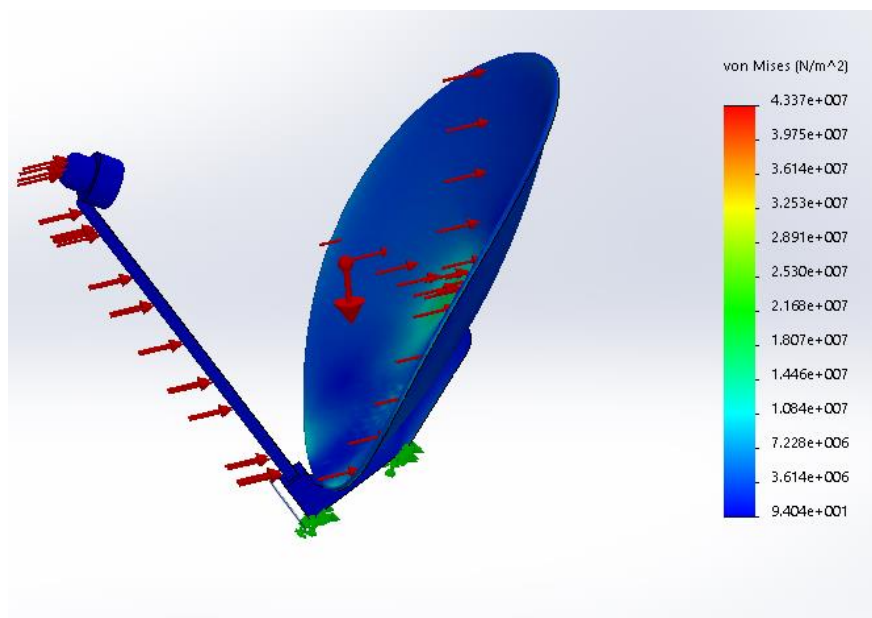




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**Θέμα:** Στατική μελέτη δορυφορικού πιάτου λήψης  
σήματος με την μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων

**Ονοματεπώνυμο:** Μεταξάς Δημήτριος

**A.M:** 2012010062

**Επιβλέπων:** Κος Σταυρουλάκης Γεώργιος , Καθηγητής Σχολής Μηχανικών  
Παραγωγής και Διοίκησης

XANIA 2018

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Γεώργιο Σταυρουλάκη για την καθοδήγηση και τη συμβολή του στη διεκπεραίωση της διπλωματική μου εργασίας, καθώς και όλους τους καθηγητές μας για τις γνώσεις που μας προσέφεραν στη διάρκεια των φοιτητικών μας χρόνων.

Επίσης ευχαριστώ την οικογένειά μου για τη συνεχή στήριξη και όλους τους ανθρώπους που συνέβαλαν με τις υποδείξεις τους στην εργασία αυτή.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την εταιρεία Astro S.A. για το δείγμα, τις αναλυτικές πληροφορίες και τη συνεργασία τους.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία μελετάται ένα δορυφορικό πιάτο λήψης σήματος που διατίθεται τυποποιημένο στην αγορά. Το πιάτο θα σχεδιαστεί σε περιβάλλον σχεδιαστικού προγράμματος και θα μελετηθεί στατικά χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων στο αντίστοιχο λογισμικό.

Για τη στατική μελέτη και τον έλεγχο της αντοχής του θα προστεθούν στην κατασκευή οι δυνάμεις που επιδρούν στη θέση στήριξης, σε ακραίες κλιματολογικές συνθήκες όπως ισχυρές φορτίσεις ανέμου. Έτσι, υπολογίζοντας τις τάσεις που αναπτύσσονται σε κάθε περιοχή θα επαληθευτεί η αντοχή του συστήματος σε διάφορες γωνίες στήριξης.

Τέλος, ως επέκταση της μελέτης αυτής θα προταθούν σχετικές βελτιώσεις σε σχέση με το υπάρχον προϊόν αν βρεθούν κρίσιμα σημεία.

**Λέξεις κλειδιά: Static analysis, satellite dish, finite element method**

## ABSTRACT

A satellite dish, which is available as standard on the market, will be studied in this thesis. The dish will be designed in 3d design program and will be studied statically using the finite element method in strength analysis program.

For the static analysis and the strength test, the weight of the system combined with the wind forces in extreme climatic conditions, will be included. Thus, by calculating the stresses, the strength of the system will be tested in different angles.

Finally, as an extension of this study, relevant improvements will be proposed in relation to the existing product if critical points are found.

**Keywords: Static analysis, satellite dish, finite element method**



Εικόνα 1. Το μοντέλο που θα μελετηθεί

## Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....	7
1.1    Εισαγωγή στα Πεπερασμένα Στοιχεία- Ιστορική αναδρομή.....	7
1.2    Μεθοδολογία .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	9
2.1    Ανάλυση με χρήση των Πεπερασμένων Στοιχείων.....	9
2.1.1 Γενικά.....	9
2.1.2 Τεχνική .....	9
2.1.3 Διακριτοποίηση με πεπερασμένα στοιχεία.....	10
2.1.4 Μορφές στοιχείων .....	11
2.1.5 Προσανατολισμός Πλέγματος.....	14
2.1.6 Οριακές Συνθήκες .....	14
2.2    Μεθοδολογία Υπολογισμού .....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	17
3.1    Το δορυφορικό πιάτο.....	17
3.2    Τεχνικά χαρακτηριστικά μοντέλου .....	18
3.3    Φορτία .....	20
3.3.1 Υπολογισμός δύναμης από το βάρος του συστήματος.....	20
3.3.2 Υπολογισμός δύναμης από ανεμοπίεση .....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ- ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	25
4.1    Μοντελοποίηση .....	25
4.2    Εισαγωγή μοντέλου στο ABAQUS & καθορισμός μηχανικών ιδιοτήτων.....	26
4.3    Ορισμός του Step.....	27
4.4    Εφαρμογή συνοριακών συνθηκών και φορτίσεων .....	29
4.5    Ορισμός πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων .....	31

4.6	Δημιουργία, υποβολή εργασίας ανάλυσης & αποτελέσματα για κανονική θέση τοποθέτησης ( $45^\circ$ ) .....	33
4.7	Ανάλυση & αποτελέσματα για θέσεις τοποθέτησης ( $0^\circ$ , $30^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ ).....	35
	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ .....	42
5.1	Σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	42
5.2	Προτάσεις.....	44
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	45
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	47

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη μιας δορυφορικής κεραίας ( πιάτου) με τυποποιημένα χαρακτηριστικά ( $d=80\text{cm}$ ), που διατίθεται στην αγορά. Πρόκειται για μια πολύ διαδεδομένη διάταξη που χρησιμοποιείται σε καθημερινή βάση για τη λήψη τηλεοπτικού και ραδιοφωνικού σήματος από δορυφόρο. Η διαδικασία τοποθέτησης και η μέθοδος είναι ίδιες για όλες τις περιοχές, ανεξαρτήτως καιρικών φαινομένων. Το ερώτημα, λοιπόν, που οδήγησε στην εργασία αυτή είναι το «αν σε ακραίες συνθήκες το σύστημα αντέχει ή αστοχεί».

Το δορυφορικό «πιάτο» θα σχεδιαστεί σε τρισδιάστατο περιβάλλον και θα μελετηθεί στατικά χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων σε αντίστοιχο λογισμικό.

Για τη στατική μελέτη θα προστεθούν στην κατασκευή τα βάρη του βραχίονα και του πιάτου, οι δυνάμεις που επιδρούν στη θέση στήριξης, ενώ παράλληλα θα συνυπολογιστούν φορτίσεις ανέμου για ακραίες κλιματολογικές συνθήκες. Έτσι, υπολογίζοντας τις τάσεις θα εξεταστεί η συμπεριφορά του συστήματος σε διάφορες γωνίες τοποθέτησης.

Τέλος, αν σημειωθούν αστοχίες στην κατασκευή θα προταθεί κάποια βελτίωση.

### Δομή της εργασίας

Η εργασία αναπτύσσεται στα παρακάτω κεφάλαια:

Στο Κεφάλαιο 1 γίνεται εισαγωγή στα πεπερασμένα στοιχεία, παρουσιάζεται η βασική θεωρία τους, προσδιορίζεται η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί στην εργασία.

Στο Κεφάλαιο 2 επεξηγείται η τεχνική και τα χαρακτηριστικά της ανάλυσης με χρήση λογισμικού και πεπερασμένων στοιχείων, σύμφωνα με τα οποία θα γίνει η μελέτη.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται το αντικείμενο της μελέτης, η χρήση του και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του. Επίσης, αναλύονται οι πιθανές φορτίσεις του από βάρος αλλά και από εξωτερικές δυνάμεις.

Στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η μοντελοποίηση του αντικειμένου, η εισαγωγή στο πρόγραμμα ανάλυσης και η διαδικασία της μελέτης.

Στο Κεφάλαιο 5 ακολουθούν τα συμπεράσματα και οι προτάσεις βελτίωσης.

Τέλος, ακολουθεί η βιβλιογραφία και το παράρτημα με πίνακες και σχέδια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΒΑΣΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

### 1.1 Εισαγωγή στα Πεπερασμένα Στοιχεία- Ιστορική αναδρομή

«Η μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων είναι μια αριθμητική μέθοδος (δηλ. μέθοδος υπολογισμού με χρήση H/Y) για τον υπολογισμό προσεγγιστικών λύσεων μερικών διαφορικών εξισώσεων. Η αναλυτική λύση των εξισώσεων με τις οποίες περιγράφονται τα διάφορα τεχνικά προβλήματα είναι δυνατή μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όπου οι καταπονήσεις και τα γεωμετρικά σχήματα είναι πάρα πολύ απλά. Όμως, υπήρχε η ανάγκη να λυθούν και πιο σύνθετα προβλήματα και γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν διάφορες προσεγγιστικές μέθοδοι.

Μία τέτοια μέθοδος είναι και η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Αυτή η μέθοδος είναι μεν προσεγγιστική, αλλά μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα και έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα προβλήματα. Το μειονέκτημά της είναι οι αυξημένες απαιτήσεις σε υπολογιστική ισχύ, ιδίως όταν εφαρμόζεται σε σύνθετα μοντέλα. Αυτό όμως το μειονέκτημα ξεπεράστηκε τα τελευταία χρόνια χάρη στη ραγδαία ανάπτυξη των υπολογιστών. Η επιτυχία αυτής της μεθόδου ήταν τόσο μεγάλη, που ακόμα και σήμερα χρησιμοποιείται στην έρευνα και στην βιομηχανία για τον υπολογισμό και τη μελέτη διάφορων κατασκευών.»<sup>1</sup>

«Οι βασικές έννοιες της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων προήλθαν από τις εξελίξεις στη δομική ανάλυση αεροσκαφών. Το 1941, ο Hrenikoff παρουσίασε μία λύση προβλημάτων ελαστικότητας με τη χρήση της ‘‘μεθόδου των δικτυωμάτων’’. Το 1943 δημοσιεύτηκε μία εργασία του Courant, η οποία χρησιμοποιούσε κατά τμήματα τριγωνική παρεμβολή σε τριγωνικές υποπεριοχές για να μοντελοποιήσει προβλήματα στρέψης. Οι Turner και άλλοι, δημιούργησαν μητρώα ακαμψίας για δικτυώματα, δοκούς και άλλα στοιχεία, και παρουσίασαν τα ευρήματά τους το 1956. Ο όρος πεπερασμένα στοιχεία πρωτοεμφανίστηκε και χρησιμοποιήθηκε από τον Clough το 1960. Στις αρχές του 1960, οι μηχανικοί χρησιμοποίησαν τη μέθοδο για να δώσουν προσεγγιστικές λύσεις σε προβλήματα ανάλυσης τάσεων, ροής ρευστών, μεταφοράς θερμότητας και άλλων τομέων. Ο Αργύρης,

---

<sup>1</sup> [https://el.wikipedia.org/wiki/Μέθοδος\\_πεπερασμένων\\_στοιχείων](https://el.wikipedia.org/wiki/Μέθοδος_πεπερασμένων_στοιχείων)

το 1955, σε ένα βιβλίο για θεωρήματα ενέργειας και μητρωϊκές μεθόδους, έθεσε τα θέματα για μελλοντική ανάπτυξη στις 5 μελέτες των πεπερασμένων στοιχείων. Το πρώτο βιβλίο για πεπερασμένα στοιχεία των Zienkiewicz και Chung κυκλοφόρησε το 1967. Στα τέλη της δεκαετίας του 60' και αρχές του 70', η ανάλυση των πεπερασμένων στοιχείων εφαρμόστηκε σε μη γραμμικά προβλήματα και άλλες παραμορφώσεις. Οι μαθηματικές βάσεις τέθηκαν στη δεκαετία του 70' και περιλαμβάνουν την ανάπτυξη νέων στοιχείων, μελέτες σύγκλισης και άλλους σχετικούς τομείς. (Tirupathi R. Chandrupatla 2005) »<sup>2</sup>

## 1.2 Μεθοδολογία

Σε αυτή τη μέθοδο ανάλυσης, μία περίπλοκη περιοχή, η οποία ορίζει ένα συνεχές μέσο, διακριτοποιείται σε απλά γεωμετρικά σχήματα, τα οποία ονομάζονται πεπερασμένα στοιχεία (finite elements). Οι ιδιότητες των υλικών και οι σχέσεις υπολογίζονται πάνω σε αυτά τα στοιχεία και εκφράζονται σε όρους των άγνωστων τιμών στις γωνίες των στοιχείων. Μία διαδικασία σύνθεσης, η οποία καταλλήλως θεωρεί τα φορτία και τους περιορισμούς, έχει ως αποτέλεσμα ένα σύνολο εξισώσεων. Η λύση αυτών των εξισώσεων δίνει την κατά προσέγγιση συμπεριφορά του συνεχούς μέσου.<sup>3</sup>

Ανάλογα με το είδος της κατασκευής, της φόρτισης και της συμπεριφοράς καθώς και την απαιτούμενη ακρίβεια της ανάλυσης χρησιμοποιούνται διαφορετικά είδη και αριθμός Πεπερασμένων Στοιχείων.

- Η επίλυση με πεπερασμένα στοιχεία πρέπει να ελέγχεται για την ορθότητα της πυκνώνοντας το πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων και ελέγχοντας εάν τα αποτελέσματα συγκλίνουν σε κάποια λύση.
- Η ακρίβεια της επίλυσης εκφράζεται από το είδος των πεπερασμένων στοιχείων, την πυκνότητα του πλέγματος αλλά και το σχήμα των στοιχείων.
- Ο λόγος των διαστάσεων των πλευρών και εδρών ενός στοιχείου πρέπει να είναι κοντά στο 1.0 και οι γωνίες κοντά στις 90°.

Η χρήση ικανοποιητικού αριθμού πεπερασμένων στοιχείων ελέγχεται με διαδοχικές αναλύσεις με πυκνότερους κανάβους των οποίων τα αποτελέσματα πρέπει να συγκλίνουν σε κάποια λύση όταν είναι ικανοποιητικά μικρές οι διαστάσεις των πεπερασμένων στοιχείων.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Νουφεξής-Αμουργιανός, 2014.

<sup>3</sup> Νουφεξής-Αμουργιανός, 2014.

<sup>4</sup> Κωμοδρόμος Π., 2016



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### 2.1 Ανάλυση με χρήση των Πεπερασμένων Στοιχείων<sup>5</sup>

#### 2.1.1 Γενικά

Η αρχική διατύπωση της μεθόδου έγινε με βάση την μητρική ανάλυση, αργότερα όμως δόθηκε ευρύτερη και πιο θεμελιώδης θεωρητική βάση. Αρχικά θα θεωρήσουμε την μέθοδο ως επέκταση της μητρικής ανάλυσης στην ανάλυση των συνεχών μέσων (ελάσματα, κελύφη).

Το χαρακτηριστικό της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων είναι η χρήση διδιάστατων και τρισδιάστατων στοιχείων για την προσομοίωση συνεχών μέσων. Μια από τις πρώτες δημοσιεύσεις στις οποίες παρουσιάστηκε η ιδέα αυτή είναι των Turner, Clough, Martin, και Topp (1956), ορισμένα όμως χαρακτηριστικά της είχαν ήδη περιγραφεί από τους Courant (1943), Hrenikoff (1941), McHenry (1943) και άλλους. Ακολούθησαν πολλές δημοσιεύσεις, συμπεριλαμβανομένων και αυτών του Αργύρη και των συνεργατών του την περίοδο 1954-60. Τα πρώτα πεπερασμένα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν σε προβλήματα επίπεδης εντατικής κατάστασης, αργότερα όμως διατυπώθηκαν στοιχεία και για τρισδιάστατα στερεά, ελάσματα υπό κάμψη, παχιά κελύφη, και άλλες μορφές κατασκευών. Μετά την καθιέρωσή τους στη γραμμική ελαστική περιοχή εφαρμόστηκαν και σε δυσκολότερα προβλήματα όπως η δυναμική συμπεριφορά, ο λυγισμός και η μη-γραμμική απόκριση και συμπεριφορά του υλικού. Για να επιλυθούν δε προβλήματα με μη-γραμμική συμπεριφορά του υλικού απαιτείται επαναληπτική διαδικασία.

#### 2.1.2 Τεχνική<sup>6</sup>

Η παραδοχή της μεθόδου δηλώνει ότι μια περίπλοκη περιοχή μπορεί να υποδιαιρεθεί σε μια σειρά μικρότερων περιοχών, στις οποίες οι διαφορικές εξισώσεις μπορούν να λυθούν κατά προσέγγιση. Με το συνδυασμό του συνόλου των εξισώσεων κάθε περιοχής, καθορίζεται η συμπεριφορά όλης της περιοχής του προβλήματος.

---

<sup>5</sup> Δρακόπουλος, 2016

<sup>6</sup> Λούκας, 2018

Κάθε περιοχή αναφέρεται ως στοιχείο και η διαδικασία υποδιαίρεσης μια περιοχής σε έναν πεπερασμένο αριθμό στοιχείων αναφέρεται ως διακριτοποίηση. Τα στοιχεία συνδέονται στα συγκεκριμένα σημεία, αποκαλούμενα κόμβους, με την παραδοχή ότι η λύση είναι συνεχής κατά μήκος των κοινών ορίων των παρακείμενων στοιχείων.

### 2.1.3 Διακριτοποίηση με πεπερασμένα στοιχεία

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων, η προς επίλυση προβληματική περιοχή διακριτοποιείται σε μικρότερες περιοχές αποκαλούμενες στοιχεία, και η επίλυση καθορίζεται από την άποψη των ιδιαίτερων τιμών μερικών αρχικών μεταβλητών  $\varphi$ . Ο αριθμός άγνωστων αρχικών μεταβλητών τομέων σε έναν κόμβο είναι ο βαθμός ελευθερίας σε εκείνο τον κόμβο.<sup>7</sup>

Η διαφορική εξίσωση που διέπει την περιοχή εφαρμόζεται τώρα στο πεδίο του ενός στοιχείου. Σε επίπεδο στοιχείου, η λύση που διέπει την εξίσωση έχει αντικατασταθεί από μια συνεχή συνάρτηση που προσεγγίζει την κατανομή της  $\varphi$  επί του στοιχείου  $D_e$ , που εκφράζεται από την άποψη των άγνωστων κομβικών τιμών  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ , και  $\varphi_3$  της λύσης  $\varphi$ .

Ένα σύστημα εξισώσεων από την άποψη  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ , και  $\varphi_3$  μπορεί έπειτα να διατυπωθεί για το στοιχείο. Μόλις καθοριστούν οι εξισώσεις στοιχείων, τα στοιχεία συγκεντρώνονται για να διαμορφώσουν ολόκληρη την περιοχή  $D$ . Η λύση  $\varphi(x,y)$  στο πρόβλημα γίνεται μια τμηματική προσέγγιση, που εκφράζεται από την άποψη των κομβικών τιμών  $\varphi$ . Το σύστημα των γραμμικών αλγεβρικών εξισώσεων προκύπτει από τη διαδικασία συνδυασμού. Για πρακτικά προβλήματα εφαρμοσμένης μηχανικής, δεν είναι ασυνήθιστο ένα μέγεθος χιλιάδων εξισώσεων, που καθιστούν τον υπολογιστή ως το απαραίτητο εργαλείο για τη επίλυσή τους.

Ένα μονοδιάστατο στοιχείο μπορεί να αντιπροσωπευθεί από μια ευθεία γραμμή, άκρες της οποίας είναι κομβικά σημεία. Αυτά τα κομβικά σημεία, που αριθμούνται 1 και 2, καλούνται εξωτερικοί κόμβοι, επειδή αντιπροσωπεύουν σημεία σύνδεσης με τα παρακείμενα στοιχεία. Μερικές εφαρμογές μπορούν να απαιτήσουν πρόσθετα κομβικά σημεία, π.χ κόμβοι 3,4,5. Επειδή σ' αυτούς τους ενδιάμεσους κόμβους δεν υπάρχει σύνδεση με άλλα στοιχεία, αυτοί ονομάζονται εσωτερικοί κόμβοι.

