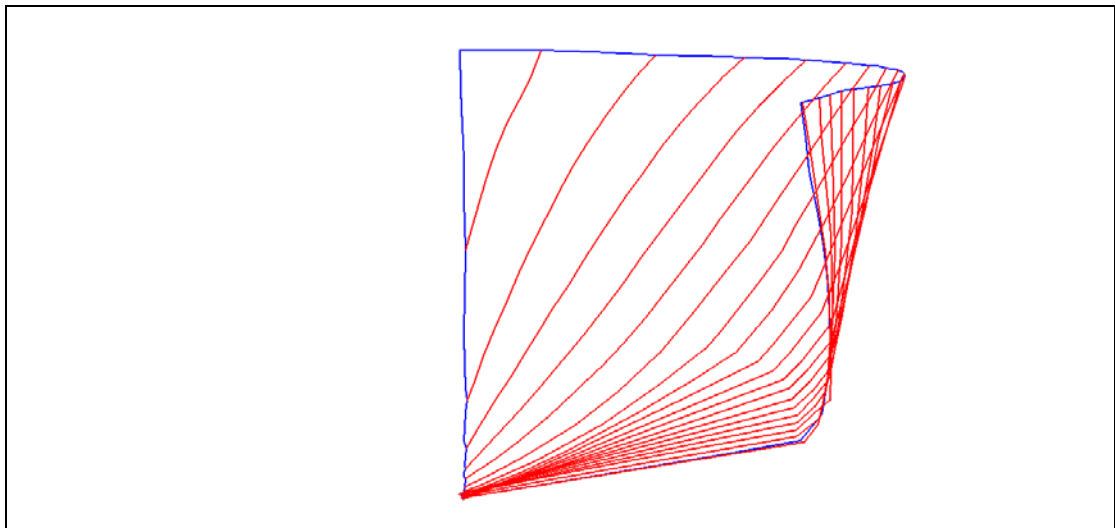


Εικόνα 5.63 : Οριζοντιογραφία Νο2 του μοντέλου (Κάτοψη). [AutoCAD Drawing]

Οι όψεις 5.64 και 5.65 είναι δυο οριζοντιογραφίες του μοντέλου που διαφέρουν ως προς την οπτική γωνία. Στην όψη 5.64 το μοντέλο φαίνεται μέσα από το κατάστρωμα, μέσα από την γάστρα. Η όψη 5.65 είναι η κάτοψη του μοντέλου.

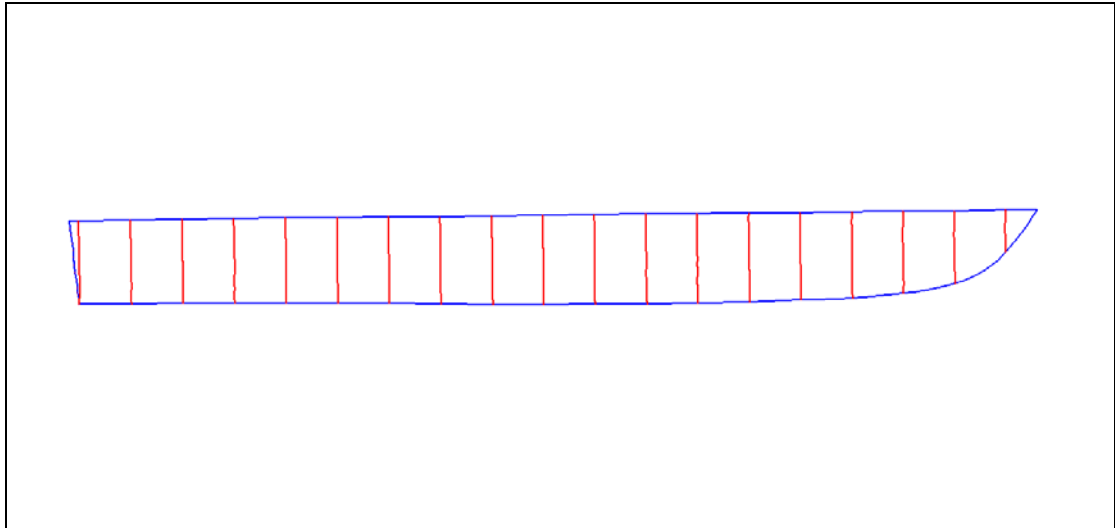


Εικόνα 5.64 : Εγκάρσια όψη .Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]

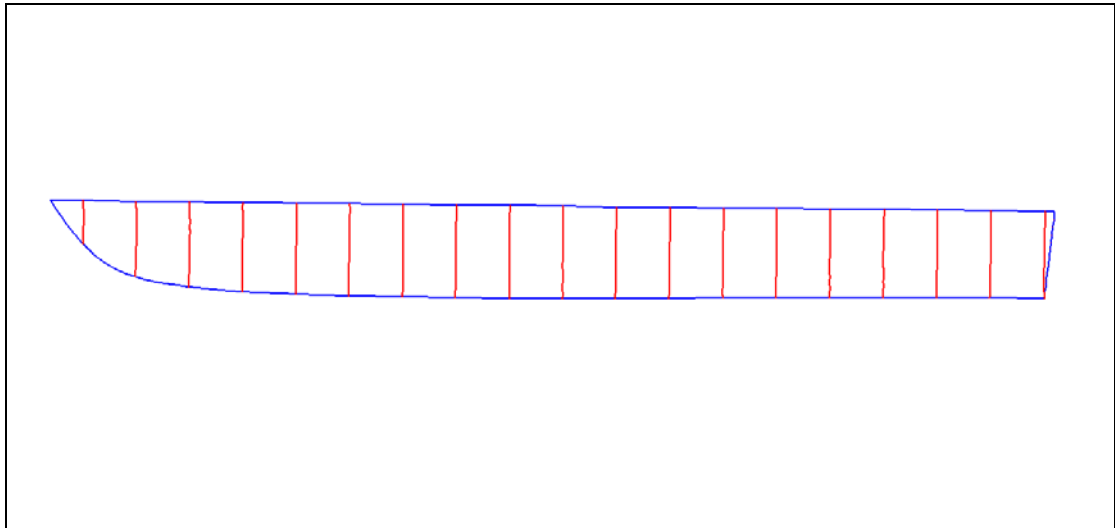


Εικόνα 5.65 : Εγκάρσια όψη από πλώρη (Πρόσοψη). [AutoCAD Drawing]

Οι όψεις 5.66 και 105 ,αποτελούν τις εγκάρσιες όψεις του μοντέλου. Στην πρώτη, η οπτική γωνία προβολής βρίσκεται στην πρύμνη του σκάφους, ενώ στην δεύτερη βρίσκεται στην πλώρη του σκάφους.



Εικόνα 5.66 : Πλάγια όψη 1.Εσωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 5.67 : Πλάγια όψη 2.Εξωτερικό γάστρας. [AutoCAD Drawing]

Ο όρος, εσωτερικό γάστρας, αναφέρεται στην οπτική γωνία από την οποία φαίνεται η πλάγια όψη. Δεν αναφέρεται στα σημεία του εσωτερικού της γάστρας.

ΚΕΦ. 6 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΤΕΛΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

6.1 Σύγκριση σειρών μετρήσεων (διάρκεια, πρακτική)

Σε αυτή την παράγραφο γίνεται σύγκριση των μετρήσεων όσον αφορά τον χρόνο που χρειάστηκε να διεξαχθούν, το πρακτικό επίπεδο και το επίπεδο σφαλμάτων.

6.1.1. Χρονική σύγκριση σειρών μετρήσεων

Σε ότι αφορά τον χρόνο που χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί κάθε σειρά μέτρησης παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας.

	HDS2500	TOPCON IS	TCR303
Χρόνος σάρωσης	40´	7´	
Χρόνος αποτύπωσης		110´	100´
Συνολικός χρόνος	40´	117´	100´

Πίνακας 6.1: Χρόνοι σειρών μετρήσεων.

- Ο χρόνος σάρωσης με το Leica HDS2500 αναφέρεται στον συνολικό χρόνο σάρωσης και από τις δυο θέσεις.
- Ο χρόνος σάρωσης με το Topcon IS είναι ακριβώς 219´´, σχεδόν 3,5´. Τα υπόλοιπα 3,5´ χρειάστηκαν για να οριστούν οι παράμετροι σάρωσης (βήμα σάρωσης, πεδίο σάρωσης) πάντα με προσοχή. Ο συνολικός χρόνος μετρήθηκε από τις 13.30 μ.μ. έως τις 15.27 μ.μ.
- Ο χρόνος αποτύπωσης με το Leica TCR303 μετρήθηκε από τις 16.20 μ.μ. έως 17.40 μ.μ.

Όπως φαίνεται και από τον πίνακα η ταχύτερη μέτρηση έγινε με το Laser Scanner. Από τον χρόνο αυτό το μεγαλύτερο κομμάτι χρειάστηκε για το στήσιμο του οργάνου με προσοχή και την πρώτη ανάλυση αποτελεσμάτων σε πραγματικό χρόνο. Η δεύτερη ταχύτερη μέτρηση έγινε με τον γεωδαιτικό σταθμό Leica TCR303, όπου είναι ταχύτερη και στον χρόνο αποτύπωσης από το Topcon IS. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι από την στιγμή που δοθεί η εντολή για μέτρηση το όργανο μετράει ταχύτερα. Η μέτρηση με το Topcon IS είναι μεγαλύτερη κατά 17´ της ώρας από την μέτρηση με το Leica. Αυτό οφείλεται και στην επιπλέον διαδικασία σάρωσης που έγινε.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί ότι η πρώτη σειρά μέτρησης με το Laser Scanner έγινε με την βοήθεια της Άρτεμης Βαλάνη από τον τομέα της φωτογραμμετρίας. Αυτό σημαίνει ο παρατηρητής διαφέρει από τις δυο υπόλοιπες μετρήσεις. Το σημαντικό είναι ότι ανεξαρτήτως παρατηρητή, από την φύση της μεθόδου μέτρησης, η διαδικασία σάρωσης με το scanner είναι σίγουρα ταχύτερη από τις άλλες δυο.

Όσο αφορά τις υπόλοιπες μετρήσεις, αυτές έγιναν από τον ίδιο παρατηρητή. Με βάση την έννοια του χρόνου, αυτό σημαίνει ότι οι χρόνοι στησίματος και ξεστησίματος των οργάνων, καθώς και ο χρόνος αντίδρασης, παρατήρησης σημείων και εντολής μέτρησης, είναι παρόμοιοι.

Επίσης καμία από της συνθήκες περιβάλλοντος δεν επηρέασαν τον χρόνο. Η μόνη από τις συνθήκες αυτές που θα μπορούσε να γίνει αιτία καθυστέρησης των μετρήσεων είναι ο φωτισμός, ο οποίος επηρεάζει την διακριτική ικανότητα παρατήρησης των σημείων μέτρησης. Τέτοιο πρόβλημα δεν υπήρξε αφού ο φωτισμός ήταν πολύ καλός σε όλες τις μετρήσεις.

Ακόμη δεν υπήρξε κάποια ιδιαίτερη κατάσταση που να καθυστερήσει τις μετρήσεις, όπως τοποθέτηση κάποιου εμποδίου ανάμεσα σε όργανο και αντικείμενο μέτρησης ή κλείσιμο του οργάνου από έλλειψη ενέργειας.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις, αποτελούν κριτήρια ,που καθιστούν δυνατή αυτή τη χρονική σύγκριση και μάλιστα την καθιστούν ορθή.

6.1.2. Σύγκριση σειρών μετρήσεων σε πρακτικό επίπεδο.

Σε αυτήν την παράγραφο γίνεται αναφορά στην πρακτικότητα ή την λειτουργικότητα της διαδικασίας κάθε μέτρησης. Στην πρώτη σειρά μετρήσεων με το σαρωτή Laser η πρακτική δυσκολία ήταν η μεταφορά του οργάνου στον χώρο διεξαγωγής των μετρήσεων, λόγω του μεγάλου βάρους και όγκου που είχε. Μια άλλη πρακτική δυσκολία ήταν ότι έπρεπε ο χειριστής να είναι καλός γνωστής του προγράμματος Cyclone, αφού ο χειρισμός του οργάνου γίνεται μέσω φορητού η/υ όπως έχει αναφερθεί. Από την στιγμή που ξεκινάει η μέτρηση όλα γίνονται αυτόματα και ταχύτατα. Αυτά είναι τα μόνα προβλήματα σε πρακτικό επίπεδο κατά την διαδικασία σάρωσης.

Στην μέτρηση με το γεωδαιτικό σταθμό Topcon IS δεν υπήρξαν προβλήματα. Καταρχήν υπήρξε η δυνατότητα διερεύνησης του οργάνου πριν της κανονικές μέτρησης όπως έχει ήδη αναφερθεί. Οπότε υπήρξε οικειότητα με την χρήση του

οργάνου σε συνθήκες μέτρησης. Το όργανο είναι πολύ εύκολο στον χειρισμό του, λόγω του πολύ εύχρηστου μενού. Γενικότερα σε πρακτικό επίπεδο δεν υπήρξε καμία δυσκολία.

Η μέτρηση με το Leica TCR303 έγινε και αυτή δίχως πρακτικά προβλήματα. Έχει γίνει πειραματική διερεύνηση της λειτουργίας του οργάνου σε συνθήκες μέτρησης, καθώς επίσης ήταν εύκολη η μεταφορά του στον χώρο του πειράματος. Το μόνο μειονέκτημα σε πρακτικό επίπεδο είναι το δύσκολο μενού του οργάνου.

Εκτός από τα παραπάνω πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπήρξε πρακτική δυσκολία που να οφείλεται στις συνθήκες του πειράματος, είτε ειδικές (ύπαρξη εμποδίου κλπ), είτε γενικές (θερμοκρασία, φωτισμός κλπ).

Τελικά με όλα τα παραπάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι η χειρότερη μέτρηση σε πρακτικό επίπεδο ήταν αυτή με το Laser Scanner και η καλύτερη η μέτρηση με το Topcon IS.

6.2 Σύγκριση τελικών αποτελεσμάτων συντεταγμένων από τις μετρήσεις με τους γεωδαιτικούς σταθμούς.

Σε αυτή την παράγραφο γίνεται σύγκριση των συντεταγμένων κάποιων σημείων του σκάφους, όπως αυτά μετρήθηκαν στις δυο σειρές μετρήσεων με τους γεωδαιτικούς σταθμούς. Από τους πίνακες αποτελεσμάτων με τα δυο όργανα θα συγκριθούν κοινά σημεία. Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τις συντεταγμένες και τις συγκρίσεις τους σε απόλυτες διαφορές.

	ΣΗΜΕΙΑ	X	Y	Z
TOPCON IS	3001	6.147	11.936	0.006
LEICA TCR303	12001	6,145	11,931	0,012
 ΔΙΑΦΟΡΑ 		0,002	0,005	0,006
	3011	5.896	12.095	0.333
	12011	5,890	12,093	0,338
		0.006	0,002	0,005
	6001	6.497	12.424	0.011
	15000	6,497	12,420	0,017
		0.000	0,004	0,006
	6011	6.219	12.600	0.344

	15009	6,215	12,598	0,349
		0,004	0,002	0,005
	9001	6.843	12.916	0.016
	18001	6,844	12,911	0,023
		0,001	0,005	0,006
	9010	6.544	13.104	0.359
	18011	6,541	13,104	0,364
		0,003	0,000	0,005
	12001	7.165	13.422	0.019
	21001	7,167	13,417	0,026
		0,002	0,005	0,007
	12015	6.868	13.609	0.368
	21014	6,867	13,608	0,373
		0,001	0,001	0,005
	15001	7.449	13.953	0.023
	24001	7,454	13,943	0,030
		0,005	0,010	0,003
	15011	7.190	14.112	0.365
	24020	7,191	14,108	0,371
		0,001	0,004	0,006
	18001	7.647	14.539	0.030
	27001	7,649	14,533	0,036
		0,002	0,006	0,006
	18009	7.517	14.617	0.313
	27015	7,518	14,614	0,318
		0,001	0,003	0,005
	502	6.231	12.050	0.149
	502	6,225	12,047	0,153
		0,006	0,003	0,004
	503	6.478	12.759	0.311
	503	6,476	12,757	0,316
		0,002	0,002	0,005

	504	7.149	13.526	0.156
	504	7,148	13,524	0,161
		0,001	0,002	0,005
	505	7.344	14.148	0.256
	505	7,344	14,146	0,262
		0,000	0,002	0,006

Πίνακας 6.2: Παρουσίαση και σύγκριση συντεταγμένων, κοινών σημείων του σκάφους, από τις δυο μετρήσεις.

*Η μονάδα στην οποία αντιστοιχούν οι αριθμοί είναι το μέτρο(m). Δεν έχει σημειωθεί στον πίνακα για ευκολότερη ανάγνωση. Οι αριθμοί με το μπλε χρώμα αντιστοιχούν στις απόλυτες διαφορές των συντεταγμένων.

Τα σημεία που συγκρίθηκαν είναι χαρακτηριστικά σημεία του μοντέλου, αφού η στοχεύσει είναι συγκεκριμένη και με τα δυο όργανα. Όποτε συγκρίθηκαν κατά ζεύγη τα ακραία σημεία των νομέων 2,5,8,11,14,17 καθώς και τέσσερα σημεία κοινής λήψης επάνω στην επιφάνεια της γάστρας (502,503,504,505). Πρέπει να σημειωθεί ότι τα ακραία σημεία πάνω στους νομείς έχουν σημαδευτεί ώστε να γίνεται μέτρηση κάθε φορά στο ίδιο σημείο.

Για τις συντεταγμένες X,Y η διακύμανση της απόλυτης διαφοράς είναι από 0,000 m έως 0,006 m. Μια διαφορά εμφανίστηκε 0,010 m. Η συχνότητα εμφάνισης των σφαλμάτων στο σύνολο 32 διαφορών είναι η εξής :

ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ
0,000	3
0,001	6
0,002	9
0,003	3
0,004	3
0,005	4
0,006	3
0,010	1
ΣΥΝΟΛΟ	32

Πίνακας 6.3: Απόλυτες διαφορές συντεταγμένων και συχνότητα εμφάνισης τους.

Από τον πίνακα φαίνεται ότι η διάφορα με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης είναι η τιμή 0,002 m η αμέσως επόμενη τιμή είναι 0,001 m. Οι υπόλοιπες διάφορες παρουσιάζουν συχνότητα εμφανίσεις με τιμή 3 και 4. Οι συχνότητες εμφάνισης, για αυτό το δείγμα μετρήσεων, δείχνουν ότι η περισσότερες διαφορές είναι τις τάξης των 2mm και 1mm. Πρέπει να σημειωθεί ότι η διάφορες αυτές είναι και θετικές και αρνητικές, γεγονός που δείχνει ότι μετρήσεις πλησιάζουν πολύ μεταξύ τους γύρω από μια πραγματική τιμή, ότι υπάρχει διασπορά των τιμών γύρω από αυτή. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι υπάρχουν τυχαία σφάλματα που εκδηλώνονται με αυτό τον τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι οι μετρήσεις που έγιναν με τα δυο όργανα είναι αρκετά ακριβείς, με την έννοια ότι πλησιάζουν μεταξύ τους σε μεγάλο βαθμό, αν ληφθεί υπόψη και η ύπαρξη τυχαίου σφάλματος.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι μετρήσεις έγιναν με τον ίδιο παρατηρητή, τις ίδιες συνθήκες, όργανα με ίδιες γωνιακές ακρίβειες (9cc), ακρίβειες μετρήσεις αποστάσεων χωρίς κατάφωτο για μικρή αποστάσεων (Leica:3mm, Topcon:5mm) και ότι τα όργανα δεν είχαν ατέλειες ή ατελείς ρυθμίσεις, αφού ελέγχονται τακτικά από την σχολή A.T.M., ένα αίτιο στο οποίο μπορεί να οφείλονται αυτά τα τυχαία σφάλματα είναι, η εσφαλμένη εκτίμηση του παρατηρητή του πραγματικού σημείου σκόπευσης.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι τα τυπικά σφάλματα των μετρήσεων που οφείλονται στις ακρίβειες των οργάνων για τόσο μικρές αποστάσεις οργάνου – αντικειμένου, είναι πολύ μικρά σε σχέση με τις διαφορές που παρατηρούνται (της τάξης 10^{-5}), γεγονός που αποδεικνύει ότι δεν επηρεάζουν ουσιαστικά. Ένα ακόμη αίτιο που αυξάνει τις πιθανότητες σφάλματος σκόπευσης, είναι ότι στα όρια του περιγράμματος της γάστρας κάποιες περιοχές είναι αλλοιωμένες από χρόνια χτυπήματα, με αποτέλεσμα να αλλοιώνεται η σωστή γεωμετρία σχεδιασμού για λίγα μερικά χιλιοστά. Είναι αναπόφευκτο να υπάρχει σφάλμα στην σκόπευση.

Ένα αίτιο που θα μπορούσε να οδηγήσει, σε διαφορές των X,Y συντεταγμένων, μεταξύ των δυο σειρών μετρήσεων, είναι η λανθασμένη σκόπευση του σημείου προσανατολισμού του οργάνου κατά την δημιουργία του τοπικού δικτύου. Συγκεκριμένα για το πείραμα, είναι η λανθασμένη σκόπευση της στάσης Σ_1 για τον προσανατολισμό του οργάνου Leica, από την στάση Σ_2 . Αν υπήρχε αυτό το σφάλμα σκόπευσης και ήταν μεγαλύτερο σε σύγκριση με τα παραπάνω, ώστε να πλησιάσει ένα συστηματικό σφάλμα, η διάφορα των συντεταγμένων θα είχε ένα πρόσημο, μια

κατεύθυνση λόγω της στροφής του ενός συστήματος ως προς το άλλο. Από τα δεδομένα αυτό δεν ισχύει, οπότε το σφάλμα σκόπευσης της στάσης Σ_1 είναι μικρότερο ή ίδιο, με τα σφάλματα που οφείλονται στην διακριτική ικανότητα του παρατηρητή.

Για την συντεταγμένη Z από τον πίνακα φαίνεται ότι η διαφορές είναι σταθερές και κυμαίνονται από 0,005 m έως 0,007 m. Εκτός από αυτό, παρατηρείται ότι η διάφορα έχει ένα πρόσημο, μια κατεύθυνση. Τα Z της μέτρησης με το Leica είναι σταθερά μεγαλύτερα από τα Z της μέτρησης με το Topcon IS. Αυτό σημαίνει ότι η διαφορές αυτές αποτελούν συστηματικό σφάλμα των μετρήσεων.

