

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εφαρμογές του Ευρωκώδικα #9 σε κατασκευές
αλουμινίου**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ

Κακάτσου Κυριακή

A.M 5536

Μακρή Αικατερίνη-Μαρία

A.M 5560

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Δρ. Κακαβάς Παναγιώτης

ΠΑΤΡΑ,2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία διαπραγματεύεται με την εφαρμογή του αλουμινίου σε δομικά έργα Πολιτικού Μηχανικού. Η μελέτη των έργων από αλουμίνιο βασίζεται στον Ευρωκώδικα #9 (κατασκευές από Αλουμίνιο). Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρουμε γενικά στοιχεία για τις κατασκευές από αλουμίνιο, ενώ στο δεύτερο κεφάλαιο μελετάμε την σύνθεση του αλουμινίου που χρησιμοποιείται στα έργα πολιτικού μηχανικού (κτίρια, γέφυρες, κουφώματα, πλαίσια χωρισμάτων κλπ). Το τρίτο κεφάλαιο μελετάει διεξοδικά τον Ευρωκώδικα #9, ο οποίος παρέχει όλες τις μαθηματικές λεπτομέρειες για την ανάλυση κατασκευών από αλουμίνιο. Στο τέταρτο κεφάλαιο μελετάμε κατασκευές από αλουμίνιο με το πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ANSYS. Στο τελευταίο κεφάλαιο μελετάμε την εφαρμογή στατικής επάρκειας κατασκευών αλουμινίου με το ANSYS.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας που μας βοήθησαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας αλλά και στο δύσκολο δρόμο ολοκλήρωσής τους. Τους φίλους και τις φίλες μας που μας στήριξαν ψυχολογικά και μας έδωσαν τα απαραίτητα εκείνα κίνητρα για να ανταπεξέλθουμε σε όλες τις προκλήσεις που προέκυψαν. Επίσης ευχαριστούμε τον εισηγητή δρ Π. Κακαβάς για τη βοήθεια που μας παρείχε κατά την εκπόνηση της πτυχιακή μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγικά στοιχεία κατασκευών από αλουμίνιο.	7
1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥ	8
1.2 ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ	9
1.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ.....	10
1.4 ΧΡΗΣΗ.....	12
1.5 ΑΠΟΞΗΛΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ.....	12
1.6 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ.....	12
1.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ (ΕΙΚΟΝΕΣ).....	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Σύνθεση του Αλουμινίου	17
2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΩΞΙΤΗ	17
2.2 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΞΟΡΥΞΗ	20
2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΩΞΙΤΗ.....	21
2.4 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	22
2.4 ΑΡΓΙΛΙΟ Η ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	25
2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ.....	27
2.6 ΠΡΟΦΙΛ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ευρωκώδικας 9-Κατασκευές από αλουμίνιο	39
3.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ	41
3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	42
3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ	43
3.4 ΕΝ ΨΥΧΡΩ ΚΑΤΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΦΥΛΛΑ	43
3.5 ΚΕΛΥΦΗ.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Στατική μελέτη κατασκευών από Αλουμίνιο με το πρόγραμμα Πεπερασμένων Στοιχείων ANSYS	45
4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ANSYS	45
4.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ANSYS	47
4.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο Εφαρμογή : Στατικής επάρκειας κατασκευών από αλουμίνιο με ΠΣ- ANSYS	57
5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ANSYS.	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	73

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Μέρη αλουμινίου σε κτίριο	7
Εικόνα 2: Κύκλος ζωής του αλουμινίου	8
Εικόνα 3: Διαδικασία διέλασης.....	9
Εικόνα 4: Διαδικασία θερμής έλασης	10
Εικόνα 5: Ηλεκτροστατική βαφή πούδρας.....	11
Εικόνα 6: Σύνθετα πάνελ	11
Εικόνα 7: Ανακύκλωση παλαιών τεμαχίων αλουμινίου από οικοδομές.....	12
Εικόνα 8: Τήξη και εξευγενισμός παλαιών τεμαχίων αλουμινίου	13
Εικόνα 9: Σύγχρονοι τρόποι ανακύκλωσης των δομικών προϊόντων αλουμινίου	14
Εικόνα 10 : Empire State Building.....	15
Εικόνα 11 : Νοσοκομείο Ρέα	16
Εικόνα 12 : Μπουρτζ Χαλιφά	16
Εικόνα 13: Λευκός βωξίτης προερχόμενος απο τον Παρνασσό	18
Εικόνα 14: Βωξίτης στην Ιτέα.....	18
Εικόνα 15: Βωξίτης στην Ιτέα.....	19
Εικόνα 16: Βωξίτης στην Εύβοια.....	19
Εικόνα 17: Χάρτης των κύριων περιοχών παρουσίας κοιτασμάτων και εμφανίσεων βωξίτη στον Ελληνικό χώρο.	20
Εικόνα 18: Παραγωγή βωξίτη στα τέλη του 20ου αιώνα στον ελλαδικό χώρο	20
Εικόνα 19 : M10800.....	28
Εικόνα 20 : Σύστημα M7	29
Εικόνα 21 : Σύστημα τύπου element.....	30
Εικόνα 22 : M50.....	32
Εικόνα 23 : Σύστημα M60	33
Εικόνα 24 : Σύστημα M4	34
Εικόνα 25 : Σύστημα M3	35
Εικόνα 26 : Σύστημα M65	37
Εικόνα 27 : Σύστημα M85	38

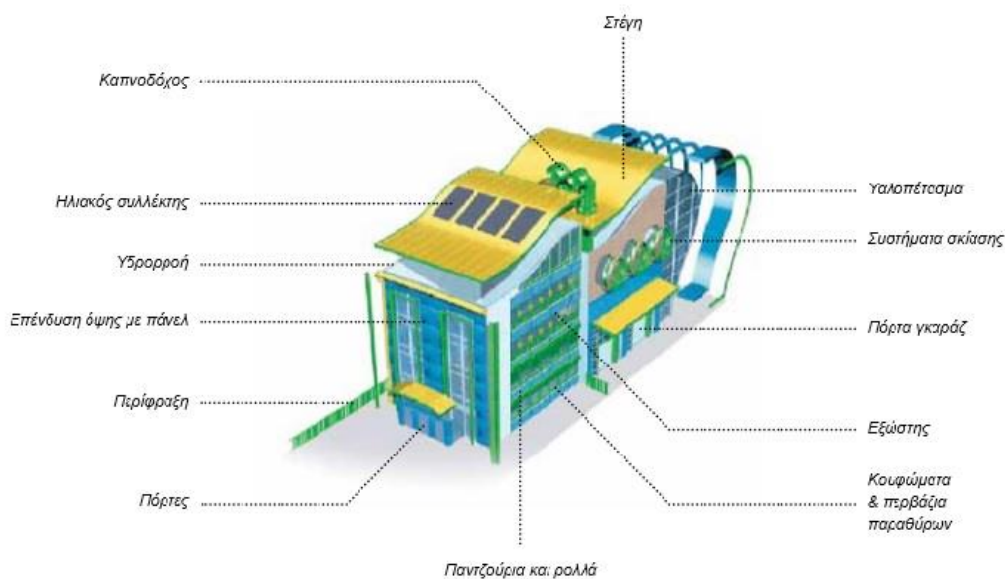
Εικόνα 28 : Σύστημα M50	55
Εικόνα 29 : Πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ANSYS.....	57
Εικόνα 30 : Προεπιλογές-ANSYS	58
Εικόνα 31 : Προεπεξεργαστής-ANSYS	58
Εικόνα 32 : Σχεδιασμός πλαισίου-ANSYS	59
Εικόνα 33 : Στοιχεία Δοκού-ANSYS	60
Εικόνα 34 : Επιλογή διατομής-ANSYS	60
Εικόνα 35 : Επιλογή μονάδων-ANSYS	61
Εικόνα 36 : Επιλογή E και ρ αλουμινίου-ANSYS	61
Εικόνα 37 : Διαχωρισμός σε ΠΣ-ANSYS	62
Εικόνα 38 : Αποτέλεσμα διαχωρισμού σε 12 ΠΣ-ANSYS	62
Εικόνα 39: Εφαρμογή συγκεντρωτικού φορτίου-ANSYS	63
Εικόνα 40 : Επιλογή στηρίξεων-ANSYS	63
Εικόνα 41 : Βέλος Κάμψης(Περίπτωση I)-ANSYS.....	64
Εικόνα 42 : Παραμορφώσεις σε όλους τους κόμβους-ANSYS	65
Εικόνα 43 : Βέλος Κάμψης(Περίπτωση II)-ANSYS	66
Εικόνα 44 : Διάγραμμα βέλους κάμψης.....	66
Εικόνα 45 : Πλαίσιο διατομής τύπου I.....	67
Εικόνα 46 : Τυπική διατομή αλουμινίου τύπου I.....	68
Εικόνα 47 : Τυπική διατομή αλουμινίου τύπου II.....	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

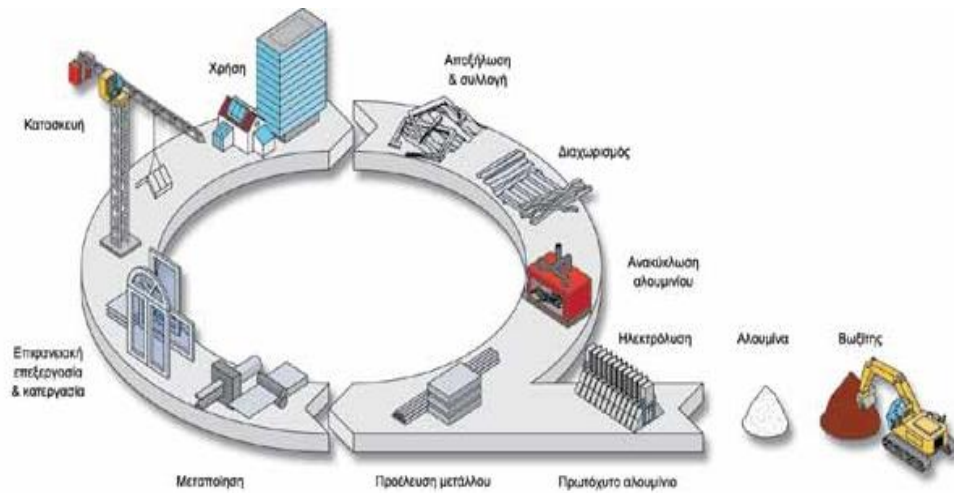
Πίνακας 1: Ορυκτολογική χημική σύσταση βωξιτών	21
Πίνακας 2 : Υπολογισμός κέντρου βάρους.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Εισαγωγικά στοιχεία κατασκευών από αλουμίνιο.