---

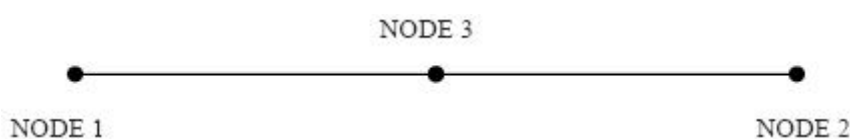
<sup>7</sup> Δρακόπουλος, 2016

#### 2.1.4 Μορφές στοιχείων<sup>8</sup>

Η διαδικασία της διακριτοποίησης ή υποδιαίρεσης είναι μια διαδικασία κρίσης. Η πρώτη απόφαση που ο μηχανικός πρέπει να λάβει είναι σχετικά με τη μορφή ή τη διαμόρφωση του βασικού στοιχείου που θα χρησιμοποιήσει στην μετέπειτα ανάλυση. Αυτή η επιλογή εξαρτάται από τη γεωμετρία του σώματος ή της δομής του αντικειμένου και από τον αριθμό των ανεξάρτητων διαστάσεων (π.χ. X, Y, ή Z) που είναι απαραίτητες για να περιγράψουν το πρόβλημα. Ένα στοιχείο πεπερασμένων έχει συνήθως μονής, διπλής ή τριών διαστάσεων διαμόρφωσης. Τα όρια των στοιχείων είναι συχνά ευθείες γραμμές, αν και για τα προβλήματα που μπορούν να αντιπροσωπευθούν καλύτερα στις καμπυλόγραμμες συντεταγμένες, είναι συμφέρον να καθοριστούν ομοίως οι μορφές στοιχείων.

##### 2.1.4.1 Μονοδιάστατα Στοιχεία<sup>9</sup>

Όταν η γεωμετρία, οι υλικές ιδιότητες και οι εξαρτημένες μεταβλητές όπως η μετατόπιση μπορούν να εκφραστούν επί ενός άξονα ανεξάρτητων συντεταγμένων, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα μονοδιάστατα στοιχεία. Αυτή η διάσταση μετρείται κατά μήκος του άξονα του αντικείμενου. Αυτός ο τύπος στοιχείου χρησιμοποιείται για τις δομές που μπορούν να προσομοιωθούν ως γραμμικά στοιχεία, όπως το πλαίσιο. Ανάλυση πλαισίων γίνεται, όταν θεωρηθούν τα στοιχεία αυτά ως μονοδιάστατα, επειδή το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων είναι ότι τα στοιχεία δύο ή τριών διαστάσεων μπορούν να προσομοιωθούν με ένα σύνολο γραμμικών στοιχείων. Εντούτοις, μια προσέγγιση πεπερασμένων στοιχείων στην ανάλυση των δοκών και των δομών πλαισίου παράγει μερικές χρήσιμες ιδέες, ιδιαίτερα όταν ποικίλλουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά και οι ιδιότητες της συνεχούς ή ασυνεχούς δομής με τις αξονικές συντεταγμένες. Επιπλέον, τα μονοδιάστατα στοιχεία είναι ένα απλό αλλά χρήσιμο εργαλείο για την κατανόηση της μεθόδου πεπερασμένων στοιχείων.



Εικόνα 2. Μονοδιάστατο στοιχείο

<sup>8</sup> Νουφεξής-Αμουργιανός, 2014.

<sup>9</sup> Νουφεξής-Αμουργιανός, 2014.

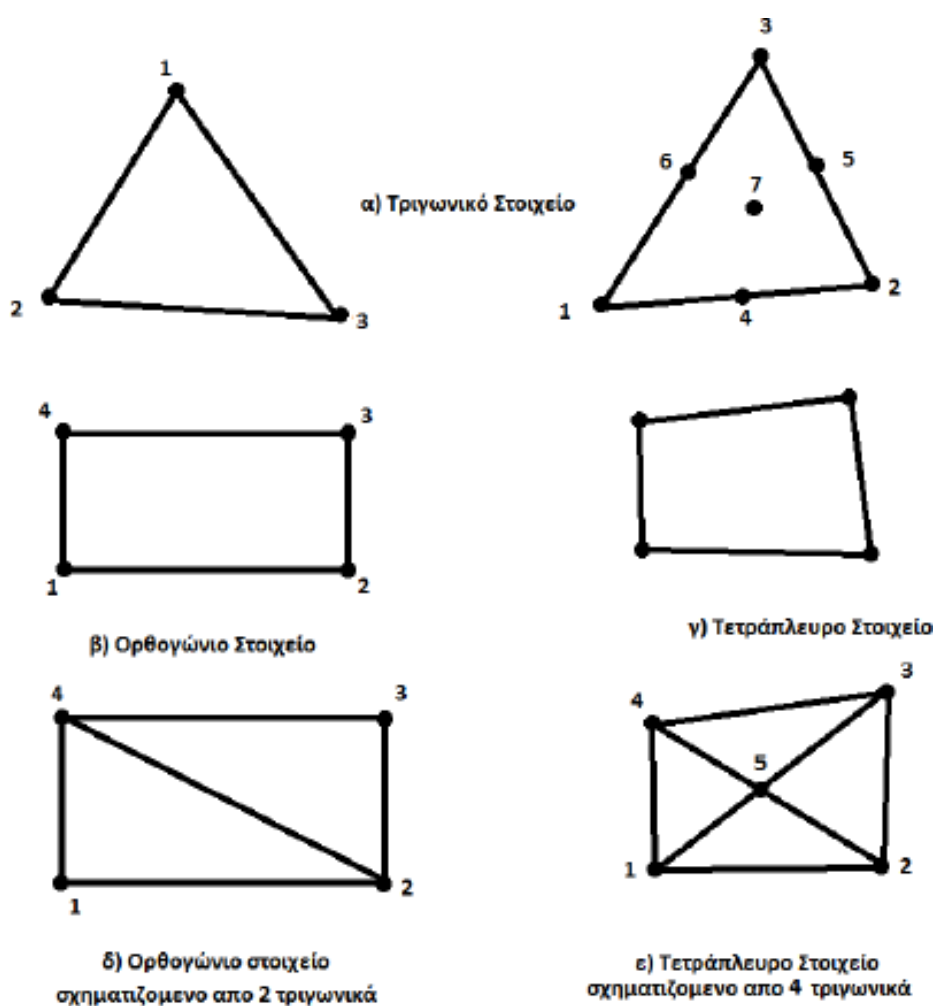
#### 2.1.4.2 Δισδιάστατα Στοιχεία<sup>10</sup>

Το τρίγωνο είναι το απλούστερο στοιχείο για τα δισδιάστατα προβλήματα. Υπάρχουν δύο πιθανοί τύποι εξωτερικών κόμβων για τα τριγωνικά στοιχεία:

Α) Οι κόμβοι γωνιών που υποδεικνύονται από τους 1, 2, και 3 στην εικόνα 3 (α) καλούνται αρχικοί εξωτερικοί κόμβοι.

Β) Όταν πρόσθετοι κόμβοι εμφανίζονται στις πλευρές του στοιχείου, όπως οι κόμβοι 4, 5 και 6 στην εικόνα 3.

(α), αυτοί αναφέρονται ως δευτερεύοντες εξωτερικοί κόμβοι.



Εικόνα 3. Δισδιάστατα στοιχεία

Αυτή η διάκριση είναι απαραίτητη, επειδή οι δευτερεύοντες κόμβοι μπορούν να έχουν λιγότερες μετατοπίσεις ενδιαφέροντος από τους κόμβους γωνιών. Τέλος, μερικές φορές επίσης χρησιμοποιούνται στα τριγωνικά στοιχεία οι εσωτερικοί κόμβοι, όπως ο κόμβος 7

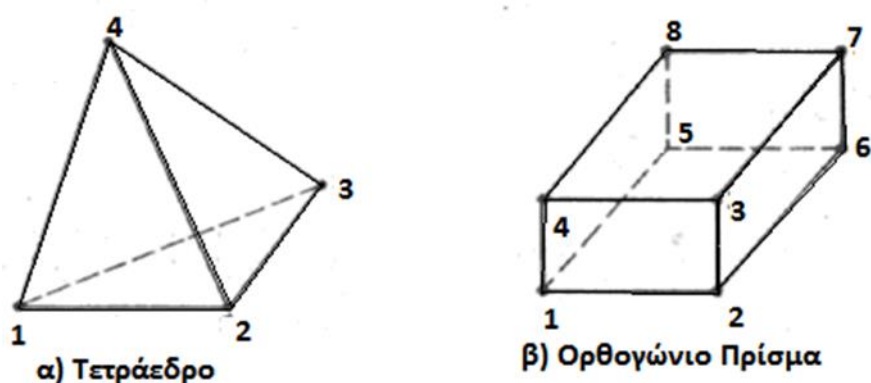
<sup>10</sup> Νουφεξής-Αμουργιανός, 2014.

Άλλοι κοινοί τύποι στο δισδιάστατο στοιχείο είναι οι ορθογώνιες και τετράπλευρες μορφές. Τα πρώτα μπορούν να θεωρηθούν ειδικευση των τελευταίων. Αν και η σχεδόν δισδιάστατη συνέχεια μπορεί να αντιπροσωπευθεί από μια συνάθροιση των τριγώνων, υπάρχουν ορισμένα προβλήματα, για τα οποία είναι συμφέροντα τα τετράπλευρα στοιχεία. Αντί επίσης, για την άμεση χρησιμοποίηση των τετράπλευρων στοιχείων, είναι δυνατό να κατασκευαστούν τέτοιες μορφές από δύο ή τέσσερα τριγωνικά στοιχεία. Εκτός από τους αρχικούς εξωτερικούς κόμβους που παρουσιάζονται, κάθε ένα από τα τετράπλευρα στοιχεία μπορεί επίσης να έχει δευτεροβάθμιους εξωτερικούς κόμβους και έναν ή περισσότερους εσωτερικούς κόμβους.

#### 2.1.4.3 Τρισδιάστατα Στοιχεία<sup>11</sup>

Αντίστοιχα με το τρίγωνο, το τετράεδρο που παρουσιάζεται στην Εικόνα 4 (α) είναι το βασικό πεπερασμένο στοιχείο για τρισδιάστατα προβλήματα. Το τετράεδρο έχει τέσσερις αρχικούς εξωτερικούς κόμβους. Τα τρισδιάστατα στοιχεία με οκτώ αρχικούς εξωτερικούς κόμβους είναι είτε υπό μορφή γενικού εξάεδρου είτε ορθογώνιου πρίσματος,

Εικόνα 4 (β). Εάν είναι απαραίτητο, μπορούμε να εισάγουμε δευτεροβάθμιους εξωτερικούς κόμβους ή εσωτερικούς κόμβους για κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία.



Εικόνα 4. Τρισδιάστατα στοιχεία

<sup>11</sup> Νουφεξής-Αμουργιανός, 2014.

### 2.1.5 Προσανατολισμός Πλέγματος

Στην ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων το αντικείμενο διακριτοποιείται σε μικρότερα στοιχεία, όπως μια γραμμή, ένα τετράγωνο, ένα τρίγωνο, ένα τετράεδρο, αναλόγως με την κατηγορία του προβλήματος (1D ή 2D ή 3D). Σε μερικές περιπτώσεις με βάση την γεωμετρία του αντικειμένου μπορεί να χρησιμοποιείται ένας συνδυασμός στοιχείων. Παρά το γεγονός ότι η δημιουργία πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων έχει αναπτυχθεί εδώ και αρκετές δεκαετίες, μια ποικιλία πραγματικών προβλημάτων εφαρμοσμένης μηχανικής επιβάλλουν πρόσθετες απαιτήσεις για τις υπάρχουσες τεχνολογίες παραγωγής πλέγματος, π.χ. στις τριγύρω ζώνες προσανατολισμού, όπου είναι αναγκαία η εύρεση της πλέον κατάλληλης τοποθέτησης των στοιχείων του πλέγματος, έτσι ώστε να αποδίδουν πιο ακριβή αποτελέσματα.

Ο προσανατολισμός του πλέγματος δεν παίζει κάποιο ρόλο στην περίπτωση των τετραγωνικών στοιχείων, η γεωμετρία των οποίων παραμένει αμετάβλητη σε κάθε προσανατολισμό τους. Κατά τη χρήση όμως τριγωνικών στοιχείων οι περιπτώσεις αλλαγής της γεωμετρίας και της συνδεσιμότητας μεταξύ των στοιχείων, μπορεί να έχει κάποια επίδραση στα αποτελέσματα. Τώρα, κατά την επίλυση του προβλήματος FEM οι συντεταγμένες του μέλους σύμφωνα με τη συνδεσιμότητά του λαμβάνονται υπόψη και τίθενται στον αντίστοιχο τύπο λαμβάνοντας και το σχετικό αποτέλεσμα. Από το Σχήμα 2-5 καθίσταται σαφές ότι ο νέος προσανατολισμός δεν θα έχει καμία επίδραση στη συνδεσιμότητα του τετραγωνικού στοιχείου, γεγονός το οποίο δεν θα συνέβαινε όταν θα εξετάζαμε τριγωνικά στοιχεία. Εδώ, με την αλλαγή του προσανατολισμού οι συντεταγμένες θα αλλάζουν και επομένως, τα αποτελέσματα θα ποικίλουν ανάλογα με τον προσανατολισμό.

Όταν η γεωμετρία είναι απλή, μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοσδήποτε τύπος στοιχείου ανάλογα με το πρόβλημα και σύμφωνα με τη θέληση του αναλυτή. Όταν όμως η περιοχή είναι ακανόνιστη ή ασυνεχής, τότε χρησιμοποιούνται ειδικά τριγωνικά στοιχεία, δεδομένου ότι μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν σε οποιαδήποτε σχήμα.

### 2.1.6 Οριακές Συνθήκες <sup>12</sup>

Η προσομοίωση των συντοριακών συνθηκών και άλλων μορφών περιορισμού είναι ίσως το

---

<sup>12</sup> Νουφεξής-Αμουργιανός, 2014.

πιο δύσκολο μέρος της ακριβούς μοντελοποίησης της δομής για την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων. Κατά τον καθορισμό περιορισμών, είναι σχετικά εύκολο να γίνουν λάθη από παράλειψη ή διαστρέβλωση. Μπορεί να είναι απαραίτητο για τον αναλυτή να δοκιμάσει διάφορες προσεγγίσεις για τη μοντελοποίηση εσωτερικών περιορισμών, όπως κοχλιωτές συνδέσεις, συγκολλήσεις, κλπ, οι οποίες δεν είναι τόσο απλές όσο οι εξιδανικευμένες σταθερές αρθρώσεις. Η δοκιμή πρέπει να περιοριστεί σε απλά προβλήματα και όχι σε μια μεγάλη, σύνθετη δομή. Μερικές φορές, όταν η ακριβής φύση της συνοριακής συνθήκης είναι αβέβαιη, μονό τα όρια της συμπεριφοράς μπορεί να είναι δυνατόν να καθοριστούν.

Οι εξισώσεις πολλαπλών περιορισμών αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται για να διαμορφώσουν το μοντέλο συνοριακών συνθηκών ή των άκαμπτων συνδέσεων μεταξύ των ελαστικών μελών. Όταν χρησιμοποιούνται στην τελευταία μορφή, οι εξισώσεις ενεργούν ως στοιχεία και αναφέρονται έτσι ως άκαμπτα στοιχεία, τα οποία μπορούν να περιστραφούν ή να θεωρηθούν μόνο άκαμπτα.

Τα συνοριακά στοιχεία χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες υποχρεωτικές μη μηδενικές μετατοπίσεις σε μια δομή και μπορεί επίσης να είναι χρήσιμα στη μοντελοποίηση οριακών συνθηκών σε διαφορετικά από το παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων

## 2.2 Μεθοδολογία Υπολογισμού<sup>13</sup>

Για να εφαρμοστεί η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων απαιτούνται τα εξής στάδια:

1. Εισάγεται η γεωμετρία της κατασκευής σε ένα πρόγραμμα CAD και δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο (στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε το SolidWorks).
2. Χωρίζεται το μοντέλο σε πεπερασμένα στοιχεία και αφού ετοιμαστεί το πλέγμα επιλέγεται το είδος της επίλυσης και εισάγονται τα επιπλέον δεδομένα που απαιτούνται. Παραδείγματος χάριν, αν επιλεγεί να λυθεί το μοντέλο σε στατική

---

<sup>13</sup> [https://el.wikipedia.org/wiki/Μέθοδος\\_πεπερασμένων\\_στοιχείων](https://el.wikipedia.org/wiki/Μέθοδος_πεπερασμένων_στοιχείων)

καταπόνηση θα πρέπει να δοθούν τα δεδομένα για τις δυνάμεις και τις στηρίξεις. Αυτή η διαδικασία γίνεται με προγράμματα που αποκαλούνται pre processor (προεπεξεργαστές).

3. Όταν ετοιμαστούν τα δεδομένα για επίλυση, εισάγονται σε ένα πρόγραμμα το οποίο θα κάνει την επίλυση του προβλήματος. Τέτοιου είδους προγράμματα που επιλύουν λέγονται solver και χρησιμοποιούν για τις επιλύσεις αριθμητικές μεθόδους.

4. Όταν τελειώσει η επίλυση τα αποτελέσματα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα πρόγραμμα, που αποκαλείται post processor (μετεπεξεργαστής), για να μπορέσει ο μελετητής να δει τα αποτελέσματα.



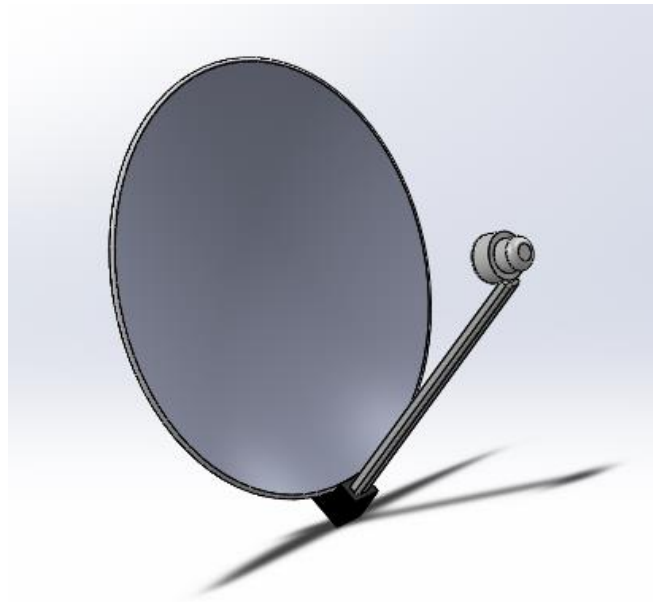
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 3.1 Το δορυφορικό πιάτο

Το αντικείμενο της μελέτης είναι ένα δορυφορικό πιάτο της εταιρείας astro s.a. με τυπική διάμετρο 0,8m και συνολικό βάρος 6,9kg μαζί με τον βραχίονα.



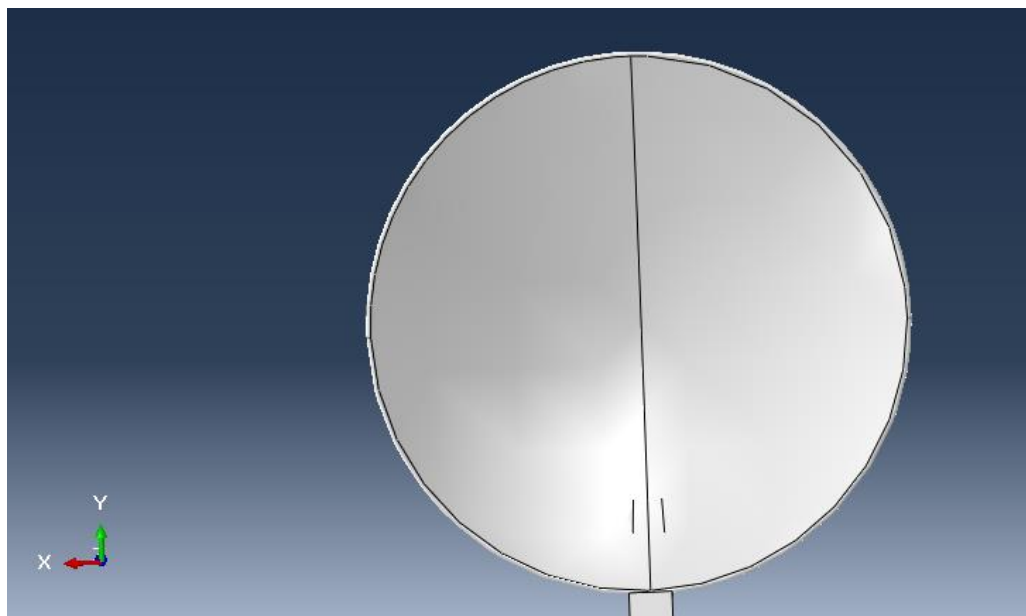
*Εικόνα 5. Το μοντέλο κεραίας (πιάτο) που επιλέχθηκε*



*Εικόνα 6. Προσομοίωση μοντέλου σε σχεδιαστικό πρόγραμμα*

### 3.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά μοντέλου

Το πιάτο είναι κατασκευασμένο από κράμα αλουμινίου (Al 1060).