Αυτό το συστηματικό σφάλμα που παρατηρείται στις Z συντεταγμένες από την μια μέτρηση στην άλλη, μπορεί να οφείλεται στο εσφαλμένο σημείο, που έχει θεωρηθεί σαν αφετηρία, για την μέτρηση του ύψους οργάνου στην διαδικασία μέτρησης με το Leica TCR303. Στην πρώτη σειρά μέτρησης ορίστηκαν οι συντεταγμένες της στάσεις Σ_2 , μετρώντας το σημείο της στάσης Σ_2 χωρίς κατάφωτο. Πράγμα που σημαίνει ότι η ακτίνα laser «χτυπάει» απευθείας το δάπεδο στο επιθυμητό σημείο. Στην δεύτερη σειρά μετρήσεων με το Leica, υπάρχει περίπτωση, στην μέτρηση του ύψους οργάνου με την μετροταινία, να έχει τοποθετηθεί η αρχή του μέτρου σε κοντινό σημείο το οποίο να έχει μεγαλύτερο υψόμετρο κατά μερικά χιλιοστά, σε σχέση με το σημείο σκόπευσης της στάσης Σ_2 . Αυτό μπορεί να δίνει μια σταθερή θετική διαφορά κάποιων χιλιοστών στην συντεταγμένη Z από την μια μέτρηση στην άλλη.

Το δεύτερο σενάριο που δύναται να αποτελέσει αίτιο του συστηματικού σφάλματος έχει να κάνει πάλι, με την μέτρηση του ύψους οργάνου Leica. Έχοντας τοποθετήσει την αρχή της μεταλλικής μετροταινίας στο σημείο της στάσης Σ_2 , τοποθετείται εφαπτομενικά στην πλάγια όψη του οργάνου και γίνεται ανάγνωση του ύψους, στο σημείο σκόπευσης. Η μετροταινία για να ακουμπήσει εφαπτομενικά στην πλάγια όψη του οργάνου, ενώ η αφετηρία της είναι ακριβώς κάτω από το όργανο, στο σημείο κέντρωσης, παίρνει μια κλίση. Δεν σηκώνεται κατακόρυφα. Αυτή ακριβώς η γωνία, δημιουργεί μια υποτείνουσα πλευρά η οποία δίνει μια διαφορά μερικών χιλιοστών παραπάνω, στον υπολογισμό του ύψους οργάνου. Αυτή η παραπάνω διαφορά έχει σαν αποτέλεσμα, την σταθερή διαφορά στις συντεταγμένες Z των σημείων μέτρησης. Πρέπει να τονισθεί ότι το ίδιο σφάλμα υπάρχει και στην πρώτη σειρά μετρήσεων με το Topcon IS. Όμως δεν συμμετέχει σε αυτήν την συστηματική διαφορά αφού το σφάλμα στην μέτρηση του ύψους οργάνου, μεταφέρεται και στην συντεταγμένη Z της

στάσης Σ₂. Από τα δυο σενάρια, για την αιτιολόγηση του συστηματικού σφάλματος στις Ζ συντεταγμένες, το επικρατέστερο και το πιο αληθοφανές είναι το δεύτερο.

6.3 Σύγκριση γεωμετρικών στοιχείων του σκάφους από τις σειρές μετρήσεων με τους γεωδαιτικούς σταθμούς.

Σε αυτή την παράγραφο γίνεται σύγκριση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του σκάφους, όπως έχουν αποδοθεί σχεδιάστηκα από τις μετρήσεις με το Topcon IS και το Leica TCR303.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που συγκρίνονται είναι τα μήκη των νομέων, το μήκος του περιγράμματος της γάστρας και τα μήκη των ίσαλων γραμμών. Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει την σύγκριση των παραπάνω στοιχείων.

NOMEIΣ	TOPCON IS	LEICA TCR303	ΑΠΟΛΥΤΗ ΔΙΑΦΟΡΑ
0	0,568m	0,567 m	0,001 m
1	0,565m	0,565 m	0,000 m
2	0,563m	0,566 m	0,003 m
3	0,562m	0,564 m	0,002 m
4	0,558m	0,559 m	0,001 m
5	0,556m	0,557 m	0,001 m
6	0,553m	0,554 m	0,001 m
7	0,547m	0,550 m	0,003 m
8	0,546m	0,547 m	0,001 m
9	0,543 m	0,541 m	0,001 m
10	0,532 m	0,532 m	0,000 m
11	0,519 m	0,520 m	0,001 m
12	0,504 m	0,505 m	0,001 m
13	0,484 m	0,486 m	0,003 m
14	0,462 m	0,463 m	0,001 m
15	0,433 m	0,436 m	0,003 m
16	0,394 m	0,394 m	0,000 m
17	0,323 m	0,324 m	0,001 m

18	0,176 m	0,176 m	0,000 m
ΠΕΡ. ΓΑΣΤΡΑΣ	8,234 m	8,238 m	0,004 m
ΙΣΑΛΑ	0,137 m	0,138 m	0,001 m
	0,188 m	0,189 m	0,002 m

Πίνακας 6.4: Παρουσίαση και σύγκριση μήκων γεωμετρικών στοιχείων του σκάφους από τις δυο μετρήσεις.

Από τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι οι τιμές της απόλυτης διαφοράς είναι αντικείμενα πολύ μικρές. Στους νομείς, οι απόλυτες διαφορές κυμαίνονται από 0,000 m έως 0,003 m , στο περίγραμμα η διαφορά είναι 0,004 m ενώ οι διαφορές στις ίσαλους γραμμές είναι 0,001 m και 0,001 m.

Πιο συγκεκριμένα στους νομείς, η απόλυτη διαφορά με την μεγαλύτερη συχνότητα είναι 0,001 m. Αυτές οι διαφορές είναι μικρότερες από τις διαφορές στις συντεταγμένες από τις δυο μετρήσεις. Αυτό σημαίνει ότι η σχετική θέση μεταξύ των σημείων, για τις δυο σειρές μετρήσεων δεν επηρεάζεται τόσο πολύ από τα σφάλματα στις απόλυτες θέσεις των συντεταγμένων. Άρα υπάρχει η μεταφορά ενός μέρους των σφαλμάτων προς μια κατεύθυνση από την μια μέτρηση στην άλλη και ειδικά στην Z διάσταση όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο.

6.4 Σύγκριση τυπικών σφαλμάτων ταχυμετρικών μετρήσεων προς ένα κοινό σημείο από νόμο μετάδοσης σφαλμάτων.

Σύμφωνα με τον νόμο μετάδοσης σφαλμάτων, θα γίνει υπολογισμός των τυπικών σφαλμάτων των συντεταγμένων για το σημείο κοινής λήψης 502, όπως μετρήθηκε από τους δυο γεωδαιτικούς σταθμούς. Το σημείο επιλέχτηκε τυχαία. Φυσικά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και τα υπόλοιπα κοινά σημεία λήψης. Οι τύποι

υπολογισμού των σφαλμάτων σύμφωνα με τον νόμο μετάδοσης σφαλμάτων είναι οι εξής :

$$\sigma_X = (\sin \alpha \sigma_S)^2 + (S \cos \alpha \sigma_a)^2$$

$$\sigma_Y = (\cos \alpha \sigma_S)^2 + (S \sin \alpha \sigma_a)^2$$

$$\sigma_Z = (\cos Z \sigma_D)^2 + (SD \sin Z \sigma_Z)^2$$

Όπως φαίνεται από τους τύπους, για να υπολογιστούν τα σφάλματα χρειάζεται να είναι γνωστές οι ακρίβειες μετρήσεις γωνιών και μήκων με το κάθε όργανο. Τα δεδομένα αυτά υπάρχουν στο Κεφ.3, στους πίνακες των τεχνικών χαρακτηριστικών των δυο οργάνων.

	TOPCON IS	LEICA TCR 303
Ακρίβεια γωνιομέτρησης	±9cc	±9cc
Ακρίβεια μέτρησης απόστασης	±5mm(1,5m -250m) n.p.	±3mm +2p.p.m. (μικρές αποστάσεις,n.p.)

Πίνακας 6.5 : Ακρίβειες γεωδαιτικών σταθμών.

Ότι αφορά την ακρίβεια μέτρησης απόστασης με το TCR303 τα 2 p.p.m. για μέσο όρο απόστασης 4 m, τα 2 p.p.m. μεταφράζονται σε σφάλμα 8×10^{-6} . Οπότε σαν ακρίβεια μέτρησης απόστασης θεωρούνται τα 3 mm.

Έχοντας όλα τα δεδομένα μέτρησης τους σημείου 502 από τα δυο όργανα, ακρίβειες μέτρησης, μετρημένες γωνίες, μετρημένες αποστάσεις με βάση τους τύπους γίνεται υπολογισμούς των σφαλμάτων σ_X , σ_Y , σ_Z .

➤ Topcon IS(502)

$$\begin{aligned} - \sigma_X &= (\sin \alpha \sigma_S)^2 + (S \cos \alpha \sigma_a)^2 = \\ &(\sin 331,7180g \times 0,005m)^2 + (4,290m \times \cos 331,7180g \times 0,0009g)^2 = \pm 2,269 \times 10^{-5}m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \sigma_Y &= (\cos \alpha \sigma_S)^2 + (S \sin \alpha \sigma_a)^2 = \\ &(\cos 331,7180g \times 0,005m)^2 + (4,290m \times \sin 331,7180g \times 0,0009g)^2 = \pm 1,721 \times 10^{-5}m \end{aligned}$$

$$- \sigma_Z = (\cos z \sigma_D)^2 + (SD \sin z \sigma_Z)^2 = \\ (\cos 118,6820 \times 0,005 \text{m})^2 + (4,482 \times \sin 118,6820 \times 0,0009)^2 = \pm 1,7 \times 10^{-5} \text{m}$$

➤ LEICA TCR303(502)

$$- \sigma_X = (\sin \alpha \sigma_S)^2 + (S \cos \alpha \sigma_a)^2 = \\ (\sin 296,4335 \text{g} \times 0,003 \text{m})^2 + (3,7806 \text{m} \times \cos 296,4335 \text{g} \times 0,0009 \text{g})^2 = \pm 9,007 \times 10^{-6} \text{m}$$

$$- \sigma_Y = (\cos \alpha \sigma_S)^2 + (S \sin \alpha \sigma_a)^2 = \\ (\cos 296,4335 \text{g} \times 0,003 \text{m})^2 + (3,7860 \text{m} \times \sin 296,4335 \text{g} \times 0,0009 \text{g})^2 = \pm 1,157 \times 10^{-5} \text{m}$$

$$- \sigma_Z = (\cos z \sigma_D)^2 + (SD \sin z \sigma_Z)^2 = \\ (\cos 121,1937 \text{g} \times 0,003 \text{m})^2 + (4,0002 \times \sin 121,1937 \times 0,0009)^2 = \pm 1,254 \times 10^{-5} \text{m}$$

Τα σφάλματα με το Leica είναι μικρότερα. Αυτό οφείλεται περισσότερο στην μικρότερη απόσταση παρά στην μικρότερη ακρίβεια μέτρησης απόστασης κατά 2 mm. Παρατηρούμε ότι τα σφάλματα που οφείλονται στις ακρίβειες των οργάνων για μικρές αποστάσεις (< 10m) είναι πολύ μικρά της τάξης των 10^{-5} m. Αν η αποστάσεις είναι της τάξης των 100m τα σφάλματα γίνονται αυτόματα της τάξης των 10^{-3} m. Αυτό σημαίνει ότι στην βιομηχανική γεωδαισία, λόγω των μικρών αποστάσεων, τα σφάλματα που οφείλονται στις ακρίβειες των οργάνων είναι μικρότερα από τις ακρίβειες που επιδιώκονται στον τομέα της ναυπήγησης.

***Το γεγονός ότι οι νομείς που συγκρίνονται (συντεταγμένες και μήκη) είναι επιλεγμένοι ανά τρεις, αποδεικνύει ότι η επιλογή τους είναι τυχαία και όχι με στόχο τα βέλτιστα αποτελέσματα.**

ΚΕΦ. 7 : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΔΟΣΕΩΝ

Σε αυτή την παράγραφο γίνεται σύγκριση των σχεδιαστικών αποδόσεων από τις μετρήσεις με τους δυο γεωδαιτικούς σταθμούς. Η σύγκριση δεν είναι μετρητική όπως στο προηγούμενο κεφαλαίο. Είναι κυρίως οπτική. Γίνεται ταύτιση των δυο σχεδιαστικών αποδόσεων μέσω του προγράμματος AutoCAD.

7.1 Διαδικασία ταύτισης σχεδίων από μετρήσεις με τους γεωδαιτικούς σταθμούς.

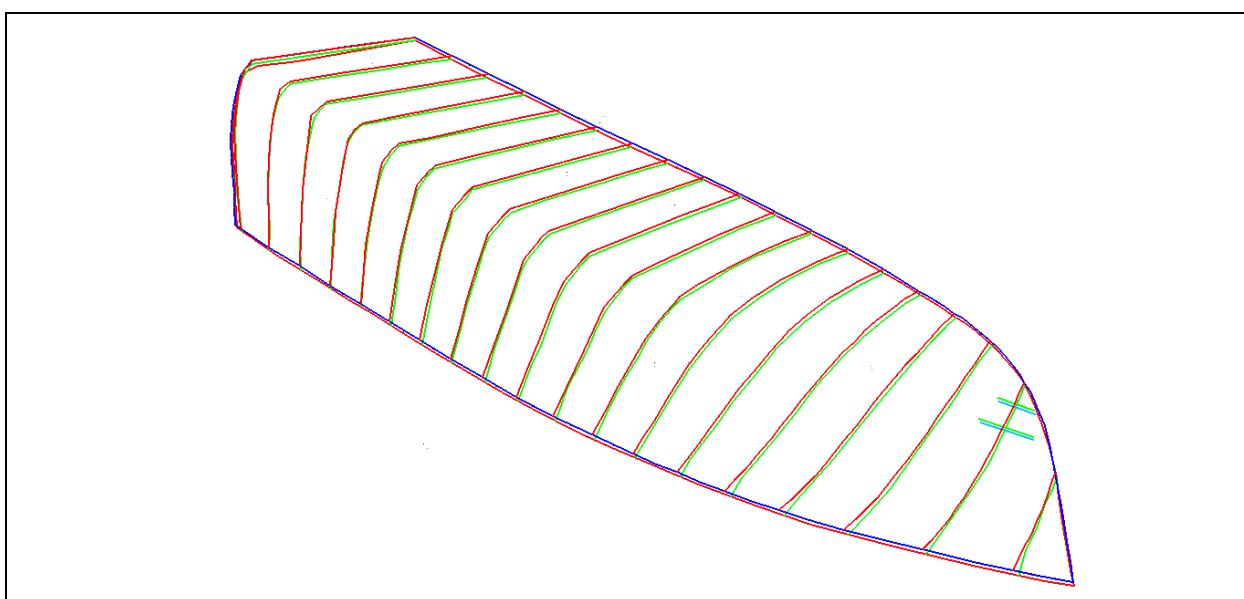
Η διαδικασία ταύτισης των σχεδιασμένων μοντέλων ακολουθεί τα εξής βήματα :

- Σε αυτό το στάδιο δημιουργείται, σε κάθε ένα από τα σχέδια ένα κοινό σημείο, αφού τα δυο σχέδια έχουν το ίδιο σύστημα αναφοράς. Αυτό το σημείο θα αποτελεί το σημείο σύμπτωσης των δυο σχεδίων. Για παράδειγμα ιδρύθηκε το σημείο (9m,12m,0m) και στα δυο σχέδια. Αυτή η ίδρυση σημείου γίνεται για να συμπέσουν τα σχέδια σε ένα ουδέτερο σημείο με τις ίδιες συντεταγμένες. Αν χρησιμοποιηθεί σαν σημείο σύμπτωσης, ένα από τα κοινά σημεία του μοντέλου, αυτόματα θα γίνει εξάλειψη των διαφορών στις συντεταγμένες του σημείου και στα δυο σχέδια, με αποτέλεσμα να μεταφερθούν τα σημεία του ενός σχεδίου κατά την διεύθυνση της σύμπτωσης. Έτσι θα αλλοιωθούν οι πραγματικές συντεταγμένες, οπότε στην σύμπτωση δεν θα φαίνονται οι πραγματικές διαφορές. Η ίδρυση του σημείου έγινε με την εντολή «point».
- Αφού ιδρύθηκε το ουδέτερο κοινό σημείο, έγινε αντιγραφή του ενός σχεδίου και επικόλληση του στο άλλο. Εντολές «copy,paste»
- Έπειτα έχοντας τις δυο σχεδιαστικές αποδόσεις στο ίδιο σχεδιαστικό περιβάλλον έγινε μετακίνηση της μιας ως προς την άλλη με σημείο αναφοράς το κοινό, ουδέτερο σημείο. Με την εντολή «move» και σημείο μετακίνησης το ουδέτερο σημείο έγινε η σύμπτωση των δυο σημείων και αυτόματα η σύμπτωση των δυο σχεδιαστικών αποδόσεων, με τις διαφορές τους αναλλοίωτες.

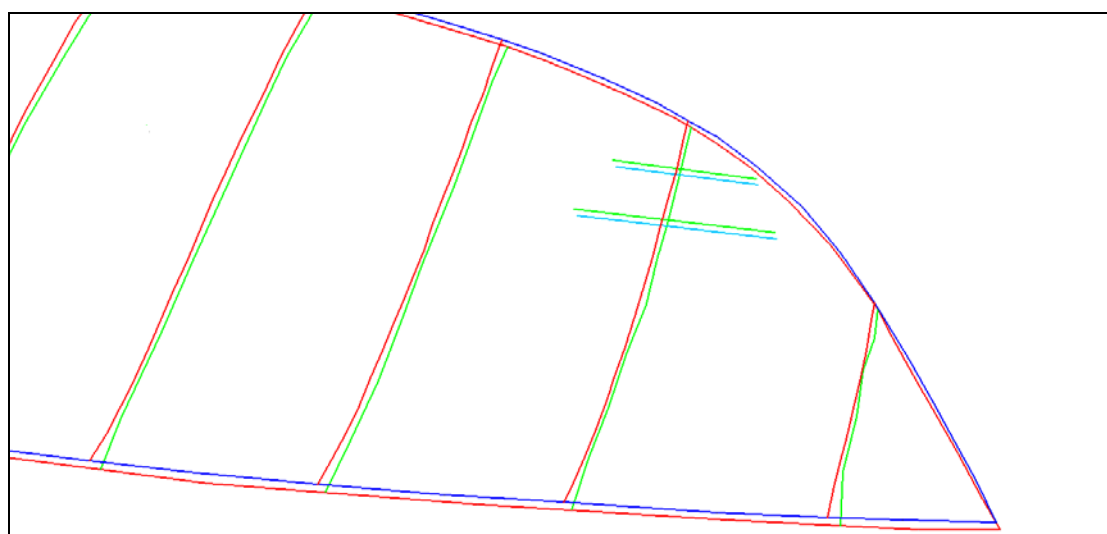
7.2 Σχεδιαστική απόδοση ταύτισης (σύγκριση)

Παρακάτω παρατίθενται εικόνες της σύμπτωσης των δυο σχεδιαστικών αποδόσεων σε διάφορες όψεις, μέσα από το πρόγραμμα AutoCAD.