Το αλουμίνιο είναι ένα σχετικά νέο μέταλλο, αφού παρήχθη από τα ορυκτά του για πρώτη φορά το 1854. Παράγεται εμπορικά από το 1886, αρχικά σαν πολύτιμο μέταλλο, ενώ η βιομηχανική παραγωγή του για δομικές εφαρμογές ξεκίνησε δυναμικά μόλις τη δεκαετία του 1950. Η πρώτη ευρέως γνωστή εφαρμογή του σε κτίρια χρονολογείται από το 1898, όταν ο τρούλος του Ναού του San Gioacchino στη Ρώμη επενδύθηκε με φύλλα αλουμινίου. Ο εντυπωσιακός, εμπνευσμένος από το στυλ Art Deco, ουρανοξύστης Empire State Building στη Νέα Υόρκη είναι το πρώτο κτήριο όπου χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από ανοδιωμένο αλουμίνιο το 1931. Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται πλέον σε πολυάριθμες εφαρμογές για κτήρια και άλλα κατασκευαστικά έργα και αποτελεί υλικό πρώτης επιλογής για υαλοπετάσματα, κουφώματα, επενδύσεις και άλλες κατασκευές στις οποίες χρησιμοποιούνται υαλοπίνακες. Χρησιμοποιείται ευρέως για την κατασκευή παντζουριών, θυρών, εξωτερικών επενδύσεων και οροφών, σε ψευδοροφές, πάνελ τοίχου και χωρίσματα, στον εξοπλισμό θέρμανσης και εξαερισμού, σε συστήματα σκίασης, ανακλαστήρες, καθώς και σε πλήρως προκατασκευασμένα κτήρια. Επίσης, από αλουμίνιο κατασκευάζονται συνήθως και οικίσκοι, ελικοδρόμια, κιγκλιδώματα, σκαλωσιές και φορητές σκάλες.



Εικόνα 1: Μέρη αλουμινίου σε κτίριο



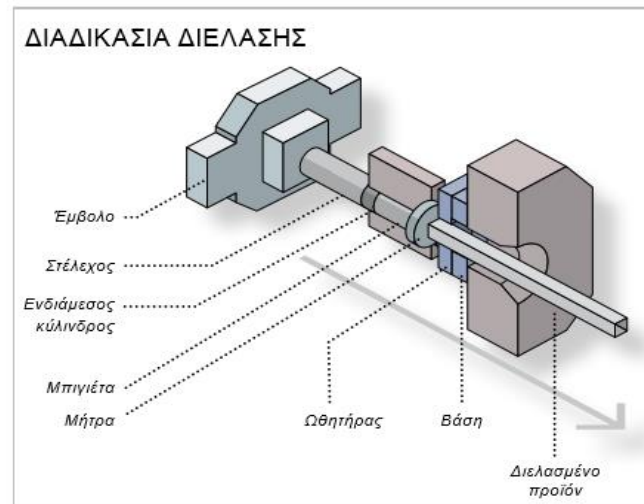
Εικόνα 2: Κύκλος ζωής του αλουμινίου

1.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥ

Περισσότερο από το μισό αλουμίνιο που παράγεται σήμερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση προέρχεται από ανακυκλωμένες πρώτες ύλες, μία τάση που αυξάνεται συνεχώς. Επειδή η ενέργεια που απαιτείται για την ανακύκλωση του αλουμινίου αναλογεί περίπου στο 5% εκείνης που απαιτείται για πρωτογενή παραγωγή, τα περιβαλλοντικά οφέλη της ανακύκλωσης είναι προφανή. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η ανακύκλωση των δομικών προϊόντων από αλουμίνιο εξηγείται στην ενότητα 1.6.

Δεδομένου ότι τα κτήρια και τα μεταφορικά μέσα για τα οποία χρησιμοποιείται αλουμίνιο στην κατασκευή τους, έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, η διαθέσιμη ποσότητα παλαιού αλουμινίου (scrap) είναι περιορισμένη. Η ποσότητα αυτή δεν αρκεί για να ικανοποιήσει την τρέχουσα ζήτηση και η υπολειπόμενη ποσότητα καλύπτεται από τη βιομηχανία παραγωγής πρωτόχυτου αλουμινίου. Ο βωξίτης, το ορυκτό από το οποίο παράγεται το πρωτόχυτο αλουμίνιο, προέρχεται κυρίως από την Αυστραλία, τη Βραζιλία, τη δυτική Αφρική και τις δυτικές Ινδίες, καθώς και από άλλες τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Οι νέες εκμεταλλεύσεις συνδυάζονται με τη σύμμετρη αποκατάσταση υφιστάμενων μεταλλευτικών περιοχών. Για το 98% των μεταλλείων υπάρχουν σχέδια αποκατάστασης και η έκταση η οποία αποκαθίσταται και ξαναγίνεται δάσος αναμένεται να είναι μεγαλύτερη από την αρχική βλάστηση που προϋπήρχε της λειτουργίας των μεταλλείων. Το πρωτόχυτο αλουμίνιο παράγεται με την ηλεκτρόλυση της αλουμίνας (οξείδιο του αλουμινίου) η οποία εξάγεται από το βωξίτη. Οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το αλουμίνιο στην Ευρώπη μειώθηκαν κατά 45% μεταξύ 1990 και 2005.

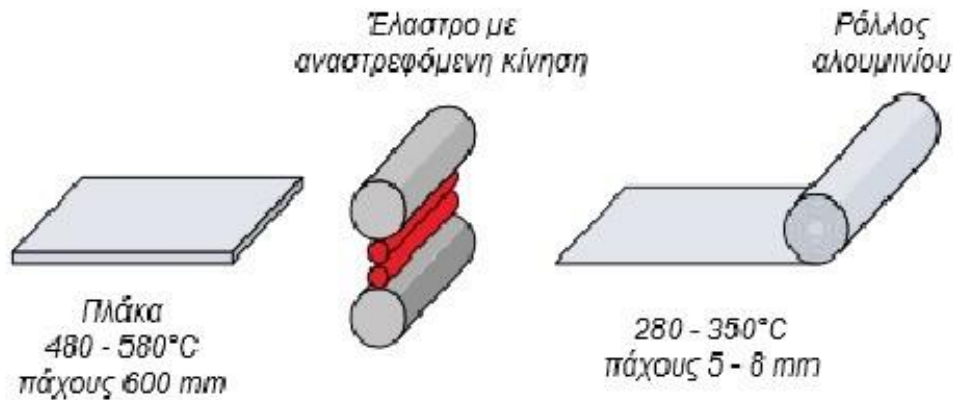
1.2 ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ



Εικόνα 3: Διαδικασία διέλασης

Τα προφίλ αλουμινίου παράγονται με τη διαδικασία της διέλασης, κατά την οποία μία θερμή κυλινδρική μπιγιέτα αλουμινίου ωθείται μέσα σε μία μήτρα με ειδικά διαμορφωμένο σχήμα. Η ευκολία με την οποία τα κράματα αλουμινίου μπορούν να διελαστούν και να διαμορφωθούν σε σύνθετα σχήματα δίνει τη δυνατότητα στο σχεδιαστή να «τοποθετήσει το μέταλλο ακριβώς εκεί όπου χρειάζεται» και επίσης να του προσδώσει πολυλειτουργικά χαρακτηριστικά. Τα προϊόντα διέλασης αλουμινίου χρησιμοποιούνται σε εμπορικά κτίρια και κατοικίες για παράθυρα, πόρτες και συστήματα υαλοπετασμάτων, προκατασκευασμένες οικίες, προκατασκευασμένους σκελετούς κτιρίων και πολλές άλλες εφαρμογές. Τα πλατέα προϊόντα αλουμινίου προέρχονται από τη διαδικασία της έλασης, κατά την οποία μεγάλες πλάκες αλουμινίου εισάγονται σε έλαστρα, μετατρέποντας το αλουμίνιο σε ελάσματα ποικίλου πάχους. Η κατεργασία κατά κανόνα ξεκινά με τη μέθοδο της θερμής έλασης, κατά την οποία η πρώτη ύλη διέρχεται παλινδρομικά από ένα έλαστρο μείωσης πάχους. Η τελική έλαση είναι μια κατεργασία εν ψυχρώ, κατά την οποία το έλασμα μπορεί να φτάσει σε πάχος μέχρι 150 μm. Το έλασμα μπορεί να λεπτύνει ακόμα περισσότερο και να γίνει πολύ λεπτό έλασμα (foil) με πάχος 7 μm. Τα λεπτά ελάσματα μπορούν να διαμορφωθούν ανάλογα με τη χρήση τους (επένδυσης ή ρολά για ανοίγματα) ενώ τα πολύ λεπτά ελάσματα συνήθως εφαρμόζονται σε άλλα υλικά (π.χ. μόνωση). Το αλουμίνιο είναι ένα από τα λίγα μέταλλα που μπορούν να χυτευθούν με όλες τις διαθέσιμες μεθόδους. Οι συνηθέστερες μέθοδοι είναι η χύτευση σε καλούπια, η χύτευση σε μόνιμη μήτρα διαρκείας και η χύτευση σε άμμο. Η χύτευση μπορεί να γίνεται ουσιαστικά σε οποιοδήποτε μέγεθος και αυτό σημαίνει για το μελετητή ότι έχει στη διάθεσή του ένα ευέλικτο υλικό που παρουσιάζει ελάχιστους περιορισμούς όσον αφορά το σχεδιασμό.