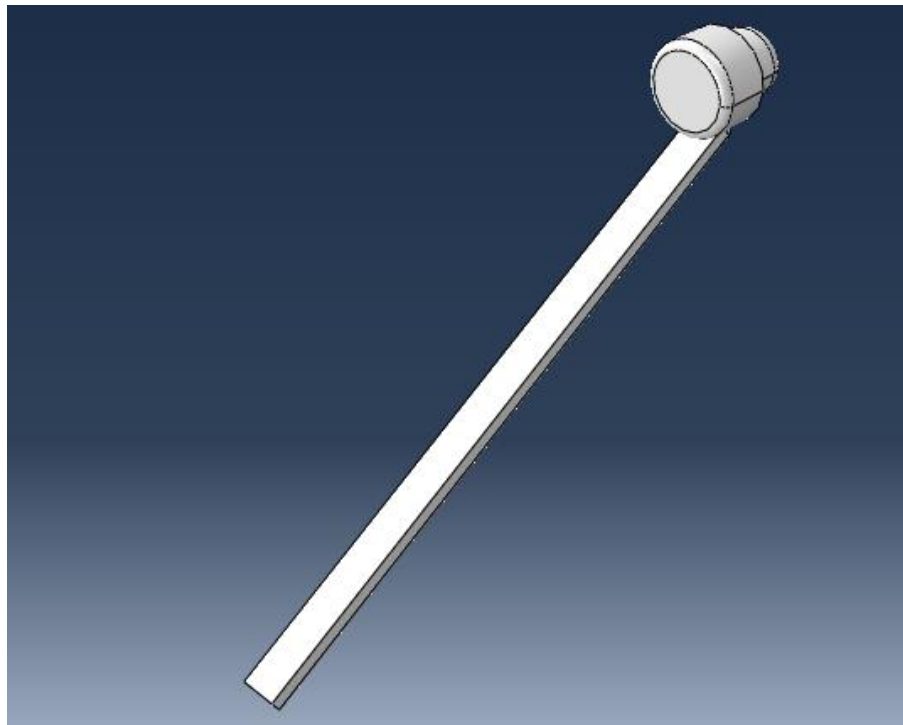
Εικόνα 7. Το δορυφορικό πιάτο

Οι ιδιότητες του κράματος αλουμινίου φαίνονται παρακάτω:

Πίνακας 1. Ιδιότητες υλικού πιάτου

Property	Value	Units
Elastic Modulus	69000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	27000	N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	2700	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	68.9356	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	27.5742	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient	2.4e-005	/K
Thermal Conductivity	200	W/(m·K)

Ο βραχίονας που φέρει τον ενισχυτή σήματος είναι κατασκευασμένος από κράμα χάλυβα.  
(Γαλβανιζέ στρανταριστό ορθογωνικής διατομής)



Εικόνα 8. Ο βραχίονας που φέρει τον ενισχυτή σήματος

Οι ιδιότητες του κράματος χάλυβα φαίνονται παρακάτω:

Πίνακας 2.Ιδιότητες υλικού βραχίονα

Property	Value	Units
Elastic Modulus	200000	N/mm <sup>2</sup>
Poisson's Ratio	0.29	N/A
Shear Modulus		N/mm <sup>2</sup>
Mass Density	7870	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength	356.9006745	N/mm <sup>2</sup>
Compressive Strength		N/mm <sup>2</sup>
Yield Strength	203.9432426	N/mm <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity		W/(m·K)

### 3.3 Φορτία

Το μοντέλο τοποθετείται συνήθως με κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο ( $\theta=45^\circ$ ).

Οι δυνάμεις που εμφανίζονται στην κατασκευή είναι:

- Βαρυτικές, λόγω του βάρους του συστήματος
- Δυνάμεις ανεμοπίεσης

Για να μελετήσουμε τις πιο ακραίες κλιματολογικές συνθήκες θα εξετάσουμε το ενδεχόμενο το πιάτο να είναι τοποθετημένο στις  $45^\circ$  ως συνήθως, η ταχύτητα του αέρα να είναι η μέγιστη δυνατή και η κατεύθυνση του αέρα να είναι εντελώς κάθετη σε αυτή την θέση. Τα υπόλοιπα κλιματολογικά φαινόμενα δεν παίζουν κανέναν ρόλο αφού λόγω της γεωμετρίας η κατασκευή δεν επηρεάζεται από βροχή και χιόνι.

#### 3.3.1 Υπολογισμός δύναμης από το βάρος του συστήματος

Αρχικά, υπολογίζουμε το βάρος, που εφαρμόζεται στο στήριγμα στο πίσω μέρος του πιάτου. Αναλυτικά τα βάρη που θα αθροιστούν είναι:

Μάζα πιάτου: 2,15kg

Μάζα βραχίονα (με Inb): 1,75 kg

Επομένως η κατασκευή έχει συνολική μάζα: 3,9kg.

Στη συνέχεια μετατρέπουμε τα κιλά σε Newton για να δούμε πόση δύναμη δέχεται το στήριγμα μόνο από το βάρος:

$$3,9\text{kg} \times 9,8665\text{m/s}^2 = 38,47\text{N}.$$

### 3.3.2 Υπολογισμός δύναμης από ανεμοπίεση<sup>14</sup>

Για να υπολογίσουμε την ανεμοπίεση θα πρέπει να γίνουν κάποιες παραδοχές.

- Υπολογίζουμε ενδεικτικά την ανεμοπίεση που εφαρμόζεται στην επιφάνεια βάσει Ευρωκώδικα.
- Η διεύθυνση του ανέμου θεωρούμε πως είναι οριζόντια ( $\theta = 0^\circ$ ).
- Επιλέγουμε, για λόγους σύγκρισης, τοποθέτηση της «πλάτης» της βάσης σε γωνία  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  και  $90^\circ$ .

Στη συνέχεια οι τιμές των δεικτών που επιλέγουμε για το έδαφος που τοποθετείται η στήριξη, το υψόμετρο τοποθέτησης της στήριξης, καθώς και η ταχύτητα του ανέμου είναι οι πιο ακραίες που μπορούμε να επιλέξουμε για κάθε περίπτωση.

Έτσι, θα επιχειρήσουμε να μελετήσουμε την ανθεκτικότητα της κατασκευής, καθώς και του υλικού που έχει δοθεί στην κατασκευή στις πιο ακραίες συνθήκες.

Το εμβαδόν της επιφάνειας του πιάτου που αντιστέκεται είναι:  $\pi \cdot (0,4)^2 = 0,502 \text{ m}^2$ .

Σε αυτήν την περίπτωση χρησιμοποιούνται ως παράμετροι δείκτες που σχετίζονται με το έδαφος.

από πίνακα (Beton-Kalender 1988, Teil II, 1988),

$$W = cf \times q \times A$$

όπου :

$A$  = διατομή που αντιστέκεται.

$cf = 1.3$ , συντελεστής εδάφους, από Πίνακα Παραρτήματος (μέγιστη τιμή).

$q$  = πυκνότητα αέρα,  $q = 1300$  από Πίνακα Παραρτήματος (μέγιστη τιμή).

Συνεπώς,

$W = 1,3 \times 1300 \times 0,502 \text{ m}^2 = 848,38 \text{ N}$  εφαρμόζεται συνολικά σε ολόκληρο το πιάτο.

Τέλος, μετατρέπουμε την δύναμη που ασκείται ανά  $\text{m}^2$ .

$$848,38 \text{ N} / 0,502 \text{ m}^2 = 1.690 \text{ N/m}^2$$

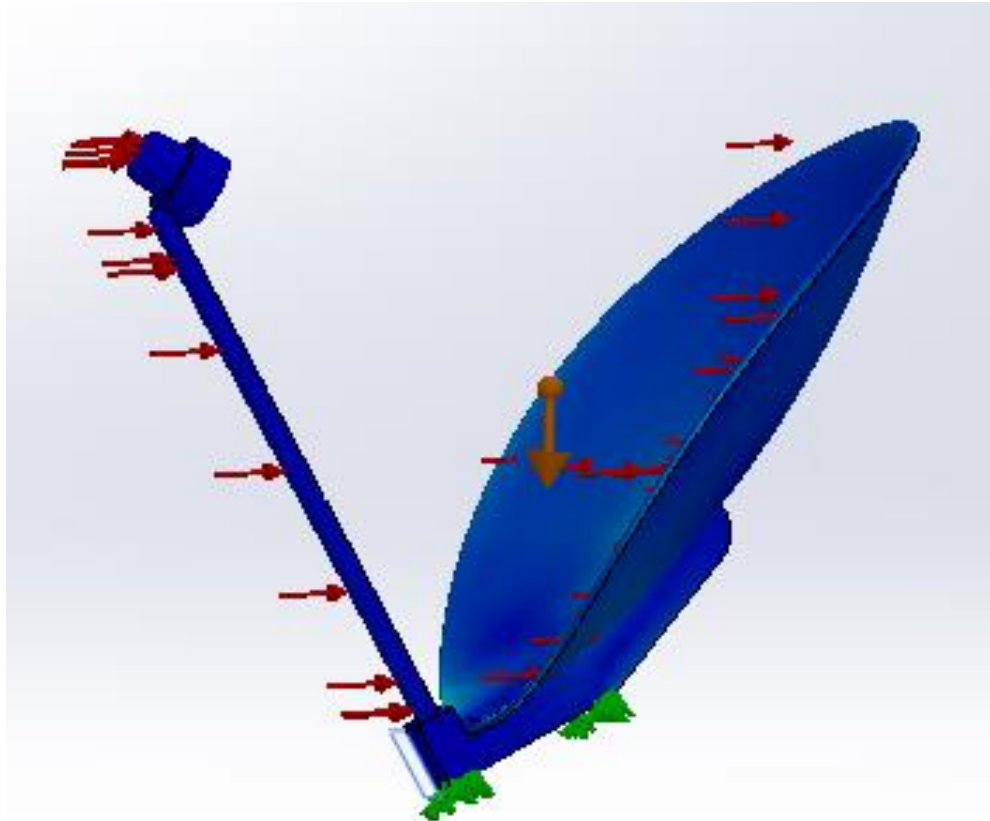
---

<sup>14</sup> Λούκας, 2018

### 3.3.2.1 Στήριξη με γωνία $45^\circ$

- $\beta = 45^\circ$  ως προς τον κάθετο άξονα.

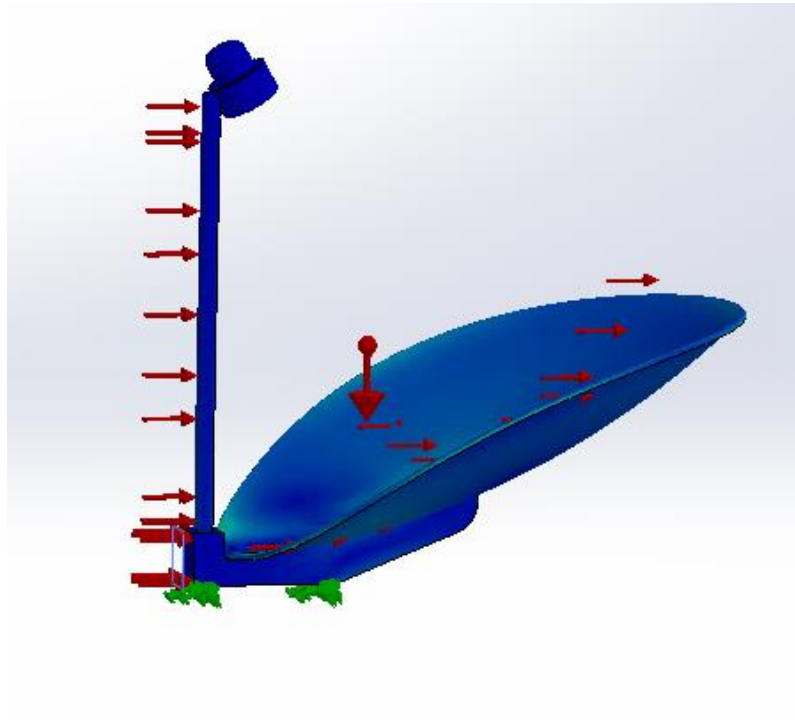
Παρακάτω φαίνεται ο σχεδιασμός και η μελέτη του μοντέλου σε διάφορες θέσεις τοποθέτησης. Ουσιαστικά το μοντέλο τοποθετείται με κλίση  $45^\circ$ - $60^\circ$ , ωστόσο για λόγους διερεύνησης θα εξεταστεί και σε άλλες γωνίες.



Εικόνα 9. Δυνάμεις θάρους και ανεμοπίεσης στις  $45^\circ$

### 3.3.2.2 Στήριξη με γωνία $0^\circ$

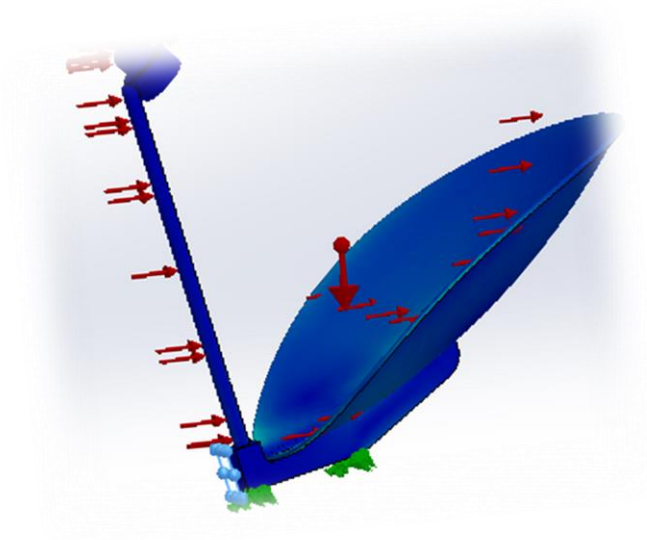
- $\beta = 90^\circ$  ως προς τον κάθετο άξονα.



Εικόνα 10. Δυνάμεις βάρους και ανεμοπίεσης στις  $0^\circ$

### 3.3.2.3 Στήριξη με γωνία $30^\circ$

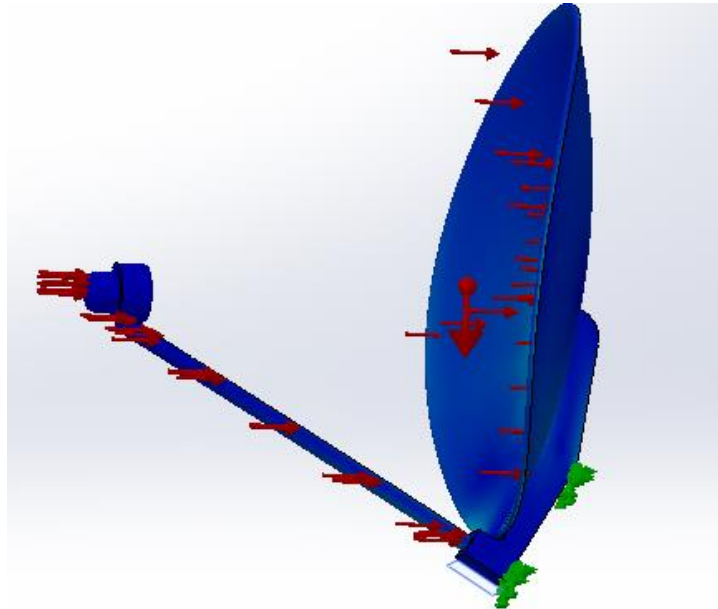
- $\beta = 60^\circ$  (ως προς τον κάθετο άξονα)



Εικόνα 11. Δυνάμεις βάρους και ανεμοπίεσης στις  $60^\circ$

#### 3.3.2.4 Στήριξη με γωνία $60^\circ$

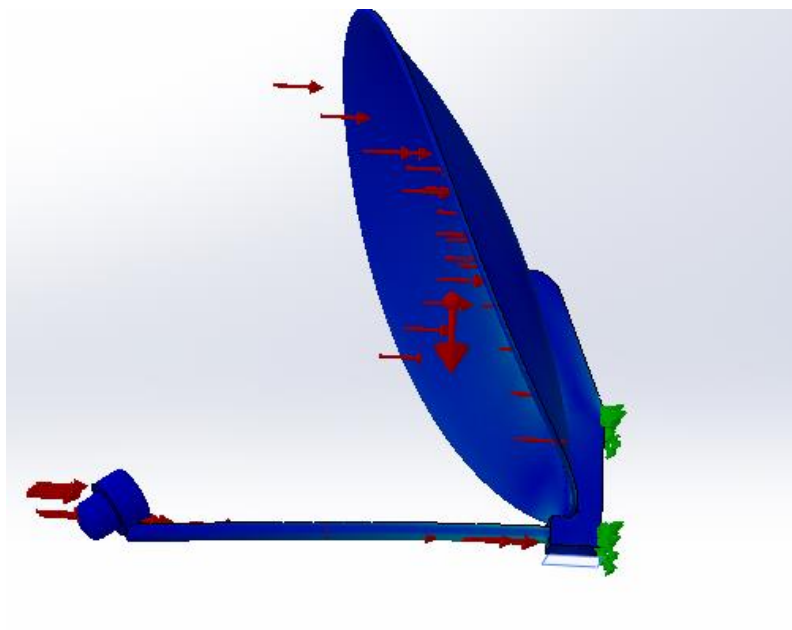
- $\beta = 30^\circ$  ως προς τον κάθετο άξονα.



Εικόνα 12. Δυνάμεις θάρους και ανεμοπίεσης στις  $30^\circ$

#### 3.3.2.5 Στήριξη με γωνία $90^\circ$

- $\beta = 0^\circ$  ως προς τον κάθετο άξονα



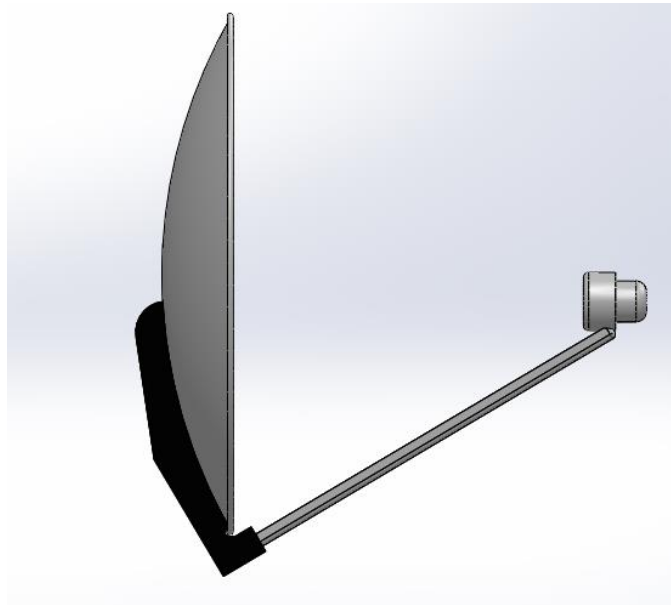
Εικόνα 13. Δυνάμεις θάρους και ανεμοπίεσης στις  $90^\circ$



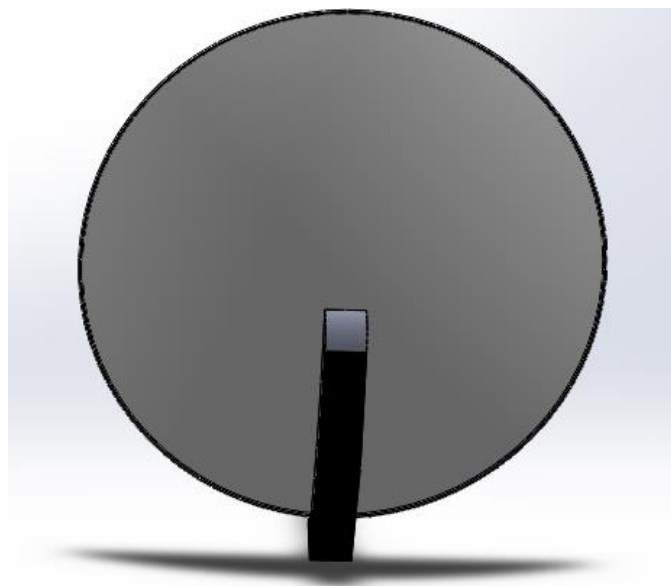
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ- ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

### 4.1 Μοντελοποίηση

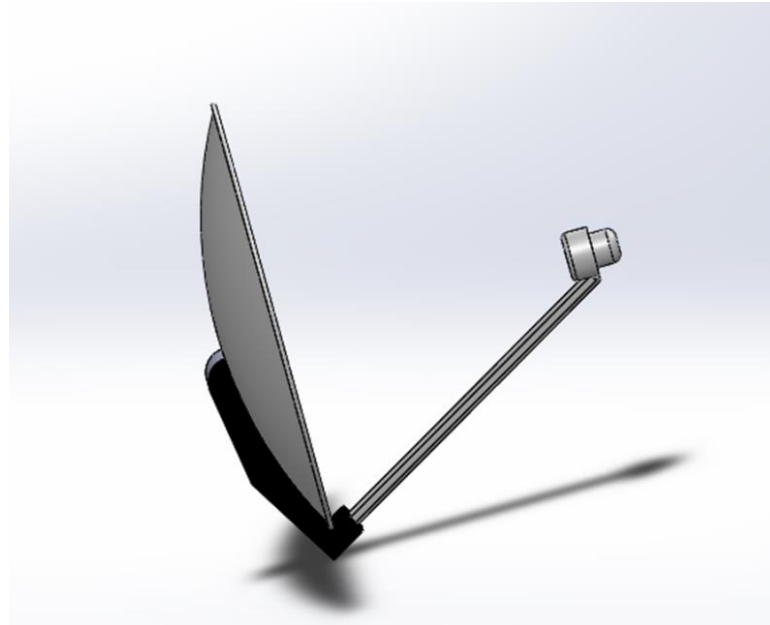
Το μοντέλο (sldprt) που θα χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση είναι το παρακάτω:



Εικόνα 14. Πλάγια όψη μοντέλου



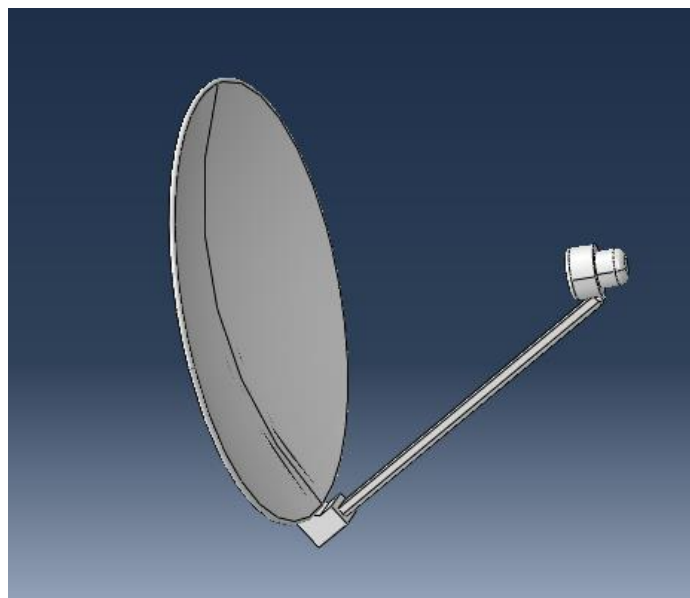
Εικόνα 15. Πίσω όψη μοντέλου



Εικόνα 16. Η προσομοίωση της θέσης τοποθέτησης

#### 4.2 Εισαγωγή μοντέλου στο ABAQUS & καθορισμός μηχανικών ιδιοτήτων

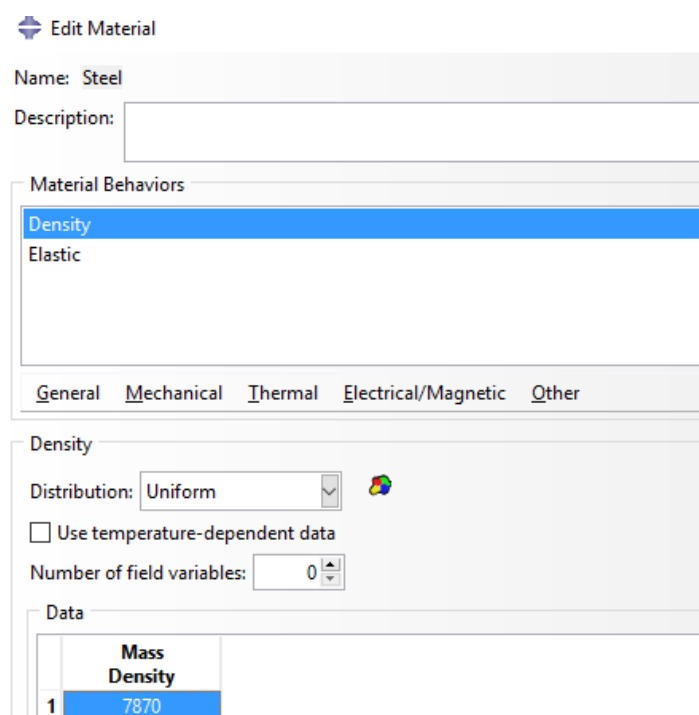
- Μετατρέπουμε το αρχείο (.sldprt) σε (.stp) για να κάνουμε εισαγωγή στο πρόγραμμα ανάλυσης.