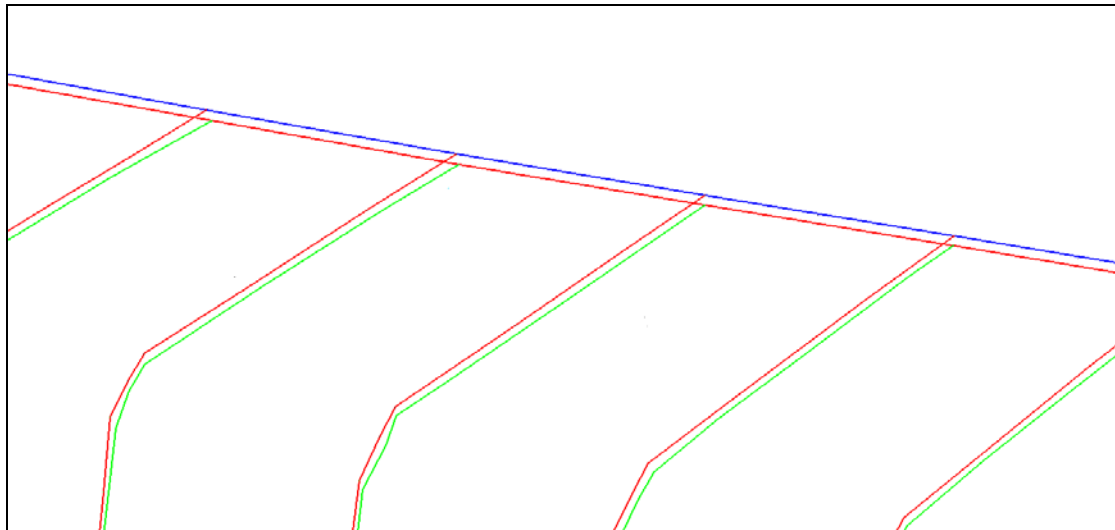
- Μπλε : περίγραμμα γάστρας (Leica)
- Κόκκινο : νομείς (Leica)
- Πράσινο : γραμμές ίσαλων (Leica)
- Κόκκινο : περίγραμμα γάστρας (Topcon)
- Πράσινο : νομείς (Topcon)
- Γαλάζιο : Μοβ (Topcon)



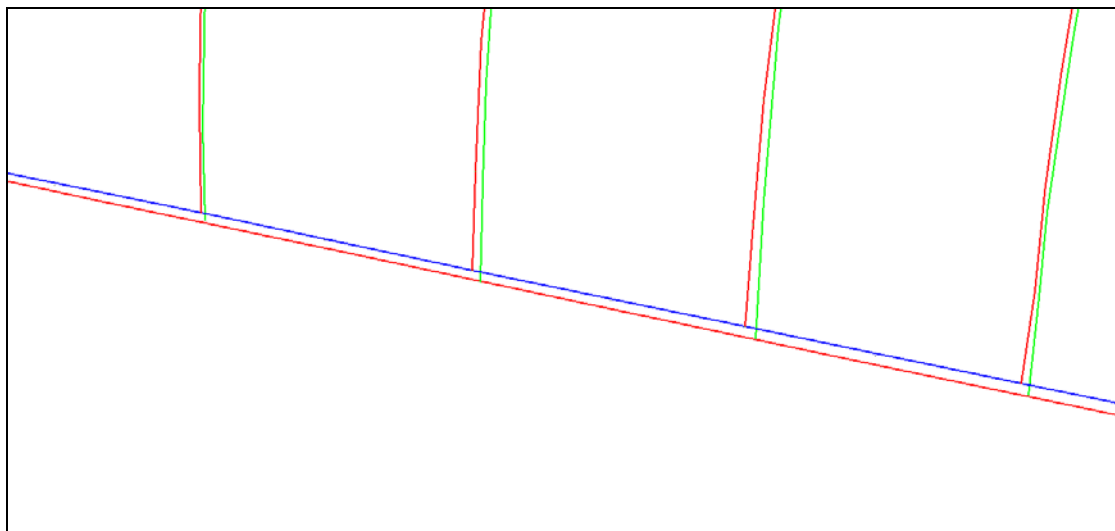
Εικόνα 7.1: Γενική όψη μοντέλου. [AutoCAD Drawing]



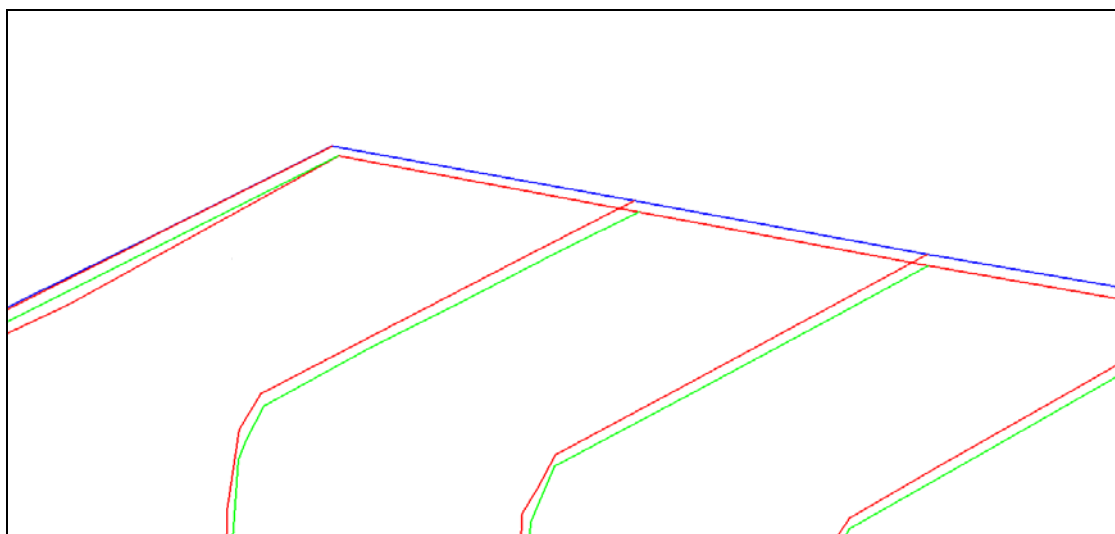
Εικόνα 7.2: Πλάγια όψη, πλωραίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]



Εικόνα 7.3: Πλάγια όψη. Ακμή καρίνας. [AutoCAD Drawing]

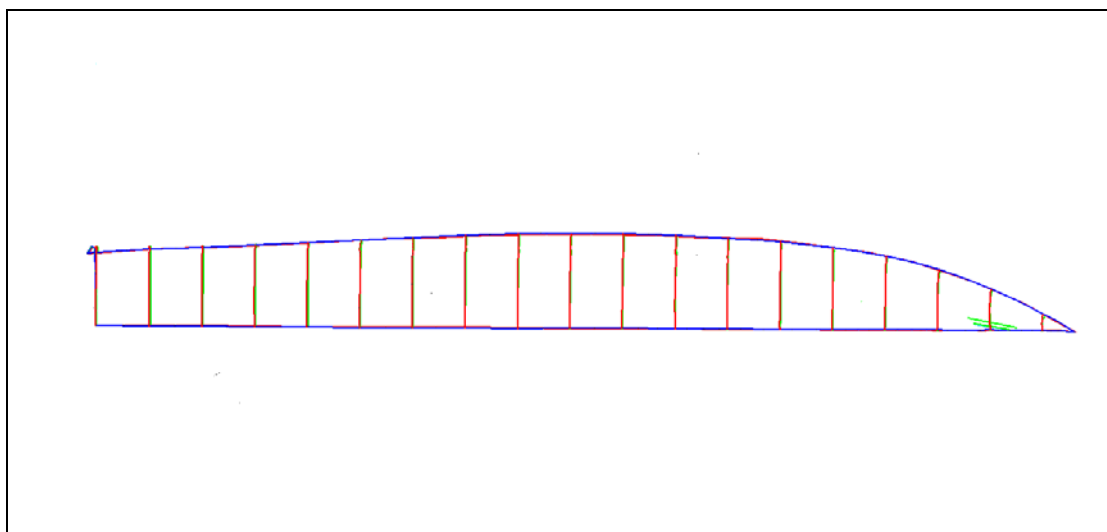


Εικόνα 7.4: Πλάγια όψη, περίγραμμα γάστρας. [AutoCAD Drawing]

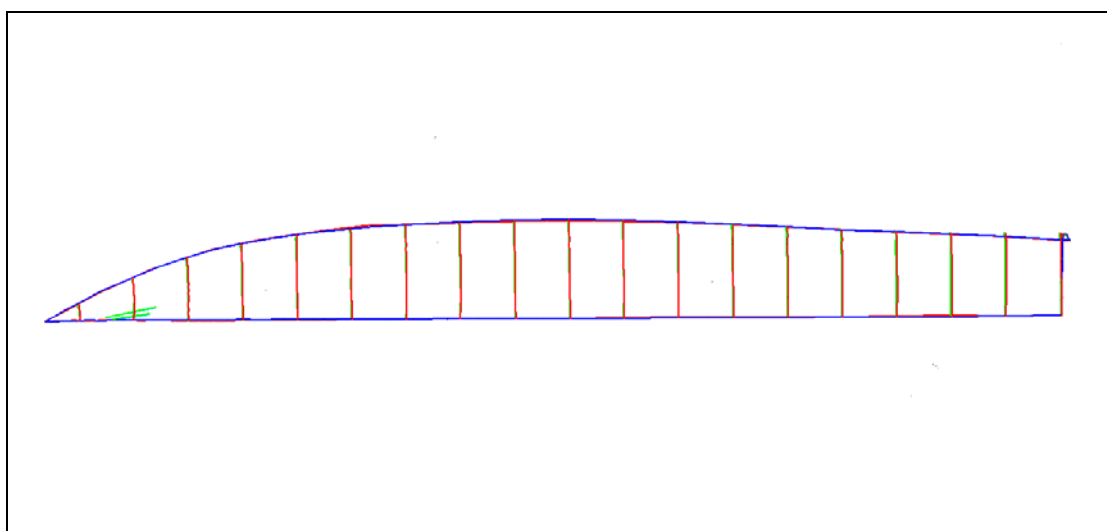


Εικόνα 7.5: Πλάγια όψη, προμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]

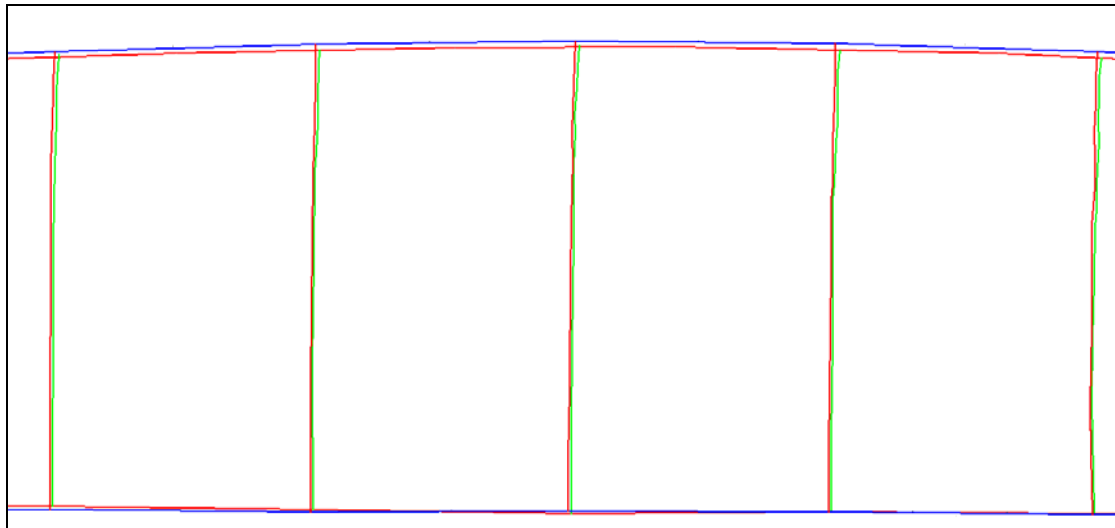
Στην γενική όψη και τις πλάγιες όψης (εικόνες 108-112) της σύμπτωσης των σχεδίων φαίνονται οι διαφορές στις συντεταγμένες. Πιο ευδιάκριτα φαίνονται οι διαφορές στον Z άξονα, γεγονός που είναι επόμενο, αφού όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 5 οι μεγαλύτερες διαφορές παρουσιάζονται σε αυτόν τον άξονα, σαν συστηματικό σφάλμα της μέτρησης



Εικόνα 7.6: Οριζοντιογραφία Νο1 του μοντέλου (Όπως φαίνεται το μοντέλο μέσα από το κατάστρωμα). [AutoCAD Drawing]

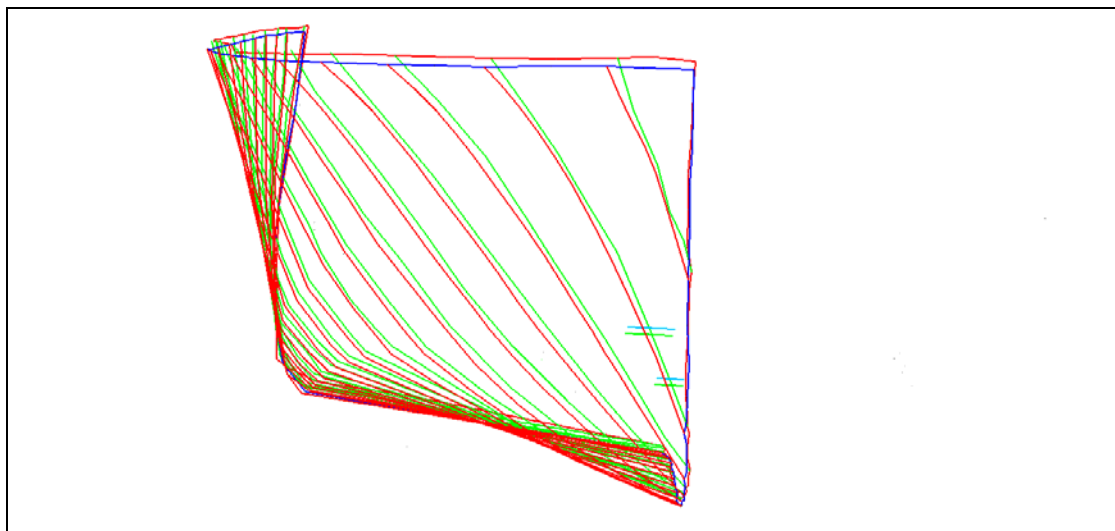


Εικόνα 7.7: Οριζοντιογραφία Νο2 του μοντέλου (Κάτοψη). [AutoCAD Drawing]

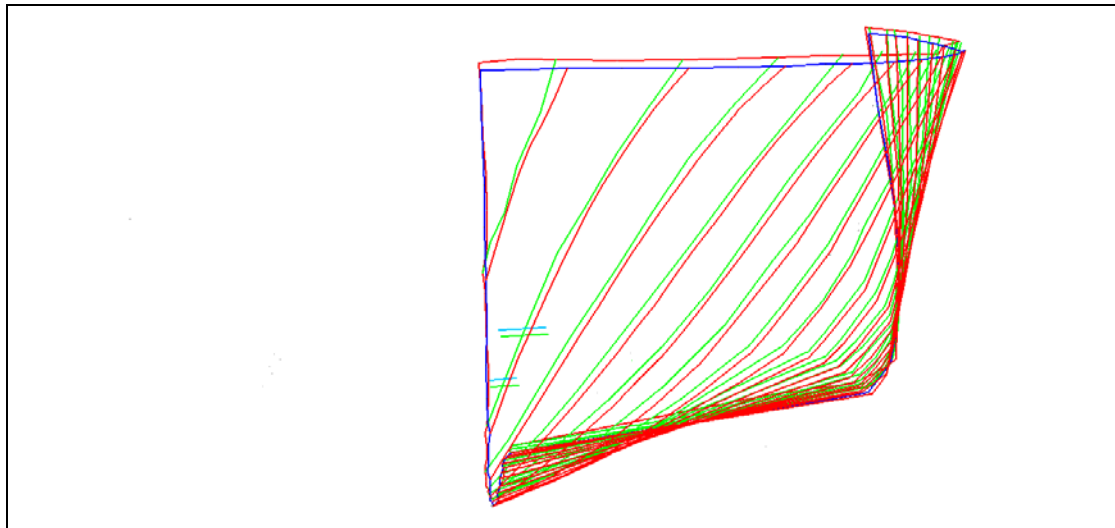


Εικόνα 7.8: Μεγέθυνση κάτοψης. [AutoCAD Drawing]

Στις εικόνες 114,115,116 φαίνεται η οριζοντιογραφία της σύμπτωσης των μοντέλων. Από αυτές φαίνεται οπτικά ότι οι διαφορές των X, Y συντεταγμένων είναι μικρότερες από αυτές των Z συντεταγμένων όπως ισχύει. Σε παρακάτω εικόνες θα παρουσιαστούν και κάποιες χαρακτηριστικές διαφορές.

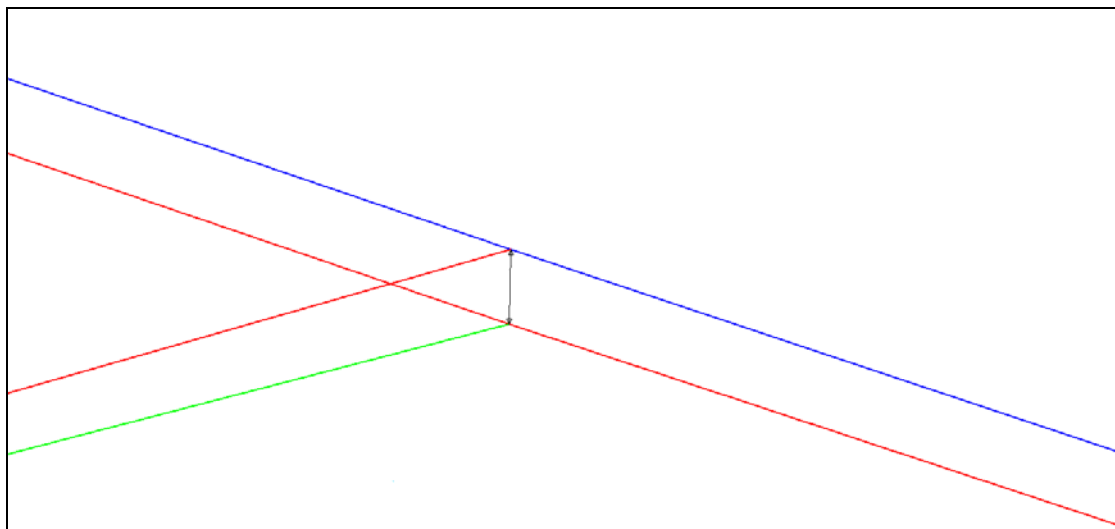


Εικόνα 7.9: Εγκάρσια όψη. Πρυμναίο τμήμα. [AutoCAD Drawing]

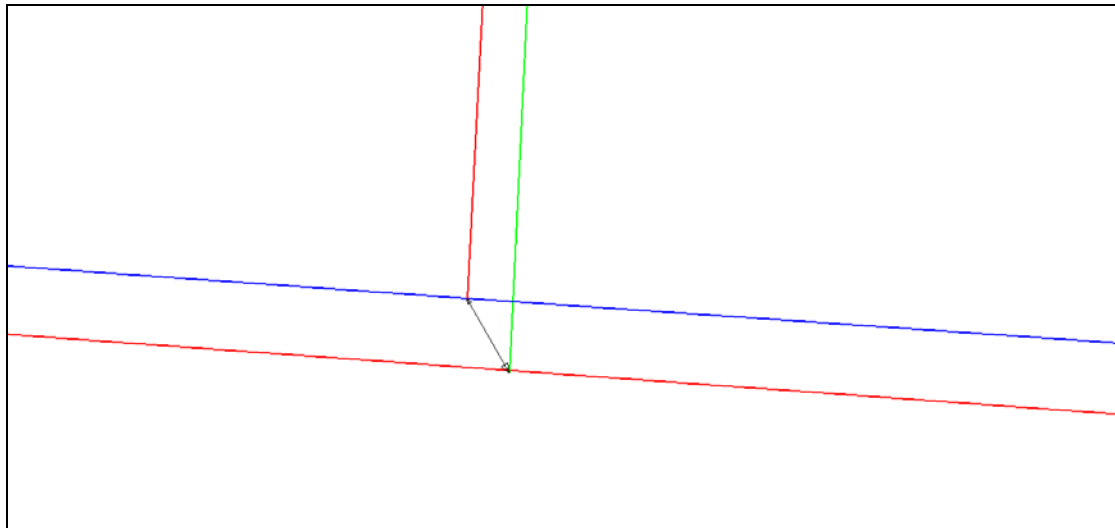


Εικόνα 7.10: Εγκάρσια όψη από πλώρη (Πρόσοψη). [AutoCAD Drawing]

Από τις εγκάρσιες όψεις(εικόνες 117,118) φαίνεται επίσης το συστηματικό σφάλμα στο Z άξονα, χαρακτηριστικά. Ειδικά στις σχετικές θέσεις των νομέων. Οι κόκκινοι νομείς του Leica βρίσκονται πιο πάνω σε σχέση με τους νομείς του Topcon.Στις εικόνες φαίνονται πιο κάτω αλλά η κατεύθυνση του Z άξονα είναι η αντίθετη. Εξάλλου είναι φανερό ότι για την συγκεκριμένη όψη των μοντέλων υπάρχει στροφή γύρω από των X άξονα.



Εικόνα 7.11: Απόσταση νομέων 5. Όριο γάστρας. [AutoCAD Drawing]

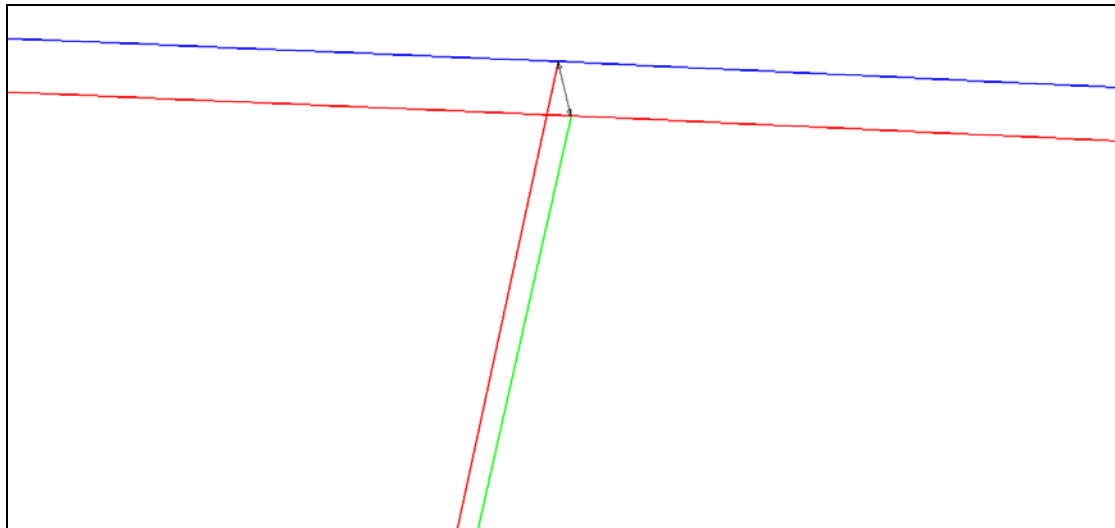


Εικόνα 7.12: Απόσταση νομέων 5. Καρίνα. [AutoCAD Drawing]

Στις εικόνες 7.11, 7.12 παρουσιάζονται οι μετρημένες αποστάσεις μεταξύ των νομέων 5 στο σχέδιο σύμπτωσης των μεταξύ των δυο μοντέλων. Μετρώντας την απόσταση με την εντολή «Distance» στο «Command Line» εμφανίζονται οι διαφορές των συντεταγμένων των δύο. Συγκεκριμένα :

- Όριο γάστρας : Κεφ.6
- X :0,0003m (0,000)
- Y :0,0039m (0,004)
- Z :0,0059m (0,006)

- Καρίνα : Κεφ.6
- X :0,0039m (0,000)
- Y :0,0019m (0,004)
- Z :0,0054m (0,005)

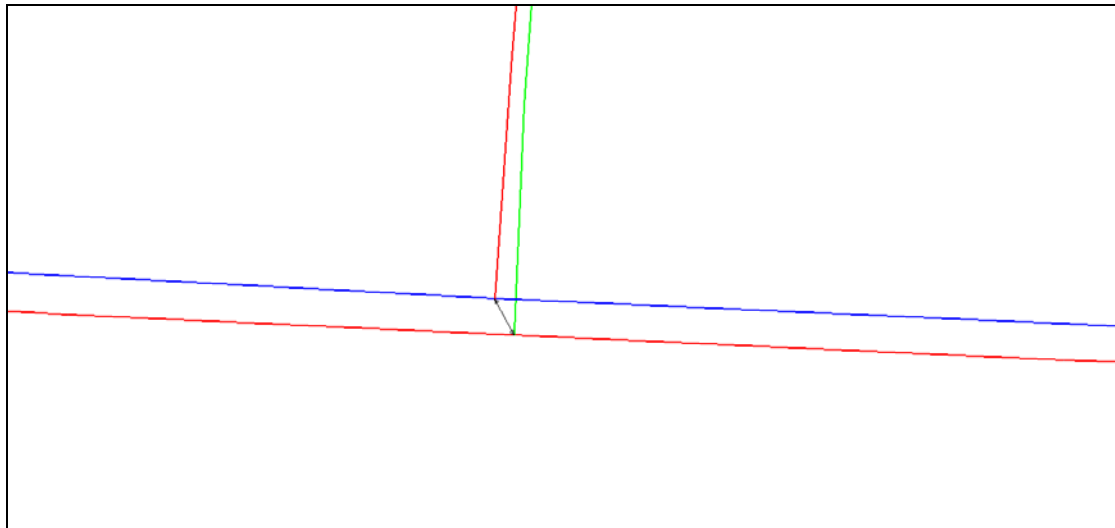


Εικόνα 7.13: Απόσταση νομέων 8. Καρίνα [AutoCAD Drawing]

Στην εικόνα 7.14 παρουσιάζεται το κάτω μέρος (περιοχή καρίνας) των νομέων 8 και στα δυο μοντέλα. Μετρώντας την απόσταση με την εντολή «Distance» στο «Command Line» εμφανίζονται οι διαφορές των συντεταγμένων των δύο μοντέλα. Τα αποτελέσματα αφορούν και το κάτω μέρος των νομέων (καρίνα) αλλά και το πάνω (όριο γάστρας). Συγκεκριμένα :

- Όριο γάστρας : Κεφ.6
 - X :0,0014m (0,001)
 - Y :0,0046m (0,005)
 - Z :0,0061m (0,006)

- Καρίνα : Κεφ.6
 - X :0,0026m (0,003)
 - Y :0,0004m (0,000)
 - Z :0,0055m (0,005)



Εικόνα 7.14: Απόσταση νομέων 11. Όριο γάστρας. [AutoCAD Drawing]

Στην εικόνα 7.14 παρουσιάζεται το σημείο μέτρησης της αποστάτης στους νομείς 11. Συγκεκριμένα φαίνεται το όριο της γάστρας. Με την διαδικασία που έχει αναφερθεί παρουσιάζονται τα παρακάτω αποτελέσματα :

- Όριο γάστρας : Κεφ.6
- X :0,0019m (0,002)
- Y :0,0050m (0,005)
- Z :0,0067m (0,007)

- Καρίνα : Κεφ.6
- X :0,0014m (0,001)
- Y :0,0008m (0,001)
- Z :0,0054m (0,005)

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η διάφορες των συντεταγμένων μεταξύ των ακραίων σημείων των νομέων συμπίπτουν όπως ήταν αναμενόμενο. Το πιο επίφοβο σημείο σε αυτήν την διαδικασία ήταν η χρήση κοινό σημείου ταύτισης.