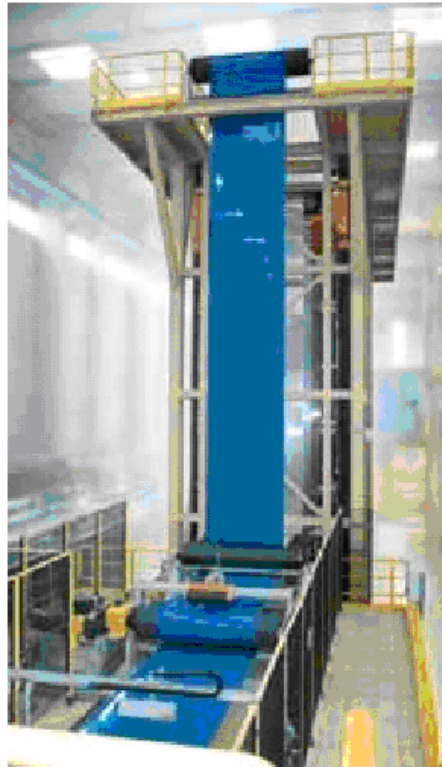
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΘΕΡΜΗΣ ΕΛΑΣΗΣ



Εικόνα 4: Διαδικασία θερμής έλασης

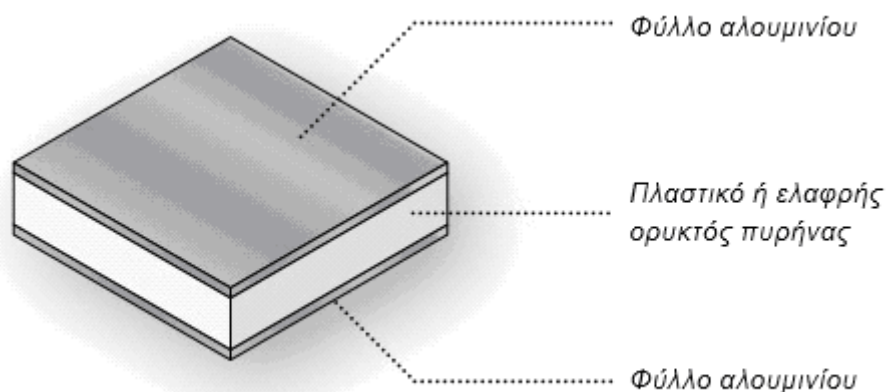
1.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Το αλουμίνιο είναι ένα από τα ελάχιστα υλικά που μπορούν να αφεθούν στη φυσική τους κατάσταση χωρίς επιφανειακή επεξεργασία. Το αλουμίνιο οξειδώνεται με φυσικό τρόπο εάν μείνει εκτεθειμένο στην ατμόσφαιρα και αυτό το λεπτό στρώμα οξειδίου προφυλάσσει απόλυτα από περαιτέρω διάβρωση. Η ανοδίωση είναι μία ηλεκτροχημική διεργασία με την οποία ενισχύεται το φυσικό στρώμα του οξειδίου που υπάρχει επάνω στην επιφάνεια του αλουμινίου, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η σκληρότητα και η αντοχή του σε διάβρωση και τριβές. Η ανοδίωση μπορεί να δημιουργήσει ένα καλαίσθητο ματ ασημί φινιρίσμα στην επιφάνεια, αλλά είναι επίσης δυνατή η δημιουργία χρωματισμένων επιφανειών σφραγίζοντας με μεταλλικές χρωστικές το ανοδιωμένο επίστρωμα. Η πλήρης ανοδίωση συνήθως αντιστοιχεί σε ένα ανοδικό επίστρωμα πάχους περίπου 15-20μm, ενώ η προανοδίωση περιορίζεται σε περίπου 5-10μm. Οι δύο μέθοδοι βαφής που περιγράφονται παρακάτω μπορούν να εφαρμοστούν με ή χωρίς προανοδίωση. Η ηλεκτροστατική βαφή πούδρας χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο σε προφίλ αλουμινίου, μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και για προϊόντα έλασης. Πρόκειται για έναν τύπο βαφής όπου χρησιμοποιείται χρώμα σε μορφή σκόνης. Η βαφή αυτή κατά κανόνα εφαρμόζεται ηλεκτροστατικά και στη συνέχεια στερεοποιείται με την επίδραση θερμότητας, προκειμένου να ρεύσει και να σχηματίσει «κρούστα». Η βαφή ενδέχεται να είναι θερμοπλαστικό ή θερμοσκληρυνόμενο πολυμερές. Είναι δυνατό να επιτευχθεί ένα ευρύ φάσμα από διαφορετικά χρώματα και ποιότητες στιλπνότητας.



Εικόνα 5: Ηλεκτροστατική βαφή πούδρας

Η συνεχής υγρή βαφή είναι η πλέον εφαρμοσμένη μέθοδος χρωματισμού για τα προϊόντα έλασης αλουμινίου. Ο άβαφος ρόλλος τοποθετείται στην αρχή της γραμμής και στη συνέχεια ξετυλίγεται με σταθερή ταχύτητα, περνά από προκατεργασία, λουτρά βαφής και κλιβάνους στερεοποίησης, για να τυλιχτεί ξανά στο τέλος της διαδικασίας. Τα σύνθετα πάνελ αποτελούν μία σημαντική εφαρμογή επιφανειακά επεξεργασμένων φύλλων αλουμινίου, τα οποία είναι κολλημένα επάνω σε έναν πυρήνα από πολυαιθυλένιο ή ελαφρύ ορυκτό πυρήνα. Βασικά τους χαρακτηριστικά είναι η δυνατότητα να καμπυλώνουν και να λυγίζουν εύκολα. Τα προϊόντα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επενδύσεις, οροφές, εφαρμογές εταιρικής παρουσίασης και προβολής.



Εικόνα 6: Σύνθετα πάνελ

1.4 ΧΡΗΣΗ

Το αλουμίνιο χαίρει ιδιαίτερης εκτίμησης από τον κατασκευαστικό κλάδο για την πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής του, τις περιορισμένες απαιτήσεις συντήρησης και τη συνεισφορά του στην ενεργειακή αποδοτικότητα των κτηρίων. Τα πλεονεκτήματα αυτά επεξηγούνται λεπτομερώς στη συνέχεια.

1.5 ΑΠΟΞΗΛΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΗ



Εικόνα 7: Ανακύκλωση παλαιών τεμαχίων αλουμινίου από οικοδομές

Μελέτη του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου Delft κατέδειξε τον υψηλό βαθμό ανάκτησης που προσφέρει το αλουμίνιο στο τέλος της ζωής του, στον κατασκευαστικό κλάδο. Διαπιστώθηκε ότι τα ποσοστά συλλογής αλουμινίου από ένα μεγάλο δείγμα εμπορικών κτηρίων και κατοικιών σε έξι ευρωπαϊκές χώρες υπερέβαιναν το 92% (με μέσο όρο το 96%), κάτι που αποδεικνύει την αξία και τη δυνατότητα ανάκτησης του υλικού στο τέλος του κύκλου ζωής των προϊόντων αλουμινίου. Τα συλλεγόμενα προϊόντα αλουμινίου στη συνέχεια ανακυκλώνονται.

1.6 ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ

Η υψηλή εγγενής αξία του αλουμινίου αποτελεί σημαντικό οικονομικό κίνητρο για την ανακύκλωσή του. Πράγματι, τα ήδη χρησιμοποιημένα προϊόντα (scrap) αλουμινίου μπορούν να ανακυκλώνονται κατ' επανάληψη χωρίς το υλικό να χάνει την αξία ή τις ιδιότητές του. Επιπλέον, η ενέργεια που απαιτείται είναι ελάχιστη μπροστά σε εκείνη που χρειάζεται για πρωτογενή παραγωγή, μόλις το 5% της τελευταίας, με προφανή πλεονεκτήματα για το περιβάλλον. Σε πολλές περιπτώσεις, το αλουμίνιο συνδυάζεται με άλλα υλικά όπως ο χάλυβας ή πολυμερή, τα οποία συνήθως διαχωρίζονται με μηχανικό τρόπο από το αλουμίνιο,

πριν από την τήξη του τελευταίου: με τεμαχισμό του μετάλλου και στη συνέχεια με επαγωγικό διαχωριστή και επίπλευση.

Στη συνέχεια το αλουμίνιο τήκεται σε μονάδες ανάτηξης ή εξευγενισμού.

- Οι μονάδες ανάτηξης επεξεργάζονται κυρίως διαχωρισμένο scrap σε ξηρούς κλιβάνους για την παραγωγή μπιγιετών διέλασης ή πλακών έλασης.
- Οι μονάδες εξευγενισμού κατεργάζονται κάθε είδους scrap, ακόμα και μικτά κράματα ή ακάθαρτα υπολείμματα σε περιστροφικούς κλιβάνους, στους οποίους γίνεται τήξη και εξευγενισμός του κάτω από στρώμα άλατος. Οι μονάδες εξευγενισμού παράγουν κυρίως κράματα χύτευσης.



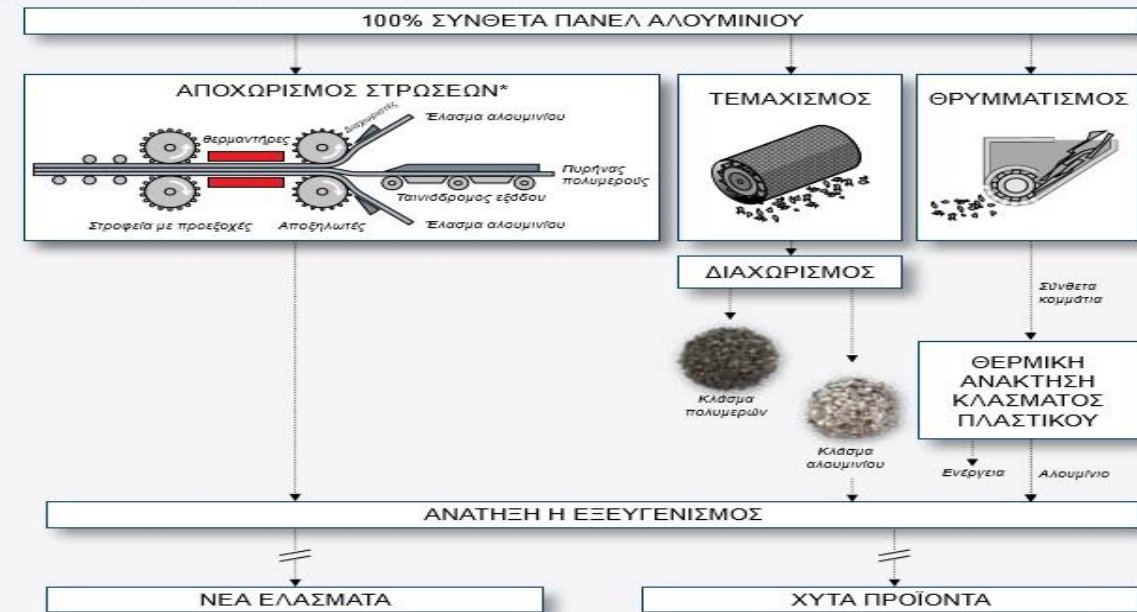
Εικόνα 8: Τήξη και εξευγενισμός παλαιών τεμαχίων αλουμινίου

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, όλο και περισσότερες μονάδες ανάτηξης έχουν πλέον τη δυνατότητα κατεργασίας scrap αλουμινίου με επιφανειακή επεξεργασία ή πολυμερή, με περιορισμένη ή και μηδενική προετοιμασία. Χρησιμοποιούν κλιβάνους δύο θαλάμων. Η επιφανειακή επεξεργασία απομακρύνεται με καύση στον πρώτο θάλαμο και τα εκπεμπόμενα αέρια συλλέγονται από αποτελεσματικό εξοπλισμό παγίδευσης αναθυμιάσεων. Η τήξη του αλουμινίου πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο στο δεύτερο θάλαμο. Στη συνέχεια, το υγρό αλουμίνιο μπορεί να μεταφερθεί απευθείας σε χυτήρια ή να χυτευθεί σε μορφή πλινθωμάτων (χελωνών), μπιγιετών διέλασης ή πλακών έλασης, από τα οποία θα ξεκινήσει η νέα ζωή του. Κατά συνέπεια, ο κύκλος ζωής ενός προϊόντος αλουμινίου δεν ακολουθεί την κλασική πορεία που καταλήγει στην οριστική απόρριψή του, αλλά στην αναγέννηση του. Στην εικ των επόμενων σελίδων απεικονίζονται οι σύγχρονοι τρόποι ανακύκλωσης των δομικών προϊόντων αλουμινίου.

ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΒΑΜΜΕΝΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ



ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΣΥΝΘΕΤΩΝ ΠΑΝΕΛ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ



Εικόνα 9: Σύγχρονοι τρόποι ανακύκλωσης των δομικών προϊόντων αλουμινίου

1.7 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΕΙΔΙΚΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΜΕ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ (ΕΙΚΟΝΕΣ)



Εικόνα 10 : Empire State Building



Εικόνα 11 : Νοσοκομείο Ρέα



Το **Μπουρτζ Χαλίφα** γνωστό και ως Μπουρτζ Ντουμπάι, είναι ουρανοξύστης στο Ντουμπάι των Ηνωμένων Αραβικών Εμιράτων και το πιο ψηλό κτήριο στον κόσμο, με ύψος 828 μέτρα. Η κατασκευή του ξεκίνησε στις 21 Σεπτεμβρίου 2004 και ολοκληρώθηκε στις 1 Οκτωβρίου 2009. Τα εγκαίνια του πραγματοποιήθηκαν στις 4 Ιανουαρίου 2010.

Εικόνα 12 : Μπουρτζ Χαλίφα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Σύνθεση του Αλουμινίου

Το αργίλιο είναι το τρίτο στη σειρά αφθονίας των στοιχείων στον γήινο φλοιό (μετά το οξυγόνο και το πυρίτιο). Απαντάται κυρίως σε αργιλοπυριτικά ορυκτά. Η αποσάθρωση αυτών των ορυκτών καταλήγει σε αργίλους, οι οποίες αποτελούν το κύριο μέρος των περισσότερων εδαφών. Η περαιτέρω αποσάθρωση αργίλων οδηγεί σε βωξίτη, το σημαντικότερο μέταλλευμα του αργιλίου, το οποίο περιέχει υδροξείδιο του αργιλίου $Al(OH)_3$ καθώς και οξείδιο υδροξείδιο του αργιλίου, $AlO(OH)$. Αποθέματα βωξίτη απαντώνται σε ολόκληρο τον πλανήτη, κυρίως όμως σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Το κορούνδιο είναι ένα σκληρό ορυκτό οξείδιο του αργιλίου Al_2O_3 . Το καθαρό οξείδιο είναι άχρωμο όμως η παρουσία προσμίξεων μπορεί να δώσει σε αυτό διάφορα χρώματα. Το ζαφείρι (συνήθως μπλε) και το ρουμπινί (βαθύ κόκκινο) είναι κορούνδιο με ποιότητα πολύτιμου λίθου.

Το αργίλιο είναι εμπορικά το σημαντικότερο μέταλλο μετά τον σίδηρο. Παρά το γεγονός ότι το καθαρό αργίλιο είναι μαλακό και χημικά δραστικό, η προσθήκη μικρής ποσότητας άλλων μετάλλων, όπως χαλκού και μαγνησίου, οδηγεί σε σκληρά και ανθεκτικά στη διάβρωση κράματα. Η αντοχή στη διάβρωση αυτών των κραμάτων, σε συνδυασμό με τις σχετικά χαμηλές του πυκνότητες, επιτρέπει τη χρήση τους σε ποικίλες κατασκευές και μέσα συσκευασίας. Το αργίλιο είναι επίσης καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Λόγω αυτής της ιδιότητάς του και της χαμηλής του πυκνότητας, το αργίλιο χρησιμοποιείται στην κατασκευή συρμάτων μεταφοράς ηλεκτρισμού.

Ο βωξίτης είναι πέτρωμα, δηλαδή συνδυασμός ορυκτών, και αποτελεί το κυριότερο μέταλλευμα αργιλίου. Ανακαλύφθηκε το 1821 από το Γάλλο γεωλόγο Pierre Berthier στην πόλη Μπω της νότιας Γαλλίας, από την οποία πήρε το όνομά του. Σχηματίζεται από την αποσάθρωση αργιλοπυριτικών πετρωμάτων (κυρίως μαγματογενούς προελεύσεως), θεωρούμενος έτσι ιζηματογενές πέτρωμα.

Ο βωξίτης θεωρείται οικονομικά εκμεταλλεύσιμος για παραγωγή αλουμίνας, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή μεταλλικού αλουμινίου.

Ο βωξίτης είναι μέταλλευμα που αποτελείται κυρίως από:

- Υδροξείδια του αργιλίου
- Υδροξείδια / οξείδια του σιδήρου
- Οξείδιο του τιτανίου
- Εμπεριέχονται επίσης και πυριτικά ορυκτά, όπως καολίνης και αλουνίτης.

2.1 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΒΩΞΙΤΗ

- Χρώμα: Κοκκινωπό ή κίτρινο, μερικές φορές γκριζωπό. Τα διάφορα χρώματα του βωξίτη οφείλονται στις διαφορετικές περιεκτικότητες των παραπάνω ορυκτών. Έτσι, βωξίτης περισσότερο κοκκινωπός περιέχει περισσότερο αιματίτη, ενώ κίτρινωπός περισσότερο γκαιτίτη. Το γκριζωπό χρώμα οφείλεται σε μικρή περιεκτικότητα σε οξείδια σιδήρου.
- Ειδικό βάρος: 2,7 - 3,5 (ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε οξείδια του σιδήρου)
- Υφή: Στιφρή, ωλιθική ή πισσολιθική.
- Αδιάλυτος: Σε νερό. Διαλύεται σε οξέα ή καυστικά αλκάλια υψηλών συγκεντρώσεων, ανάλογα με τη σύστασή του.
- Ανθεκτικός σε: Υψηλές θερμοκρασίες.



Εικόνα 13: Λευκός βωξίτης προερχόμενος από τον Παρνασσό



Εικόνα 14: Βωξίτης στην Ιτέα



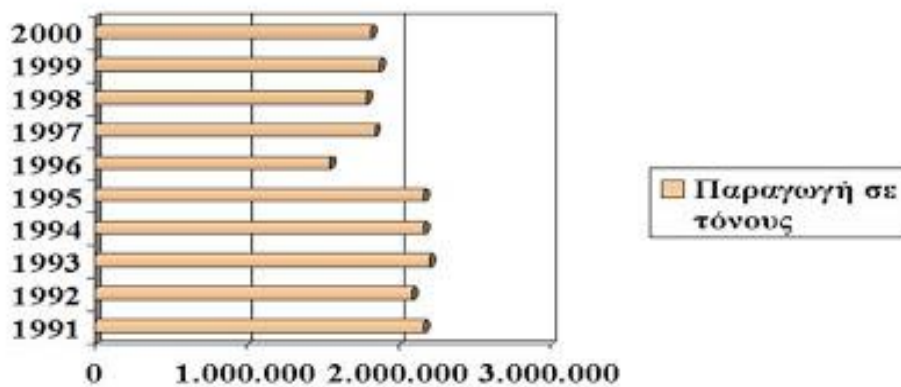
Εικόνα 15: Βωξίτης στην Ιτέα



Εικόνα 16: Βωξίτης στην Εύβοια



Εικόνα 17: Χάρτης των κύριων περιοχών παρουσίας κοιτασμάτων και εμφανίσεων βωξίτη στον Ελληνικό χώρο.



Εικόνα 18: Παραγωγή βωξίτη στα τέλη του 20ου αιώνα στον ελλαδικό χώρο

2.2 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΞΟΡΥΞΗ

Υπάρχουν δύο θεωρίες για τη γένεση του βωξίτη:

- Λατεριτικός βωξίτης: Σχηματίστηκε σε άλλο χώρο από αυτόν που αποτέθηκε, με διάβρωση. Στη συνέχεια μεταφέρθηκε και αποτέθηκε σε αλλουβιακή μορφή.
- Αυτόχθον βωξίτης: Προήλθε από την *in situ* (επιτόπια) αποσάθρωση ασβεστολίθων, τα περισσότερα διαλυτά συστατικά των οποίων απομακρύνθηκαν και επήλθε έτσι εμπλουτισμός των βωξιτικών συστατικών, τα οποία δεν απομακρύνθηκαν. Η γένεση αυτή προϋποθέτει την ύπαρξη τροπικού κλίματος.

Ο βωξίτης το μέταλλευμα του αργιλίου, υποβάλλεται σε χημική κατεργασία κατά τη μέθοδο Bayer παρέχοντας υδροξείδιο του αργιλίου, το οποίο όταν πυρώνεται δίνει οξείδιο του αργιλίου Al_2O_3 (γνωστό εμπορικά ως αλούμινα). Το μεταλλικό αργίλιο λαμβάνεται με ηλεκτρόλυση οξειδίου του αργιλίου διαλυμένου σε τήγμα κρυσταλλικού Na_3AlF_6 .

Η εξόρυξή του γίνεται κυρίως με τη μέθοδο του ανοικτού ορύγματος, καθώς είναι πιο εύκολη και οικονομικότερη και οι εμφανίσεις του βωξίτη είναι κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Η μεγαλύτερη παραγωγός βωξίτη χώρα στον κόσμο είναι αυτή την στιγμή η Αυστραλία, ενώ μεγάλα κοιτάσματα υπάρχουν ακόμα στην Γουινέα, το Βιετνάμ, την Βραζιλία, την Τζαμάικα, την Κίνα και την Ινδία.

Στην Ευρώπη τα μεγαλύτερα κοιτάσματα βρίσκονται στην Ελλάδα, όπου παρεμβάλλονται με μορφή φακών, κοιτών, θυλάκων ή και ακανόνιστων μαζών μέσα σε ασβεστολιθικούς σχηματισμούς, κυρίως στην περιοχή της ζώνης Παρνασσού - Γκιώνας και σε μικρότερα κοιτάσματα στον Ελικώνα, στη Χαλκιδική, στα νησιά Αμοργό και Σκόπελο, στην περιοχή της Ελευσίνας και στην Εύβοια.