Εικόνα 17. Το μοντέλο step

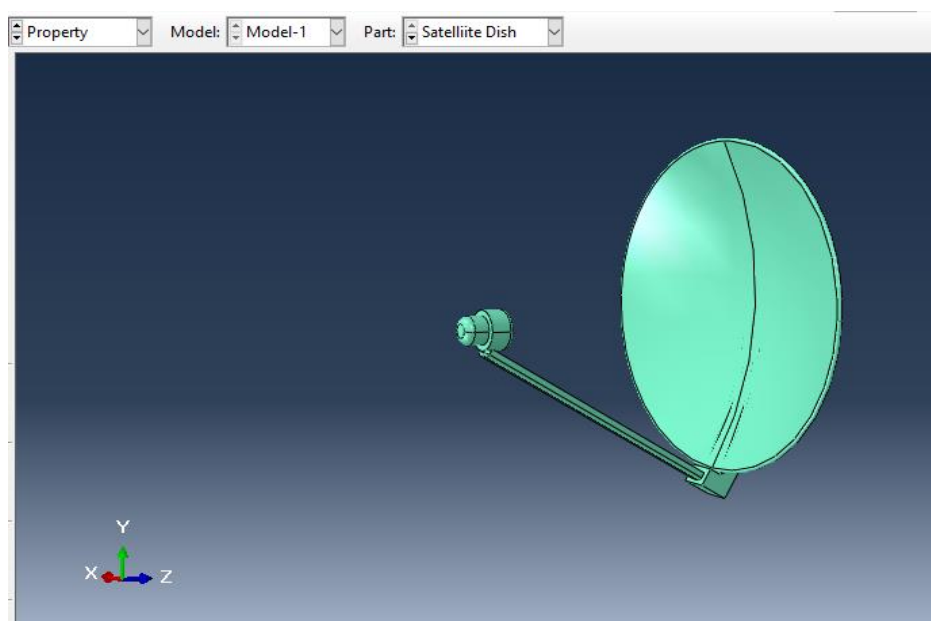
- Δημιουργούμε τα υλικά.
- Εισάγουμε τις ιδιότητες των υλικών του μοντέλου. (Density, Young's Modulus, Poisson's ratio)

Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.



Εικόνα 18. Εισαγωγή ιδιοτήτων υλικών

- Δημιουργούμε τα sections
- Αντιστοιχούμε τα sections με τα υλικά



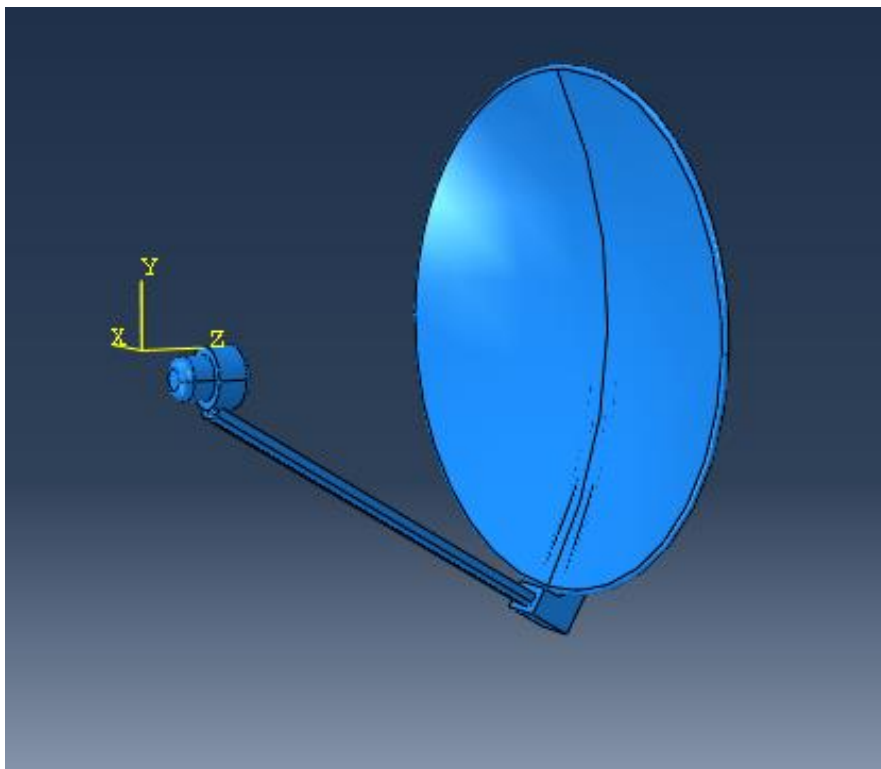
Εικόνα 19. Το μοντέλο μετά τις αντιστοιχίσεις υλικών

#### 4.3 Ορισμός του Step

- Ορίζουμε τη γεωμετρία του συναρμολογήματος δημιουργώντας Instances του εξαρτήματος και στη συνέχεια τοποθετούμε αυτές σε ένα ενιαίο

σύστημα συντεταγμένων. Μια Instance μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε εξαρτημένη και ανεξάρτητη.<sup>15</sup>

- Έτσι, δημιουργούμε ένα ενιαίο σύστημα συντεταγμένων.

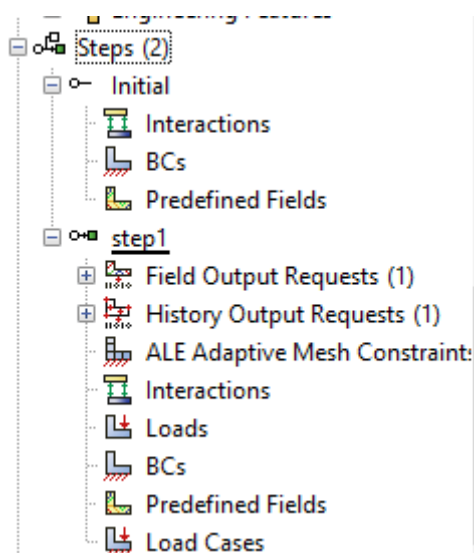


Εικόνα 20. Σύστημα συντεταγμένων

- Το λογισμικό έχει δημιουργήσει αυτόματα ένα αρχικό βήμα (Initial) στο οποίο και θα οριστούν οι συνοριακές συνθήκες. Το βήμα αυτό δεν μπορεί ούτε να μετονομαστεί, ούτε να διαγραφεί από τον χρήστη.
- Οι υπόλοιπες δυνάμεις θα οριστούν σε ένα καινούργιο βήμα που θα δημιουργήσουμε.

---

<sup>15</sup> Κτιστάκη Ε., 2015

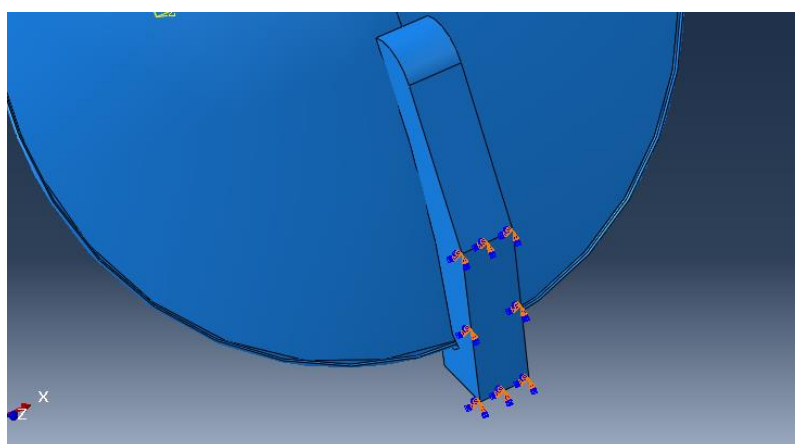


Εικόνα 21. Δημιουργία STEP

#### 4.4 Εφαρμογή συνοριακών συνθηκών και φορτίσεων<sup>16</sup>

«Για στατικές αναλύσεις, οι συνοριακές συνθήκες εφαρμόζονται στις περιοχές/σημεία στις/στα οποίες/α οι μετατοπίσεις είναι γνωστές. Αυτές οι περιοχές μπορούν να οριστούν ακίνητες (μηδενική μετατόπιση και περιστροφή) κατά την προσομοίωση, είτε μη μηδενικές μετατοπίσεις και/ή περιστροφές. Οι κατευθύνσεις στις οποίες επιτρέπεται η κίνηση ορίζονται ως βαθμοί ελευθερίας (degrees of freedom(dof)). »

Σε αυτή την εφαρμογή θα εφαρμοστεί πάκτωση (μηδενική μετατόπιση και περιστροφή) στο πίσω τμήμα της βάσης, επομένως δε επιτρέπεται να κινηθεί προς καμία κατεύθυνση.

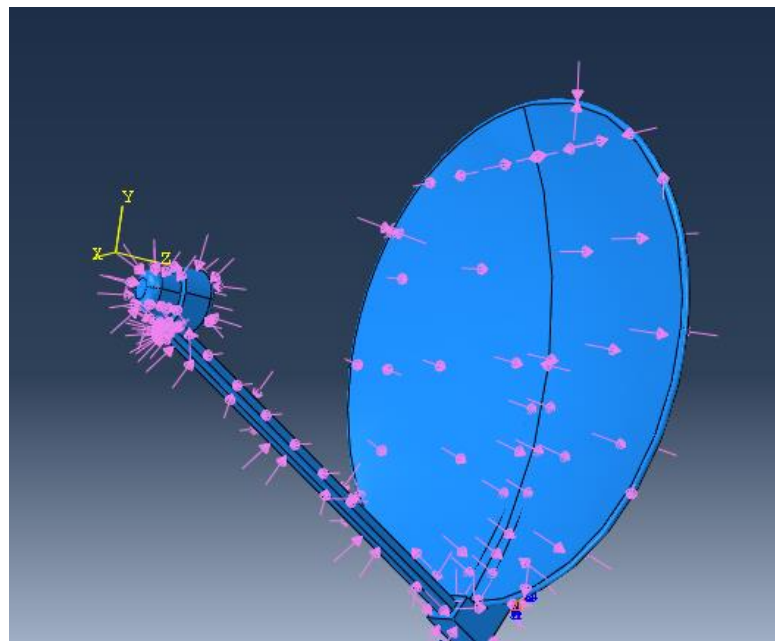


Εικόνα 22. Πάκτωση

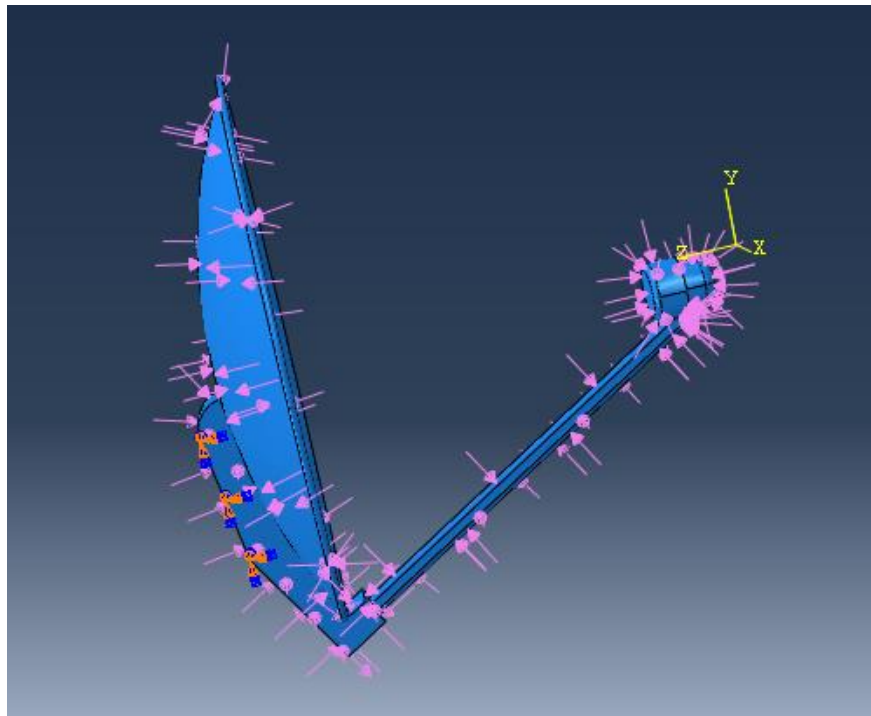
<sup>16</sup> Κτιστάκη Ε., 2015

Θα χρησιμοποιηθούν δύο είδη φορτίσεων:

- Ομοιόμορφη δύναμη κάθετη στην επιφάνεια (Pressure). Η δύναμη αυτή αντιπροσωπεύει την ανεμοπίεση που ασκείται στο σύστημα. Έχει μέτρο ανά μονάδα επιφάνειας  $1.690 \text{ N/m}^2$  και φορά κάθετη στην επιφάνεια.
- Έλξη επιφανείας (Surface Traction): Το είδος της δύναμης αυτής χρησιμοποιείται για την απεικόνιση της βαρυτικής δύναμης που ασκείται στον άξονα z. Η δύναμη αυτή έχει μέτρο ανά μονάδα επιφάνειας  $38,47 \text{ N/m}^2$



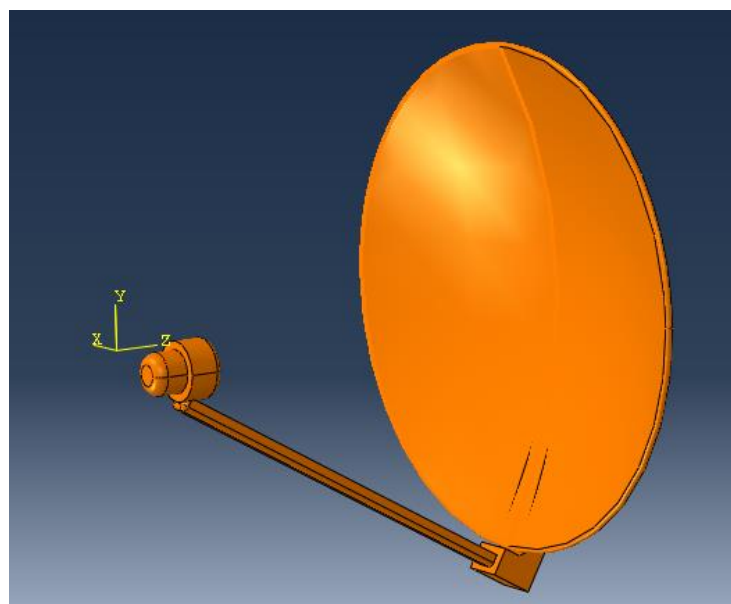
Εικόνα 23. Δυνάμεις που ασκούνται



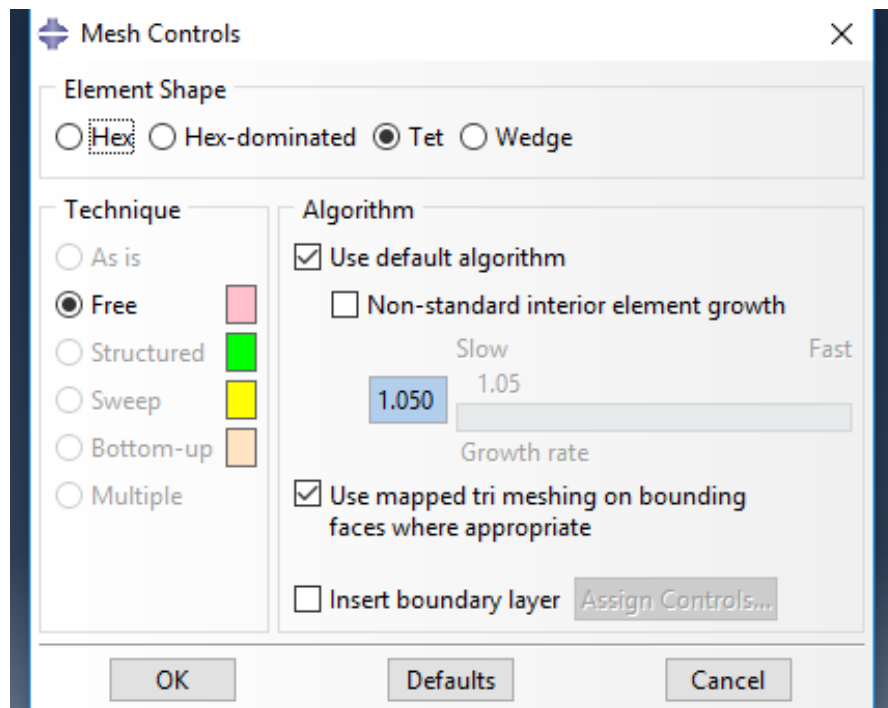
Εικόνα 24. Αλληλεπίδραση δυνάμεων που ασκούνται

#### 4.5 Ορισμός πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων

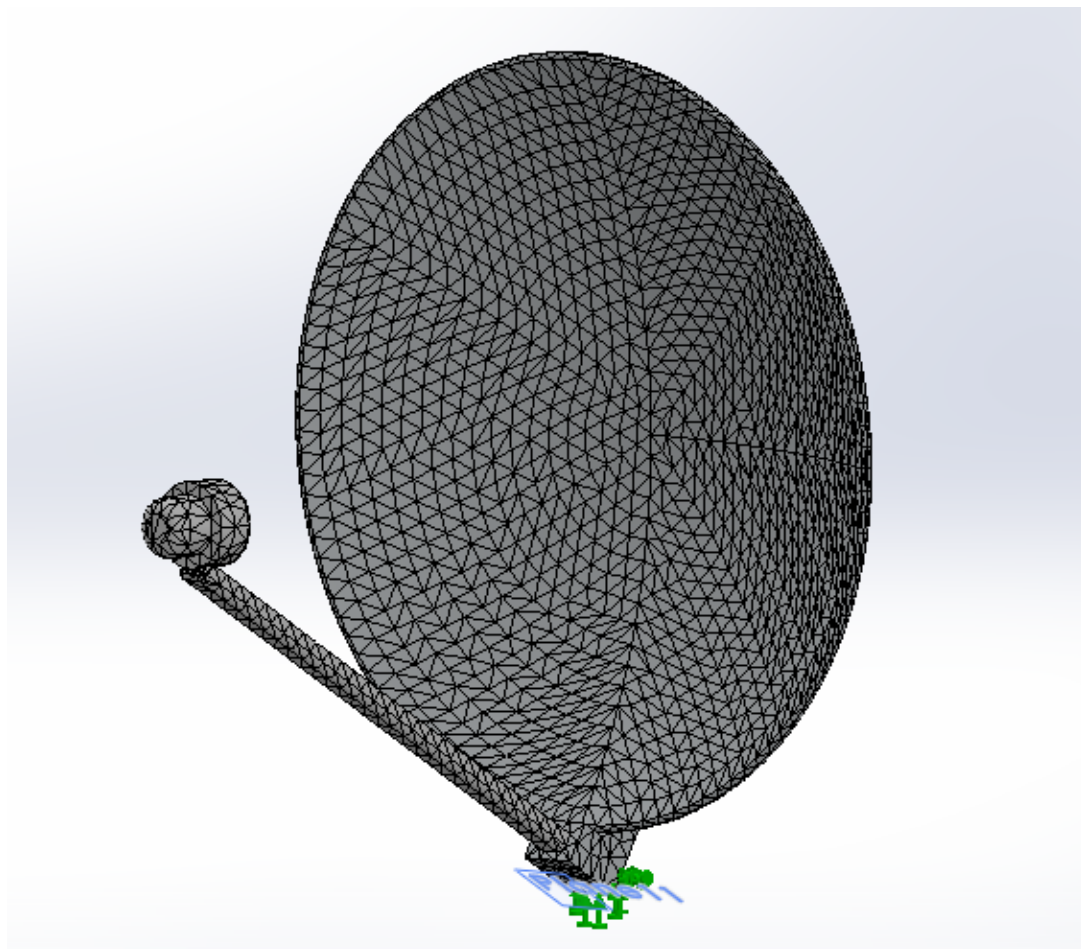
Αρχικά επιλέγουμε την γεωμετρία που θέλουμε να δημιουργήσουμε πλέγμα. Το πορτοκαλί χρώμα σημαίνει ότι πρέπει να παραμετροποιήσουμε την διαδικασία διακριτοποίησης.