ΚΕΦ. 8: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας και οι δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν στις φάσεις υλοποίησης της. Ειδικότερα παρουσιάζονται τα επόμενα :

- Συμπεράσματα που εξάγονται από τις διαδικασίες μέτρησης.
- Συμπεράσματα που εξάγονται από την επεξεργασία των δεδομένων.
- Συμπεράσματα που εξάγονται από την σύγκριση των αποτελεσμάτων.

8.1 Συμπεράσματα που εξάγονται από τις διαδικασίες μέτρησης.

Από τις διαδικασίες μέτρησης εξάγονται συμπεράσματα που αφορούν τις μεθοδολογίες μέτρησης και τα καταγραφικά όργανα που χρησιμοποιήθηκαν.

- Σε πρακτικό επίπεδο, όπως αναφέρεται αναλυτικότερα και στο Κεφ. 6, η πρώτη σειρά μέτρησης με το Σαρωτή Laser ήταν δυσκολότερη πρακτικά από τις άλλες δυο. Αυτό για δυο λόγους :
Α) Η δυσκολία μεταφοράς λόγω μεγάλου όγκου και βάρους του οργάνου.
Β) Η ανάγκη εξειδικευμένων και έμπειρων χειριστών για τον χειρισμό του οργάνου μέσω του λογισμικού Cyclone 5.8
- Από την σύγκριση της χρονικής διάρκειας των μετρήσεων, όπως αναφέρεται αναλυτικότερα στο Κεφ. 6 η ταχύτερη μέθοδος καταγραφής από τις τρεις, είναι εκείνη της σάρωσης με τον επίγειο σαρωτή Laser.

8.2 Συμπεράσματα που εξάγονται από το στάδιο επεξεργασίας.

Σε αυτή την παράγραφο εξάγονται συμπεράσματα από τις διαδικασίες επεξεργασίας που είναι οι εξής :

- Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας
- Μέθοδοι χάραξης νομέων
- Σχεδιαστική απόδοση σκάφους από τα δεδομένα αποτύπωσης με τους Γεωδαιτικούς Σταθμούς
- Από την δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου επιφάνειας μέσω του προγράμματος «Geomagic 9» γίνεται αντιληπτό ότι, όταν το αντικείμενο

- Από τις μεθόδους χάραξης των νομέων πάνω στο ψηφιακό μοντέλο επιφάνειας εξάγεται το συμπέρασμα ότι όταν γίνεται επεξεργασία νέφους σημείων και χρειάζεται να οριστούν γεωμετρικοί τόποι όπως ευθείες και επίπεδα, δεν είναι δυνατόν αυτά να οριστούν ακριβώς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν συγκεκριμένα διακριτά σημεία μέσα στο νέφος που να χρησιμεύουν σαν σημεία αναφοράς. Για παράδειγμα όπως περιγράφεται στην πρώτη μέθοδο χάραξης νομέων τα τρία σημεία του νομέα 0, που ορίζονται από το σχέδιο των ναυπηγών μέσω κάποιων αποστάσεων, δεν γίνεται να οριστούν ακριβώς πάνω στο νέφος σημείων επειδή δεν γίνεται να οριστούν ακριβώς αυτές οι αποστάσεις. Αυτή η διαδικασία έγινε όπως αναφέρεται και στο Κεφ.5 με δοκιμές.

Το ίδιο ισχύει και για την δεύτερη μέθοδο όπου χρησιμοποιούνται τρία χαρακτηριστικά σημεία για να γίνει μετασχηματισμός των σημείων αποτύπωσης ώστε να συμπέσουν στο νέφος σάρωσης. Τα σημεία επιλογής του νέφους μπορεί να είναι ακραία αλλά να μην είναι τα ίδια με τα αντίστοιχα σημεία αποτύπωσης.

- Η διαδικασία σχεδιαστικής απόδοσης της γεωμετρίας του σκάφους από της μετρήσεις με τους δυο Γεωδαιτικούς Σταθμούς μέσω του προγράμματος «AutoCAD» ήταν περισσότερο απλή από την διαδικασία μοντελοποίησης. Το μεγάλο πλεονέκτημα σχεδιασμού χαρακτηριστικών σημείων μέσω του προγράμματος «AutoCAD» είναι ότι ορίστηκε το σύστημα αναφοράς του σκάφους ώστε να υπάρχουν σχεδιαστικές αποδόσεις των όψεων που χρειάζεται η ναυπηγική επιστήμη.

8.3 Συμπεράσματα που εξάγονται από την σύγκριση των αποτελεσμάτων.

Τα άμεσα συγκρίσιμα αποτελέσματα αυτής της εργασίας είναι τα εξής :

- Τα δυο νέφη σάρωσης, από τον Σαρωτη Laser και τον ρομποτικό γεωδαιτικό σταθμό Topcon IS.
 - Οι συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων και οι διαστάσεις γεωμετρικών στοιχείων του σκάφους από τις μετρήσεις με τους δυο Γεωδαιτικούς Σταθμούς.
 - Σχεδιαστικές αποδώσεις από τις μετρήσεις με τους δυο Γεωδαιτικούς Σταθμούς.
- Παρ' όλο που δεν ήταν εφικτό τα νέφη σάρωσης από τα δυο όργανα, να έχουν το ίδιο βήμα, παρατηρείται διάφορα στην ποιότητα του νέφους. Όπως αναφέρεται και στο Κεφ.5 από την σάρωση με τον ρομποτικό Γεωδαιτικό Σταθμό, αρκετά σημεία βρίσκονται εκτός επιφάνειας σάρωσης με αποχή της τάξης των 0,02 m – 0,03 m. Αυτά βρίσκονται κυρίως στην πλάγια όψη του σκάφους. Το νέφος σάρωσης ως αποτέλεσμα σάρωσης από τον επίγειο σαρωτη Laser είναι ομοιογενές και ορίζει με ικανοποιητική ακρίβεια την επιφάνεια απόδοσης όπως φαίνεται και στα σχέδια του Κεφ.5.

Ένας λόγος που μπορεί να οφείλεται αυτή η αποχή είναι η καμπυλότητα της επιφάνειας του σκάφους. Αυτό όμως ισχύει και για την σάρωση με τον σαρωτη Laser. Επίσης οι συνθήκες μετρήσεις ήταν ιδανικές και δεν υπήρχε κάποιο εμπόδιο. Ένα πιθανό αίτιο όπως αναφέρεται και στο Κεφ. 5, είναι η μέτρηση της μέσης απόστασης οργάνου – αντικειμένου, που χρησιμεύει για τον ορισμό του παραθύρου σάρωσης.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητή η καλύτερη αποδοτικότητα του Σαρωτη Laser σε σχέση με τον ρομποτικό Γεωδαιτικό σταθμό.

- Από την σύγκριση των συντεταγμένων κοινών σημείων του σκάφους, από τις μετρήσεις με τους δυο γεωδαιτικούς σταθμούς παρατηρούνται διάφορες στις συντεταγμένες, που δηλώνουν την ύπαρξη τυχαίων σφαλμάτων και ενός συστηματικού σφάλματος στις Z συντεταγμένες. Αναλυτικότερη προσέγγιση γίνεται στο Κεφ.6. Είναι λογικό να υπάρχει συστηματικό σφάλμα αφού αλλάζει η στάση σκόπευσης. Από τη σύγκριση των διαστάσεων κοινών γεωμετρικών στοιχείων ,όπως οι νομείς το περίγραμμα τις γάστρας, όπως αναλύεται στο Κεφ. 6, οι διάφορες είναι πολύ μικρές της τάξης του 0,001 m. Αυτό σημαίνει ότι η

Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η αλλαγή στάσης μέτρησης εισάγει σφάλμα που επηρεάζει την απόλυτη θέση του σκάφους στον χώρο και όχι την σχετική θέση των γεωμετρικών στοιχείων του σκάφους που ορίζουν το μέγεθος και την γεωμετρία του. Έτσι αν ο μελετητής ενδιαφέρεται για την απόλυτη θέση του σκάφους στον χώρο τότε επιβάλλεται μέτρηση από μια στάση μέτρησης. Αν ενδιαφέρεται μόνο για την γεωμετρία του σκάφους η μέτρηση από δεύτερη στάση δεν αποτελεί πρόβλημα στην διαδικασία.

- Από την σύγκριση των σχεδιαστικών αποδόσεων από τις μετρήσεις με τους δυο Γεωδαιτικούς Σταθμούς επιβεβαιώνεται η ύπαρξη συστηματικού σφάλματος στις Z συντεταγμένες.

8.4 Γενικό Συμπέρασμα

Το γενικό συμπέρασμα που εξάγεται από την παρούσα εργασία, είναι ότι με τις γεωδαιτικές μεθόδους που αναφέρθηκαν, την σάρωση με Laser Scanner, την αποτύπωση με ρομποτικό Γεωδαιτικό Σταθμό, και την αποτύπωση με γεωδαιτικό σταθμό, είναι δυνατόν να μετρηθούν σκάφοι και να αποδοθούν αποτελέσματα που αφορούν τον γεωμετρικό σχεδιασμό των σκαφών (μέγεθος και σχήμα), με ταχύτητα και σε οποιοσδήποτε συνθήκες θέσης του σκάφους. Το σημαντικότερο είναι ότι αυτές οι διαδικασίες δεν καθιστούν αναγκαία την οριζοντίωση των σκαφών.

Με τον όρο, μέτρηση σκάφους, εννοείται η μέτρηση της γάστρας του σκάφους. Αυτή η επιφάνεια ενδιαφέρει, επειδή είναι η βασική ναυπηγική επιφάνεια, που καθορίζει την πλεύση του σκάφους.

Πλεονεκτήματα

- Βασικό πλεονέκτημα της δυνατότητας αποτύπωσης σκαφών σε οποιαδήποτε θέση και αν βρίσκονται, είναι ότι δεν χρειάζεται να ενταχθεί το σκάφος στο σύστημα αναφοράς του, που είναι αναγκαίο στον τομέα της Ναυπηγικής. Η ένταξη του σκάφους στο σύστημα αναφοράς του σημαίνει ότι το σκάφος πρέπει να

- Το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα χάραξης των νομέων (βασικές ναυπηγικές γραμμές). Στην παρούσα εργασία η χάραξη έγινε μέσω του προγράμματος Geomagic. Η χάραξη τους αποτελεί το κύριο στοιχείο του ναυπηγικού σχεδιασμού, αφού ορίζουν το μέγεθος και την γεωμετρία της γάστρας. Φυσικά με τον όρο χάραξη νομέων εννοείται η προσεγγιστική χάραξη.

Γενικότερα στην περίπτωση που ζητείται να γίνει αποτύπωση και σχεδιαστική απόδοση σκάφους, μπορεί να ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία :

1. Τοποθέτηση του σκάφους σε οποιαδήποτε θέση αρκεί να είναι εκτεθειμένη η επιφάνεια της γάστρας.
2. Αποτύπωση γάστρας με επίγειο σαρωτή Laser ή με γεωδαιτικό σταθμό ή ακόμα και με τα δυο μέσα.
3. Εξαγωγή αποτελεσμάτων (νέφη, σημεία).
4. Σχεδιασμός γάστρας μέσω του προγράμματος AutoCAD ή μοντελοποίηση της μέσω του προγράμματος Geomagic.
5. Ένταξη σκάφους στο σύστημα αναφοράς του.
6. Χάραξη επιπέδων : α) Βασικό επίπεδο αναφοράς που είναι το οριζόντιο και παράλληλο στις ίσαλους γραμμές, β) Κατακόρυφα, εγκάρσια επίπεδα ως προς την κεντρική γραμμή του σκάφους που περιέχουν τους νομείς.
7. Χάραξη νομέων.

Μετά από την παραπάνω διαδικασία ορίζεται μέσω των νομέων η γεωμετρία της γάστρας. Αυτή είναι η πιο σημαντική πληροφορία στην ναυπηγική επιστήμη επειδή χρειάζεται για τον προσδιορισμό χαρακτηριστικών πλευσης του σκάφους όπως η αντίσταση του σκάφους, η ευστάθεια, η συμπεριφορά σε κυματισμό κα. Γενικά με αυτό τον τρόπο γίνεται συνεργασία της Τοπογραφίας με την Ναυπηγική Επιστήμη

Τοπογραφία	Μέτρηση, εξαγωγή και επεξεργασία αποτελεσμάτων (σημεία, νέφη), σχεδιασμός
Ναυπηγική Επιστήμη	Εξαγωγή συμπερασμάτων για τη πλευστότητα σκαφών

Πίνακας 8.1 : Αρμοδιότητες Τοπογραφίας και Ναυπηγικής Επιστήμης

Για παράδειγμα μπορεί να μετρηθεί ένα σκάφος, αφού έχει τραβηχτεί στην στεριά χωρίς να χρειάζεται να οριζοντιωθεί. Διαδικασία που είναι δύσκολη και χρειάζεται ανθρώπινο δυναμικό. Το μόνο που χρειάζεται να γίνει, είναι να εκτεθεί η περιοχή μέτρησης του σκάφους. Έπειτα οι μετρήσεις γίνονται με ταχύτητα, με τα μέσα που έχουν αναφερθεί.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φυσικά αξιοποιούνται από τον κλάδο της ναυπήγησης, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την πλευστότητα των σκαφών σε διάφορες συνθήκες φορτίων και συνθηκών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α :ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ
ΤΟ TOPCON IS

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΗ
ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ TOPCON IS

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β :ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΩΝ ΚΑΙ
ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΑΠΟ ΜΕΤΡΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ
ΣΤΑΘΜΟ LEICA TCR 303

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΠΙΝΑΚΑΣ : ΜΕΤΡΗΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΓΕΩΛΑΙΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ TOPCON IS

Point From	Point To	R.H.	Horizontal Circle	Slope Distance (m)	Zenith Angle	Code
S1			0			
S1		0	0		136,055	
S1	S2	0	399,999	2,677	136,059	
S1	1001	0	323,865	4,625	120,16	NOMEIS
S1	1002	0	323,849	4,611	119,782	NOMEIS
S1	1003	0	323,83	4,593	119,367	NOMEIS
S1	1004	0	323,813	4,579	118,908	NOMEIS
S1	1005	0	323,792	4,569	118,537	NOMEIS
S1	1006	0	323,784	4,556	118,099	NOMEIS
S1	1007	0	323,783	4,543	117,528	NOMEIS
S1	1008	0	323,79	4,537	117,142	NOMEIS
S1	1009	0	323,799	4,533	116,833	NOMEIS
S1	1010	0	323,8	4,535	116,832	NOMEIS
S1	1011	0	323,802	4,537	116,686	NOMEIS
S1	1012	0	323,819	4,558	116,464	NOMEIS
S1	1013	0	324,012	4,619	116,104	NOMEIS
S1	1014	0	324,217	4,747	115,691	NOMEIS
S1	2001	0	326,727	4,577	120,357	NOMEIS
S1	2002	0	326,721	4,565	119,909	NOMEIS
S1	2003	0	326,691	4,54	119,126	NOMEIS
S1	2004	0	326,678	4,522	118,438	NOMEIS
S1	2005	0	326,687	4,506	117,624	NOMEIS
S1	2006	0	326,687	4,501	116,981	NOMEIS
S1	2007	0	326,708	4,504	116,833	NOMEIS
S1	2008	0	326,739	4,512	116,588	NOMEIS
S1	2009	0	326,909	4,58	116,124	NOMEIS
S1	2010	0	327,063	4,65	115,699	NOMEIS
S1	2011	0	327,212	4,717	115,294	NOMEIS
S1	2012	0	327,317	4,766	115,023	NOMEIS
S1	3001	0	329,635	4,546	120,501	NOMEIS
S1	3002	0	329,618	4,526	119,902	NOMEIS
S1	3003	0	329,614	4,514	119,37	NOMEIS
S1	3004	0	329,608	4,5	118,764	NOMEIS
S1	3005	0	329,605	4,485	118,017	NOMEIS
S1	3006	0	329,605	4,476	117,106	NOMEIS
S1	3007	0	329,618	4,48	116,949	NOMEIS
S1	3008	0	329,628	4,487	116,696	NOMEIS
S1	3009	0	329,788	4,577	116,094	NOMEIS
S1	3010	0	329,939	4,676	115,466	NOMEIS
S1	3011	0	330,041	4,74	115,072	NOMEIS
S1	4001	0	332,575	4,519	120,599	NOMEIS
S1	4002	0	332,564	4,499	119,823	NOMEIS
S1	4003	0	332,558	4,482	119,097	NOMEIS
S1	4004	0	332,558	4,471	118,252	NOMEIS

S1	4005	0	332,549	4,463	117,737	NOMEIS
S1	4006	0	332,546	4,46	117,277	NOMEIS
S1	4007	0	332,546	4,46	117,231	NOMEIS
S1	4008	0	332,555	4,463	117,028	NOMEIS
S1	4009	0	332,573	4,472	116,785	NOMEIS
S1	4010	0	332,655	4,563	116,147	NOMEIS
S1	4011	0	332,741	4,666	115,454	NOMEIS
S1	4012	0	332,791	4,726	115,069	NOMEIS
S1	5001	0	335,549	4,501	120,634	NOMEIS
S1	5002	0	335,542	4,486	119,981	NOMEIS
S1	5003	0	335,532	4,468	118,988	NOMEIS
S1	5004	0	335,531	4,46	118,276	NOMEIS
S1	5005	0	335,527	4,455	117,781	NOMEIS
S1	5006	0	335,527	4,454	117,359	NOMEIS
S1	5007	0	335,521	4,46	117,078	NOMEIS
S1	5008	0	335,521	4,468	116,83	NOMEIS
S1	5009	0	335,535	4,548	116,231	NOMEIS
S1	5010	0	335,552	4,639	115,577	NOMEIS
S1	5011	0	335,574	4,72	115,052	NOMEIS
S1	5012	0	335,574	4,716	115,052	NOMEIS
S1	6001	0	338,532	4,495	120,67	NOMEIS
S1	6002	0	338,529	4,482	119,96	NOMEIS
S1	6003	0	338,524	4,47	119,257	NOMEIS
S1	6004	0	338,512	4,459	118,289	NOMEIS
S1	6005	0	338,497	4,458	117,935	NOMEIS
S1	6006	0	338,474	4,456	117,442	NOMEIS
S1	6007	0	338,467	4,462	117,122	NOMEIS
S1	6008	0	338,467	4,471	116,884	NOMEIS
S1	6009	0	338,417	4,565	116,116	NOMEIS
S1	6010	0	338,369	4,658	115,42	NOMEIS
S1	6011	0	338,347	4,719	114,998	NOMEIS
S1	7001	0	341,519	4,497	120,633	NOMEIS
S1	7002	0	341,502	4,483	119,643	NOMEIS
S1	7003	0	341,475	4,47	118,393	NOMEIS
S1	7004	0	341,46	4,468	117,859	NOMEIS
S1	7005	0	341,455	4,466	117,498	NOMEIS
S1	7006	0	341,421	4,48	117,102	NOMEIS
S1	7007	0	341,393	4,486	116,857	NOMEIS
S1	7008	0	341,345	4,527	116,508	NOMEIS
S1	7009	0	341,234	4,622	115,718	NOMEIS
S1	7010	0	341,107	4,727	114,899	NOMEIS
S1	8001	0	344,513	4,505	120,556	NOMEIS
S1	8002	0	344,485	4,499	119,847	NOMEIS
S1	8003	0	344,464	4,493	119,234	NOMEIS
S1	8004	0	344,431	4,491	118,553	NOMEIS
S1	8005	0	344,409	4,489	117,93	NOMEIS
S1	8006	0	344,399	4,489	117,502	NOMEIS
S1	8007	0	344,347	4,503	117,069	NOMEIS
S1	8008	0	344,316	4,513	116,831	NOMEIS
S1	8009	0	344,199	4,564	116,317	NOMEIS
S1	8010	0	344,068	4,631	115,72	NOMEIS
S1	8011	0	343,92	4,709	115,038	NOMEIS