Η ελληνική παραγωγή βωξίτη από τις S&B Βιομηχανικά Ορυκτά (θυγατρική Ευρωπαϊκοί Βωξίτες ΑΕ), Δελφοί Δίστομο ΑΜΕ και ΕΛΜΙΝ ΑΕ, διατηρείται στα επίπεδα 1,8-2,3 εκ. tn το χρόνο, εξασφαλίζοντας την εγχώρια παραγωγή αλουμινίου ενώ ένα σημαντικό ποσοστό εξάγεται στην διεθνή αγορά για άλλες χρήσεις πχ. χαλυβουργία, τσιμεντοβιομηχανία, παραγωγή πετροβάμβακα, λειαντικών μέσων.

2.3 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΩΞΙΤΗ

- Το κυριότερο μέταλλευμα εξαγωγής αργιλίου. Η κυριότερη χρήση του (περίπου το 85% του παραγόμενου βωξίτη χρησιμοποιείται για την παραγωγή αλουμινίου).
- Υλικό λείανσης σε υψηλές θερμοκρασίες: Όταν θερμανθεί ως την τήξη του, παίρνει κρυσταλλική μορφή, αποκτώντας υψηλή σκληρότητα, που του δίνει λειαντικές ιδιότητες.
- Κατασκευή πυρίμαχων υλικών.
- Κατασκευή τσιμέντου ταχείας πήξεως (διασπορικός βωξίτης).

	γυψίτης	Μπαιμίτης	διάσπορο
Χημικός τύπος	Al ₂ O ₃ ·3H ₂ O ή γ- Al(OH) ₃	Al ₂ O ₃ ·H ₂ O ή γγ- AlOOH	Al ₂ O ₃ ·H ₂ O ή α- AlOOH
%Al	65,4	85	85
πυκνότητα (gr/cm ³)	2,42	3,01	3,44
Απαιτούμενη θερμοκρασία αφυδάτωσης (°C)	150	350	450

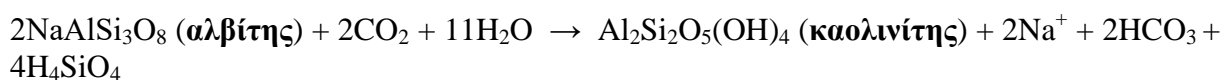
Το υδροξείδιο του αργιλίου (Aluminium hydroxide), Al(OH)₃, βρίσκεται στη φύση ως το ορυκτό γυψίτης (ή γιββσίτης, ή γκιμπσίτης) (gibbsite), (γνωστό και ως υδραργιλίτης (hydrargillite) και στις τρεις πιο σπάνιες πολυμορφικές μορφές του : μπαγιερίτης (bayerite), ντοϊλεΐτης (doyleite) και νορντστραντίτης (nordstrandite).

Άλλα ορυκτά που μπορεί να μετέχουν στη σύσταση των βωξιτών είναι υδροξείδια ή οξείδια του σιδήρου και υδροαργιλικά ορυκτά. Τα βασικότερα ορυκτά του σιδήρου είναι: γκαιτίτης(α-FeOOH), λεπιδοκροκίτης(γ- FeOOH), λειμωνίτης(Fe₂O₃ n H₂O). Σε μικρότερο ποσοστό μπορεί να μετέχουν και αιματίτης (Fe₂O₃) μαγνητίτης (Fe₃O₄), σιδηρίτης (FeCO₃), ιλμενίτης (FeTiO₃), ανατάσης, ρουτίλιο και βρουκίτης (TiO₂). Από τα υδροαργιλικά ορυκτά, τα βασικότερα είναι ο καολινίτης (H₄Al₂ Si₂O₉) και ο αλουσίτης. Στο βωξίτη μπορεί να συμμετέχουν και οξείδια του τιτανίου οξείδια του μαγγανίου, σουλφίδια του σιδήρου (κυρίως σιδηρο πυρίτης και μαρκασίτης), καθώς επίσης και πολλά άλλα στοιχεία, όπως V, Ga, P, F, Cr, Ni, U κ.ά. Ο σίδηρος, το μαγγάνιο και το τιτάνιο αποτελούν και τα επιβλαβή στοιχεία των βωξιτών. Η περιεκτικότητα δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1,5% σε Mn και το 1,8% σε Ti. Η περιεκτικότητα σε σίδηρο έχει μικρότερη σημασία.

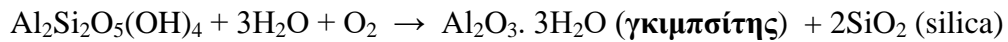
2.4 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

I. Από αποσάθρωση ενός αργιλιοπυριτικού ορυκτού:

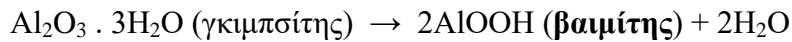
Ένα συνηθισμένο ορυκτό της ομάδας των αστρίων σε πλήθος πετρωμάτων είναι το πλαγιόκλαστο. Το πλαγιόκλαστο είναι κύριο ορυκτολογικό συστατικό ηφαιστειακών πετρωμάτων (π.χ. βασαλτών, ανδεσιτών) ή αντίστοιχης χημικής σύστασης πλουτώνιων πετρωμάτων (π.χ. γάββρων, γρανιτών, πλαγιογρανιτών) ή μιας κατηγορίας ψαμμίτη πλούσιου σε πλαγιόκλαστο που ονομάζεται αρκόζη. Η μεταφορά των πετρωμάτων στην επιφάνεια της γης οδηγεί το πλαγιόκλαστο σε φυσικοχημική ανισορροπία προς το ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Μία αντίδραση αποσάθρωσης του νατριούχου πλαγιοκλάστου (αλβίτη) είναι η ακόλουθη (αντίδραση υδρόλυσης):



Αυτή η αντίδραση δείχνει ότι ο αλβίτης στην ατμόσφαιρα μπορεί να αποσαθρωθεί και στη θέση του σταδιακά να αποτεθεί ένα άθροισμα από κρυστάλλους καολινίτη. Ταυτόχρονα το νερό της βροχής απομακρύνει τα υπόλοιπα προϊόντα της αντίδρασης. Στη συνέχεια μπορεί ο καολινίτης να μετασχηματισθεί σε ένα ορυκτό του αργιλίου με ταυτόχρονη απομάκρυνση πυριτίου, σύμφωνα με την αντίδραση:



Ο γκιμπσίτης υπό ορισμένες προϋποθέσεις αφυδατώνεται και μετασχηματίζεται σε ένα άλλο υδροξείδιο του αργιλίου, τον βαιμίτη:



Αν και οι αντιδράσεις αποσάθρωσης εξαρτώνται από το ποσό του νερού, στην πράξη εξαρτώνται από τον χρόνο που διαρκεί η αντίδραση, που και αυτός είναι συνάρτηση της μορφολογίας (ανάγλυφο της θέσης) και της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα. Για τη μεταλλευτική βιομηχανία ο αλβίτης και ο καολινίτης δεν παρουσιάζουν ενδιαφέρον για ανάκτηση αργιλίου (στα ελληνικά συνώνυμο του «αλουμινίου»), ενώ ο γκιμπσίτης και ο βαιμίτης.

Αυτό σημαίνει ότι υπό κατάλληλες συνθήκες ένα πέτρωμα που περιέχει αλβίτη ή άλλο κατάλληλο αργιλιοπυριτικό ορυκτό, με τη διεργασία της αποσάθρωσης μπορεί να μετασχηματισθεί σε μετάλλευμα αλουμινίου.

II. Λατεριτικός βωξίτης και καρστικός βωξίτης

Ο όρος βωξίτης αποδίδεται στον Berthier (1821), ο οποίος ανέλυσε, στην 'Ecole des Mines, υλικά πλούσια σε αλουμίνιο από την περιοχή Baux-de-Provence. Περιγράφεται γενικά σαν ένα μέταλλευμα που χαρακτηρίζεται από την αυξημένη συμμετοχή υδροξειδίων αργιλίου, οξειδίων και υδροξειδίων σιδήρου και σε μικρότερα ποσά καολινίτη και οξειδίων τιτανίου. Ήταν ο Ούγγρος κοιτασματολόγος G. Bardossy, ο οποίος το 1982 πρότεινε την ταξινόμηση των βωξιτών σε δύο κύριους τύπους κοιτασμάτων: κοιτάσματα λατεριτικού βωξίτη και κοιτάσματα καρστικού βωξίτη. Τα πρώτα δημιουργούνται in situ από τη λατεριτική αποσάθρωση πετρωμάτων πλούσιων σε αργιλιοπυριτικά ορυκτά, ενώ τα δεύτερα από τη διάβρωση των λατεριτικών βωξιτών, τη μεταφορά του υλικού και την απόθεσή του σαν κλαστικού ιζήματος σε μηχανικές παγίδες καρστικών ασβεστολίθων. Στον ελληνικό χώρο δεν έχουν εντοπισθεί έως τώρα υπολείμματα τυπικού λατεριτικού βωξίτη, με εξαίρεση μικρές εμφανίσεις βωξιτικού υλικού στην περιοχή Βροντερού των Πρεσπών.

Οι καρστικοί βωξίτες

Σε αντίθεση με την απουσία τυπικών εμφανίσεων λατεριτικού βωξίτη, υπάρχει στον ελληνικό χώρο πλήθος από κοιτάσματα και εμφανίσεις της κατηγορίας του καρστικού βωξίτη, που σχηματίστηκαν σε διάφορες γεωλογικές περιόδους και σε διάφορους παλαιογεωγραφικούς χώρους και σήμερα συνιστούν χαρακτηριστικούς στρωματογραφικούς ορίζοντες σε ορισμένες γεωλογικές ενότητες του Ελληνικού ορογενούς. Σε αυτές βέβαια τις εμφανίσεις πρέπει να προστεθούν και οι εμφανίσεις και τα κοιτάσματα, τα οποία έτυχε να αποτελούν τμήματα ενοτήτων που υποβυθίστηκαν σε μεγάλα βάθη στο φλοιό της γής και επανήλθαν στην επιφάνεια, αλλά με τροποποιημένη ορυκτολογική σύσταση και φυσικές ιδιότητες, έτσι ώστε να βρίσκουν εφαρμογή σε άλλους τομείς της βιομηχανίας (π.χ. σμύριδα των Κυκλάδων για χρήση στη βιομηχανία λειαντικών).