Εικόνα 25. Επιλογή τμημάτων για διακριτοποίηση



Εικόνα 26. Επιλογή τετράεδρων στοιχείων



Εικόνα 27. Πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων



Πίνακας 3.Ιδιότητες πλέγματος

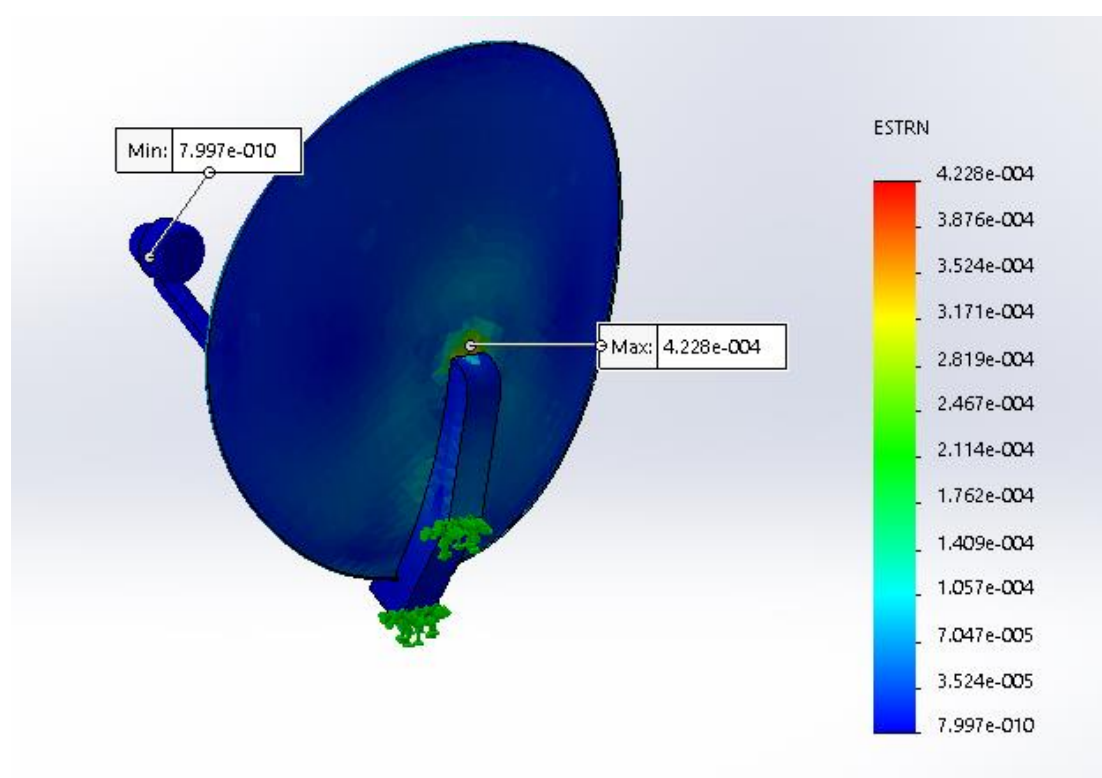
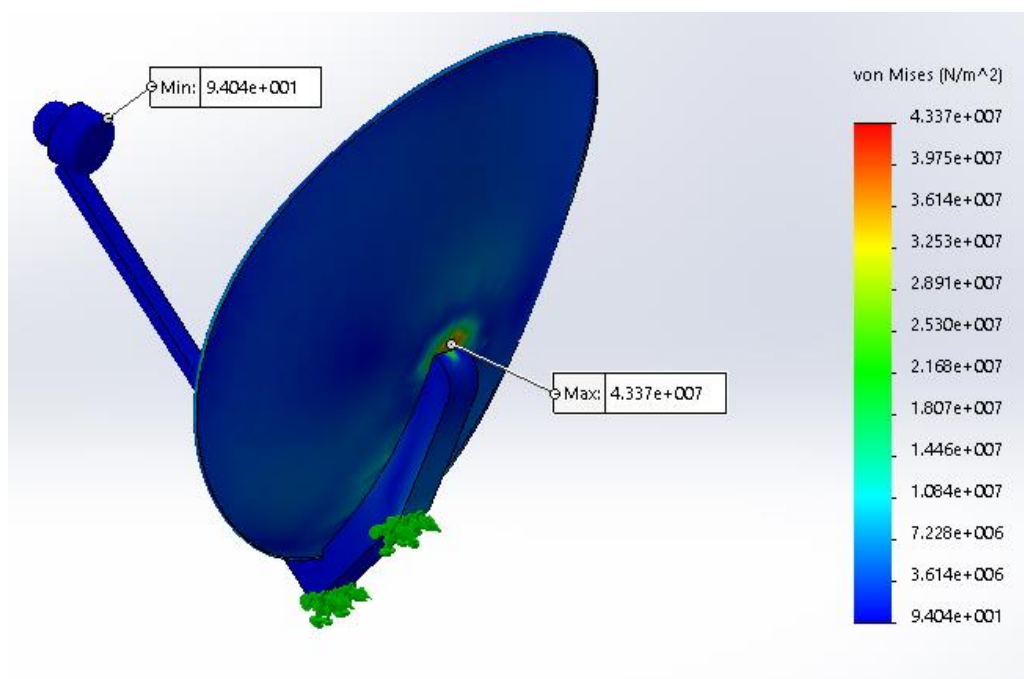
### Mesh information

<b>Mesh type</b>	Solid Mesh
<b>Mesher Used:</b>	Standard mesh
<b>Automatic Transition:</b>	Off
<b>Include Mesh Auto Loops:</b>	Off
<b>Jacobian points</b>	4 Points
<b>Element Size</b>	14.3574 mm
<b>Tolerance</b>	0.71787 mm
<b>Mesh Quality Plot</b>	High

### Mesh information - Details

<b>Total Nodes</b>	20150
<b>Total Elements</b>	10175
<b>Maximum Aspect Ratio</b>	37.615
<b>% of elements with Aspect Ratio &lt; 3</b>	22.1
<b>% of elements with Aspect Ratio &gt; 10</b>	13
<b>% of distorted elements(Jacobian)</b>	0
<b>Time to complete mesh(hh:mm:ss):</b>	00:00:04

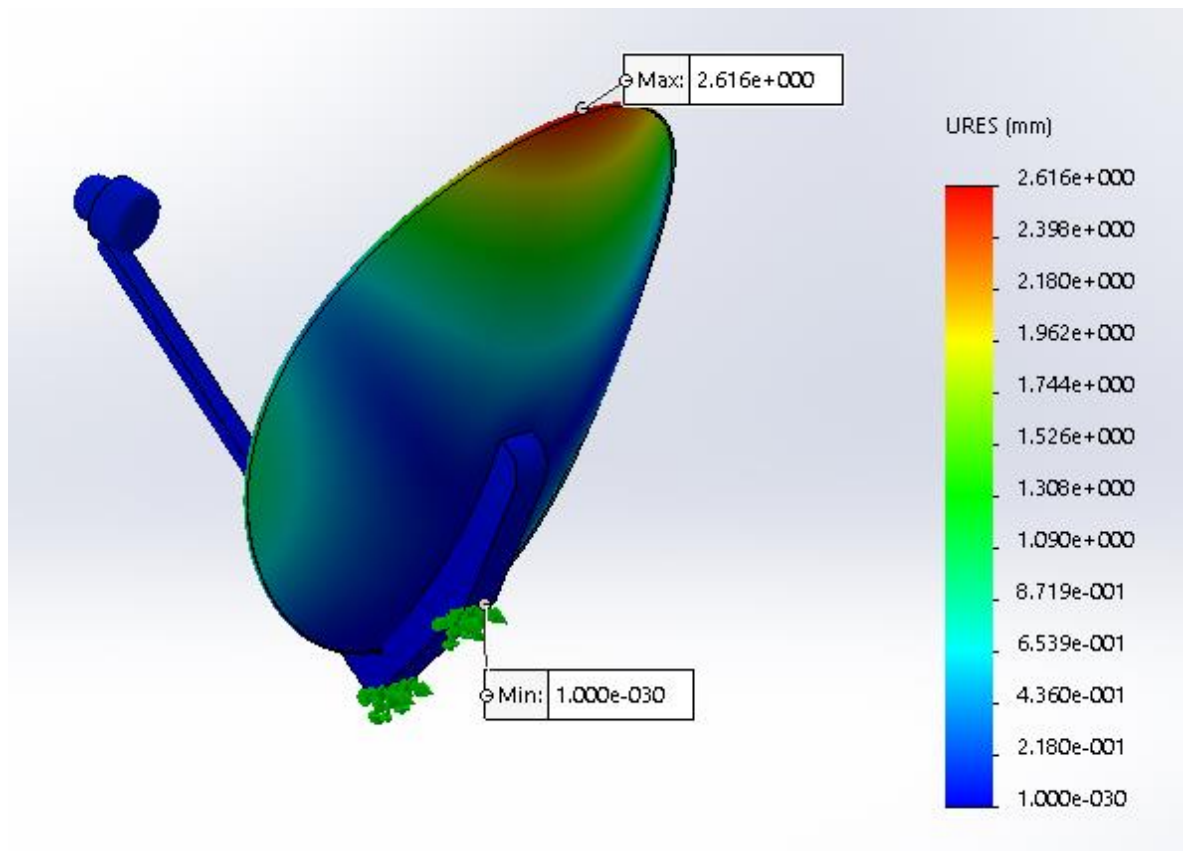
4.6 Δημιουργία, υποβολή εργασίας ανάλυσης & αποτελέσματα για κανονική θέση τοποθέτησης (45°)



Εικόνες 28 (stress) , 29(strain). Τάσεις που αναπτύσσονται στο μοντέλο

Όπως φαίνεται και στις παραπάνω εικόνες, σε γενικές γραμμές δεν εμφανίζονται ιδιαίτερα υψηλές τάσεις στο μπροστινό μέρος. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές είναι αρκετά μικρότερες από το όριο διαρροής  $\sigma_0=2.03943e+08$  Pa. Η μεγαλύτερη τιμή που εμφανίζεται είναι  $4,337e+07$  Pa και παρουσιάζεται σε κεντρικό σημείο της πίσω πακτωμένης επιφάνειας . Στο συγκεκριμένο σημείο το στήριγμα είναι ήδη ενισχυμένο.

Στην επόμενη εικόνα φαίνονται οι μετατοπίσεις. Η μέγιστη μετατόπιση φαίνεται στην κορυφή του πιάτου.



Εικόνα 30. Μετατοπίσεις

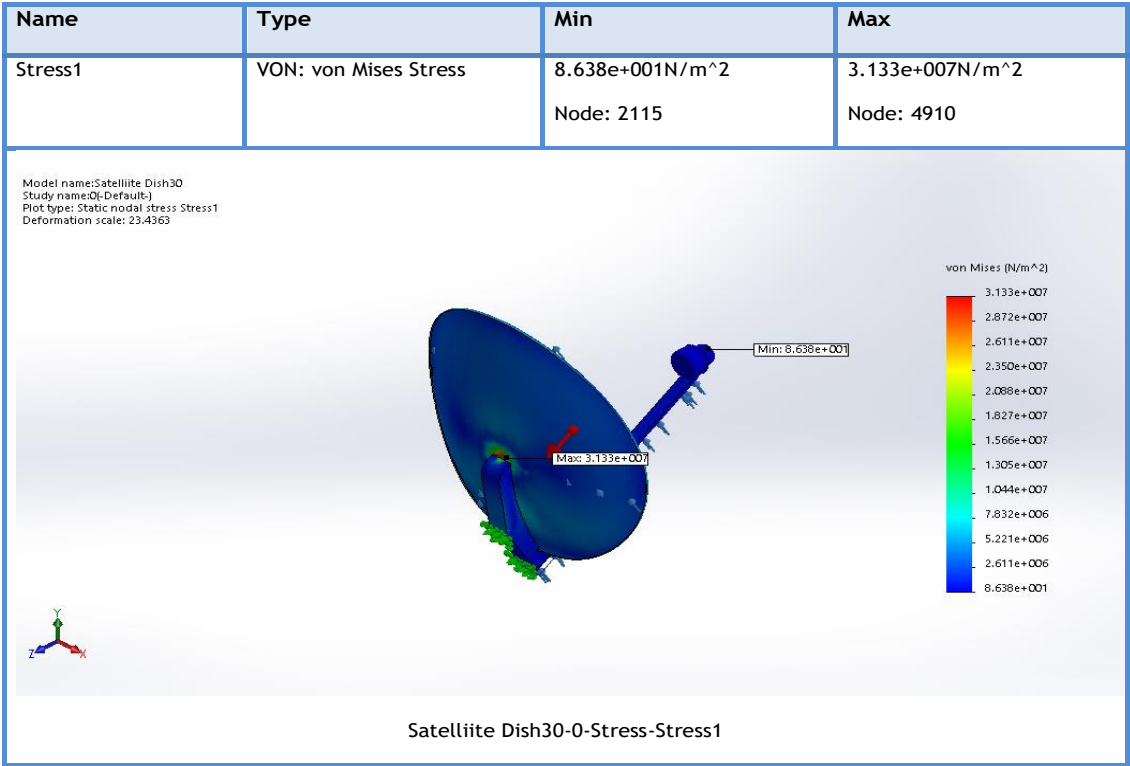
Στον βραχίονα επίσης δεν εμφανίστηκε κάποιο πρόβλημα αντοχής αφού οι τάσεις της τάξης των 9,404 Pa είναι πολύ μικρές.

#### 4.7 Ανάλυση & αποτελέσματα για θέσεις τοποθέτησης (0°, 30°, 60°, 90°)

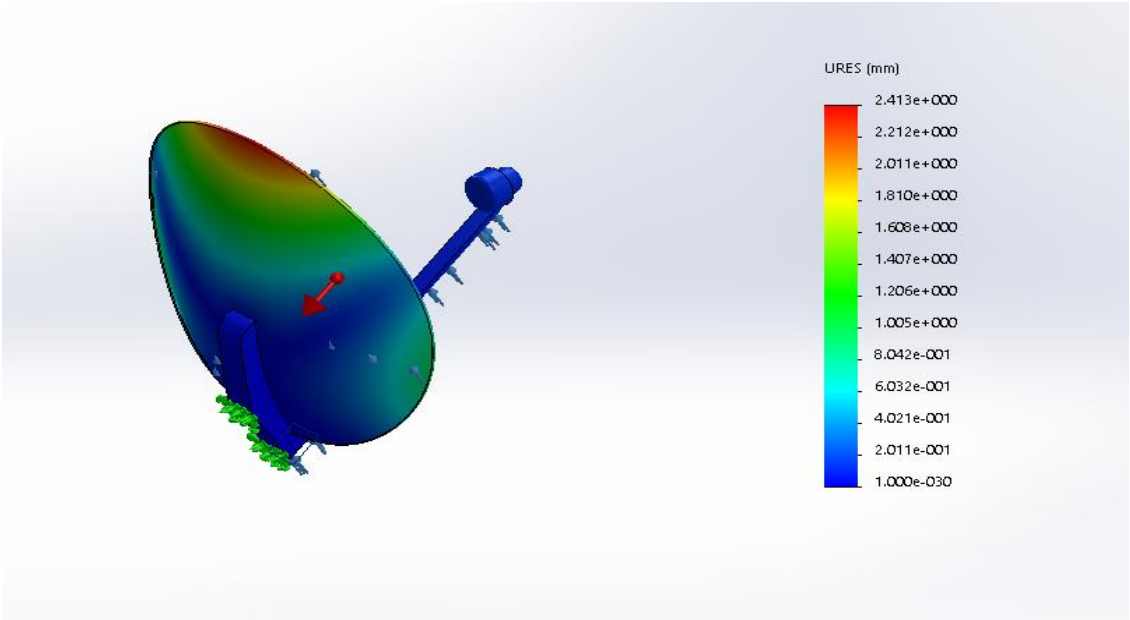
Ομοίως μελετήθηκαν και οι υπόλοιπες θέσεις στήριξης. Τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω.

##### 4.7.1 Μελέτη στις 0°

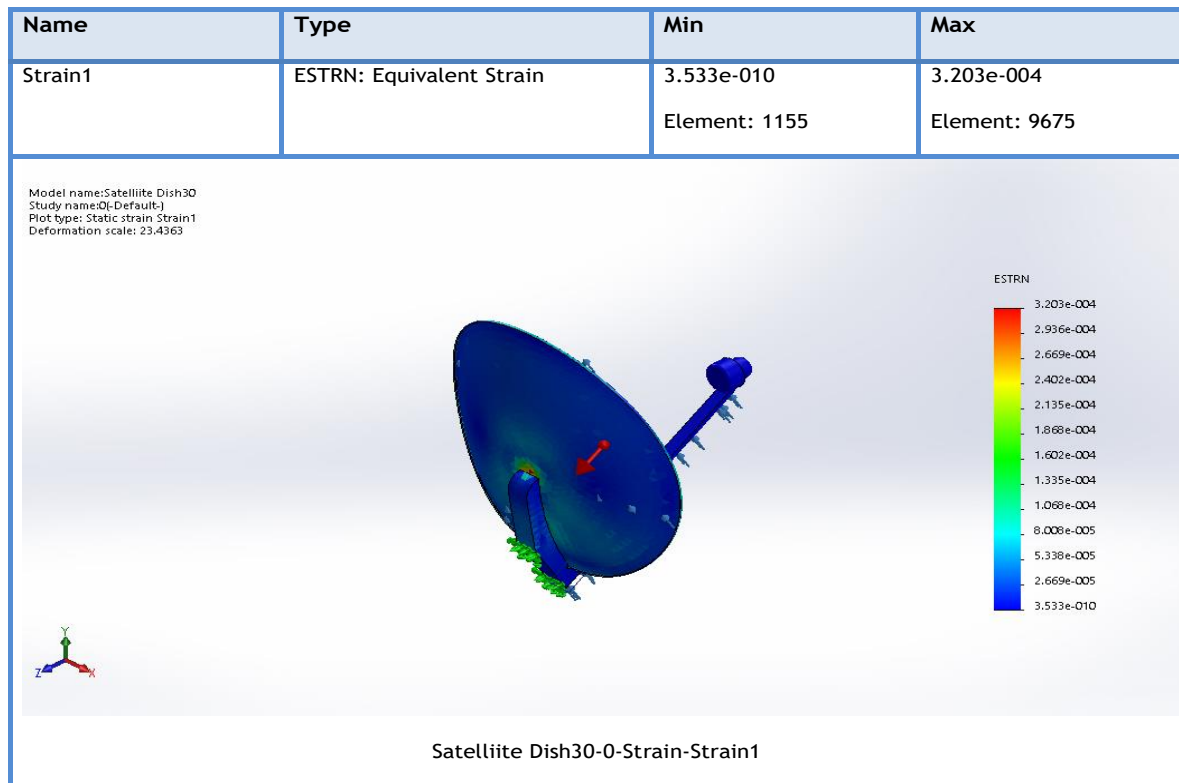
Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.



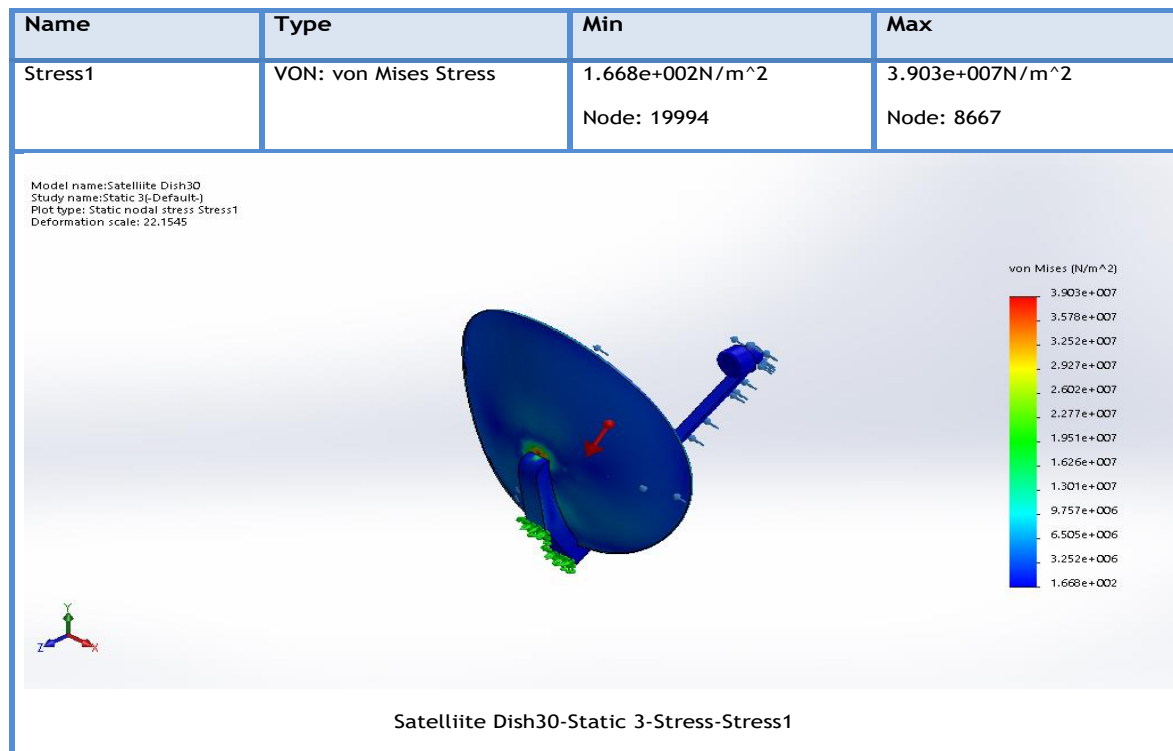
Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+000mm Node: 5108	2.413e+000mm Node: 17933



Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.