S1	8012	0	343,859	4,744	114,765	NOMEIS
S1	9001	0	347,466	4,529	120,436	NOMEIS
S1	9002	0	347,427	4,523	119,646	NOMEIS
S1	9003	0	347,354	4,522	118,325	NOMEIS
S1	9004	0	347,325	4,52	117,767	NOMEIS
S1	9005	0	347,31	4,522	117,469	NOMEIS
S1	9006	0	347,236	4,536	116,997	NOMEIS
S1	9007	0	347,185	4,546	116,75	NOMEIS
S1	9008	0	347,016	4,604	116,149	NOMEIS
S1	9009	0	346,813	4,674	115,49	NOMEIS
S1	9010	0	346,588	4,771	114,615	NOMEIS
S1	10001	0	350,36	4,562	120,278	NOMEIS
S1	10002	0	350,289	4,56	119,44	NOMEIS
S1	10003	0	350,243	4,563	118,903	NOMEIS
S1	10004	0	350,148	4,563	117,852	NOMEIS
S1	10005	0	350,121	4,567	117,444	NOMEIS
S1	10006	0	350,021	4,582	116,875	NOMEIS
S1	10007	0	349,982	4,591	116,632	NOMEIS
S1	10008	0	349,857	4,627	116,237	NOMEIS
S1	10009	0	349,605	4,696	115,509	NOMEIS
S1	10010	0	349,417	4,75	114,971	NOMEIS
S1	10011	0	349,24	4,807	114,454	NOMEIS
S1	11001	0	353,194	4,61	120,054	NOMEIS
S1	11002	0	353,106	4,608	119,26	NOMEIS
S1	11003	0	353,001	4,616	118,299	NOMEIS
S1	11004	0	352,962	4,618	117,919	NOMEIS
S1	11005	0	352,895	4,622	117,359	NOMEIS
S1	11006	0	352,765	4,64	116,711	NOMEIS
S1	11007	0	352,705	4,648	116,476	NOMEIS
S1	11008	0	352,522	4,691	115,959	NOMEIS
S1	11009	0	352,324	4,737	115,421	NOMEIS
S1	11010	0	352,073	4,798	114,749	NOMEIS
S1	11011	0	351,882	4,847	114,289	NOMEIS
S1	12001	0	355,956	4,667	119,77	NOMEIS
S1	12002	0	355,873	4,669	119,231	NOMEIS
S1	12003	0	355,801	4,673	118,725	NOMEIS
S1	12004	0	355,72	4,679	118,18	NOMEIS
S1	12005	0	355,655	4,686	117,713	NOMEIS
S1	12006	0	355,612	4,689	117,397	NOMEIS
S1	12007	0	355,501	4,7	116,855	NOMEIS
S1	12008	0	355,419	4,713	116,488	NOMEIS
S1	12009	0	355,419	4,712	116,493	NOMEIS
S1	12010	0	355,353	4,72	116,269	NOMEIS
S1	12011	0	355,177	4,752	115,791	NOMEIS
S1	12012	0	354,984	4,787	115,282	NOMEIS
S1	12013	0	354,799	4,825	114,824	NOMEIS
S1	12014	0	354,605	4,871	114,359	NOMEIS
S1	12015	0	354,499	4,898	114,113	NOMEIS
S1	13001	0	361,124	4,817	119,075	NOMEIS
S1	13002	0	358,583	4,735	119,437	NOMEIS
S1	13003	0	358,43	4,745	118,647	NOMEIS
S1	13004	0	358,283	4,755	117,909	NOMEIS

S1	13005	0	358,152	4,767	117,207	NOMEIS
S1	13006	0	357,979	4,785	116,526	NOMEIS
S1	13007	0	357,903	4,795	116,215	NOMEIS
S1	13008	0	357,849	4,803	115,981	NOMEIS
S1	13009	0	357,616	4,839	115,329	NOMEIS
S1	13010	0	357,361	4,881	114,707	NOMEIS
S1	13011	0	357,168	4,92	114,275	NOMEIS
S1	13012	0	356,996	4,957	113,93	NOMEIS
S1	14001	0	361,128	4,819	119,084	NOMEIS
S1	14002	0	361,011	4,822	118,641	NOMEIS
S1	14003	0	360,911	4,831	118,241	NOMEIS
S1	14004	0	360,784	4,843	117,704	NOMEIS
S1	14005	0	360,667	4,853	117,212	NOMEIS
S1	14006	0	360,524	4,871	116,626	NOMEIS
S1	14007	0	360,316	4,89	115,914	NOMEIS
S1	14008	0	360,105	4,922	115,169	NOMEIS
S1	14009	0	359,881	4,953	114,608	NOMEIS
S1	14010	0	359,663	4,989	114,126	NOMEIS
S1	14011	0	359,461	5,021	113,749	NOMEIS
S1	15001	0	363,517	4,915	118,686	NOMEIS
S1	15002	0	363,362	4,92	118,24	NOMEIS
S1	15003	0	363,188	4,936	117,676	NOMEIS
S1	15004	0	363,069	4,948	117,255	NOMEIS
S1	15005	0	362,88	4,966	116,556	NOMEIS
S1	15006	0	362,72	4,98	115,988	NOMEIS
S1	15007	0	362,529	5,003	115,334	NOMEIS
S1	15008	0	362,314	5,03	114,709	NOMEIS
S1	15009	0	362,137	5,053	114,258	NOMEIS
S1	15010	0	361,955	5,077	113,846	NOMEIS
S1	15011	0	361,834	5,096	113,591	NOMEIS
S1	16001	0	365,781	5,023	118,243	NOMEIS
S1	16002	0	365,555	5,036	117,725	NOMEIS
S1	16003	0	365,245	5,063	116,835	NOMEIS
S1	16004	0	365,026	5,083	116,099	NOMEIS
S1	16005	0	364,773	5,109	115,232	NOMEIS
S1	16006	0	364,539	5,133	114,499	NOMEIS
S1	16007	0	364,381	5,149	114,055	NOMEIS
S1	16008	0	364,256	5,165	113,696	NOMEIS
S1	16009	0	364,163	5,176	113,436	NOMEIS
S1	17001	0	367,794	5,151	117,747	NOMEIS
S1	17002	0	367,553	5,168	117,247	NOMEIS
S1	17003	0	367,317	5,187	116,639	NOMEIS
S1	17004	0	367,12	5,201	116,01	NOMEIS
S1	17005	0	366,975	5,212	115,504	NOMEIS
S1	17006	0	366,767	5,232	114,723	NOMEIS
S1	17007	0	366,606	5,245	114,134	NOMEIS
S1	17008	0	366,494	5,255	113,704	NOMEIS
S1	17009	0	366,399	5,266	113,365	NOMEIS
S1	18001	0	369,547	5,305	117,191	NOMEIS
S1	18002	0	369,325	5,315	116,707	NOMEIS
S1	18003	0	369,163	5,326	116,228	NOMEIS
S1	18004	0	369,011	5,335	115,714	NOMEIS

S1	18005	0	368,898	5,346	115,229	NOMEIS
S1	18006	0	368,804	5,35	114,806	NOMEIS
S1	18007	0	368,744	5,354	114,483	NOMEIS
S1	18008	0	368,661	5,359	113,99	NOMEIS
S1	18009	0	368,584	5,363	113,541	NOMEIS
S1	19001	0	371,068	5,484	116,627	NOMEIS
S1	19002	0	370,912	5,48	116,148	NOMEIS
S1	19003	0	370,79	5,484	115,638	NOMEIS
S1	19004	0	370,717	5,483	115,214	NOMEIS
S1	19005	0	370,677	5,488	114,916	NOMEIS
S1	19006	0	370,638	5,487	114,642	NOMEIS
S1	19007	0	367,957	5,302	114,64	NOMEIS
S1	19008	0	369,696	5,419	114,296	NOMEIS
S1	19009	0	369,391	5,404	113,864	NOMEIS
S1	19010	0	368,074	5,323	114,098	NOMEIS
S1	101	0	324,549	4,799	114,948	PER
S1	102	0	325,973	4,777	115	PER
S1	103	0	328,63	4,749	115,057	PER
S1	104	0	331,417	4,73	115,074	PER
S1	105	0	334,139	4,718	115,064	PER
S1	106	0	336,88	4,716	115,023	PER
S1	107	0	339,747	4,722	114,947	PER
S1	108	0	342,35	4,736	114,842	PER
S1	109	0	345,191	4,758	114,697	PER
S1	110	0	348,023	4,788	114,53	PER
S1	111	0	350,509	4,824	114,376	PER
S1	112	0	353,13	4,872	114,207	PER
S1	113	0	355,802	4,929	114,02	PER
S1	114	0	358,28	4,988	113,836	PER
S1	115	0	360,672	5,059	113,662	PER
S1	116	0	363,005	5,136	113,506	PER
S1	117	0	364,704	5,198	113,393	PER
S1	118	0	365,333	5,222	113,381	PER
S1	119	0	365,933	5,246	113,368	PER
S1	120	0	366,88	5,286	113,375	PER
S1	121	0	367,273	5,302	113,393	PER
S1	122	0	367,826	5,327	113,439	PER
S1	123	0	368,324	5,352	113,5	PER
S1	124	0	368,87	5,377	113,605	PER
S1	125	0	369,288	5,398	113,729	PER
S1	126	0	369,709	5,422	113,922	PER
S1	127	0	370,155	5,451	114,201	PER
S1	128	0	370,501	5,475	114,504	PER
S1	129	0	370,838	5,498	114,854	PER
S1	130	0	371,068	5,516	115,134	PER
S1	131	0	371,291	5,534	115,411	PER
S1	132	0	371,502	5,554	115,701	PER
S1	133	0	371,741	5,576	116,035	PER
S1	134	0	371,9	5,592	116,264	PER
S1	135	0	371,483	5,537	116,465	PER
S1	136	0	370,548	5,406	116,858	PER
S1	137	0	368,982	5,244	117,409	PER

S1	138	0	366,888	5,08	118,018	PER
S1	139	0	365,016	4,972	118,417	PER
S1	140	0	362,374	4,854	118,893	PER
S1	141	0	360,142	4,772	119,235	PER
S1	142	0	357,241	4,7	119,626	PER
S1	143	0	354,894	4,643	119,901	PER
S1	144	0	351,423	4,579	120,204	PER
S1	145	0	348,984	4,546	120,366	PER
S1	146	0	345,852	4,516	120,515	PER
S1	147	0	342,909	4,5	120,613	PER
S1	148	0	340,169	4,493	120,66	PER
S1	149	0	336,881	4,499	120,664	PER
S1	150	0	334,261	4,51	120,638	PER
S1	151	0	331,32	4,53	120,555	PER
S1	152	0	327,661	4,565	120,414	PER
S1	153	0	324,86	4,607	120,222	PER
S1	154	0	323,341	4,635	120,116	PER
S1	155	0	323,398	4,611	119,504	PER
S1	156	0	323,43	4,599	119,167	PER
S1	157	0	323,465	4,57	118,394	PER
S1	158	0	323,514	4,555	117,811	PER
S1	159	0	323,616	4,541	117,118	PER
S1	160	0	323,674	4,538	116,834	PER
S1	161	0	323,704	4,541	116,688	PER
S1	162	0	323,757	4,546	116,472	PER
S1	163	0	323,913	4,593	116,172	PER
S1	164	0	324,241	4,687	115,588	PER
S1	165	0	324,414	4,746	115,245	PER
S1	501	0	323,763	3,651	125,834	STOXOI
S1	502	0	331,718	4,482	118,682	STOXOI
S1	503	0	342,301	4,615	115,802	STOXOI
S1	504	0	356,706	4,714	117,638	STOXOI
S1	505	0	363,737	5,067	115,076	STOXOI
S1	506	0	358,641	4,415	121,077	STOXOI

ΠΙΝΑΚΑΣ : ΚΑΡΤΕΣΙΑΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ ΣΤΑΣΕΩΝ, ΣΗΜΕΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΠΟΥ ΜΕΤΡΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΟ ΟΡΓΑΝΟ TOPCON IS.

Αριθμος σημειου	X	Y	Z	ΚΩΔΙΚΟΣ
(Name)	Groynd Easting(m)	Groynd Northing(m)	Elevation(m)	Code
S1	10.000	10.000	0.000	
S2	10.000	12.259	0.008	
1001	5.910	11.609	0.005	NOMEIS
1002	5.914	11.606	0.035	NOMEIS
1003	5.921	11.602	0.069	NOMEIS
1004	5.924	11.600	0.105	NOMEIS
1005	5.925	11.598	0.133	NOMEIS
1006	5.929	11.596	0.167	NOMEIS
1007	5.930	11.596	0.210	NOMEIS
1008	5.928	11.597	0.238	NOMEIS
1009	5.927	11.598	0.260	NOMEIS
1010	5.925	11.599	0.260	NOMEIS
1011	5.921	11.600	0.269	NOMEIS
1012	5.898	11.610	0.279	NOMEIS
1013	5.842	11.647	0.289	NOMEIS
1014	5.726	11.709	0.287	NOMEIS
2001	6.032	11.771	0.006	NOMEIS
2002	6.033	11.770	0.041	NOMEIS
2003	6.039	11.765	0.101	NOMEIS
2004	6.041	11.763	0.154	NOMEIS
2005	6.041	11.764	0.213	NOMEIS
2006	6.034	11.767	0.259	NOMEIS
2007	6.030	11.771	0.268	NOMEIS
2008	6.019	11.778	0.283	NOMEIS
2009	5.956	11.819	0.297	NOMEIS
2010	5.892	11.860	0.310	NOMEIS
2011	5.831	11.899	0.323	NOMEIS
2012	5.786	11.928	0.331	NOMEIS
3001	6.147	11.936	0.006	NOMEIS
3002	6.151	11.932	0.053	NOMEIS
3003	6.151	11.932	0.093	NOMEIS
3004	6.151	11.931	0.138	NOMEIS
3005	6.151	11.931	0.193	NOMEIS
3006	6.143	11.935	0.257	NOMEIS
3007	6.137	11.939	0.266	NOMEIS
3008	6.127	11.945	0.282	NOMEIS
3009	6.045	11.999	0.300	NOMEIS
3010	5.954	12.057	0.320	NOMEIS
3011	5.896	12.095	0.333	NOMEIS
4001	6.264	12.098	0.008	NOMEIS
4002	6.266	12.096	0.067	NOMEIS
4003	6.266	12.096	0.121	NOMEIS
4004	6.260	12.099	0.181	NOMEIS
4005	6.258	12.100	0.218	NOMEIS
4006	6.253	12.102	0.249	NOMEIS
4007	6.252	12.103	0.253	NOMEIS

4008	6.246	12.106	0.265	NOMEIS
4009	6.235	12.114	0.280	NOMEIS
4010	6.151	12.168	0.300	NOMEIS
4011	6.057	12.228	0.323	NOMEIS
4012	6.002	12.263	0.337	NOMEIS
5001	6.381	12.261	0.012	NOMEIS
5002	6.381	12.260	0.060	NOMEIS
5003	6.377	12.262	0.132	NOMEIS
5004	6.372	12.265	0.182	NOMEIS
5005	6.367	12.268	0.217	NOMEIS
5006	6.361	12.271	0.246	NOMEIS
5007	6.352	12.277	0.263	NOMEIS
5008	6.341	12.283	0.278	NOMEIS
5009	6.267	12.331	0.298	NOMEIS
5010	6.183	12.385	0.321	NOMEIS
5011	6.109	12.433	0.339	NOMEIS
5012	6.113	12.431	0.340	NOMEIS
6001	6.497	12.424	0.011	NOMEIS
6002	6.494	12.426	0.063	NOMEIS
6003	6.491	12.427	0.113	NOMEIS
6004	6.483	12.432	0.182	NOMEIS
6005	6.477	12.435	0.206	NOMEIS
6006	6.470	12.438	0.239	NOMEIS
6007	6.460	12.444	0.259	NOMEIS
6008	6.449	12.451	0.273	NOMEIS
6009	6.361	12.508	0.302	NOMEIS
6010	6.275	12.563	0.328	NOMEIS
6011	6.219	12.600	0.344	NOMEIS
7001	6.612	12.587	0.013	NOMEIS
7002	6.605	12.591	0.084	NOMEIS
7003	6.593	12.598	0.171	NOMEIS
7004	6.585	12.603	0.208	NOMEIS
7005	6.581	12.605	0.233	NOMEIS
7006	6.563	12.616	0.256	NOMEIS
7007	6.554	12.621	0.271	NOMEIS
7008	6.515	12.646	0.284	NOMEIS
7009	6.426	12.704	0.315	NOMEIS
7010	6.328	12.767	0.349	NOMEIS
8001	6.730	12.750	0.016	NOMEIS
8002	6.721	12.755	0.065	NOMEIS
8003	6.715	12.758	0.108	NOMEIS
8004	6.704	12.764	0.155	NOMEIS
8005	6.695	12.770	0.197	NOMEIS
8006	6.688	12.775	0.226	NOMEIS
8007	6.669	12.786	0.252	NOMEIS
8008	6.657	12.793	0.266	NOMEIS
8009	6.607	12.825	0.288	NOMEIS
8010	6.543	12.866	0.313	NOMEIS
8011	6.469	12.914	0.343	NOMEIS
8012	6.436	12.935	0.355	NOMEIS
9001	6.843	12.916	0.016	NOMEIS
9002	6.832	12.922	0.071	NOMEIS

9003	6.809	12.936	0.161	NOMEIS
9004	6.801	12.941	0.200	NOMEIS
9005	6.795	12.945	0.220	NOMEIS
9006	6.775	12.957	0.248	NOMEIS
9007	6.762	12.964	0.263	NOMEIS
9008	6.704	13.000	0.290	NOMEIS
9009	6.636	13.043	0.319	NOMEIS
9010	6.544	13.104	0.359	NOMEIS
10001	6.954	13.081	0.016	NOMEIS
10002	6.939	13.089	0.074	NOMEIS
10003	6.926	13.097	0.110	NOMEIS
10004	6.907	13.108	0.182	NOMEIS
10005	6.897	13.115	0.209	NOMEIS
10006	6.874	13.128	0.245	NOMEIS
10007	6.863	13.135	0.259	NOMEIS
10008	6.827	13.159	0.278	NOMEIS
10009	6.758	13.202	0.312	NOMEIS
10010	6.704	13.236	0.338	NOMEIS
10011	6.649	13.272	0.363	NOMEIS
11001	7.060	13.251	0.017	NOMEIS
11002	7.045	13.258	0.072	NOMEIS
11003	7.021	13.274	0.136	NOMEIS
11004	7.012	13.279	0.162	NOMEIS
11005	6.999	13.287	0.200	NOMEIS
11006	6.972	13.303	0.241	NOMEIS
11007	6.961	13.309	0.255	NOMEIS
11008	6.916	13.338	0.281	NOMEIS
11009	6.869	13.368	0.309	NOMEIS
11010	6.807	13.408	0.343	NOMEIS
11011	6.759	13.439	0.366	NOMEIS
12001	7.165	13.422	0.019	NOMEIS
12002	7.152	13.429	0.056	NOMEIS
12003	7.138	13.437	0.090	NOMEIS
12004	7.123	13.447	0.127	NOMEIS
12005	7.109	13.456	0.158	NOMEIS
12006	7.101	13.461	0.180	NOMEIS
12007	7.081	13.472	0.215	NOMEIS
12008	7.064	13.484	0.238	NOMEIS
12009	7.065	13.483	0.238	NOMEIS
12010	7.053	13.489	0.252	NOMEIS
12011	7.018	13.511	0.278	NOMEIS
12012	6.979	13.535	0.307	NOMEIS
12013	6.940	13.560	0.332	NOMEIS
12014	6.894	13.591	0.356	NOMEIS
12015	6.868	13.609	0.368	NOMEIS
13001	7.361	13.771	0.023	NOMEIS
13002	7.265	13.594	0.022	NOMEIS
13003	7.240	13.608	0.075	NOMEIS
13004	7.216	13.622	0.125	NOMEIS
13005	7.193	13.637	0.172	NOMEIS
13006	7.164	13.653	0.217	NOMEIS
13007	7.150	13.662	0.237	NOMEIS

13008	7.140	13.669	0.252	NOMEIS
13009	7.097	13.696	0.291	NOMEIS
13010	7.050	13.725	0.327	NOMEIS
13011	7.011	13.751	0.351	NOMEIS
13012	6.974	13.776	0.369	NOMEIS
14001	7.360	13.772	0.022	NOMEIS
14002	7.346	13.778	0.053	NOMEIS
14003	7.330	13.788	0.080	NOMEIS
14004	7.309	13.801	0.115	NOMEIS
14005	7.291	13.812	0.149	NOMEIS
14006	7.265	13.830	0.187	NOMEIS
14007	7.234	13.847	0.235	NOMEIS
14008	7.195	13.874	0.283	NOMEIS
14009	7.158	13.897	0.318	NOMEIS
14010	7.119	13.922	0.347	NOMEIS
14011	7.084	13.943	0.369	NOMEIS
15001	7.449	13.953	0.023	NOMEIS
15002	7.431	13.959	0.055	NOMEIS
15003	7.406	13.975	0.092	NOMEIS
15004	7.387	13.987	0.120	NOMEIS
15005	7.358	14.006	0.168	NOMEIS
15006	7.334	14.020	0.207	NOMEIS
15007	7.303	14.041	0.252	NOMEIS
15008	7.268	14.063	0.293	NOMEIS
15009	7.240	14.081	0.323	NOMEIS
15010	7.211	14.098	0.349	NOMEIS
15011	7.190	14.112	0.365	NOMEIS
16001	7.533	14.139	0.025	NOMEIS
16002	7.506	14.150	0.061	NOMEIS
16003	7.463	14.177	0.122	NOMEIS
16004	7.430	14.197	0.173	NOMEIS
16005	7.392	14.223	0.234	NOMEIS
16006	7.356	14.245	0.286	NOMEIS
16007	7.333	14.258	0.317	NOMEIS
16008	7.313	14.271	0.342	NOMEIS
16009	7.299	14.280	0.361	NOMEIS
17001	7.600	14.332	0.028	NOMEIS
17002	7.571	14.347	0.062	NOMEIS
17003	7.539	14.365	0.105	NOMEIS
17004	7.512	14.380	0.151	NOMEIS
17005	7.492	14.393	0.188	NOMEIS
17006	7.461	14.414	0.246	NOMEIS
17007	7.438	14.428	0.290	NOMEIS
17008	7.421	14.439	0.323	NOMEIS
17009	7.406	14.449	0.348	NOMEIS
18001	7.647	14.539	0.030	NOMEIS
18002	7.621	14.549	0.066	NOMEIS
18003	7.600	14.561	0.102	NOMEIS
18004	7.580	14.572	0.141	NOMEIS
18005	7.562	14.586	0.178	NOMEIS
18006	7.550	14.593	0.212	NOMEIS
18007	7.541	14.600	0.237	NOMEIS