Οι φλοιοί λατεριτικής αποσάθρωσης με την πάροδο του γεωλογικού χρόνου διαβρώνονται. Σε περιόδους ανόδου της στάθμης της θάλασσας (περίοδοι επίκλυσης) η διάβρωση μπορεί να προέκυψε με τη δράση των κυμάτων (παράκτια διάβρωση). Τα υλικά της διάβρωσης μεταφέρονται σε χαμηλότερα μορφολογικά σημεία και αποτίθενται στις κλιτείες των

λοφοσειρών. Στη συνέχεια μπορούν να μεταφερθούν σαν κλαστικά υλικά μέσα από υδάτινα ρέματα και να εναποτεθούν σε μηχανικές παγίδες που υπάρχουν στο ανάγλυφο.

Στην περίπτωση των καρστικών βωξιτών αυτές οι παγίδες είναι καρστικά έγκοιλα σε ασβεστολιθικές μάζες. Τα έγκοιλα αυτά δημιουργούνται όταν οι ασβεστόλιθοι εκτεθούν στην επιφάνεια (χέρσευση), οπότε ως σχετικά ευδιάλυτα πετρώματα αποκτούν ανάγλυφο με μορφή σπηλαιώσεων ή βυθισμάτων με ακανόνιστη μορφή του πυθμένα. Το υλικό που μεταφέρεται από την περιοχή λατεριτίωσης με μορφή λάσπης, παγιδεύεται σε έγκοιλα αυτού του τύπου.

Με το πέρας της μεταφοράς λατεριτικού υλικού και με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, το βωξιτικό λατεριτικό υλικό καλύπτεται σταδιακά από ασβεστολιθικά πετρώματα. Η ανεύρεση σε ορισμένα κοιτάσματα, ακριβώς πάνω από τον βωξίτη, στρωμάτων κάρβουνου και η μελέτη των χαρακτηριστικών του (Kalaitzidis et al. 2010), έδειξε ότι το κλαστικό βωξιτικό υλικό είχε αποτεθεί σε ένα περιβάλλον βάλτου με ελαφρά υφάλμυρο νερό κατά τη διάρκεια επίκλυσης της θάλασσας πάνω σε ασβεστολίθους.

Ελληνικός Βωξίτης / Κοιτασματολογία / Εξόρυξη-Παραγωγή

Τα κοιτάσματα βωξίτη της Ελλάδας είναι «καρστικού» τύπου. Προήλθαν από τη λατεριτική αποσάθρωση των βασικών, κυρίως, μελών (βασάλτες, διαβάσες, γάββροι) των οφιολιθικών συμπλεγμάτων, τα οποία αφθονούν στην Υποπελαγονική Ζώνη. Τα μεγαλύτερα κοιτάσματα βωξίτη, στον Ελλαδικό Χώρο, απαντούν στην ενότητα Παρνασσού-Γκιώνας (Γκιώνα – Ελικώνας, Οίτη, Παρνασσός).

Το χρώμα των βωξιτών εξαρτάται από τη σύστασή τους και ιδιαίτερα από την παρουσία των οξειδίων ή υδροξειδίων του σιδήρου.

Διακρίνουμε:

- Κόκκινους ή καστανοκόκκινους (παρουσία αιματίτη, γκαιτίτη).
- Γκρίζους με μικρό ποσοστό οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου.
- Λευκούς (απουσία οξειδίων του σιδήρου).

Η περιεκτικότητά τους σε Al_2O_3 κυμαίνεται μεταξύ 49%-65% σε Fe_2O_3 18%-24%, σε CaO 0-5%, σε SiO_2 2%-10%, σε TiO_2 0,5-3%, ενώ η περιεκτικότητά τους σε Cr και Ni φτάνει και τα 2.000 ppm.

Ο βωξίτης αποτελεί το μοναδικό μετάλλευμα πρώτη ύλη παραγωγής αλουμίνας και αλουμινίου και έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χώρα μας. Άλλες χρήσεις του είναι στην τσιμεντοβιομηχανία, στην παραγωγή χυτοσιδήρου ως συλλίπασμα και ως συστατικό του πετροβάμβακα και των λειαντικών υλικών.

Η Ελλάδα κατέχει σημαντική θέση όχι μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και παγκοσμίως, καθώς είναι μία από τις σημαντικότερες βωξιτοπαραγωγές χώρες. Η εξόρυξη του βωξίτη στη χώρα μας, γίνεται κατά 90% με υπόγειες και 10% με υπαίθριες εκμεταλλεύσεις. Τα βέβαια αποθέματα βωξίτη της Ελλάδας, ανέρχονται περίπου σε 130.000.000 τόνους και η ετήσια παραγωγή ξεπερνά τους 2.000.000 τόνους.

Στον τομέα της εκμετάλλευσης του βωξίτη, δραστηριοποιούνται οι εταιρείες S&B Βιομηχανικά Ορυκτά, ΔΕΛΦΟΙ – ΔΙΣΤΟΜΟ AME και ΕΛΜΙΝ Α.Ε.

Η μεταλλουργία του βωξίτη ακολουθεί δυο φάσεις:

- Μετατροπή σε υδροξείδιο του αργιλίου (μέθοδος Bayer): Ο βωξίτης λειοτριβείται και εισάγεται σε δοχεία μαζί με πυκνό διάλυμα καυστικού νατρίου υπό υψηλή πίεση και

θερμοκρασία περίπου 150° C. Τα ορυκτά του αργιλίου διαλυτοποιούνται, ενώ απομακρύνονται και απορρίπτονται τα υπό μορφή ερυθράς λάσπης υδροξείδια του σιδήρου. Το διάλυμα στη συνέχεια ψύχεται και το καθαρό υδροξείδιο του αργιλίου καταβυθίζεται. Το στερεό υπόλειμμα θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία μετατρέπόμενο έτσι σε οξείδιο του αργιλίου (αλουμίνα).

- Εξαγωγή αργιλίου (μέθοδος Hall-Héroult): Η αλουμίνα εισάγεται σε μεγάλες λεκάνες. Αυτές είναι ορύγματα στο έδαφος επενδεδυμένα με υψηλής ανθεκτικότητας σε διάβρωση και υψηλές θερμοκρασίες μεταλλικές πλάκες. Εκεί θερμαίνεται μέχρι τήξεως. Επειδή η θερμοκρασία τήξεως είναι πολύ υψηλή (περίπου 1100° C), προστίθεται περίπου 40% κρυόλιθος (Na₃AlF₆), για να καταβιβάσει το σημείο τήξεως περίπου στους 850 - 900° C. Το τήγμα υφίσταται ηλεκτρόλυση, με τα τοιχώματα της λεκάνης να αποτελούν την άνοδο και ηλεκτρόδιο από άνθρακα να αποτελεί την κάθοδο. Στο ηλεκτρόδιο αυτό αποτίθενται φθόριο και οξυγόνο, το οποίο καίοντας τον άνθρακα συμβάλλει στη διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας. Το φθόριο συλλέγεται από ειδικές σωληνώσεις στο κάλυμμα της λεκάνης και χρησιμοποιείται εκ νέου. Το παραγόμενο αργίλιο είναι σε ρευστή μορφή (τηγμένο), συλλέγεται από τη λεκάνη και υφίσταται εκ νέου εμπλουτισμό με νέα ηλεκτρόλυση, φθάνοντας σε καθαρότητα το 99%. Στη συνέχεια χύνεται σε ειδικά καλούπια και παίρνει μορφή κυλίνδρου ή "χελώνας", με τις οποίες διατίθεται στο εμπόριο.

2.4 ΑΡΓΙΛΙΟ Η ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Το αργίλιο ή αλουμίνιο (*Aluminium*) είναι το χημικό στοιχείο με σύμβολο Al και ατομικό αριθμό 13. Είναι ένα αργυρόλευκο μεταλλικό στοιχείο που ανήκει στην ομάδα IIIA (13) του περιοδικού πίνακα μαζί με το βόριο. Είναι το πιο άφθονο μέταλλο στο φλοιό της Γης και συνολικά το τρίτο (3^ο) πιο άφθονο χημικό στοιχείο συνολικά στον πλανήτη μας, μετά το οξυγόνο και το πυρίτιο. Κατά βάρος αποτελεί περίπου το 8% του στερεού φλοιού. Είναι πολύ δραστικό χημικά ώστε να βρίσκεται στη φύση ως ελεύθερο μέταλλο. Αλλά βρίσκεται και ενωμένο σε πάνω από 270 διαφορετικά ορυκτά. Η κύρια πηγή για τη βιομηχανική παραγωγή του μετάλλου είναι ο βωξίτης.

Το μεταλλικό αλουμίνιο έχει (φαινομενικά) μεγάλη ικανότητα στο να αντιστέκεται στη διάβρωση. Αυτό στην ουσία συμβαίνει γιατί με την έκθεση του μετάλλου στην ατμόσφαιρα σχηματίζει στιγμιαία ένα λεπτό επιφανειακό, μη ορατό, στρώμα οξειδίου του που εμποδίζει τη βαθύτερη διάβρωσή του (φαινόμενο της παθητικοποίησης). Επίσης, εξαιτίας της σχετικά χαμηλής του πυκνότητας και της μεγάλης του ικανότητας να δημιουργεί μεγάλη ποικιλία κραμάτων, έγινε στρατηγικό μέταλλο για την αεροδιαστημική (και όχι μόνο) βιομηχανία. Είναι, επίσης, εξαιρετικά χρήσιμο στη χημική βιομηχανία, τόσο αυτούσιο ως καταλύτης, όσο και με τη μορφή διαφόρων ενώσεών του.

Οι αρχαίοι Έλληνες και Ρωμαίοι γνώριζαν τη στυπτηρία (διπλό θεικό άλας αργιλίου και καλίου) και την χρησιμοποιούσαν. Επίσης, χρησιμοποιούσαν αργιλοπυριτικές ενώσεις στην κεραμική. Το 1761 ο Γκιτόν ντε Μορβό (Guyton de Morveau) πρότεινε το όνομα «αλουμίνα» για το οξείδιο του αργιλίου (Al₂O₃). Το αργίλιο ανακαλύφθηκε, ως στοιχείο, το 1808 από τον Σερ Χάμφρεϊ Ντέιβι, ο οποίος και του έδωσε το όνομα, αρχικά «αλούμιο» και αργότερα «αλουμίνιο», αφού το στοιχείο προερχόταν από το οξείδιό του, την αλουμίνα. Το 1825 ο Δανός επιστήμονας Χανς Κρίστιαν Έρστεντ (Hans Christian Ørsted) απομόνωσε πρώτη φορά το αργίλιο, όταν κατεργάστηκε άνυδρο χλωριούχο αργίλιο με αμάλγαμα καλίου. Το 1827

περιγράφηκε αναλυτικά από τον Βέλερ (Woehler) μία μέθοδος παρασκευής του αργιλίου σε σκόνη από άνυδρο χλωριούχο αργίλιο και κάλιο.