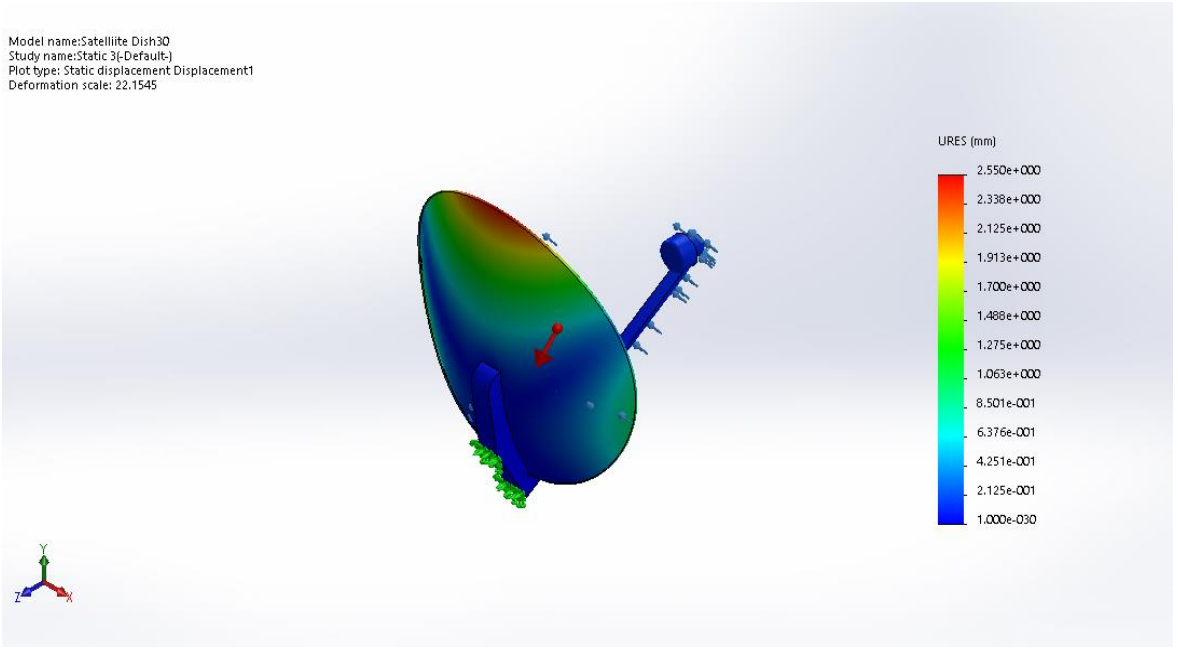


#### 4.7.2 Μελέτη στις 30°

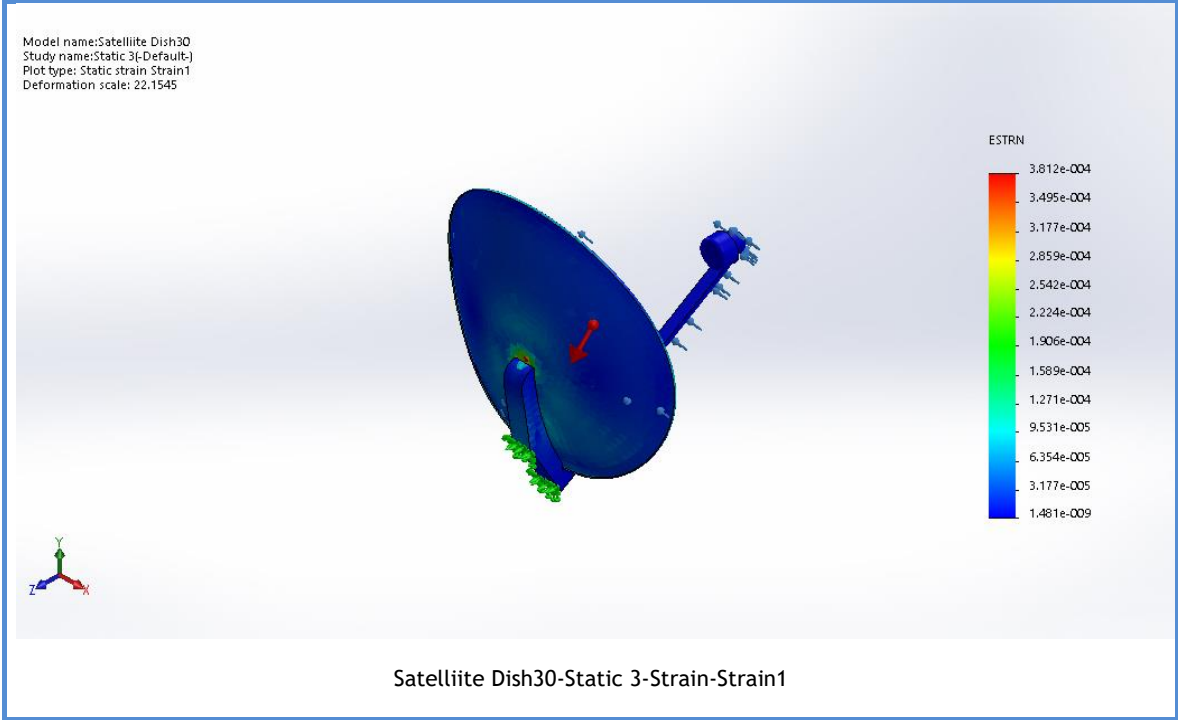


Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+000mm	2.550e+000mm
		Node: 2727	Node: 15544

Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.

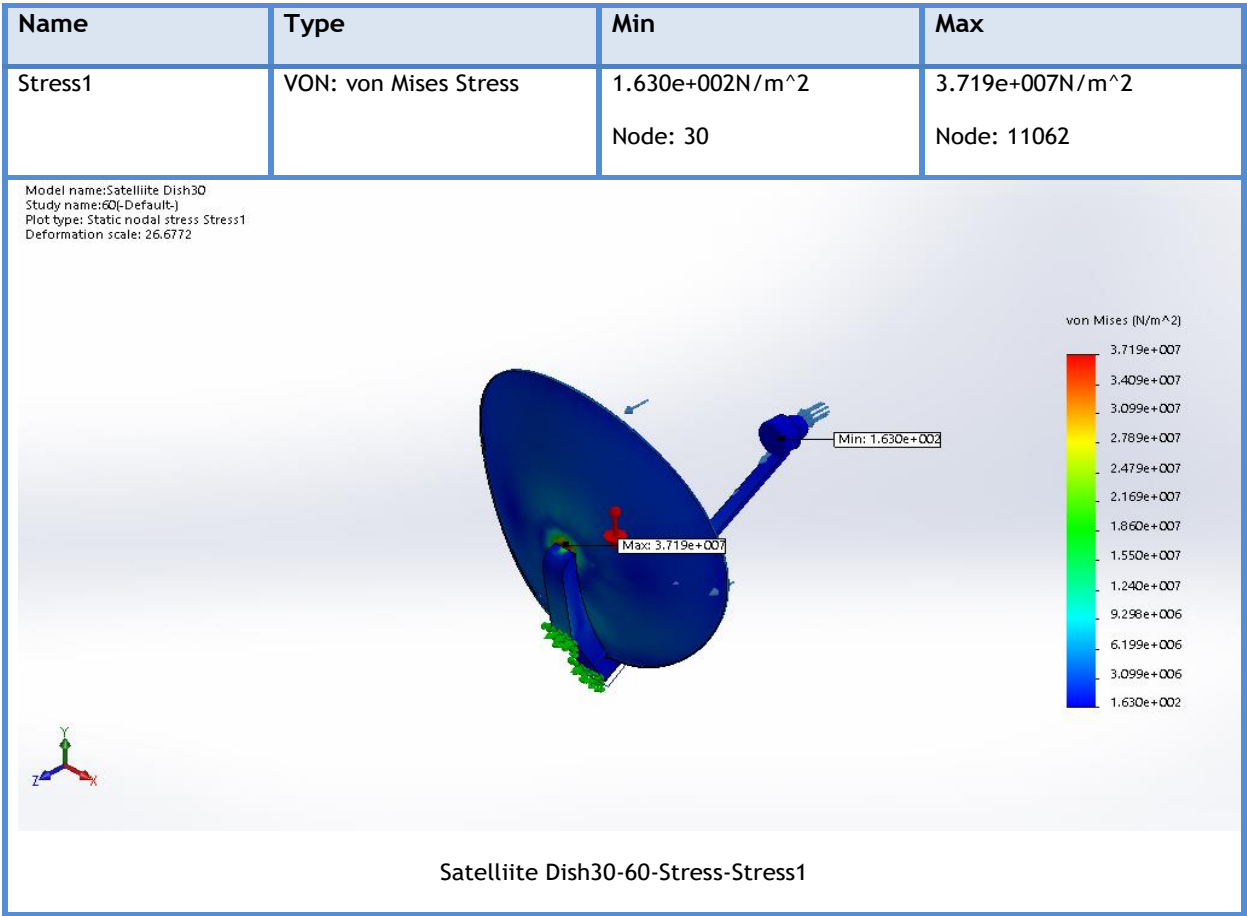


Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.481e-009	3.812e-004
		Element: 10095	Element: 8670



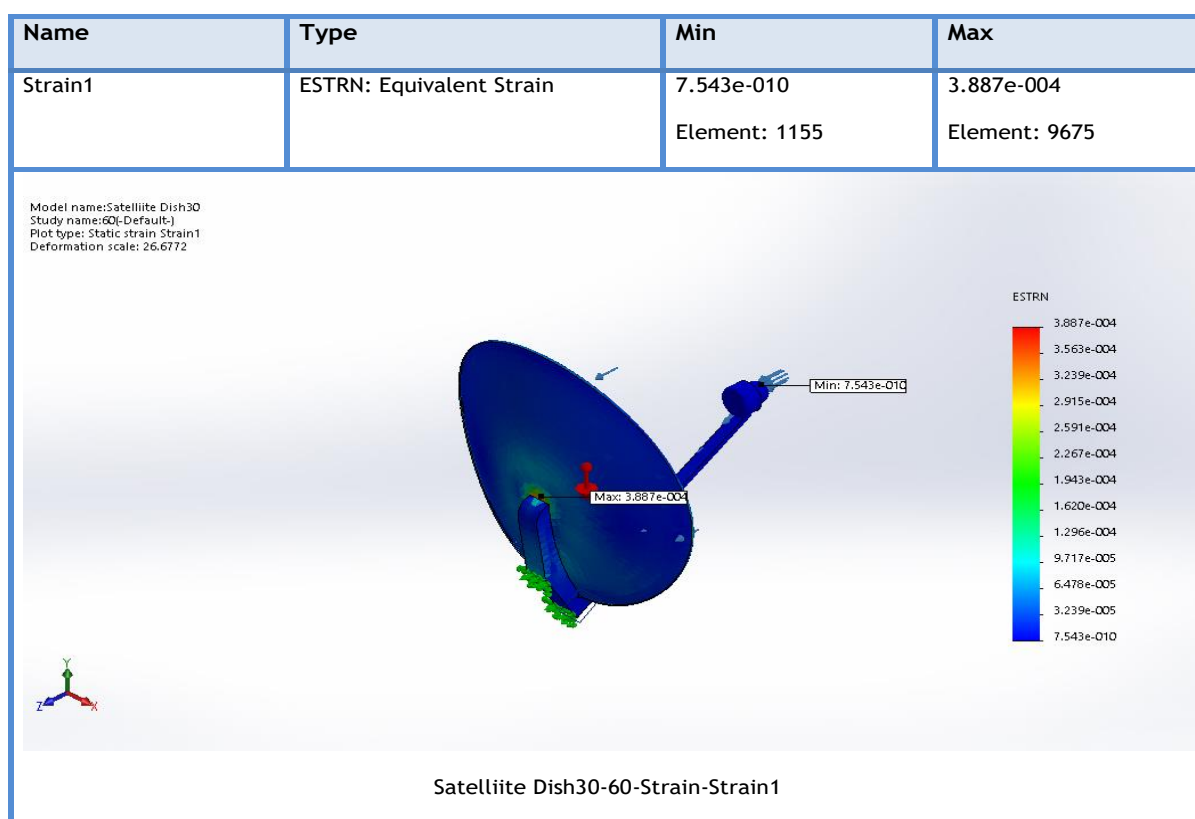
Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.

4.7.3 Μελέτη στις 60°

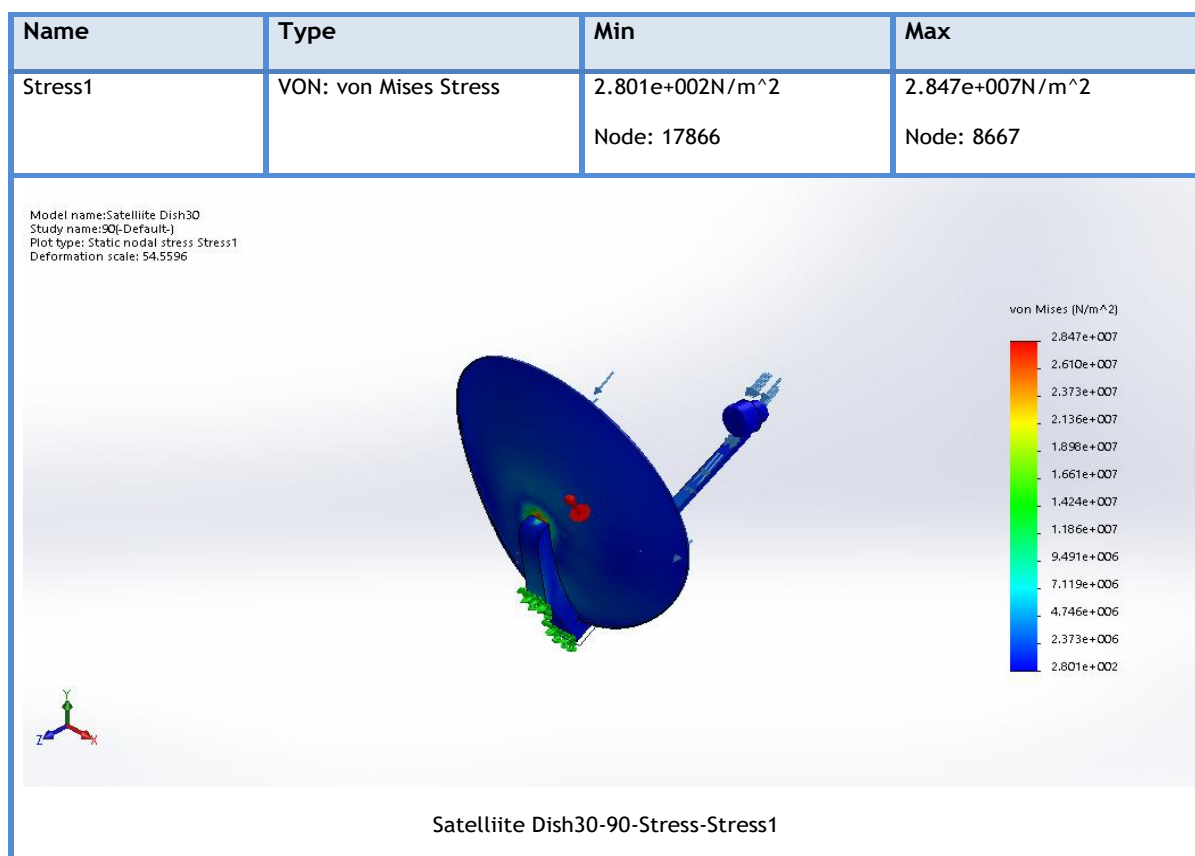


Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+000mm	2.111e+000mm
		Node: 5108	Node: 17933

Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.



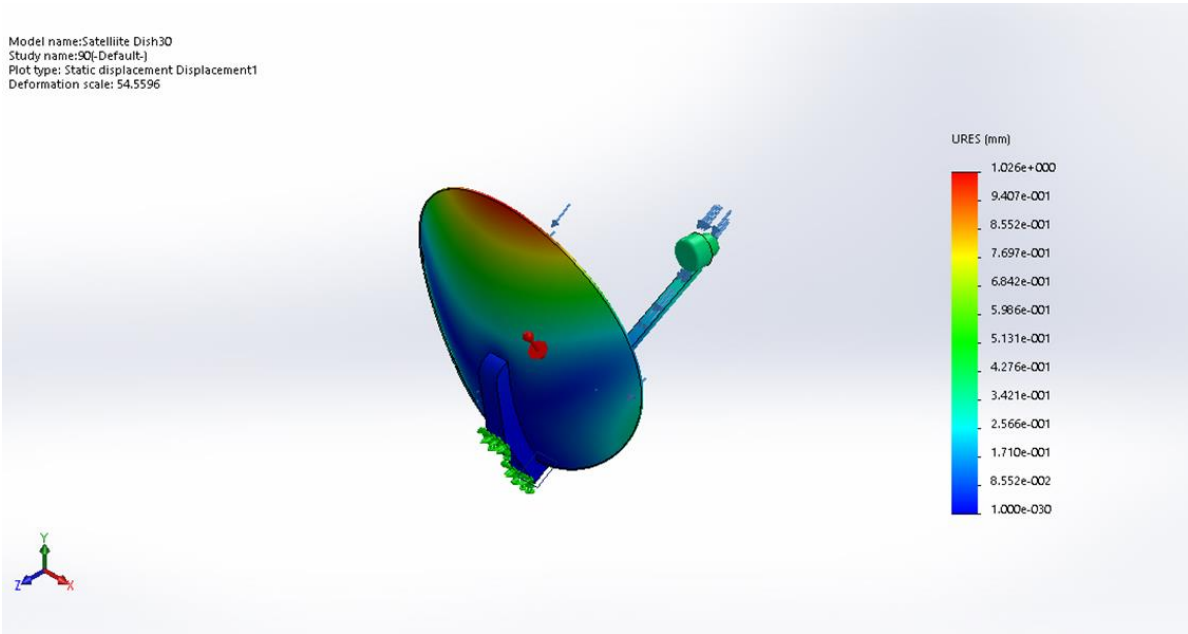
#### 4.7.4 Μελέτη στις 90°



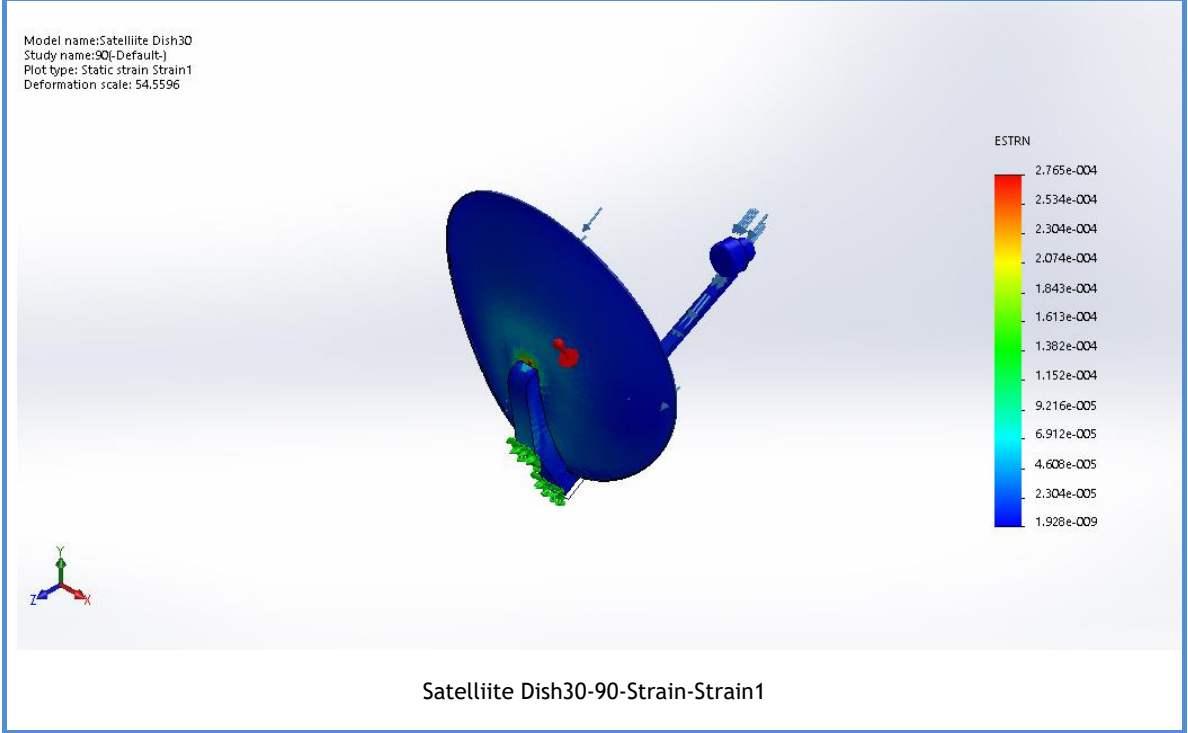


Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+000mm	1.026e+000mm
		Node: 2727	Node: 15540



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	1.928e-009	2.765e-004
		Element: 10099	Element: 8670



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ

### 5.1 Σχολιασμός αποτελεσμάτων

#### 5.1.1 Σε κανονική τοποθέτηση

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το σύστημα δορυφορικής λήψης μελετάται σε ακραίες συνθήκες ανεμοπίεσης. Επίσης, επιλέχθηκε η μέγιστη ταχύτητα αέρα, η μέγιστη πυκνότητα και η πιο απλή, συνηθισμένη στήριξη. Έτσι, επιχειρήθηκε μια μελέτη των μέγιστων φορτίων που μπορούν να εμφανιστούν. Η κλίση τοποθέτησης του πιάτου σε κανονική τοποθέτηση είναι  $45^\circ$ .