18008	7.528	14.609	0.277	NOMEIS
18009	7.517	14.617	0.313	NOMEIS
19001	7.674	14.760	0.029	NOMEIS
19002	7.660	14.760	0.070	NOMEIS
19003	7.644	14.769	0.111	NOMEIS
19004	7.635	14.773	0.147	NOMEIS
19005	7.627	14.782	0.171	NOMEIS
19006	7.622	14.784	0.194	NOMEIS
19007	7.510	14.522	0.236	NOMEIS
19008	7.579	14.696	0.238	NOMEIS
19009	7.560	14.678	0.277	NOMEIS
19010	7.504	14.554	0.276	NOMEIS
101	5.675	11.756	0.329	PER
102	5.736	11.843	0.330	PER
103	5.842	12.007	0.332	PER
104	5.951	12.178	0.335	PER
105	6.057	12.343	0.339	PER
106	6.163	12.510	0.342	PER
107	6.274	12.685	0.346	PER
108	6.375	12.844	0.351	PER
109	6.487	13.019	0.356	PER
110	6.601	13.194	0.362	PER
111	6.702	13.351	0.365	PER
112	6.810	13.521	0.367	PER
113	6.923	13.697	0.368	PER
114	7.032	13.862	0.369	PER
115	7.137	14.029	0.368	PER
116	7.244	14.197	0.364	PER
117	7.324	14.322	0.360	PER
118	7.354	14.368	0.355	PER
119	7.384	14.414	0.352	PER
120	7.430	14.486	0.343	PER
121	7.450	14.515	0.338	PER
122	7.478	14.558	0.329	PER
123	7.503	14.598	0.319	PER
124	7.532	14.639	0.305	PER
125	7.554	14.671	0.290	PER
126	7.576	14.705	0.269	PER
127	7.598	14.742	0.239	PER
128	7.616	14.771	0.208	PER
129	7.635	14.798	0.174	PER
130	7.647	14.817	0.146	PER
131	7.658	14.836	0.118	PER
132	7.669	14.855	0.089	PER
133	7.681	14.877	0.055	PER
134	7.689	14.892	0.032	PER
135	7.682	14.825	0.029	PER
136	7.671	14.669	0.030	PER
137	7.636	14.462	0.029	PER
138	7.576	14.233	0.026	PER
139	7.511	14.064	0.027	PER
140	7.414	13.854	0.026	PER

141	7.330	13.692	0.025	PER
142	7.213	13.506	0.019	PER
143	7.125	13.355	0.017	PER
144	6.993	13.144	0.016	PER
145	6.900	13.002	0.015	PER
146	6.780	12.825	0.015	PER
147	6.667	12.663	0.013	PER
148	6.561	12.512	0.012	PER
149	6.432	12.334	0.010	PER
150	6.329	12.191	0.008	PER
151	6.214	12.029	0.008	PER
152	6.070	11.824	0.006	PER
153	5.953	11.666	0.006	PER
154	5.887	11.579	0.005	PER
155	5.897	11.580	0.054	PER
156	5.902	11.580	0.081	PER
157	5.914	11.578	0.143	PER
158	5.917	11.580	0.187	PER
159	5.920	11.587	0.239	PER
160	5.919	11.592	0.259	PER
161	5.915	11.596	0.268	PER
162	5.908	11.602	0.282	PER
163	5.864	11.631	0.291	PER
164	5.778	11.690	0.309	PER
165	5.724	11.725	0.319	PER
501	6.876	11.223	0.004	STOXOI
502	6.231	12.050	0.149	STOXOI
503	6.478	12.759	0.311	STOXOI
504	7.149	13.526	0.156	STOXOI
505	7.344	14.148	0.256	STOXOI
506	7.474	13.325	0.010	STOXOI

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

ΠΙΝΑΚΑΣ :ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ LEICA TCR303.

A/A	ρ	θ	sd	hd	x	y	z
10001	89,8882	121,4355	4,3904	4,1439	14,092	12,914	0,0095
10002	89,8442	120,9457	4,3741	4,1395	14,087	12,917	0,0467
10003	89,7755	120,3544	4,3550	4,1343	14,081	12,920	0,0912
10004	89,7091	119,8175	4,3391	4,1306	14,077	12,924	0,1310
10005	89,6708	119,2950	4,3254	4,1282	14,074	12,926	0,1690
10006	89,6624	118,8098	4,3145	4,1275	14,073	12,926	0,2037
10007	89,6817	118,3257	4,3059	4,1287	14,075	12,925	0,2376
10008	89,7702	117,7943	4,3021	4,1351	14,082	12,921	0,2731
10009	89,9002	117,5511	4,3014	4,1390	14,087	12,913	0,2891
10010	91,0339	116,9491	4,3231	4,1708	14,129	12,844	0,3226
10011	91,4523	116,7315	4,3437	4,1945	14,157	12,820	0,3315
10012	92,5730	116,1050	4,4989	4,3557	14,326	12,766	0,3340
10013	92,1572	122,1289	4,2561	4,0016	13,971	12,751	0,0102
10014	92,1367	121,7202	4,2451	4,0004	13,970	12,752	0,0396
10015	92,0553	120,5690	4,2123	3,9943	13,963	12,756	0,1226
10016	92,0313	119,6840	4,1927	3,9939	13,963	12,758	0,1842
10017	92,0421	118,9784	4,1806	3,9962	13,965	12,757	0,2321
10018	92,1002	118,5152	4,1750	3,9997	13,969	12,754	0,2628
10019	92,1744	118,3487	4,1770	4,0047	13,974	12,750	0,2727
10020	92,3090	118,0882	4,1849	4,0171	13,988	12,743	0,2869
10021	93,2567	117,5357	4,2516	4,0913	14,068	12,692	0,3036
10022	94,2315	116,9629	4,3237	4,1711	14,154	12,636	0,3215
10023	94,9686	116,5356	4,3771	4,2303	14,217	12,593	0,3358
12001	94,5942	122,8015	4,1315	3,8693	13,855	12,587	0,0117
12002	94,5677	122,0290	4,1116	3,8679	13,854	12,589	0,0655
12003	94,5445	120,9540	4,0854	3,8661	13,852	12,590	0,1395
12004	94,5627	119,9142	4,0660	3,8687	13,855	12,589	0,2087
12005	94,5926	119,4557	4,0590	3,8709	13,857	12,587	0,2388
12006	94,6334	119,1061	4,0553	3,8740	13,860	12,585	0,2611
12007	94,7105	118,9228	4,0572	3,8793	13,866	12,581	0,2717
12008	94,8376	118,6558	4,0646	3,8913	13,879	12,574	0,2859
12009	95,7605	118,0574	4,1334	3,9682	13,959	12,523	0,3032
12010	96,6076	117,4989	4,1989	4,0413	14,036	12,474	0,3203
12011	97,4227	116,9538	4,2635	4,1132	14,110	12,425	0,3380
13001	97,1967	123,5047	4,0130	3,7426	13,739	12,424	0,0118
13002	97,1859	122,6905	3,9934	3,7424	13,739	12,424	0,0666
13003	97,1979	121,6598	3,9698	3,7422	13,739	12,424	0,1353
13004	97,2391	120,6008	3,9521	3,7470	13,743	12,421	0,2033
13005	97,3087	119,7334	3,9418	3,7539	13,751	12,418	0,2576
13006	97,3811	119,5040	3,9458	3,7621	13,759	12,414	0,2700
13007	97,5378	119,2440	3,9524	3,7732	13,770	12,405	0,2834
13008	98,1788	118,7535	4,0032	3,8308	13,829	12,369	0,2977
13009	99,1152	118,0416	4,0790	3,9163	13,916	12,313	0,3194
13010	100,0423	117,3422	4,1561	4,0028	14,003	12,256	0,3418

14001	99,9773	124,1691	3,9002	3,6225	13,622	12,260	0,0146
14002	99,9867	123,3113	3,8798	3,6226	13,623	12,260	0,0709
14003	99,9928	122,6368	3,8652	3,6234	13,623	12,259	0,1144
14004	100,0512	121,6964	3,8504	3,6289	13,629	12,256	0,1730
14005	100,1231	120,8314	3,8391	3,6354	13,635	12,252	0,2261
14006	100,1601	120,4248	3,8347	3,6390	13,639	12,250	0,2507
14007	100,2556	120,0931	3,8406	3,6509	13,651	12,244	0,2678
14008	100,3978	119,8176	3,8474	3,6625	13,662	12,236	0,2816
14009	100,8732	119,4100	3,8869	3,7076	13,707	12,208	0,2932
14010	101,6085	118,7723	3,9487	3,7783	13,777	12,164	0,3124
14011	102,2662	118,1899	4,0069	3,8444	13,842	12,122	0,3306
14012	102,7731	117,7410	4,0530	3,8966	13,893	12,089	0,3451
15000	102,9255	124,8507	3,7922	3,5069	13,503	12,098	0,0170
15001	102,9511	124,0355	3,7760	3,5101	13,506	12,096	0,0680
15002	103,0131	122,9457	3,7576	3,5162	13,512	12,093	0,1348
15003	103,1103	121,8038	3,7438	3,5264	13,522	12,087	0,2027
15004	103,1464	121,0676	3,7379	3,5351	13,531	12,084	0,2455
15005	103,3097	120,6831	3,7434	3,5476	13,543	12,075	0,2651
15006	103,4350	120,3974	3,7508	3,5599	13,555	12,067	0,2787
15007	104,1905	119,6377	3,8169	3,6367	13,629	12,020	0,3012
15008	105,0659	118,7290	3,8996	3,7321	13,720	11,962	0,3292
15009	105,6878	118,1096	3,9590	3,7999	13,785	11,920	0,3489
16001	106,0584	125,5024	3,6946	3,4021	13,387	11,936	0,0192
16002	106,1159	124,6230	3,6805	3,4086	13,393	11,932	0,0717
16003	106,2001	123,5497	3,6660	3,4180	13,402	11,927	0,1346
16004	106,2838	122,6339	3,6559	3,4273	13,411	11,921	0,1874
16005	106,3757	121,7409	3,6485	3,4378	13,421	11,915	0,2381
16006	106,5329	121,2634	3,6567	3,4546	13,436	11,905	0,2612
16007	106,6422	120,9516	3,6642	3,4675	13,449	11,898	0,2757
16008	107,4856	119,9432	3,7437	3,5615	13,537	11,841	0,3063
16009	108,2239	119,0493	3,8185	3,6488	13,618	11,789	0,3344
16010	108,7198	118,4420	3,8731	3,7117	13,677	11,752	0,3536
17001	109,4186	126,1278	3,6058	3,3064	13,270	11,772	0,0213
17002	109,4990	125,2986	3,5967	3,3164	13,280	11,766	0,0680
17003	109,5697	124,3618	3,5856	3,3263	13,289	11,761	0,1211
17004	109,6691	123,3677	3,5770	3,3387	13,300	11,754	0,1763
17005	109,7730	122,3574	3,5700	3,3521	13,313	11,746	0,2319
17006	109,9414	121,8129	3,5801	3,3720	13,331	11,735	0,2572
17007	110,0366	121,5013	3,5873	3,3846	13,343	11,728	0,2713
17008	110,5818	120,6948	3,6437	3,4529	13,405	11,688	0,2963
17009	111,4312	119,4453	3,7366	3,5636	13,506	11,623	0,3363
17010	111,9165	118,7375	3,7936	3,6305	13,567	11,583	0,3595
18001	112,9654	126,7008	3,5286	3,2228	13,156	11,607	0,0231
18002	113,0693	125,7297	3,5204	3,2368	13,169	11,599	0,0756
18003	113,1840	124,6697	3,5125	3,2521	13,183	11,590	0,1327
18004	113,3005	123,6081	3,5064	3,2681	13,197	11,581	0,1893
18005	113,3584	123,0310	3,5028	3,2761	13,204	11,577	0,2203
18006	113,5292	122,3053	3,5142	3,3007	13,226	11,563	0,2538
18007	113,6057	121,9881	3,5217	3,3137	13,238	11,556	0,2677
18008	114,0682	121,1333	3,5754	3,3802	13,298	11,518	0,2948
18009	114,6404	120,0878	3,6464	3,4664	13,375	11,469	0,3284
18010	114,9714	119,4784	3,6889	3,5176	13,421	11,439	0,3489

18011	115,2458	119,0039	3,7251	3,5604	13,459	11,414	0,3645
19001	116,7138	127,2263	3,4653	3,1532	13,045	11,441	0,0228
19002	116,7974	126,3217	3,4603	3,1687	13,059	11,433	0,0697
19003	116,8874	125,3186	3,4555	3,1858	13,074	11,424	0,1217
19004	116,9936	124,2643	3,4514	3,2037	13,090	11,414	0,1761
19005	117,0709	123,4804	3,4506	3,2185	13,104	11,406	0,2160
19006	117,2371	122,7236	3,4628	3,2445	13,126	11,391	0,2501
19007	117,3134	122,3907	3,4705	3,2581	13,138	11,384	0,2644
19008	117,6802	121,5081	3,5209	3,3219	13,195	11,348	0,2930
19009	118,1725	120,3422	3,5921	3,4103	13,272	11,299	0,3316
19010	118,4180	119,7334	3,6317	3,4586	13,315	11,272	0,3522
19011	118,6447	119,2403	3,6659	3,4997	13,351	11,249	0,3689
20001	120,6187	127,6238	3,4159	3,0993	12,938	11,273	0,0239
20002	120,7114	126,6434	3,4132	3,1186	12,955	11,262	0,0729
20003	120,8279	125,4391	3,4111	3,1424	12,976	11,249	0,1329
20004	120,9243	124,3813	3,4103	3,1632	12,994	11,238	0,1856
20005	120,9691	123,9477	3,4112	3,1727	13,002	11,233	0,2069
20006	121,1054	123,0530	3,4254	3,2033	13,029	11,216	0,2465
20007	121,1576	122,7263	3,4328	3,2164	13,040	11,210	0,2604
20008	121,3783	121,9896	3,4689	3,2640	13,082	11,183	0,2855
20009	121,8161	120,5987	3,5448	3,3609	13,165	11,130	0,3329
20010	121,9705	120,0598	3,5771	3,4010	13,200	11,108	0,3514
20011	122,1952	119,4555	3,6172	3,4496	13,242	11,081	0,3717
21001	124,6953	127,9002	3,3802	3,0607	12,833	11,101	0,0256
21002	124,7616	127,0841	3,3809	3,0795	12,850	11,091	0,0646
21003	124,8422	126,1746	3,3824	3,1005	12,867	11,080	0,1082
21004	124,9082	125,2530	3,3846	3,1218	12,886	11,069	0,1524
21005	124,9774	124,4809	3,3878	3,1404	12,902	11,058	0,1891
21006	124,9965	124,3826	3,3883	3,1428	12,904	11,056	0,1938
21007	125,0511	123,7555	3,3965	3,1628	12,921	11,046	0,2218
21008	125,1030	123,2693	3,4045	3,1796	12,936	11,037	0,2431
21009	125,1279	122,9415	3,4111	3,1920	12,947	11,032	0,2572
21010	125,2420	122,3589	3,4342	3,2246	12,974	11,014	0,2785
21011	125,3900	121,6117	3,4675	3,2696	13,013	10,989	0,3053
21012	125,5897	120,6988	3,5132	3,3291	13,064	10,957	0,3378
21013	125,7067	120,1905	3,5429	3,3662	13,095	10,936	0,3551
21014	125,8846	119,6300	3,5801	3,4112	13,133	10,910	0,3735
22001	128,8183	128,0285	3,3609	3,0404	12,734	10,929	0,0276
22002	128,8492	127,4826	3,3628	3,0543	12,746	10,922	0,0530
22003	128,8896	126,8277	3,3666	3,0721	12,761	10,912	0,0829
22004	128,9346	125,8866	3,3717	3,0968	12,782	10,899	0,1265
22005	128,9694	125,2586	3,3757	3,1135	12,797	10,891	0,1555
22006	129,0005	124,7863	3,3783	3,1255	12,807	10,884	0,1777
22007	129,0032	124,7248	3,3790	3,1273	12,808	10,883	0,1804
22008	129,0344	124,2054	3,3861	3,1443	12,823	10,874	0,2033
22009	129,0498	123,7271	3,3937	3,1607	12,837	10,866	0,2242
22010	129,0859	123,3131	3,4004	3,1749	12,849	10,858	0,2424
22011	129,1148	122,9705	3,4071	3,1877	12,860	10,851	0,2572
22012	129,1887	122,2132	3,4315	3,2247	12,892	10,832	0,2868
22013	129,2771	121,3636	3,4642	3,2710	12,931	10,807	0,3192
22014	129,4146	120,5245	3,5060	3,3254	12,977	10,777	0,3492
22015	129,5083	119,9433	3,5412	3,3689	13,013	10,753	0,3687

22016	129,5526	119,7587	3,5535	3,3837	13,026	10,744	0,3747
23001	133,0371	128,0252	3,3567	3,0367	12,637	10,753	0,0296
23002	133,0364	127,5179	3,3616	3,0524	12,651	10,745	0,0518
23003	133,0556	126,9334	3,3676	3,0707	12,666	10,735	0,0774
23004	133,0833	126,2423	3,3738	3,0912	12,683	10,724	0,1083
23005	133,0906	125,5576	3,3809	3,1121	12,701	10,713	0,1389
23006	133,1129	124,8240	3,3882	3,1339	12,719	10,701	0,1721
23007	133,1309	124,1925	3,3981	3,1557	12,738	10,690	0,1995
23008	133,1457	123,4150	3,4106	3,1825	12,761	10,676	0,2337
23009	133,1805	122,6838	3,4247	3,2096	12,783	10,661	0,2654
23010	133,2160	121,9340	3,4448	3,2424	12,811	10,643	0,2965
23011	133,2453	121,2320	3,4693	3,2781	12,841	10,624	0,3243
23012	133,2800	120,5265	3,5010	3,3206	12,877	10,601	0,3506
23013	133,3015	120,0656	3,5254	3,3517	12,904	10,585	0,3671
23014	133,3148	119,8497	3,5385	3,3679	12,917	10,576	0,3745
24001	137,2035	127,8787	3,3712	3,0531	12,546	10,575	0,0304
24002	137,2034	127,8642	3,3702	3,0525	12,546	10,575	0,0315
24003	137,1945	127,4262	3,3773	3,0687	12,560	10,566	0,0496
24004	137,1834	127,0050	3,3845	3,0845	12,573	10,558	0,0670
24005	137,1657	126,6077	3,3905	3,0987	12,585	10,551	0,0838
24006	137,1652	126,1925	3,3958	3,1124	12,597	10,543	0,1019
24007	137,1650	125,7480	3,4017	3,1272	12,609	10,535	0,1214
24008	137,1555	125,3218	3,4071	3,1411	12,621	10,528	0,1403
24009	137,1441	124,8644	3,4128	3,1558	12,634	10,520	0,1607
24010	137,1449	124,4500	3,4184	3,1694	12,645	10,513	0,1792
24011	137,1444	124,0261	3,4248	3,1838	12,657	10,505	0,1979
24012	137,1399	123,5475	3,4324	3,2003	12,671	10,496	0,2192
24013	137,1394	123,0819	3,4400	3,2164	12,684	10,487	0,2399
24014	137,1345	122,6232	3,4494	3,2339	12,699	10,478	0,2598
24015	137,1249	122,1346	3,4607	3,2536	12,716	10,467	0,2808
24016	137,1180	121,6850	3,4727	3,2732	12,732	10,457	0,2998
24017	137,1021	121,2007	3,4863	3,2948	12,751	10,446	0,3203
24018	137,0903	120,6532	3,5051	3,3223	12,774	10,431	0,3427
24019	137,0792	120,3268	3,5176	3,3398	12,789	10,422	0,3558
24020	137,0616	119,9309	3,5350	3,3632	12,809	10,410	0,3713
25001	141,3620	127,5243	3,4069	3,0934	12,463	10,388	0,0325
25002	141,3210	127,0553	3,4176	3,1136	12,480	10,377	0,0509
25003	141,2657	126,5793	3,4271	3,1327	12,497	10,368	0,0704
25004	141,2329	126,1061	3,4351	3,1503	12,512	10,358	0,0905
25005	141,1965	125,6436	3,4421	3,1666	12,526	10,350	0,1107
25006	141,1716	125,1842	3,4483	3,1820	12,539	10,342	0,1312
25007	141,1438	124,7277	3,4545	3,1972	12,552	10,334	0,1517
25008	141,1151	124,2039	3,4617	3,2145	12,567	10,324	0,1754
25009	141,0944	123,7496	3,4678	3,2293	12,580	10,316	0,1961
25010	141,0709	123,2863	3,4744	3,2446	12,592	10,308	0,2173
25011	141,0489	122,8519	3,4813	3,2594	12,605	10,300	0,2370
25012	141,0250	122,4027	3,4890	3,2752	12,618	10,291	0,2574
25013	140,9984	121,9336	3,4980	3,2924	12,633	10,282	0,2785
25014	140,9734	121,5006	3,5070	3,3089	12,647	10,273	0,2980
25015	140,9368	121,0228	3,5179	3,3278	12,663	10,264	0,3193
25016	140,9107	120,5888	3,5283	3,3454	12,678	10,254	0,3387
25017	140,8651	119,9681	3,5444	3,3715	12,700	10,240	0,3664