Ο Βέλερ γενικά πιστώνεται την απομόνωση του αργιλίου, αλλά επίσης και ο Έρστεντ πρέπει ν' αναφερθεί ως αυτός που το ανακάλυψε. Επιπλέον, ο Pierre Berthier ανακάλυψε ότι περιέχεται αλουμίνιο στο βωξίτη και κατόρθωσε επιτυχημένα την εξόρυξη του μετάλλου από το ορυκτό. Το 1854 ο Ανρί Σεν-Κλερ Ντεβίλ (Henri St-Claire Deville), βασισμένος στις εργασίες του Βέλερ επινοεί την πρώτη εμπορική μέθοδο παραγωγής του. Αρχικά, το κόστος του αργιλίου ήταν υψηλότερο από αυτό του χρυσού και του λευκόχρυσου. Γι' αυτό το λόγο σε γέυματα του Ναπολέοντος Γ' της Γαλλίας, οι πιο σημαντικοί καλεσμένοι έτρωγαν σε πιάτα από αργίλιο!

Το 1886 ήρθε η μεγάλη επανάσταση στην παραγωγή αλουμινίου, οπότε εφευρέθηκε η μέθοδος Hall-Heroult. Σε αυτή τη μέθοδο, τήγμα μίγματος κρυολίθου (φθοριούχο άλας του νατρίου και του αργιλίου: Na_3AlF_6) αργιλίου και οξειδίου του αργιλίου (αλουμίνα: Al_2O_3) ηλεκτρολύεται με συνεχές ρεύμα. Το τηγμένο αργίλιο συγκεντρώνεται στο βυθό του ηλεκτρολυτικού λουτρού. Όλο το αλουμίνιο που παράγεται στον κόσμο παράγεται με αυτή τη μέθοδο.

Το 1889 ο Bayer επινόησε μία μέθοδο καθαρισμού του βωξίτη προς παρασκευή αλουμίνας, με τη χρήση καυστικού νατρίου. Έτσι, άνοιξε ο δρόμος για την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων αλουμινίου. Το 1900 η παγκόσμια παραγωγή αλουμινίου ήταν 8000 τόνοι. Έκτοτε αυξήθηκε με πολύ μεγάλους ρυθμούς, για να φτάσει το 1999 τα 24 εκατομμύρια τόνους.

Οι ιδιότητες που κάνουν το αλουμίνιο τόσο σημαντικό για την βιομηχανία είναι το χαμηλό του ειδικό βάρος, η υψηλή αντοχή του σε μηχανικές καταπονήσεις και η εξαιρετική αντοχή του στη διάβρωση, η οποία οφείλεται στο φαινόμενο της παθητικοποίησης. Το καθαρό αλουμίνιο είναι αρκετά μαλακό και όλκιμο. Με την προσθήκη σιδήρου, χαλκού και άλλων κραματικών στοιχείων βελτιώνονται κατά πολύ οι μηχανικές του ιδιότητες. Το αλουμίνιο υφίσταται εύκολα κατεργασία με χύτευση και με αφαίρεση υλικού. Παρουσιάζει επίσης πολύ καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Συνοπτικά το αλουμίνιο:

- Έχει χαμηλό ειδικό βάρος. Μόλις το 1/3 εκείνου του σιδήρου.
- Διαμορφώνεται, ελάσσεται, εξελάσσεται, διελάσσεται, συγκολλείται με ευκολία συνεπώς είναι ιδανικό μέταλλο κατασκευών. Το μέτρο ελαστικότητας του (70.000 MPa) είναι 3 φορές χαμηλότερο από εκείνο του σιδήρου. Σε δεδομένη κατάσταση φόρτισης, μία κατασκευή από αλουμίνιο παρουσιάζει 3 φορές μεγαλύτερη ελαστική επιμήκυνση απ' ό,τι μία σιδερένια.
- Το αλουμίνιο και τα περισσότερα κράματά του είναι ανθεκτικό έως πολύ ανθεκτικό σε πολλές μορφές διάβρωσης. Λόγω της μεγάλης χημικής συνάφειας με το οξυγόνο, η φυσική επιφάνεια του μετάλλου είναι μόνιμα καλυμμένη με στρώμα οξειδίου του αργιλίου, που αποτελεί ένα πολύ αποτελεσματικό εμπόδιο εξάπλωσης της διάβρωσης. Αυτή είναι η ιδιότητα που το κάνει τόσο δημοφιλές στη Δόμηση, στη Ναυπηγική και στη βιομηχανία κατασκευής μεταφορικών μέσων (Αυτοκίνητα, Τραίνα, Αεροπλάνα). Το μειωμένο έως μηδενικό κόστος συντηρήσεως σε συνδυασμό με το χαμηλό ειδικό βάρος επηρεάζουν θετικά την επιλογή του αλουμινίου.
- Το αλουμίνιο είναι πολύ καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.
- Δε μαγνητίζεται και δεν καίγεται, ιδιότητες που θεωρούνται πολύ ουσιώδεις για ειδικές εφαρμογές, όπως Τεχνολογία Ηλεκτρονικών και κατασκευές θαλάσσης (πλατφόρμες άντλησης πετρελαίου).

- Δεν είναι τοξικό σε επαφή με τρόφιμα (λογικού εύρους δείκτη οξύτητας) ενώ ως φιλμ προστασίας επιδεικνύει πολύ χαμηλή διαπερατότητα, ιδιότητες που το καθιέρωσαν βασική πρώτη ύλη για τις συσκευασίες τροφίμων και ειδικότερα τις εύκαμπτες συσκευασίες πολλαπλών στρώσεων (πχ πολυεστέρας, αλουμίνιο, πολυαιθυλένιο).
- Υψηλή διάχυτη ανακλαστικότητα (albedo) και χαμηλό συντελεστή δευτερογενούς θερμικής εκπομπής. Οι 2 αυτές ιδιότητες το καθιστούν απαραίτητο ως εξωτερικό «κρύο» φλοιό για τα νέα κτήρια του τριτογενούς τομέα (κτίρια γραφείων, δημόσια κτίρια γενικά, βιομηχανικά κτίρια) καθώς και σε ενεργειακές ανατάξεις παλαιών «ενεργοβόρων» κτιρίων.

2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά του αλουμινίου είναι το χαμηλό του βάρος, η υψηλή αντοχή του στη διάβρωση, η λειτουργικότητα και η χαμηλή του τοξικότητα, το γεγονός ότι είναι εύπλαστο και ενεργειακά αποδοτικό καθώς επίσης το ότι ανακυκλώνεται.

Λόγω των ιδιοτήτων του αυτών συχνά χρησιμοποιείται στην αεροναυπηγική, στην αυτοκινητοβιομηχανία, τη βιομηχανία αθλητικών ειδών, τη ναυπηγική, στην οικοδομική δραστηριότητα καθώς επίσης στις συσκευασίες προϊόντων.

Η εκτεταμένη χρήση αλουμινίου στην οικοδομή και την κατασκευή κτιρίων, καθιστά τα κτίρια ενεργειακά αποδοτικά, ενώ η σχέση αντοχής και βάρους καθιστά δυνατή την υλοποίηση σχεδίων που αφορούν δομές, με εξαιρετική σταθερότητα και μοντέρνα αρχιτεκτονική. Στον κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας η χρήση του αλουμινίου συμβάλει στην αντικατάσταση των βαριών υλικών και στην εξοικονόμηση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.

Εκτός από τη χρήση στο κλάδο της βιομηχανίας γνωστή είναι και η χρήση του στις συσκευασίες αλουμινίου. Συγκεκριμένα, οι συσκευασίες αλουμινίου συμβάλλουν στην αποτελεσματική παραγωγή, αποθήκευση, διανομή και χρήση των προϊόντων. Για παράδειγμα, το αλουμινόχαρτο και τα σκεύη μιας χρήσεως είναι ιδανικά για το ζέσταμα ή και το ελαφρύ μαγείρεμα, ενώ παράλληλα χρησιμοποιούνται για να διατηρούν το φαγητό ζεστό ή κρύο αλλά και για τη μεταφορά φαγητού.

Στον τομέα των συσκευασιών, πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι το αλουμίνιο είναι το ιδανικό υλικό για ανακύκλωση. Είναι εύκολο να διαχωριστεί ανάμεσα σε άλλα ανακυκλώσιμα υλικά, η διαλογή του έχει χαμηλό κόστος, ενώ δεν υπάρχει περιορισμός για το πόσες φορές μπορεί να ανακυκλωθεί, διατηρώντας πάντα την ποιότητα της πρώτης ύλης. Ένα από τα βασικότερα παραδείγματα είναι τα κουτάκια αλουμινίου, τα οποία είναι διαθέσιμα στην καθημερινότητα του ανθρώπου και τα οποία αποτελούν ένα από τα βασικότερα αντικείμενα τα οποία συλλέγονται για ανακύκλωση στα νοικοκυριά.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί η χρήση του αλουμινίου στον φαρμακευτικό κλάδο και συγκεκριμένα σε εξειδικευμένες συσκευασίες φαρμακευτικών και ιατρικών προϊόντων με σκοπό να προστατεύουν και διατηρούν το περιεχόμενο σε αποστειρωμένες συνθήκες.