- Στο μοντέλο της συνηθισμένης αυτής στήριξης το δορυφορικό πιάτο ανέπτυξε υψηλότερες τάσεις γύρω από την πάκτωση, όπως ήταν αναμενόμενο. Οι κρίσιμες περιοχές περιορίστηκαν στην περιοχή αυτή. Οι μέγιστη τάση ( $4.337\text{e}+007\text{Pa}$ ) ήταν εντός των ορίων αντοχής. Οι μέγιστες μετατοπίσεις ήταν  $2.616\text{e}+000\text{mm}$  και εμφανίστηκαν στο άνω μέρος του πιάτου.
- Όσον αφορά τον βραχίονα, αυτός είναι κατασκευασμένος από ανθεκτικότερο υλικό και ήταν αναμενόμενο δεν εμφάνισε κρίσιμες περιοχές.
- Το μοντέλο λοιπόν υπό την επίδραση της ανεμοπίεσης παραμορφώθηκε γύρω από την κρίσιμη περιοχή.

#### 5.1.2 Σε γωνίες $0^\circ$ , $30^\circ$ , $60^\circ$ και $90^\circ$

Για λόγους διερεύνησης αστοχιών μελετήθηκε το μοντέλο σε κλίσεις  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  και  $90^\circ$  αν και δεν τοποθετείται σε αυτές τις γωνίες. Οι τιμές stress και displacement αναφέρονται σε κόμβο (node) ενώ οι τιμές strain αναφέρονται σε στοιχείο (element).

- Οι μέγιστες τιμές Stress και Strain ήταν εντός των ορίων αντοχής.  
Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συγκριτικά οι τιμές αυτές.

Πίνακας 4. *Stress*

	Min	Max
0 °	<b>8.638e+001N/m<sup>2</sup></b>	3.133e+007N/m <sup>2</sup>
30 °	1.668e+002N/m <sup>2</sup>	3.903e+007N/m <sup>2</sup>
45 °	9.404e+001N/m <sup>2</sup>	<b>4.337e+007N/m<sup>2</sup></b>
60 °	1.630e+002N/m <sup>2</sup>	3.719e+007N/m <sup>2</sup>
90 °	2.801e+002N/m <sup>2</sup>	2.847e+007N/m <sup>2</sup>

- Όπως φαίνεται οι μικρότερες τάσεις εμφανίζονται στο μοντέλο των 0° και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο των 45°.

Πίνακας 5. *Strain*

	Min	Max
0 °	<b>3.533e-010</b>	3.203e-004
30 °	1.481e-009	3.812e-004
45 °	7.997e-010	<b>4.228e-004</b>
60 °	7.543e-010	3.887e-004
90 °	1.928e-009	2.765e-004

- Όπως φαίνεται οι μικρότερες τιμές εμφανίζονται στο μοντέλο των 0° και οι μεγαλύτερες στο μοντέλο των 45°.

Πίνακας 6. *Displacement*

	Min	Max
0 °	0.000e+000mm	2.413e+000mm
30 °	0.000e+000mm	2.550e+000mm
45 °	0.000e+000mm	<b>2.616e+000mm</b>
60 °	0.000e+000mm	2.111e+000mm
90 °	0.000e+000mm	1.026e+000mm

- Όπως φαίνεται εμφανίζονται μηδενικές μετατοπίσεις σε όλα τα μοντέλα. Ωστόσο, οι μέγιστες εμφανίζονται στο μοντέλο των 45°.
- Συμπερασματικά, οι μέγιστες τιμές εμφανίστηκαν στο μοντέλο των 45° οπότε δεν υπάρχει κίνδυνος αστοχίας σε οποιαδήποτε άλλη γωνία τοποθέτησης.

## 5.2 Προτάσεις

Σε γενικές γραμμές το σύστημα είναι καλά σχεδιασμένο και μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες της πλειοψηφίας των χρηστών. Η τοποθέτηση βασίζεται σε ένα αλουμινένιο στήριγμα που ξεκινάει από το πίσω μέρος του πιάτου και φτάνει μέχρι μπροστά όπου στηρίζεται ο βραχίονας του feeder.

Οι κλιματολογικές συνθήκες που χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη είναι ακραίες. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν οι μέγιστες τιμές που θα μπορούσαν να εμφανιστούν βάσει Ευρωκώδικα. Αν λοιπόν κάποιος χρησιμοποιήσει το σύστημα σε αυτές τις συνθήκες, προτείνεται ένα άλλο στήριγμα από ανθεκτικότερο υλικό. Ιδανικά το στήριγμα αυτό θα μπορούσε να έχει ενσωματωμένο τον βραχίονα του feeder ώστε να μην κινδυνεύει από διάβρωση στην ένωση των δύο υλικών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abaqus 6.12 Documentation: “User's Manual”, 2016
- Bathe K.J. “Finite Element Procedures”. Prentice Hall Inc, New Jersey, 1996.
- Beer/Johnson. "ΤΕΧΝΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ, ΤΟΜΟΣ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ, ΣΤΑΤΙΚΗ". Αθήνα:Fountas.
- Beton-Kalender Teil II, . Berlin: Ernst & Sohn Verlag, 1988.
- Hughes O. Ship “Structural Design: A rationally-based, computer-aided optimization procedure”. SNAME, New York, 1996
- Standarization, European Committee for. EUROPEAN PRESTANDARD. Brussels, 1995.
- Tirupathi R. Chandrupatla, Asok D. Belegundu. "ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ". ΑΘΗΝΑ: ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ, 2005.
- William D. Callister , JR. "ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΛΙΚΩΝ". Αθήνα: ΤΖΙΟΛΑ, 2004.
- Αραιόπουλος, Α. (n.d.). Διπλωματική εργασία : «Διερεύνηση μεθόδων ενημέρωσης και βελτιστοποίησης μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων με χρήση πειραματικών δεδομένων»,2016
- Δρακόπουλος Μ. «Προσομοίωση σύνθετων πιεζοηλεκτρικών υλικών με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων». Μεταπτυχιακή διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης,2016
- Κτιστάκη Ευτέρπη, «Στατική Ανάλυση Περιστρεφόμενης Βάσης Φ/Β πάνελ δύο αξόνων με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων». Πολυτεχνείο Κρήτης, 2015
- Κωμοδρόμος Π., «Εισαγωγή στις Μεθόδους Πεπερασμένων Στοιχείων». Σημειώσεις μαθήματος. Πανεπιστήμιο Κύπρου, 2016
- Ντουφεξής-Αμουργιανός. (2014), Σχεδίαση και Βελτιστοποίηση εξαρτήματος επιμήκυνσης οπισθίου κινητηρίου άξονα (μετατροχίου) τετράτροχου οχήματος. Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

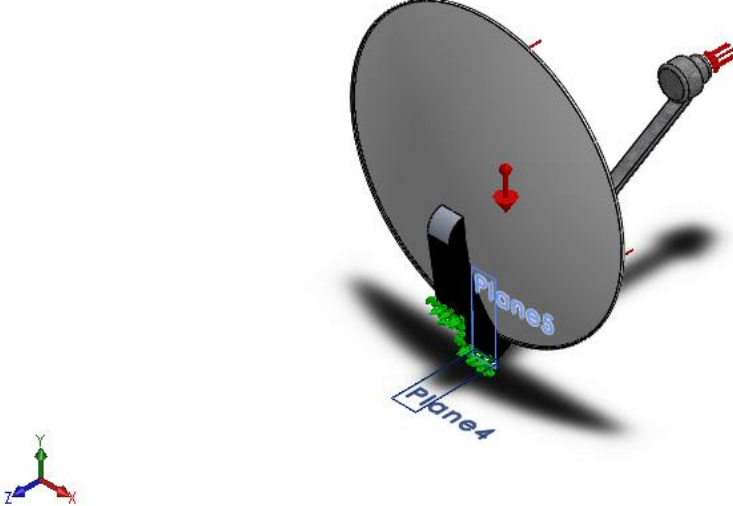
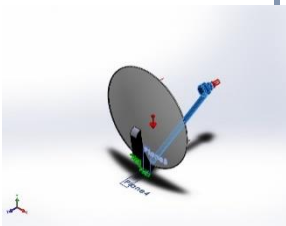
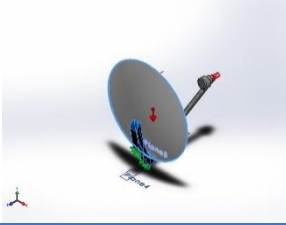
Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.

### ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- [https://el.wikipedia.org/wiki/ Μέθοδος\\_πεπερασμένων\\_στοιχείων](https://el.wikipedia.org/wiki/Μέθοδος_πεπερασμένων_στοιχείων)
- [http://www.awmn.net/wiki/Παραβολική\\_Κεραία](http://www.awmn.net/wiki/Παραβολική_Κεραία)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Model Information

<div></div>			
Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<div>Fillet5</div> <div></div>	Solid Body	Mass:1.78761 kg Volume:0.000227143 m^3 Density:7870 kg/m^3 Weight:17.5186 N	
<div>Fillet1</div> <div></div>	Solid Body	Mass:2.14354 kg Volume:0.000793987 m^3 Density:2699.71 kg/m^3 Weight:21.0067 N	

Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.

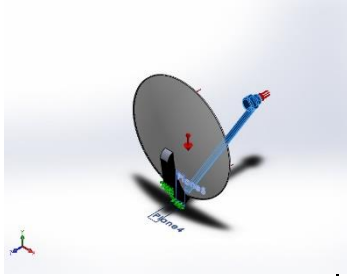
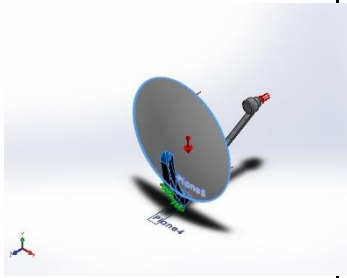
<b>Study name</b>	Static 1
<b>Analysis type</b>	Static
<b>Mesh type</b>	Solid Mesh
<b>Thermal Effect:</b>	On
<b>Thermal option</b>	Include temperature loads
<b>Zero strain temperature</b>	298 Kelvin
<b>Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation</b>	Off
<b>Solver type</b>	FFEPlus
<b>Inplane Effect:</b>	Off
<b>Soft Spring:</b>	Off
<b>Inertial Relief:</b>	Off
<b>Incompatible bonding options</b>	Automatic
<b>Large displacement</b>	Off
<b>Compute free body forces</b>	On
<b>Friction</b>	Off
<b>Use Adaptive Method:</b>	Off
<b>Result folder</b>	

## Units

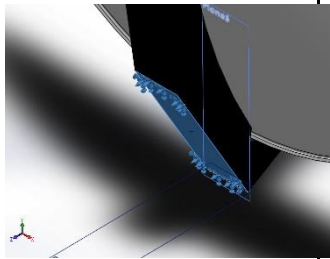
<b>Unit system:</b>	SI (MKS)
<b>Length/Displacement</b>	mm
<b>Temperature</b>	Kelvin
<b>Angular velocity</b>	Rad/sec
<b>Pressure/Stress</b>	N/m <sup>2</sup>

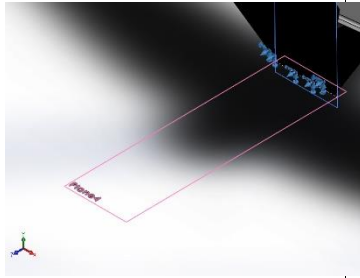
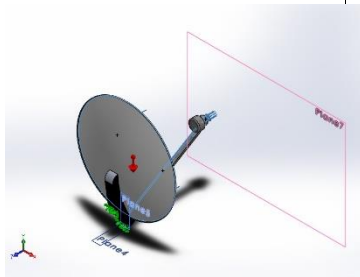


## Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: <b>Galvanized Steel</b> Model type: <b>Linear Elastic Isotropic</b> Default failure criterion: <b>Max von Mises Stress</b> Yield strength: <b>2.03943e+008 N/m<sup>2</sup></b> Tensile strength: <b>3.56901e+008 N/m<sup>2</sup></b> Elastic modulus: <b>2e+011 N/m<sup>2</sup></b> Poisson's ratio: <b>0.29</b> Mass density: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b>	<b>SolidBody 1(Fillet5)(Satelliite Dish)</b>
Curve Data:N/A		
	Name: <b>1060 Alloy</b> Model type: <b>Linear Elastic Isotropic</b> Default failure criterion: <b>Max von Mises Stress</b> Yield strength: <b>2.75742e+007 N/m<sup>2</sup></b> Tensile strength: <b>6.89356e+007 N/m<sup>2</sup></b> Elastic modulus: <b>6.9e+010 N/m<sup>2</sup></b> Poisson's ratio: <b>0.33</b> Mass density: <b>2700 kg/m<sup>3</sup></b> Shear modulus: <b>2.7e+010 N/m<sup>2</sup></b> Thermal expansion coefficient: <b>2.4e-005 /Kelvin</b>	<b>SolidBody 2(Fillet1)(Satelliite Dish)</b>
Curve Data:N/A		

## Loads and Fixtures ( 45°)

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities:	1 face(s)	
		Type:	Fixed Geometry	
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-0.0508629	38.5272	-358.516	360.58
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		<b>Reference:</b> Top Plane <b>Values:</b> 0 0 9.81 <b>Units:</b> m/s <sup>2</sup>
Pressure-1		<b>Entities:</b> 3 face(s), 1 plane(s) <b>Reference:</b> Plane7 <b>Type:</b> Normal To Plane <b>Value:</b> -1690 <b>Units:</b> N/m <sup>2</sup> <b>Phase Angle:</b> 0 <b>Units:</b> deg

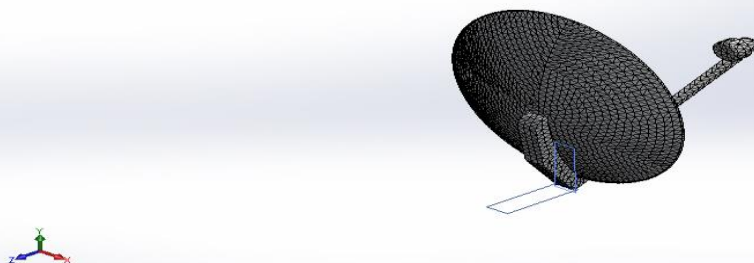
## Mesh information

<b>Mesh type</b>	Solid Mesh
<b>Mesher Used:</b>	Standard mesh
<b>Automatic Transition:</b>	Off
<b>Include Mesh Auto Loops:</b>	Off
<b>Jacobian points</b>	4 Points
<b>Element Size</b>	14.3574 mm
<b>Tolerance</b>	0.71787 mm
<b>Mesh Quality Plot</b>	High

## Mesh information - Details

<b>Total Nodes</b>	20109
<b>Total Elements</b>	10144
<b>Maximum Aspect Ratio</b>	36.684
<b>% of elements with Aspect Ratio &lt; 3</b>	22.1
<b>% of elements with Aspect Ratio &gt; 10</b>	13
<b>% of distorted elements(Jacobian)</b>	0
<b>Time to complete mesh(hh:mm:ss):</b>	00:00:03
<b>Computer name:</b>	

Model name: Satellite Dish30  
Study name: Static 1(-Default-)  
Mesh type: Solid Mesh



## Resultant Forces

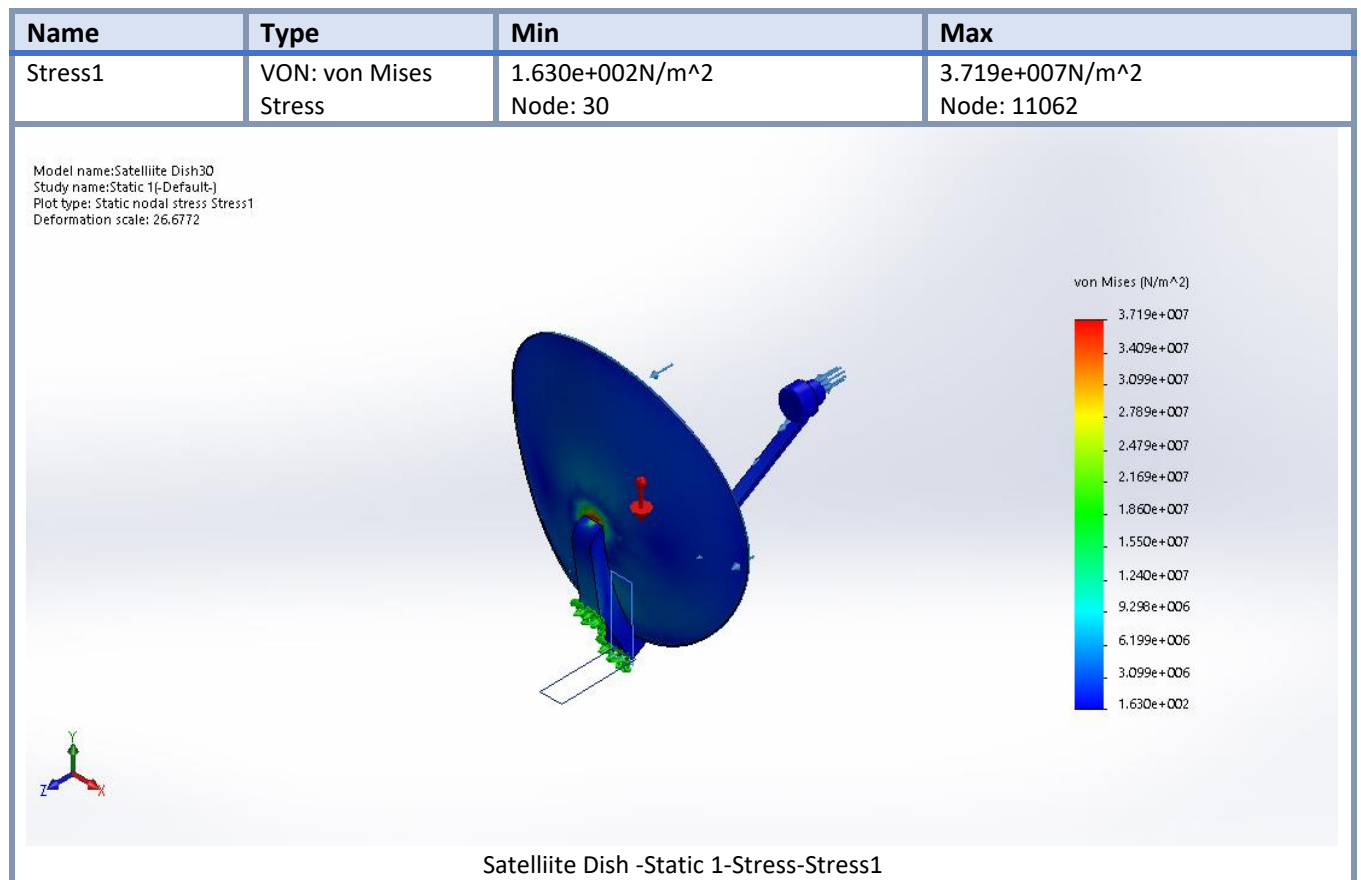
### Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-0.0508629	38.5272	-358.516	360.58

### Reaction Moments

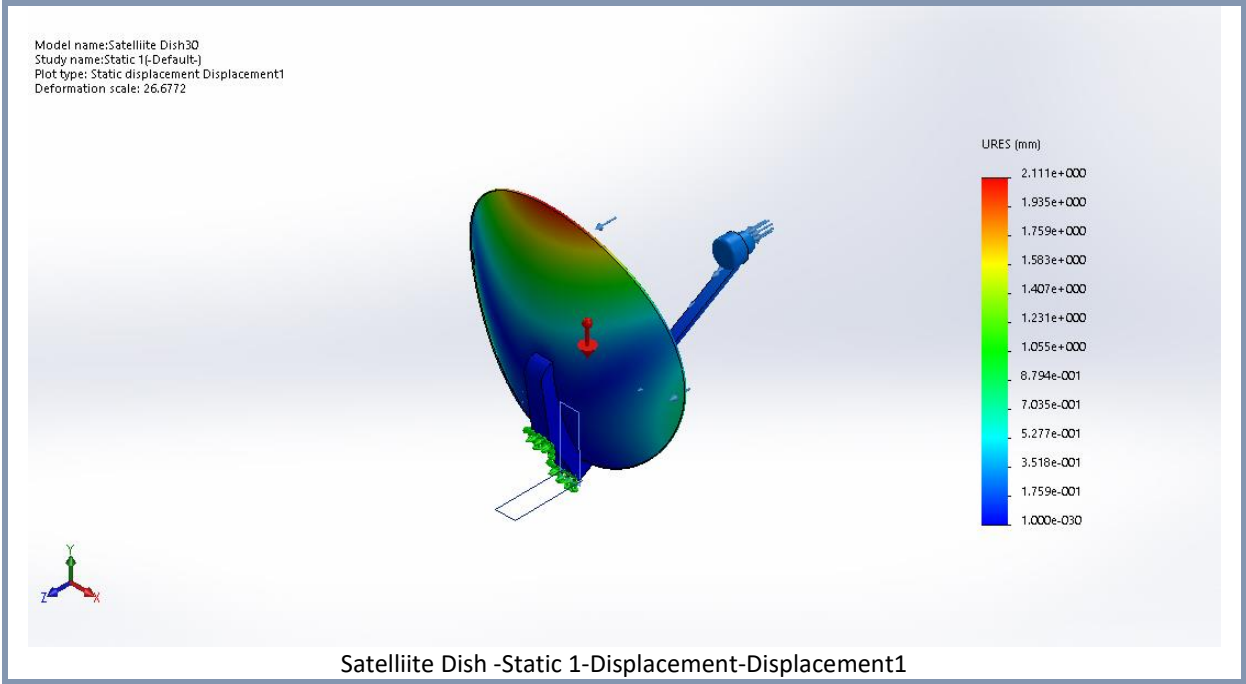
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

## Study Results



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0.000e+000mm Node: 5108	2.111e+000mm Node: 17933

Static analysis of a satellite receiver dish using the finite element method.