26001	145,2985	126,9415	3,4711	3,1649	12,397	10,192	0,0345
26002	145,2171	126,5094	3,4813	3,1838	12,414	10,183	0,0519
26003	145,1375	126,0712	3,4906	3,2020	12,430	10,174	0,0701
26004	145,0876	125,6666	3,4974	3,2170	12,443	10,166	0,0878
26005	145,0323	125,2320	3,5037	3,2321	12,457	10,159	0,1074
26006	144,9844	124,7943	3,5097	3,2469	12,469	10,151	0,1274
26007	144,9471	124,3869	3,5151	3,2603	12,481	10,144	0,1462
26008	144,9117	124,0051	3,5195	3,2722	12,491	10,137	0,1641
26009	144,8844	123,6337	3,5241	3,2840	12,501	10,131	0,1816
26010	144,8501	123,2443	3,5285	3,2959	12,511	10,124	0,2001
26011	144,8171	122,8333	3,5326	3,3078	12,521	10,118	0,2200
26012	144,7920	122,4194	3,5376	3,3205	12,532	10,111	0,2398
26013	144,7662	122,0859	3,5413	3,3303	12,540	10,105	0,2559
26014	144,7356	121,7063	3,5460	3,3419	12,550	10,099	0,2742
26015	144,7050	121,3061	3,5509	3,3539	12,560	10,093	0,2937
26016	144,6804	120,8808	3,5567	3,3671	12,571	10,085	0,3142
26017	144,6460	120,4662	3,5619	3,3794	12,582	10,079	0,3345
26018	144,6139	120,0760	3,5666	3,3907	12,592	10,073	0,3538
27001	148,9442	126,1396	3,5672	3,2707	12,351	9,985	0,0361
27002	148,8718	125,8390	3,5728	3,2825	12,362	9,979	0,0494
27003	148,7945	125,4377	3,5795	3,2975	12,375	9,972	0,0675
27004	148,7179	125,0218	3,5844	3,3111	12,388	9,965	0,0872
27005	148,6581	124,5942	3,5887	3,3242	12,400	9,958	0,1078
27006	148,6017	124,2230	3,5923	3,3354	12,410	9,953	0,1259
27007	148,5607	123,7882	3,5954	3,3473	12,420	9,946	0,1476
27008	148,5197	123,3687	3,5982	3,3585	12,429	9,940	0,1687
27009	148,4834	122,9361	3,6003	3,3692	12,438	9,934	0,1908
27010	148,4504	122,4913	3,6021	3,3796	12,447	9,928	0,2137
27011	148,4127	122,0384	3,6034	3,3896	12,456	9,923	0,2373
27012	148,3904	121,6156	3,6049	3,3991	12,464	9,917	0,2594
27013	148,3751	121,1806	3,6065	3,4087	12,471	9,911	0,2821
27014	148,3561	120,7911	3,6068	3,4162	12,477	9,907	0,3029
27015	148,3290	120,5032	3,6071	3,4216	12,482	9,904	0,3183
28001	152,2479	125,2131	3,6914	3,4057	12,322	9,767	0,0360
28002	152,1723	124,8281	3,6913	3,4141	12,330	9,764	0,0566
28003	152,0991	124,4533	3,6923	3,4232	12,339	9,760	0,0764
28004	152,0472	124,0775	3,6934	3,4324	12,348	9,755	0,0962
28005	151,9962	123,6762	3,6933	3,4408	12,356	9,751	0,1179
28006	151,9638	123,2458	3,6920	3,4486	12,362	9,746	0,1416
28007	151,9445	122,8742	3,6907	3,4550	12,367	9,742	0,1623
28008	151,9249	122,5096	3,6893	3,4611	12,372	9,739	0,1825
28009	151,9034	122,2075	3,6879	3,4658	12,376	9,736	0,1995
101	147,2953	121,3116	3,5879	3,3887	12,496	9,967	0,2812
102	149,7143	121,0265	3,6310	3,4347	12,440	9,841	0,2824
103	150,2163	121,6768	3,6422	3,4331	12,419	9,823	0,2437
104	146,9412	122,1276	3,5761	3,3622	12,489	9,998	0,2419
501	79,5860	126,4199	3,5926	3,2876	13,120	13,295	0,0115
502	96,4335	121,1937	4,0002	3,7806	13,775	12,471	0,1528
503	108,9433	119,7919	3,7386	3,5594	13,524	11,761	0,3163
504	126,5730	125,1117	3,3790	3,1195	12,852	10,994	0,1614
505	139,3250	122,4358	3,4716	3,2582	12,656	10,372	0,2617
506	125,2963	130,8939	3,0935	2,7363	12,523	11,200	0,0170

1	92,5662	116,1091	4,5000	4,3567	14,327	12,767	0,3334
2	93,8131	116,3312	4,4334	4,2883	14,268	12,675	0,3351
3	96,1433	116,7465	4,3190	4,1704	14,163	12,511	0,3369
4	98,6822	117,1395	4,2105	4,0588	14,058	12,343	0,3401
5	101,4348	117,5497	4,1026	3,9477	13,947	12,170	0,3433
6	104,1337	117,9197	4,0069	3,8492	13,841	12,009	0,3470
7	107,2091	118,2873	3,9131	3,7528	13,729	11,835	0,3513
8	110,1684	118,5877	3,8342	3,6719	13,625	11,675	0,3563
9	113,5714	118,8822	3,7571	3,5930	13,512	11,499	0,3619
10	116,9222	119,1244	3,6936	3,5282	13,404	11,332	0,3670
11	120,3675	119,3525	3,6400	3,4731	13,297	11,167	0,3704
12	123,3495	119,5320	3,6029	3,4347	13,206	11,027	0,3719
13	124,6824	119,5895	3,5897	3,4211	13,167	10,966	0,3728
14	126,7117	119,6646	3,5732	3,4041	13,109	10,872	0,3737
15	127,9427	119,7140	3,5632	3,3937	13,072	10,817	0,3741
16	129,0444	119,7539	3,5560	3,3862	13,040	10,767	0,3742
17	130,5383	119,7858	3,5486	3,3786	12,997	10,700	0,3748
18	132,1945	119,8251	3,5421	3,3717	12,950	10,626	0,3747
19	134,2056	119,8660	3,5367	3,3659	12,892	10,536	0,3742
20	135,9763	119,9029	3,5347	3,3634	12,840	10,458	0,3728
21	138,0520	119,9311	3,5376	3,3656	12,782	10,365	0,3705
22	139,7917	119,9539	3,5409	3,3684	12,732	10,288	0,3682
23	141,7571	119,9586	3,5489	3,3759	12,675	10,200	0,3655
24	143,4842	120,0211	3,5594	3,3848	12,625	10,123	0,3590
25	145,3731	120,1264	3,5747	3,3975	12,571	10,037	0,3486
26	146,6117	120,2413	3,5874	3,4076	12,534	9,981	0,3385
27	147,6866	120,3789	3,5997	3,4168	12,502	9,932	0,3273
28	148,9002	120,6200	3,6172	3,4291	12,466	9,876	0,3088
29	149,6814	120,8652	3,6310	3,4377	12,443	9,840	0,2911
30	150,5139	121,2290	3,6495	3,4485	12,419	9,801	0,2655
31	151,2455	121,6698	3,6679	3,4575	12,396	9,767	0,2355
32	151,7339	122,0536	3,6829	3,4641	12,382	9,744	0,2095
33	152,1533	122,4324	3,6971	3,4699	12,369	9,724	0,1841
34	152,5202	122,8060	3,7109	3,4753	12,358	9,706	0,1589
35	152,9900	123,2837	3,7289	3,4823	12,344	9,684	0,1264
36	153,3443	123,6848	3,7443	3,4881	12,334	9,666	0,0989
37	153,7203	124,1007	3,7621	3,4957	12,323	9,647	0,0695
38	154,0976	124,5541	3,7796	3,5019	12,312	9,629	0,0381
39	153,1177	124,9253	3,7290	3,4468	12,315	9,705	0,0370
40	150,9569	125,6180	3,6365	3,3460	12,330	9,858	0,0358
41	147,2775	126,5507	3,5180	3,2165	12,370	10,084	0,0350
42	143,1495	127,3045	3,4313	3,1205	12,431	10,302	0,0330
43	139,3359	127,7181	3,3860	3,0701	12,502	10,480	0,0319
44	135,3044	127,9738	3,3612	3,0419	12,586	10,657	0,0301
45	131,2087	128,0565	3,3567	3,0360	12,678	10,830	0,0281
46	127,0711	127,9972	3,3658	3,0455	12,774	11,003	0,0270
47	122,6197	127,7882	3,3946	3,0763	12,884	11,189	0,0249
48	118,5448	127,4490	3,4389	3,1242	12,993	11,362	0,0228
49	114,5735	126,9665	3,4983	3,1891	13,106	11,535	0,0221
50	110,9819	126,4148	3,5682	3,2654	13,217	11,698	0,0216
51	107,6357	125,8274	3,6498	3,3535	13,329	11,858	0,0196
52	104,5045	125,2091	3,7383	3,4490	13,440	12,015	0,0181

53	101,3009	124,4926	3,8473	3,5661	13,565	12,186	0,0161
54	98,4900	123,8452	3,9539	3,6798	13,679	12,346	0,0134
55	95,7905	123,1382	4,0724	3,8064	13,798	12,511	0,0122
56	93,3282	122,4869	4,1917	3,9329	13,911	12,670	0,0100
57	91,1589	121,8291	4,3113	4,0603	14,021	12,821	0,0105
58	89,5192	121,3194	4,4133	4,1681	14,112	12,942	0,0095
59	89,5023	120,9407	4,4007	4,1648	14,108	12,943	0,0384
60	89,5058	120,6034	4,3868	4,1591	14,103	12,941	0,0649
61	89,4880	120,1800	4,3701	4,1524	14,096	12,942	0,0978
62	89,4632	119,8451	4,3576	4,1476	14,091	12,942	0,1235
63	89,4484	119,4968	4,3462	4,1440	14,087	12,943	0,1497
64	89,4516	119,0917	4,3341	4,1407	14,084	12,942	0,1796
65	89,4867	118,6817	4,3233	4,1385	14,082	12,939	0,2095
66	89,5481	118,2605	4,3137	4,1375	14,082	12,935	0,2396
67	89,6363	117,9013	4,3079	4,1387	14,084	12,930	0,2645
68	89,6954	117,7674	4,3088	4,1421	14,088	12,927	0,2730
69	89,8375	117,5371	4,3135	4,1509	14,098	12,919	0,2867
70	90,5322	117,1829	4,3558	4,1981	14,152	12,881	0,2986
71	91,4965	116,6892	4,4199	4,2689	14,231	12,828	0,3145
72	92,2419	116,2838	4,4722	4,3267	14,295	12,785	0,3285
S3	74,9454	114,6007	6,3373	6,1714	15,700	14,626	0,0193
S4	235,8672	114,6305	6,3370	6,1704	6,705	7,042	0,0164
1001	202,3306	136,1924	2,7020	2,2770	9,917	9,984	0,0053
1002	203,9728	136,1037	2,7073	2,2835	9,858	9,980	0,0056
1003	206,1361	135,8668	2,7253	2,3041	9,778	9,966	0,0045
1004	208,1121	135,5706	2,7449	2,3275	9,704	9,950	0,0049
1005	202,0449	136,2103	2,7000	2,2749	9,927	9,985	0,0057
1006	202,0226	134,4241	2,6682	2,2875	9,927	9,973	0,0865
1007	201,9916	132,8007	2,6471	2,3034	9,928	9,957	0,1557
1008	201,9706	130,8301	2,6239	2,3222	9,928	9,938	0,2384

ΠΙΝΑΚΑΣ :ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΓΕΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ LEICA TCR303 ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΣΤΡΟΦΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΚΑΤΑ 200g ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕ ΤΟ TOPCON IS.

A/A	ρ	θ	sd	hd	x	y	z	ρ+200
10001	89,8882	121,4355	4,3904	4,1439	5,908	11,604	0,009	289,8882
10002	89,8442	120,9457	4,3741	4,1395	5,913	11,601	0,047	289,8442
10003	89,7755	120,3544	4,3550	4,1343	5,919	11,598	0,091	289,7755
10004	89,7091	119,8175	4,3391	4,1306	5,923	11,594	0,131	289,7091
10005	89,6708	119,2950	4,3254	4,1282	5,926	11,592	0,169	289,6708
10006	89,6624	118,8098	4,3145	4,1275	5,927	11,592	0,204	289,6624
10007	89,6817	118,3257	4,3059	4,1287	5,925	11,593	0,238	289,6817
10008	89,7702	117,7943	4,3021	4,1351	5,918	11,597	0,273	289,7702
10009	89,9002	117,5511	4,3014	4,1390	5,913	11,605	0,289	289,9002
10010	91,0339	116,9491	4,3231	4,1708	5,871	11,674	0,323	291,0339
10011	91,4523	116,7315	4,3437	4,1945	5,843	11,698	0,331	291,4523
10012	92,5730	116,1050	4,4989	4,3557	5,674	11,752	0,334	292,5730

10013	92,1572	122,1289	4,2561	4,0016	6,029	11,767	0,010	292,1572
10014	92,1367	121,7202	4,2451	4,0004	6,030	11,766	0,040	292,1367
10015	92,0553	120,5690	4,2123	3,9943	6,037	11,762	0,123	292,0553
10016	92,0313	119,6840	4,1927	3,9939	6,037	11,760	0,184	292,0313
10017	92,0421	118,9784	4,1806	3,9962	6,035	11,761	0,232	292,0421
10018	92,1002	118,5152	4,1750	3,9997	6,031	11,764	0,263	292,1002
10019	92,1744	118,3487	4,1770	4,0047	6,026	11,768	0,273	292,1744
10020	92,3090	118,0882	4,1849	4,0171	6,012	11,775	0,287	292,3090
10021	93,2567	117,5357	4,2516	4,0913	5,932	11,826	0,304	293,2567
10022	94,2315	116,9629	4,3237	4,1711	5,846	11,882	0,322	294,2315
10023	94,9686	116,5356	4,3771	4,2303	5,783	11,925	0,336	294,9686
12001	94,5942	122,8015	4,1315	3,8693	6,145	11,931	0,012	294,5942
12002	94,5677	122,0290	4,1116	3,8679	6,146	11,929	0,065	294,5677
12003	94,5445	120,9540	4,0854	3,8661	6,148	11,928	0,139	294,5445
12004	94,5627	119,9142	4,0660	3,8687	6,145	11,929	0,209	294,5627
12005	94,5926	119,4557	4,0590	3,8709	6,143	11,931	0,239	294,5926
12006	94,6334	119,1061	4,0553	3,8740	6,140	11,933	0,261	294,6334
12007	94,7105	118,9228	4,0572	3,8793	6,134	11,937	0,272	294,7105
12008	94,8376	118,6558	4,0646	3,8913	6,121	11,944	0,286	294,8376
12009	95,7605	118,0574	4,1334	3,9682	6,041	11,995	0,303	295,7605
12010	96,6076	117,4989	4,1989	4,0413	5,964	12,044	0,320	296,6076
12011	97,4227	116,9538	4,2635	4,1132	5,890	12,093	0,338	297,4227
13001	97,1967	123,5047	4,0130	3,7426	6,261	12,094	0,012	297,1967
13002	97,1859	122,6905	3,9934	3,7424	6,261	12,094	0,067	297,1859
13003	97,1979	121,6598	3,9698	3,7422	6,261	12,094	0,135	297,1979
13004	97,2391	120,6008	3,9521	3,7470	6,257	12,097	0,203	297,2391
13005	97,3087	119,7334	3,9418	3,7539	6,249	12,100	0,258	297,3087
13006	97,3811	119,5040	3,9458	3,7621	6,241	12,104	0,270	297,3811
13007	97,5378	119,2440	3,9524	3,7732	6,230	12,113	0,283	297,5378
13008	98,1788	118,7535	4,0032	3,8308	6,171	12,149	0,298	298,1788
13009	99,1152	118,0416	4,0790	3,9163	6,084	12,205	0,319	299,1152
13010	100,0423	117,3422	4,1561	4,0028	5,997	12,262	0,342	300,0423
14001	99,9773	124,1691	3,9002	3,6225	6,378	12,258	0,015	299,9773
14002	99,9867	123,3113	3,8798	3,6226	6,377	12,258	0,071	299,9867
14003	99,9928	122,6368	3,8652	3,6234	6,377	12,259	0,114	299,9928
14004	100,0512	121,6964	3,8504	3,6289	6,371	12,262	0,173	300,0512
14005	100,1231	120,8314	3,8391	3,6354	6,365	12,266	0,226	300,1231
14006	100,1601	120,4248	3,8347	3,6390	6,361	12,268	0,251	300,1601
14007	100,2556	120,0931	3,8406	3,6509	6,349	12,274	0,268	300,2556
14008	100,3978	119,8176	3,8474	3,6625	6,338	12,282	0,282	300,3978
14009	100,8732	119,4100	3,8869	3,7076	6,293	12,310	0,293	300,8732
14010	101,6085	118,7723	3,9487	3,7783	6,223	12,354	0,312	301,6085
14011	102,2662	118,1899	4,0069	3,8444	6,158	12,396	0,331	302,2662
14012	102,7731	117,7410	4,0530	3,8966	6,107	12,429	0,345	302,7731
15000	102,9255	124,8507	3,7922	3,5069	6,497	12,420	0,017	302,9255
15001	102,9511	124,0355	3,7760	3,5101	6,494	12,422	0,068	302,9511
15002	103,0131	122,9457	3,7576	3,5162	6,488	12,425	0,135	303,0131
15003	103,1103	121,8038	3,7438	3,5264	6,478	12,431	0,203	303,1103
15004	103,1464	121,0676	3,7379	3,5351	6,469	12,434	0,245	303,1464
15005	103,3097	120,6831	3,7434	3,5476	6,457	12,443	0,265	303,3097
15006	103,4350	120,3974	3,7508	3,5599	6,445	12,451	0,279	303,4350
15007	104,1905	119,6377	3,8169	3,6367	6,371	12,498	0,301	304,1905
15008	105,0659	118,7290	3,8996	3,7321	6,280	12,556	0,329	305,0659

15009	105,6878	118,1096	3,9590	3,7999	6,215	12,598	0,349	305,6878
16001	106,0584	125,5024	3,6946	3,4021	6,613	12,582	0,019	306,0584
16002	106,1159	124,6230	3,6805	3,4086	6,607	12,586	0,072	306,1159
16003	106,2001	123,5497	3,6660	3,4180	6,598	12,591	0,135	306,2001
16004	106,2838	122,6339	3,6559	3,4273	6,589	12,597	0,187	306,2838
16005	106,3757	121,7409	3,6485	3,4378	6,579	12,603	0,238	306,3757
16006	106,5329	121,2634	3,6567	3,4546	6,564	12,613	0,261	306,5329
16007	106,6422	120,9516	3,6642	3,4675	6,551	12,620	0,276	306,6422
16008	107,4856	119,9432	3,7437	3,5615	6,463	12,677	0,306	307,4856
16009	108,2239	119,0493	3,8185	3,6488	6,382	12,729	0,334	308,2239
16010	108,7198	118,4420	3,8731	3,7117	6,323	12,766	0,354	308,7198
17001	109,4186	126,1278	3,6058	3,3064	6,730	12,746	0,021	309,4186
17002	109,4990	125,2986	3,5967	3,3164	6,720	12,752	0,068	309,4990
17003	109,5697	124,3618	3,5856	3,3263	6,711	12,757	0,121	309,5697
17004	109,6691	123,3677	3,5770	3,3387	6,700	12,764	0,176	309,6691
17005	109,7730	122,3574	3,5700	3,3521	6,687	12,772	0,232	309,7730
17006	109,9414	121,8129	3,5801	3,3720	6,669	12,783	0,257	309,9414
17007	110,0366	121,5013	3,5873	3,3846	6,657	12,790	0,271	310,0366
17008	110,5818	120,6948	3,6437	3,4529	6,595	12,830	0,296	310,5818
17009	111,4312	119,4453	3,7366	3,5636	6,494	12,895	0,336	311,4312
17010	111,9165	118,7375	3,7936	3,6305	6,433	12,935	0,359	311,9165
18001	112,9654	126,7008	3,5286	3,2228	6,844	12,911	0,023	312,9654
18002	113,0693	125,7297	3,5204	3,2368	6,831	12,919	0,076	313,0693
18003	113,1840	124,6697	3,5125	3,2521	6,817	12,928	0,133	313,1840
18004	113,3005	123,6081	3,5064	3,2681	6,803	12,937	0,189	313,3005
18005	113,3584	123,0310	3,5028	3,2761	6,796	12,941	0,220	313,3584
18006	113,5292	122,3053	3,5142	3,3007	6,774	12,955	0,254	313,5292
18007	113,6057	121,9881	3,5217	3,3137	6,762	12,962	0,268	313,6057
18008	114,0682	121,1333	3,5754	3,3802	6,702	13,000	0,295	314,0682
18009	114,6404	120,0878	3,6464	3,4664	6,625	13,049	0,328	314,6404
18010	114,9714	119,4784	3,6889	3,5176	6,579	13,079	0,349	314,9714
18011	115,2458	119,0039	3,7251	3,5604	6,541	13,104	0,364	315,2458
19001	116,7138	127,2263	3,4653	3,1532	6,955	13,077	0,023	316,7138
19002	116,7974	126,3217	3,4603	3,1687	6,941	13,085	0,070	316,7974
19003	116,8874	125,3186	3,4555	3,1858	6,926	13,094	0,122	316,8874
19004	116,9936	124,2643	3,4514	3,2037	6,910	13,104	0,176	316,9936
19005	117,0709	123,4804	3,4506	3,2185	6,896	13,112	0,216	317,0709
19006	117,2371	122,7236	3,4628	3,2445	6,874	13,127	0,250	317,2371
19007	117,3134	122,3907	3,4705	3,2581	6,862	13,134	0,264	317,3134
19008	117,6802	121,5081	3,5209	3,3219	6,805	13,170	0,293	317,6802
19009	118,1725	120,3422	3,5921	3,4103	6,728	13,219	0,332	318,1725
19010	118,4180	119,7334	3,6317	3,4586	6,685	13,246	0,352	318,4180
19011	118,6447	119,2403	3,6659	3,4997	6,649	13,269	0,369	318,6447
20001	120,6187	127,6238	3,4159	3,0993	7,062	13,245	0,024	320,6187
20002	120,7114	126,6434	3,4132	3,1186	7,045	13,256	0,073	320,7114
20003	120,8279	125,4391	3,4111	3,1424	7,024	13,269	0,133	320,8279
20004	120,9243	124,3813	3,4103	3,1632	7,006	13,280	0,186	320,9243
20005	120,9691	123,9477	3,4112	3,1727	6,998	13,285	0,207	320,9691
20006	121,1054	123,0530	3,4254	3,2033	6,971	13,302	0,247	321,1054
20007	121,1576	122,7263	3,4328	3,2164	6,960	13,308	0,260	321,1576
20008	121,3783	121,9896	3,4689	3,2640	6,918	13,335	0,285	321,3783
20009	121,8161	120,5987	3,5448	3,3609	6,835	13,388	0,333	321,8161
20010	121,9705	120,0598	3,5771	3,4010	6,800	13,410	0,351	321,9705

20011	122,1952	119,4555	3,6172	3,4496	6,758	13,437	0,372	322,1952
21001	124,6953	127,9002	3,3802	3,0607	7,167	13,417	0,026	324,6953
21002	124,7616	127,0841	3,3809	3,0795	7,150	13,427	0,065	324,7616
21003	124,8422	126,1746	3,3824	3,1005	7,133	13,438	0,108	324,8422
21004	124,9082	125,2530	3,3846	3,1218	7,114	13,449	0,152	324,9082
21005	124,9774	124,4809	3,3878	3,1404	7,098	13,460	0,189	324,9774
21006	124,9965	124,3826	3,3883	3,1428	7,096	13,462	0,194	324,9965
21007	125,0511	123,7555	3,3965	3,1628	7,079	13,472	0,222	325,0511
21008	125,1030	123,2693	3,4045	3,1796	7,064	13,481	0,243	325,1030
21009	125,1279	122,9415	3,4111	3,1920	7,053	13,486	0,257	325,1279
21010	125,2420	122,3589	3,4342	3,2246	7,026	13,504	0,279	325,2420
21011	125,3900	121,6117	3,4675	3,2696	6,987	13,529	0,305	325,3900
21012	125,5897	120,6988	3,5132	3,3291	6,936	13,561	0,338	325,5897
21013	125,7067	120,1905	3,5429	3,3662	6,905	13,582	0,355	325,7067
21014	125,8846	119,6300	3,5801	3,4112	6,867	13,608	0,373	325,8846
22001	128,8183	128,0285	3,3609	3,0404	7,266	13,589	0,028	328,8183
22002	128,8492	127,4826	3,3628	3,0543	7,254	13,596	0,053	328,8492
22003	128,8896	126,8277	3,3666	3,0721	7,239	13,606	0,083	328,8896
22004	128,9346	125,8866	3,3717	3,0968	7,218	13,619	0,126	328,9346
22005	128,9694	125,2586	3,3757	3,1135	7,203	13,627	0,156	328,9694
22006	129,0005	124,7863	3,3783	3,1255	7,193	13,634	0,178	329,0005
22007	129,0032	124,7248	3,3790	3,1273	7,192	13,635	0,180	329,0032
22008	129,0344	124,2054	3,3861	3,1443	7,177	13,644	0,203	329,0344
22009	129,0498	123,7271	3,3937	3,1607	7,163	13,652	0,224	329,0498
22010	129,0859	123,3131	3,4004	3,1749	7,151	13,660	0,242	329,0859
22011	129,1148	122,9705	3,4071	3,1877	7,140	13,667	0,257	329,1148
22012	129,1887	122,2132	3,4315	3,2247	7,108	13,686	0,287	329,1887
22013	129,2771	121,3636	3,4642	3,2710	7,069	13,711	0,319	329,2771
22014	129,4146	120,5245	3,5060	3,3254	7,023	13,741	0,349	329,4146
22015	129,5083	119,9433	3,5412	3,3689	6,987	13,765	0,369	329,5083
22016	129,5526	119,7587	3,5535	3,3837	6,974	13,774	0,375	329,5526
23001	133,0371	128,0252	3,3567	3,0367	7,363	13,765	0,030	333,0371
23002	133,0364	127,5179	3,3616	3,0524	7,349	13,773	0,052	333,0364
23003	133,0556	126,9334	3,3676	3,0707	7,334	13,783	0,077	333,0556
23004	133,0833	126,2423	3,3738	3,0912	7,317	13,794	0,108	333,0833
23005	133,0906	125,5576	3,3809	3,1121	7,299	13,805	0,139	333,0906
23006	133,1129	124,8240	3,3882	3,1339	7,281	13,817	0,172	333,1129
23007	133,1309	124,1925	3,3981	3,1557	7,262	13,828	0,200	333,1309
23008	133,1457	123,4150	3,4106	3,1825	7,239	13,842	0,234	333,1457
23009	133,1805	122,6838	3,4247	3,2096	7,217	13,857	0,265	333,1805
23010	133,2160	121,9340	3,4448	3,2424	7,189	13,875	0,296	333,2160
23011	133,2453	121,2320	3,4693	3,2781	7,159	13,894	0,324	333,2453
23012	133,2800	120,5265	3,5010	3,3206	7,123	13,917	0,351	333,2800
23013	133,3015	120,0656	3,5254	3,3517	7,096	13,933	0,367	333,3015
23014	133,3148	119,8497	3,5385	3,3679	7,083	13,942	0,374	333,3148
24001	137,2035	127,8787	3,3712	3,0531	7,454	13,943	0,030	337,2035
24002	137,2034	127,8642	3,3702	3,0525	7,454	13,943	0,032	337,2034
24003	137,1945	127,4262	3,3773	3,0687	7,440	13,952	0,050	337,1945
24004	137,1834	127,0050	3,3845	3,0845	7,427	13,960	0,067	337,1834
24005	137,1657	126,6077	3,3905	3,0987	7,415	13,967	0,084	337,1657
24006	137,1652	126,1925	3,3958	3,1124	7,403	13,975	0,102	337,1652
24007	137,1650	125,7480	3,4017	3,1272	7,391	13,983	0,121	337,1650
24008	137,1555	125,3218	3,4071	3,1411	7,379	13,990	0,140	337,1555

24009	137,1441	124,8644	3,4128	3,1558	7,366	13,998	0,161	337,1441
24010	137,1449	124,4500	3,4184	3,1694	7,355	14,005	0,179	337,1449
24011	137,1444	124,0261	3,4248	3,1838	7,343	14,013	0,198	337,1444
24012	137,1399	123,5475	3,4324	3,2003	7,329	14,022	0,219	337,1399
24013	137,1394	123,0819	3,4400	3,2164	7,316	14,031	0,240	337,1394
24014	137,1345	122,6232	3,4494	3,2339	7,301	14,040	0,260	337,1345
24015	137,1249	122,1346	3,4607	3,2536	7,284	14,051	0,281	337,1249
24016	137,1180	121,6850	3,4727	3,2732	7,268	14,061	0,300	337,1180
24017	137,1021	121,2007	3,4863	3,2948	7,249	14,072	0,320	337,1021
24018	137,0903	120,6532	3,5051	3,3223	7,226	14,087	0,343	337,0903
24019	137,0792	120,3268	3,5176	3,3398	7,211	14,096	0,356	337,0792
24020	137,0616	119,9309	3,5350	3,3632	7,191	14,108	0,371	337,0616
25001	141,3620	127,5243	3,4069	3,0934	7,537	14,130	0,032	341,3620
25002	141,3210	127,0553	3,4176	3,1136	7,520	14,141	0,051	341,3210
25003	141,2657	126,5793	3,4271	3,1327	7,503	14,150	0,070	341,2657
25004	141,2329	126,1061	3,4351	3,1503	7,488	14,160	0,091	341,2329
25005	141,1965	125,6436	3,4421	3,1666	7,474	14,168	0,111	341,1965
25006	141,1716	125,1842	3,4483	3,1820	7,461	14,176	0,131	341,1716
25007	141,1438	124,7277	3,4545	3,1972	7,448	14,184	0,152	341,1438
25008	141,1151	124,2039	3,4617	3,2145	7,433	14,194	0,175	341,1151
25009	141,0944	123,7496	3,4678	3,2293	7,420	14,202	0,196	341,0944
25010	141,0709	123,2863	3,4744	3,2446	7,408	14,210	0,217	341,0709
25011	141,0489	122,8519	3,4813	3,2594	7,395	14,218	0,237	341,0489
25012	141,0250	122,4027	3,4890	3,2752	7,382	14,227	0,257	341,0250
25013	140,9984	121,9336	3,4980	3,2924	7,367	14,236	0,279	340,9984
25014	140,9734	121,5006	3,5070	3,3089	7,353	14,245	0,298	340,9734
25015	140,9368	121,0228	3,5179	3,3278	7,337	14,254	0,319	340,9368
25016	140,9107	120,5888	3,5283	3,3454	7,322	14,264	0,339	340,9107
25017	140,8651	119,9681	3,5444	3,3715	7,300	14,278	0,366	340,8651
26001	145,2985	126,9415	3,4711	3,1649	7,603	14,326	0,035	345,2985
26002	145,2171	126,5094	3,4813	3,1838	7,586	14,335	0,052	345,2171
26003	145,1375	126,0712	3,4906	3,2020	7,570	14,344	0,070	345,1375
26004	145,0876	125,6666	3,4974	3,2170	7,557	14,352	0,088	345,0876
26005	145,0323	125,2320	3,5037	3,2321	7,543	14,359	0,107	345,0323
26006	144,9844	124,7943	3,5097	3,2469	7,531	14,367	0,127	344,9844
26007	144,9471	124,3869	3,5151	3,2603	7,519	14,374	0,146	344,9471
26008	144,9117	124,0051	3,5195	3,2722	7,509	14,381	0,164	344,9117
26009	144,8844	123,6337	3,5241	3,2840	7,499	14,387	0,182	344,8844
26010	144,8501	123,2443	3,5285	3,2959	7,489	14,394	0,200	344,8501
26011	144,8171	122,8333	3,5326	3,3078	7,479	14,400	0,220	344,8171
26012	144,7920	122,4194	3,5376	3,3205	7,468	14,407	0,240	344,7920
26013	144,7662	122,0859	3,5413	3,3303	7,460	14,413	0,256	344,7662
26014	144,7356	121,7063	3,5460	3,3419	7,450	14,419	0,274	344,7356
26015	144,7050	121,3061	3,5509	3,3539	7,440	14,425	0,294	344,7050
26016	144,6804	120,8808	3,5567	3,3671	7,429	14,433	0,314	344,6804
26017	144,6460	120,4662	3,5619	3,3794	7,418	14,439	0,335	344,6460
26018	144,6139	120,0760	3,5666	3,3907	7,408	14,445	0,354	344,6139
27001	148,9442	126,1396	3,5672	3,2707	7,649	14,533	0,036	348,9442
27002	148,8718	125,8390	3,5728	3,2825	7,638	14,539	0,049	348,8718
27003	148,7945	125,4377	3,5795	3,2975	7,625	14,546	0,067	348,7945
27004	148,7179	125,0218	3,5844	3,3111	7,612	14,553	0,087	348,7179
27005	148,6581	124,5942	3,5887	3,3242	7,600	14,560	0,108	348,6581
27006	148,6017	124,2230	3,5923	3,3354	7,590	14,565	0,126	348,6017

27007	148,5607	123,7882	3,5954	3,3473	7,580	14,572	0,148	348,5607
27008	148,5197	123,3687	3,5982	3,3585	7,571	14,578	0,169	348,5197
27009	148,4834	122,9361	3,6003	3,3692	7,562	14,584	0,191	348,4834
27010	148,4504	122,4913	3,6021	3,3796	7,553	14,590	0,214	348,4504
27011	148,4127	122,0384	3,6034	3,3896	7,544	14,595	0,237	348,4127
27012	148,3904	121,6156	3,6049	3,3991	7,536	14,601	0,259	348,3904
27013	148,3751	121,1806	3,6065	3,4087	7,529	14,607	0,282	348,3751
27014	148,3561	120,7911	3,6068	3,4162	7,523	14,611	0,303	348,3561
27015	148,3290	120,5032	3,6071	3,4216	7,518	14,614	0,318	348,3290
28001	152,2479	125,2131	3,6914	3,4057	7,678	14,751	0,036	352,2479
28002	152,1723	124,8281	3,6913	3,4141	7,670	14,754	0,057	352,1723
28003	152,0991	124,4533	3,6923	3,4232	7,661	14,758	0,076	352,0991
28004	152,0472	124,0775	3,6934	3,4324	7,652	14,763	0,096	352,0472
28005	151,9962	123,6762	3,6933	3,4408	7,644	14,767	0,118	351,9962
28006	151,9638	123,2458	3,6920	3,4486	7,638	14,772	0,142	351,9638
28007	151,9445	122,8742	3,6907	3,4550	7,633	14,776	0,162	351,9445
28008	151,9249	122,5096	3,6893	3,4611	7,628	14,779	0,183	351,9249
28009	151,9034	122,2075	3,6879	3,4658	7,624	14,782	0,199	351,9034
101	147,2953	121,3116	3,5879	3,3887	7,504	14,551	0,281	347,2953
102	149,7143	121,0265	3,6310	3,4347	7,560	14,677	0,282	349,7143
103	150,2163	121,6768	3,6422	3,4331	7,581	14,695	0,244	350,2163
104	146,9412	122,1276	3,5761	3,3622	7,511	14,520	0,242	346,9412
501	79,5860	126,4199	3,5926	3,2876	6,880	11,223	0,011	279,5860
502	96,4335	121,1937	4,0002	3,7806	6,225	12,047	0,153	296,4335
503	108,9433	119,7919	3,7386	3,5594	6,476	12,757	0,316	308,9433
504	126,5730	125,1117	3,3790	3,1195	7,148	13,524	0,161	326,5730
505	139,3250	122,4358	3,4716	3,2582	7,344	14,146	0,262	339,3250
506	125,2963	130,8939	3,0935	2,7363	7,477	13,318	0,017	325,2963
1	92,5662	116,1091	4,5000	4,3567	5,673	11,751	0,333	292,5662
2	93,8131	116,3312	4,4334	4,2883	5,732	11,843	0,335	293,8131
3	96,1433	116,7465	4,3190	4,1704	5,837	12,007	0,337	296,1433
4	98,6822	117,1395	4,2105	4,0588	5,942	12,175	0,340	298,6822
5	101,4348	117,5497	4,1026	3,9477	6,053	12,348	0,343	301,4348
6	104,1337	117,9197	4,0069	3,8492	6,159	12,509	0,347	304,1337
7	107,2091	118,2873	3,9131	3,7528	6,271	12,683	0,351	307,2091
8	110,1684	118,5877	3,8342	3,6719	6,375	12,843	0,356	310,1684
9	113,5714	118,8822	3,7571	3,5930	6,488	13,019	0,362	313,5714
10	116,9222	119,1244	3,6936	3,5282	6,596	13,186	0,367	316,9222
11	120,3675	119,3525	3,6400	3,4731	6,703	13,351	0,370	320,3675
12	123,3495	119,5320	3,6029	3,4347	6,794	13,491	0,372	323,3495
13	124,6824	119,5895	3,5897	3,4211	6,833	13,552	0,373	324,6824
14	126,7117	119,6646	3,5732	3,4041	6,891	13,646	0,374	326,7117
15	127,9427	119,7140	3,5632	3,3937	6,928	13,701	0,374	327,9427
16	129,0444	119,7539	3,5560	3,3862	6,960	13,751	0,374	329,0444
17	130,5383	119,7858	3,5486	3,3786	7,003	13,818	0,375	330,5383
18	132,1945	119,8251	3,5421	3,3717	7,050	13,892	0,375	332,1945
19	134,2056	119,8660	3,5367	3,3659	7,108	13,982	0,374	334,2056
20	135,9763	119,9029	3,5347	3,3634	7,160	14,060	0,373	335,9763
21	138,0520	119,9311	3,5376	3,3656	7,218	14,153	0,370	338,0520
22	139,7917	119,9539	3,5409	3,3684	7,268	14,230	0,368	339,7917
23	141,7571	119,9586	3,5489	3,3759	7,325	14,318	0,366	341,7571
24	143,4842	120,0211	3,5594	3,3848	7,375	14,395	0,359	343,4842
25	145,3731	120,1264	3,5747	3,3975	7,429	14,481	0,349	345,3731

26	146,6117	120,2413	3,5874	3,4076	7,466	14,537	0,339	346,6117
27	147,6866	120,3789	3,5997	3,4168	7,498	14,586	0,327	347,6866
28	148,9002	120,6200	3,6172	3,4291	7,534	14,642	0,309	348,9002
29	149,6814	120,8652	3,6310	3,4377	7,557	14,678	0,291	349,6814
30	150,5139	121,2290	3,6495	3,4485	7,581	14,717	0,265	350,5139
31	151,2455	121,6698	3,6679	3,4575	7,604	14,751	0,235	351,2455
32	151,7339	122,0536	3,6829	3,4641	7,618	14,774	0,210	351,7339
33	152,1533	122,4324	3,6971	3,4699	7,631	14,794	0,184	352,1533
34	152,5202	122,8060	3,7109	3,4753	7,642	14,812	0,159	352,5202
35	152,9900	123,2837	3,7289	3,4823	7,656	14,834	0,126	352,9900
36	153,3443	123,6848	3,7443	3,4881	7,666	14,852	0,099	353,3443
37	153,7203	124,1007	3,7621	3,4957	7,677	14,871	0,070	353,7203
38	154,0976	124,5541	3,7796	3,5019	7,688	14,889	0,038	354,0976
39	153,1177	124,9253	3,7290	3,4468	7,685	14,813	0,037	353,1177
40	150,9569	125,6180	3,6365	3,3460	7,670	14,660	0,036	350,9569
41	147,2775	126,5507	3,5180	3,2165	7,630	14,434	0,035	347,2775
42	143,1495	127,3045	3,4313	3,1205	7,569	14,216	0,033	343,1495
43	139,3359	127,7181	3,3860	3,0701	7,498	14,038	0,032	339,3359
44	135,3044	127,9738	3,3612	3,0419	7,414	13,861	0,030	335,3044
45	131,2087	128,0565	3,3567	3,0360	7,322	13,688	0,028	331,2087
46	127,0711	127,9972	3,3658	3,0455	7,226	13,515	0,027	327,0711
47	122,6197	127,7882	3,3946	3,0763	7,116	13,329	0,025	322,6197
48	118,5448	127,4490	3,4389	3,1242	7,007	13,156	0,023	318,5448
49	114,5735	126,9665	3,4983	3,1891	6,894	12,983	0,022	314,5735
50	110,9819	126,4148	3,5682	3,2654	6,783	12,820	0,022	310,9819
51	107,6357	125,8274	3,6498	3,3535	6,671	12,660	0,020	307,6357
52	104,5045	125,2091	3,7383	3,4490	6,560	12,503	0,018	304,5045
53	101,3009	124,4926	3,8473	3,5661	6,435	12,332	0,016	301,3009
54	98,4900	123,8452	3,9539	3,6798	6,321	12,172	0,013	298,4900
55	95,7905	123,1382	4,0724	3,8064	6,202	12,007	0,012	295,7905
56	93,3282	122,4869	4,1917	3,9329	6,089	11,848	0,010	293,3282
57	91,1589	121,8291	4,3113	4,0603	5,979	11,697	0,010	291,1589
58	89,5192	121,3194	4,4133	4,1681	5,888	11,576	0,010	289,5192
59	89,5023	120,9407	4,4007	4,1648	5,892	11,575	0,038	289,5023
60	89,5058	120,6034	4,3868	4,1591	5,897	11,577	0,065	289,5058
61	89,4880	120,1800	4,3701	4,1524	5,904	11,576	0,098	289,4880
62	89,4632	119,8451	4,3576	4,1476	5,909	11,576	0,124	289,4632
63	89,4484	119,4968	4,3462	4,1440	5,913	11,575	0,150	289,4484
64	89,4516	119,0917	4,3341	4,1407	5,916	11,576	0,180	289,4516
65	89,4867	118,6817	4,3233	4,1385	5,918	11,579	0,209	289,4867
66	89,5481	118,2605	4,3137	4,1375	5,918	11,583	0,240	289,5481
67	89,6363	117,9013	4,3079	4,1387	5,916	11,588	0,265	289,6363
68	89,6954	117,7674	4,3088	4,1421	5,912	11,591	0,273	289,6954
69	89,8375	117,5371	4,3135	4,1509	5,902	11,599	0,287	289,8375
70	90,5322	117,1829	4,3558	4,1981	5,848	11,637	0,299	290,5322
71	91,4965	116,6892	4,4199	4,2689	5,769	11,690	0,315	291,4965
72	92,2419	116,2838	4,4722	4,3267	5,705	11,733	0,329	292,2419

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1. Γεωδαισία (Δίκτυα - Αποτυπώσεις- Χαράξεις)**
Δ.Δ. Μπαλοδήμος, Δ.Σταθάς, Ο.Αραμπατζή
Αθήνα 2000
- 2. Σημειώσεις Τεχνικής Γεωδαισίας**
Βιομηχανική Γεωδαισία – Σ.Δογγούρης
Αθήνα 2004
- 3. Θεωρία Σφαλμάτων Και Συνορθώσεις I**
Α.Μ Αγάτζα – Μπαλοδήμου
Αθήνα 2000
- 4. Γραμμικοί Μετασχηματισμοί Συντεταγμένων Στη Φωτογραμμετρία**
Γ.Καρράς
Ε.Μ.Π. Δεκέμβριος 1998
- 5. Εισαγωγή Στην Φωτογραμμετρία**
Π.Πατιάς
- 6. Μελέτη Του Πλοίου**
Αντωνίου Κ. Αντωνίου
Αθήνα 1984
- 7. Naval Architecture**
B.Baxter
- 8. Διπλωματική Εργασία : «Βιομηχανική Γεωδαισία – Διερεύνηση
Μεθοδολογιών, Εφαρμογή : Καταμέτρηση Ιστιοπλοϊκού Σκάφους »**
Γάγας Χαρίλαος – Πιτσικίδης Δημήτριος
Αθήνα, Φεβρουάριος 1995

9. Διπλωματική Εργασία : «Ο Γεωδαιτικός Σταθμός Leica TDA 5005-Εργαστηριακοί έλεγχοι –Συνδυασμένη χρήση με το λογισμικό βιομηχανικής γεωδαισίας Axyz»

Γκουντινάκος Γιάννης

Αθήνα, Οκτώβριος 2004

10. Leica TPS 300 Basic Series

Leica Geosystems

11. Leica Cyclone 5.8 Scan (pdf)

Leica-Geosystems.com/hds

12. Leica Cyclone 5.8 Register (pdf)

Leica-Geosystems.com/hds

13. Leica Cyclone Model and Survey (pdf)

Leica-Geosystems.com/hds

14. Leica HDS 2500 (pdf)

Leica Geosystems.com/hds

15. [Leica Geosystems.com/ laserscannershds2500/lgs_5940.htm](http://Leica Geosystems.com/laserscannershds2500/lgs_5940.htm)

16. Geomagic Studio 9

[www.mcadonline.com]

17. Ρομποτικός Γεωδαιτικός Σταθμός «Imaging Station» Topcon IS

[www.treecomp.gr]