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	7.543e-010 Element: 1155	3.887e-004 Element: 9675

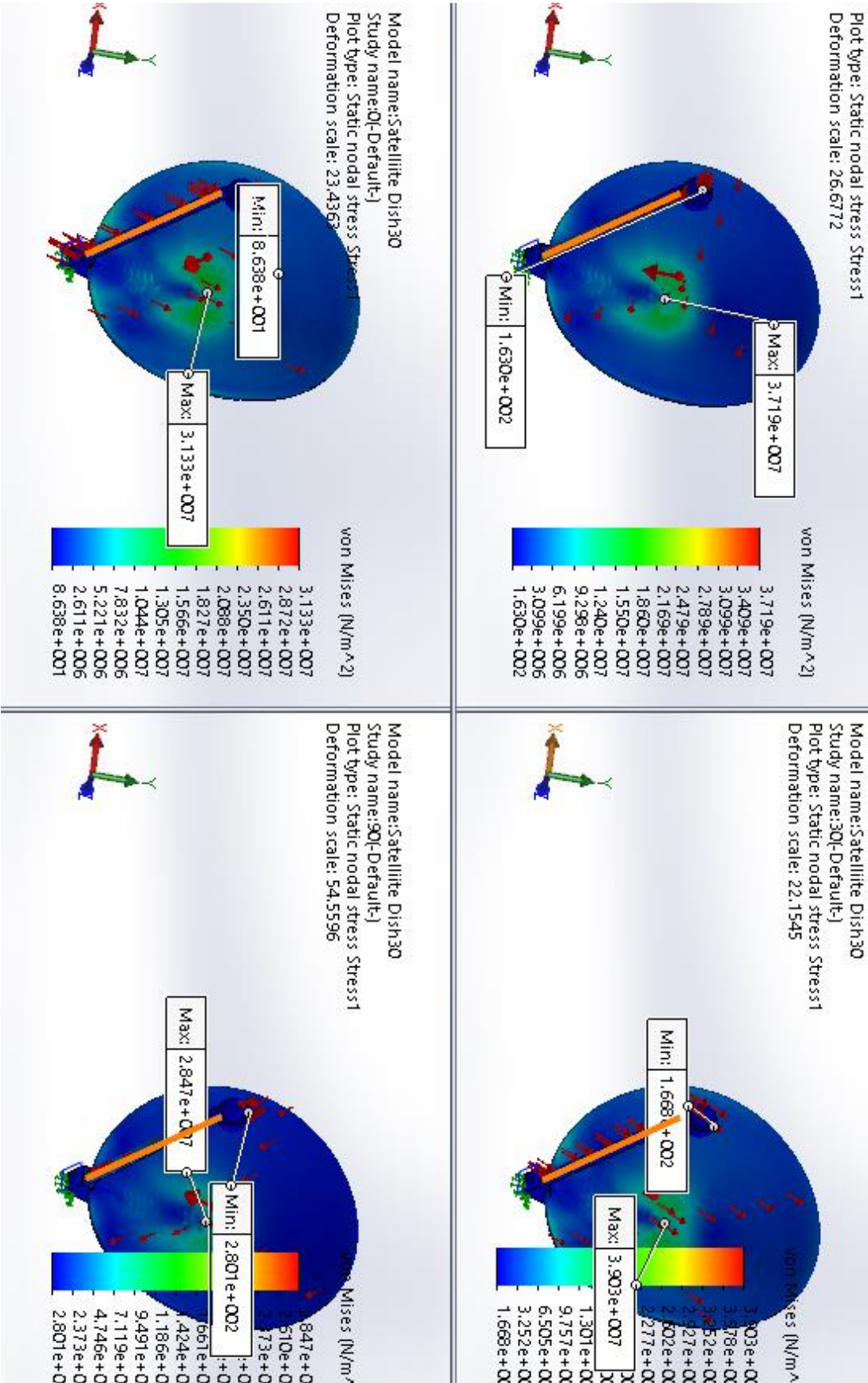
e:Satelliite Dish30  
s:Static 1(-Default-)  
tatic strain Strain1  
n scale: 26.6772

ESTRN

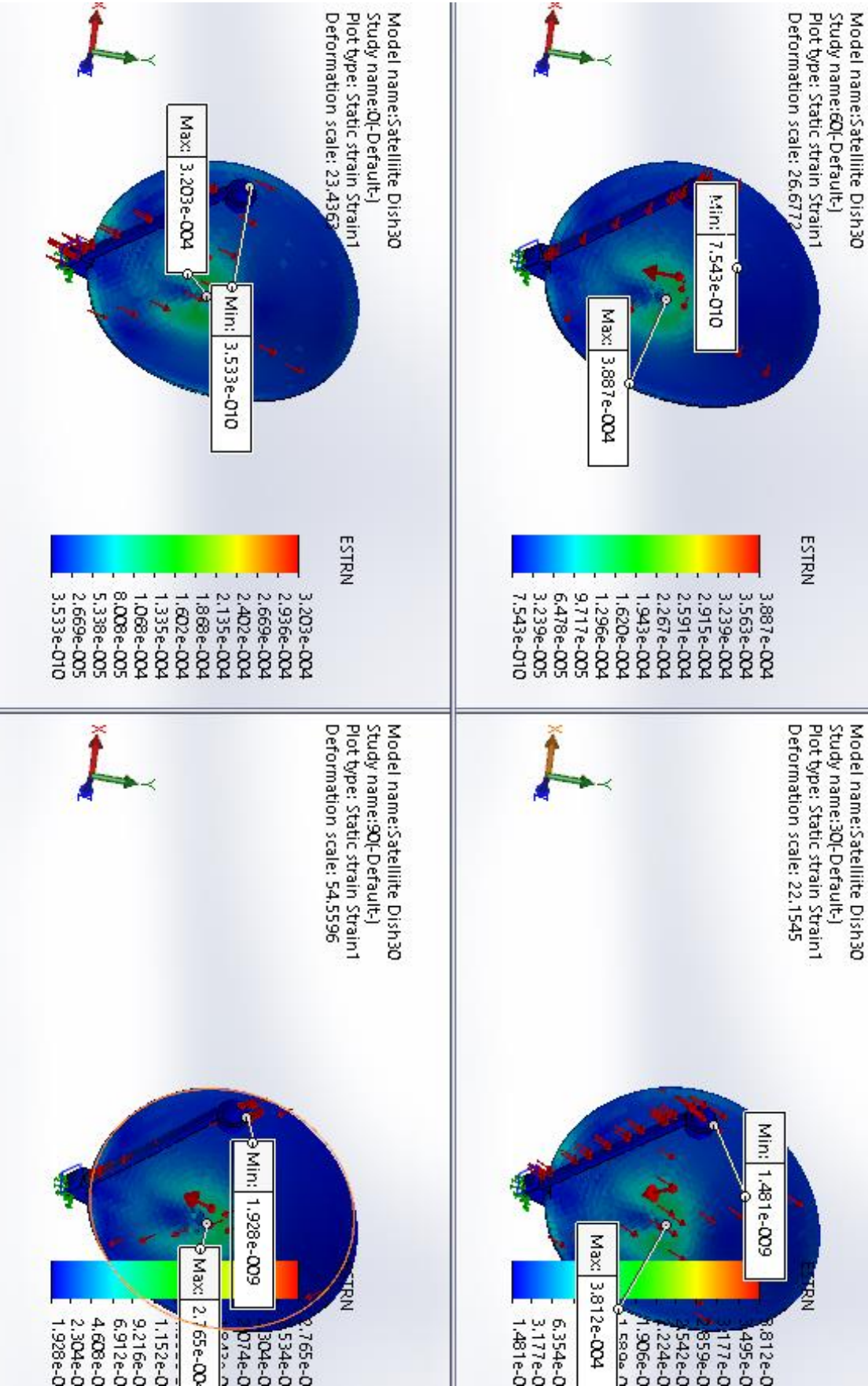
3.887e-004  
3.563e-004  
3.239e-004  
2.915e-004  
2.591e-004  
2.267e-004  
1.943e-004  
1.620e-004  
1.296e-004  
9.717e-005  
6.478e-005  
3.239e-005  
7.543e-010

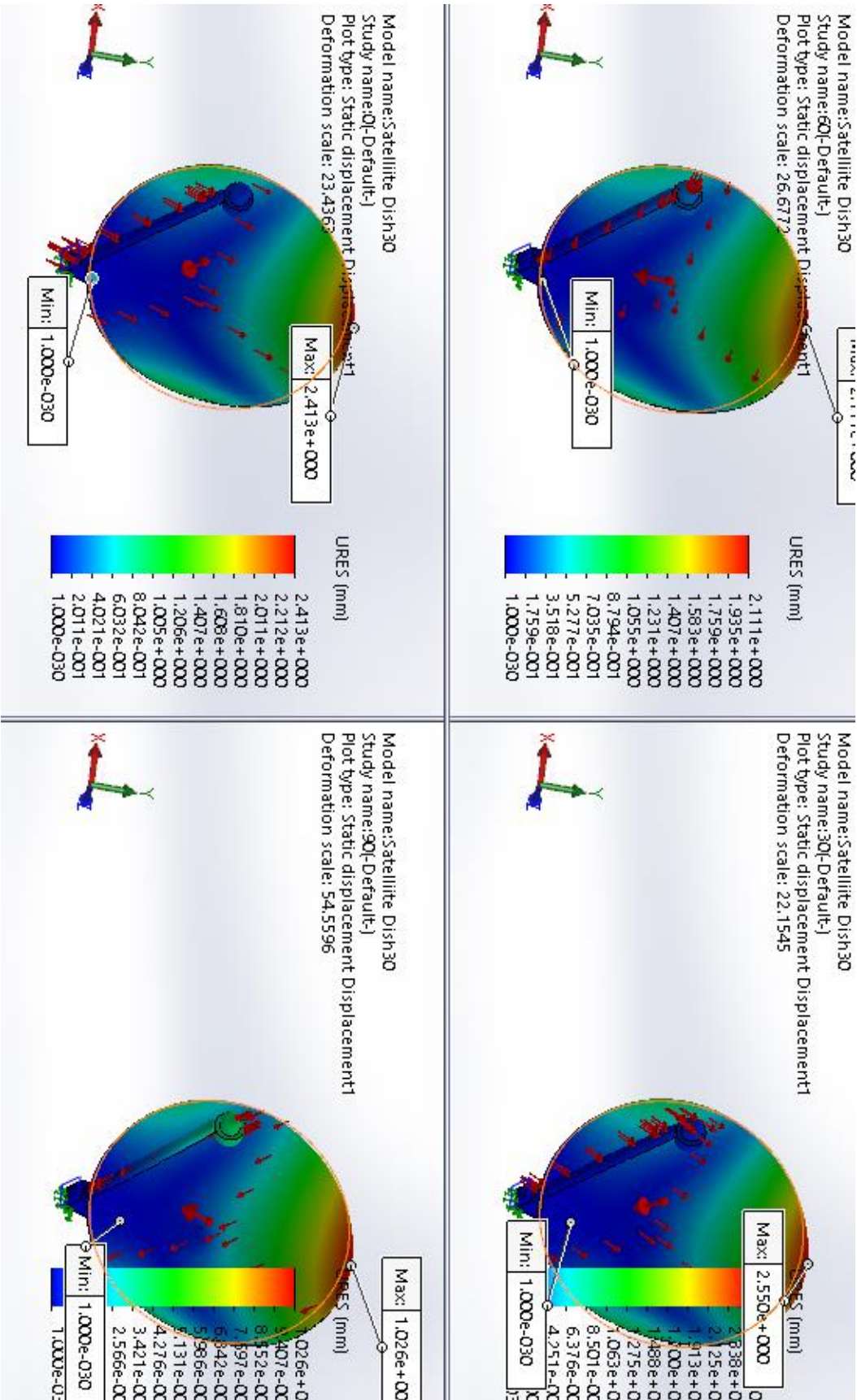
Satelliite Dish Static 1-Strain-Strain1

Σύγκριση 0°, 30°, 60° και 90°











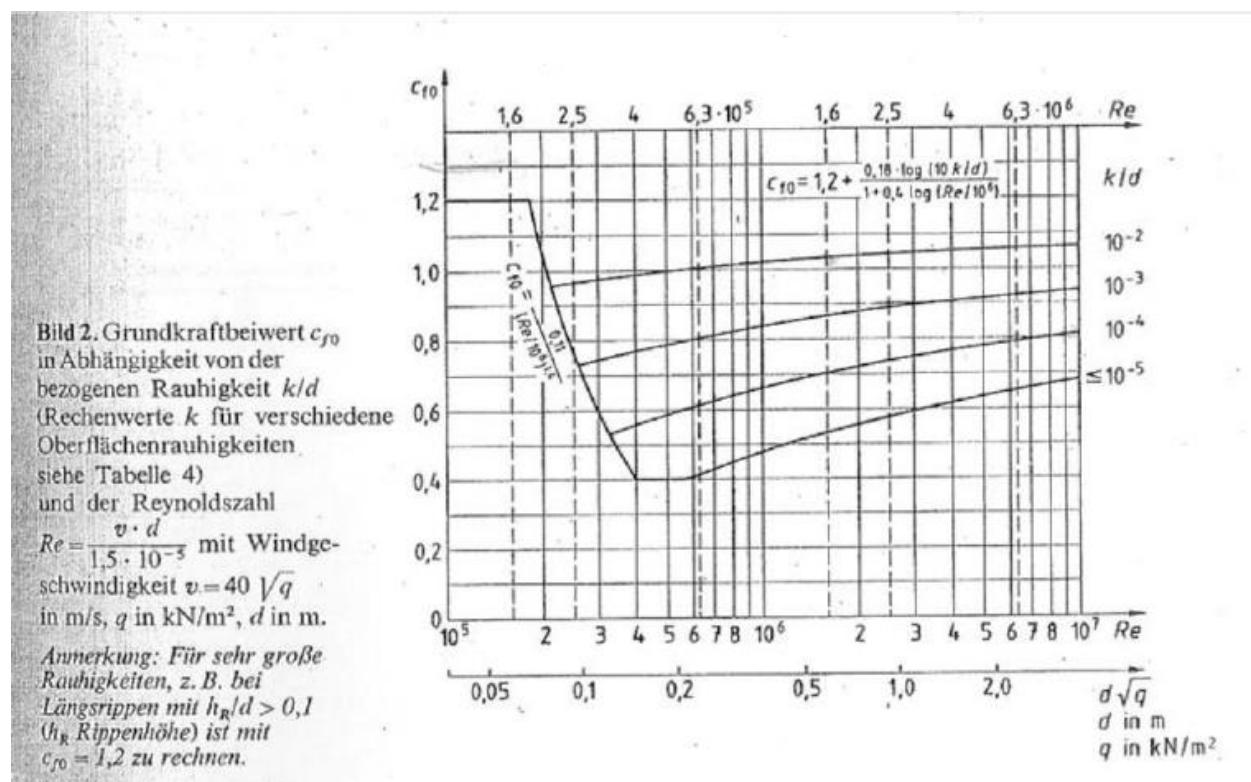


Figure 1. Γράφημα υπολογισμού συντελεστή  $c_f$  και πυκνότητας αέρα  $q$

Πίνακας 5. Χαρακτηριστικά του μοντέλου

Τεχνικά Χαρακτηριστικά: Δορυφορικό πιάτο Al1060 80cm, με βραχίονα στήριξης LNB, ΧΩΡΙΣ ΛΟΓΟΤΥΠΟ	
Χρώμα κατόπτρου:	Λευκό
Διάμετρος:	80cm
Υλικό κατασκευής:	Al1060
Διάμετρος βάσης στήριξης:	30...60mm
Διάμετρος λαιμού LNB:	40mm
Μάζα:	3,90kg
Γωνία κλίσης (elevation):	15°- 57°
Κατασκευαστής:	Astro S.A.

## Παραβολικές κεραίες<sup>17</sup>

Ο πιο συνηθισμένος τύπος κατευθυντικής κεραίας που προσφέρει υψηλή κατευθυντικότητα σε λήψη και εκπομπή με μικρές σχετικά διαστάσεις. Μια τυπική παραβολική κεραία αποτελείται από ένα παραβολικό κάτοπτρο που φωτίζεται από μια μικρή κεραία που παίζει το ρόλο του τροφοδότη ή αλλιώς feeder.

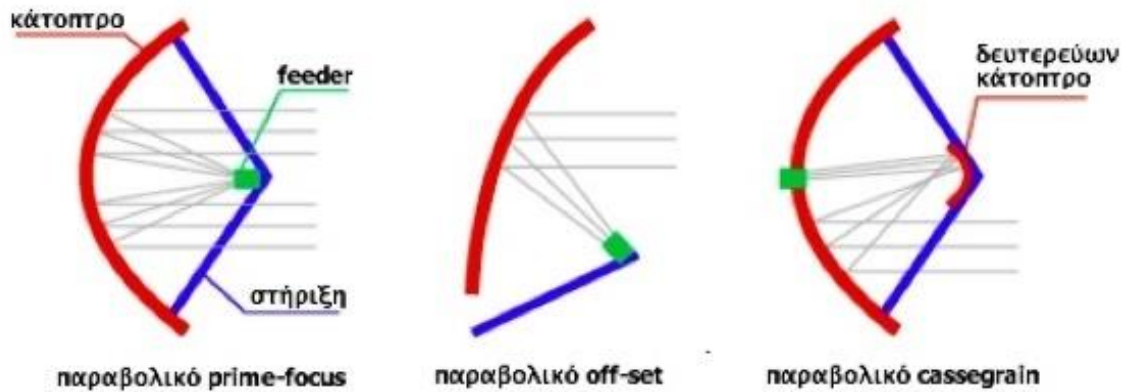
Το κάτοπτρο είναι μια παραβολική μεταλλική επιφάνεια η οποία σχηματίζει (συνήθως) ένα κυκλικό πλαίσιο το οποίο αποτελεί και την διάμετρο της κεραίας. Πρόκειται για παθητικό στοιχείο και η χρήση του περιορίζεται στο να ανακλά τα ραδιοκύματα που δέχεται από το feeder παράλληλα προς μία κατεύθυνση όταν εκπέμπει ή να συγκεντρώνει τα ραδιοκύματα που δέχεται προς το feeder.

Ο τροφοδότης (feeder) είναι μια χαμηλής κατευθυντικότητας μικρή κεραία που εστιάζει στο κάτοπτρο, όπως ένα δίπολο, ένας κυματοδηγός (waveguide horn), ή ακόμα και μια μικρή yagi. Σε πιο πολύπλοκες (και πιο σπάνιες) κατασκευές, όπως η Cassegrain παραβολική κεραία, για ακόμα καλύτερη απόδοση χρησιμοποιείται και δεύτερο βοηθητικό κάτοπτρο έτσι ώστε να αποφευχθεί η τοποθέτηση του feeder μέσα στην κεντρική δέσμη εστίασης της κεραίας. Το feeder είναι συνδεδεμένο μέσω καλωδίου με την συσκευή που παίζει το ρόλο του πομπού ή του δέκτη.



Η κατασκευή του κατόπτρου μπορεί να είναι είτε συμπαγής είτε πλέγματος (grid). Γενικά τα κάτοπτρα που είναι συμπαγή εμφανίζουν καλύτερες ιδιότητες αλλά είναι πιο βαριά και δέχονται μεγαλύτερες πιέσεις από τον αέρα. Ειδικές περιπτώσεις παραβολικών κεραίων είναι τα offset και τα cassegrain.

<sup>17</sup> [http://www.awmn.net/wiki/Παραβολική\\_Κεραία](http://www.awmn.net/wiki/Παραβολική_Κεραία)



Στα πρώτα το feeder τοποθετείται πάλι μπροστά από το κάτοπτρο αλλά αυτή την φορά αντίθετα με τα prime focus εστιάζει μόνο σε ένα μέρος του κατόπτρου (το οποίο παρότι μοιάζει κυκλικό δεν είναι συμμετρικό προς όλες τις μεριές). Με αυτό τον τρόπο αποφεύγεται να μπει το feeder που είναι ενεργό στοιχείο μπροστά από την κεντρική εκπομπή.

Η επιλογή του offset είναι συνήθης στους ραδιοερασιτέχνες αφού εύκολα και φτηνά μπορούν να φτιάξουν μια ποιοτική κεραία. Τα cassegrain είναι πιο εξωτικές κατασκευές και όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιούν δεύτερο βοηθητικό ανακλαστήρα-κάτοπτρο. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμα στην περίπτωση που θέλουμε να τοποθετήσουμε το ράδιο πάνω στο feeder και πίσω από το κάτοπτρο (με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να μειώσουμε στο ελάχιστο τις απώλειες του καλωδίου).

Σημαντική παράμετρος σε ένα παραβολικό πιάτο είναι η αποφυγή του υπερφωτισμού (spillover) που μπορεί να προκληθεί από λάθος επιλογή και τοποθέτηση του feeder (ή του βοηθητικού κατόπτρου στην περίπτωση του cassegrain) κάτι που μπορεί να αλλιώσει αρκετά το διάγραμμα ακτινοβολίας της κεραίας και να ενισχύσει τους πλάγιους λοβούς της. Σε πιο ακριβά – επαγγελματικά κεραιοσυστήματα για την μείωση των φαινομένων που προκαλούνται από τον υπερφωτισμό, μερικές φορές χρησιμοποιούνται πλαϊνοί microwave absorbers.<sup>18</sup>

<sup>18</sup> [http://www.awmn.net/wiki/Παραβολική\\_Κεραία](http://www.awmn.net/wiki/Παραβολική_Κεραία)