2.6 ΠΡΟΦΙΛ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

A) Το M10800 είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα για αίθρια και γυάλινες στέγες

- Συνεργάζεται με τα προφίλ του M6
- Υπάρχει σύστημα εσωτερικής αποστράγγισης
- Ειδικά προφίλ απομάκρυνσης του νερού της βροχής
- Δυνατότητα κατασκευών διαφόρων γεωμετριών

Βασικά χαρακτηριστικά:

- Κατηγορία θερμομόνωσης Gruppe 2.1 (Σύμφωνα με DIN52619-3 $U_R = 2.3 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Πλάτος κολώνας (κατακόρυφης και οριζόντιας) 55 mm
- Μεγάλο κανάλι αποστράγγισης υδάτων και εξαερισμού
- Ξεχωριστό κανάλι αποστράγγισης υδρατμών
- Δυνατότητα κατασκευής σκεπών – πυραμίδων – πολυέδρων – κυκλικών επιφανειών
- Δυνατότητα κατασκευής παραθύρων εξαερισμού με ηλεκτρικό μηχανισμό
- Μεγάλη ποικιλία διατομών για την υποστήριξη όλων των κατασκευών, χωρίς στατικά προβλήματα
- Δυνατότητα συνδυαστικής χρήσης με τη M10880 για πτυσσόμενες επεκτάσεις αίθριων

Πλάτος κολώνας 55 mm

Μέγιστο πάχος υάλωσης 50 mm



Εικόνα 19 : M10800

B) Το σύστημα M7 αποτελεί ένα νέο σύστημα το οποίο προσφέρει ποιοτικές κατασκευές με άριστη σχέση τιμής-ποιότητας χάρη στα εξαρτήματα και την ευκολία κατασκευής και απαντά σε όλες τις απαιτήσεις στατικής και ασφάλειας.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του συστήματος είναι:

- 50 mm εμφανές πλάτος κολώνας και τραβέρσας

- Υψηλό δείκτη θερμομόνωσης χάρη στη χρήση ειδικού θερμομονωτικού υλικού, ιδανικό για περιοχές με έντονες καιρικές συνθήκες
- Δυνατότητα κατασκευής Structural υαλοπετασμάτων με λάστιχα ή με κολλητά τζάμια (με σιλικόνη), χωρίς εμφανές αλουμίνιο εξωτερικά, με τις ίδιες κολώνες και τραβέρσες
- Δέχεται υαλοπίνακες από 28mm έως 50mm
- Χαμηλό κόστος κατασκευής χάρη στα εξαρτήματα και την ευκολία κατασκευής
- Τα παράθυρα του υαλοπετάσματος μπορεί να είναι, προβαλλόμενα παράλληλα, προβαλλόμενα με κλίση, ανοιγόμενα ανακλινόμενα προς τα μέσα, ή με κρυφά φύλλα, ή με μη εμφανή επιφάνεια αλουμινίου ανοιγόμενο προς τα μέσα
- Συνεργάζεται με όλες τις θερμομονωτικές πόρτες του συστήματος M11000
- Πιστοποιημένο σύστημα σε κοινοποιημένο φορέα NB 2145, για αντίσταση στην ανεμοπίεση, αεροπερατότητα και στην ανεμοπίεση



Εικόνα 20 : Σύστημα M7

Γ) Αποτελεί το νέο σύστημα structural υαλοπετασμάτων της Alumil, τύπου element (έτοιμα προκατασκευασμένα πλαίσια για άμεση και εύκολη τοποθέτηση στο κτίριο) με πλάτος κανάβου 85 mm.

Στο σύστημα μπορούν να τοποθετηθούν αποκλειστικά υαλοπίνακες συνολικού πάχους 32 mm ή 44 mm

Δυνατότητα για εύκολη αντικατάσταση υαλοπινάκων

Διαθέτει προβαλλόμενα παράθυρα (απλή προβολή) τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν, έτσι ώστε να μην διαφέρουν από την υπόλοιπη κατασκευή

Χαρακτηριστικά:

- Εμφανές πλάτος συστήματος: 85 mm hor. & ver.
- Βάθος κολώνας: 186 mm
- Βάθος τραβέρσας: 186 mm
- Είδος συγκράτησης υάλωσης
- Κρεμαστό πλαίσιο με ελαστικά EPDM
- Πάχος υάλωσης: 32 / 44 mm
- Μέγιστη ροπή αδράνειας κολώνας: $I_x=549$ $I_y=134$ cm⁴

- Μέγιστη ροπή αδράνειας τραβέρσας: $I_x=134$ $I_y=549$ cm^4
- Είδος συστήματος
- Θερμομονωτικό
- Εξωτερική εμφάνιση

Κολλητός υαλοπίνακας χωρίς εμφανές πλαίσιο αλουμινίου με αρμό 20 mm μεταξύ των υαλοπινάκων και απόσταση 20 mm μεταξύ των πλαισίων.

Τυπολογίες ανοιγμάτων

- Σταθερό
- Προβαλλόμενο



Εικόνα 21 : Σύστημα τύπου element

Δ) Το M50 αποτελεί ένα νέο σύστημα υαλοπέτασματος της ALUMIL με εμφανή καπάκια και με ιδιαίτερο χαρακτηριστικό την χρήση της ίδιας διατομής οριζόντια και κάθετα πλάτους 50 mm. Το στοιχείο αυτό μειώνει σημαντικά το κόστος κατασκευής, ενώ ταυτόχρονα τα ειδικά υλικά «πλήρωσης» αρμών στα τζάμια αυξάνουν τη θερμομόνωση.

- Εμφανές πλάτος κολώνας και τραβέρσας μόνο 50 χιλ.
- Πολύ υψηλό δείκτη θερμομόνωσης $U_f=1,0$ $\text{W/m}^2\text{k}$
- Μεγάλη ποικιλία από κολώνες, με δυνατότητα εσωτερικής ενίσχυσης με ατσάλι, για μεγάλες ανεμοπιέσεις
- Ποικιλία εξωτερικών καπακιών, για διαφορετικές αισθητικά επιφάνειες
- Δυνατότητα Structural Glazing με κολλητά τζάμια, χωρίς εμφανές αλουμίνιο εξωτερικά, και φυσικά με τα αντιστοιχα παράθυρα
- Τα παράθυρα του υαλοπέτασματος μπορεί να είναι, προβαλλόμενα παράλληλα, προβαλλόμενα με κλίση, ανοιγόμενα ανακλινόμενα προς τα μέσα, ή με κρυφά φύλλα, ή με μη εμφανή επιφάνεια αλουμινίου ανοιγόμενο προς τα μέσα
- Αντιδιαρρηκτική προστασία WK 3
- Αντιβαλλιστική προστασία FB6
- Αντιπυρική προστασία EI
- Εξαιρετική ηχομόνωση με την προσθήκη εσωτερικά του P50
- Κατασκευές με επικλινείς ή πολυγωνικές επιφάνειες
- Ειδική στήριξη για εξωτερικά συστήματα αλουμινίου για σκίαση

- Στο υαλοπέτασμα συνεργάζονται θερμομονωτικές πόρτες από άλλα συστήματα της Alumil.

M50 Structural

Το M50 Structural διαφέρει στην εξωτερική εμφάνιση από το αντίστοιχο M50 standard με εμφανές καπάκι.

Η απουσία του αλουμινίου στο M50 Structural από την εξωτερική όψη, δημιουργεί μία συνεχή επιφάνεια υαλοπινάκων, ακόμη και στα προβαλλόμενα παράθυρα.

M50 security

Το σύστημα M50 security δίνει λύσεις σε περιπτώσεις που απαιτείται υψηλό επίπεδο ασφάλειας και μέγιστη προστασία σε κατασκευές υαλοπετασμάτων όπως σε τράπεζες, πρεσβείες, δημόσιους οργανισμούς, κοσμηματοπωλεία κ.ά.

Οι δυνατότητες υάλωσης που παρέχει το σύστημα ενισχύουν τα χαρακτηριστικά ασφαλείας και ενεργειακής απόδοσης του.

Χαρακτηριστικά προφίλ

- Εμφανές Πλάτος 14 mm
- Ελάχιστο βάθος κολώνας 20 mm
- Μέγιστο βάθος κολώνας 242,7 mm
- Πάχος υάλωσης 24 - 42 mm
- Πάχος διατομών από 1,7 - 2 mm

Χαρακτηριστικά συστήματος

- Είδος συστήματος Insulated
- Uf από 1
- Εξωτερική εμφάνιση Structural/Με καπάκι 50 mm
- Δυνατότητα ανοιγόμενου τμήματος Ανοιγόμενο/Προβαλλόμενο/Προωθούμενο



Εικόνα 22 : M50

Ε) Η σειρά M6 αποτελεί την εξέλιξη των κλασικών υαλοπετασμάτων M1 και M2, με έμφαση στην καλύτερη θερμομόνωση, απλότητα της κατασκευής και τη βελτίωση του συστήματος απορροής των υδάτων. Το σύστημα έχει μεγάλο εύρος εφαρμογών, ξεκινώντας από την απλή επίπεδη κατασκευή και φθάνοντας μέχρι σύνθετες κεκλιμένες κατασκευές και την κατασκευή αιθρίων. Είναι πιστοποιημένο από το γερμανικό ινστιτούτο IFT Rosenheim στην υψηλότερη κατηγορία όλων των τεστ που υποβλήθηκε.

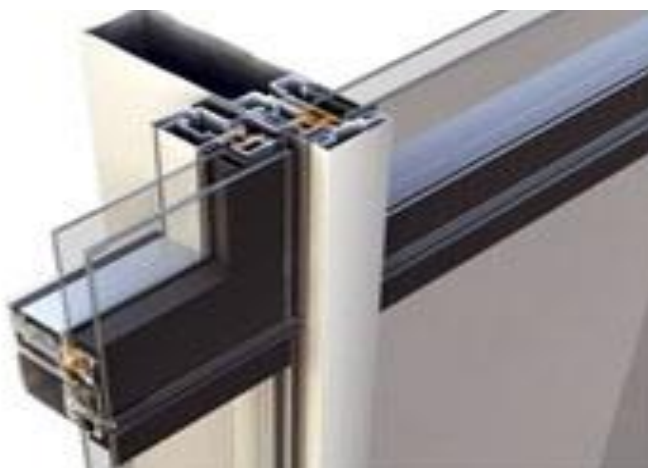
- 55 χιλ. Πλάτος κολώνας
- Θερμομόνωση με $U_f=1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Μεγάλη ποικιλία από κολώνες για μεγάλες ανεμοπιέσεις
- Ποικιλία εξωτερικών καπακιών, για διαφορετικές αισθητικά επιφάνειες
- Δυνατότητα Structural Glazing με κολλητά τζάμια, χωρίς εμφανές αλουμίνιο εξωτερικά, και φυσικά με τα αντίστοιχα παράθυρα
- Τα παράθυρα του υαλοπετάσματος μπορεί να είναι, προβαλλόμενα παράλληλα, προβαλλόμενα με κλίση, ανοιγόμενα/ανακλινόμενα προς τα μέσα, ή με κρυφά φύλλα
- Κατασκευές με επικλινείς ή πολυγωνικές επιφάνειες
- Στο υαλοπέτασμα συνεργάζονται θερμομονωτικές πόρτες από άλλα συστήματα της Alumil.

Χαρακτηριστικά προφίλ

- Εμφανές Πλάτος 55 mm
- Ελάχιστο βάθος κολώνας 9,5 mm
- Μέγιστο βάθος κολώνας 240 mm
- Πάχος υάλωσης έως 52 mm
- Πάχος διατομών 10

Χαρακτηριστικά συστήματος

- Είδος συστήματος Insulated
- Uf από 1,5
- Εξωτερική εμφάνιση Structural/ Με καπάκι 55 mm
- Δυνατότητα ανοιγόμενου τμήματος Ανοιγόμενο/Προβαλλόμενο/Προωθούμενο



Εικόνα 23 : Σύστημα M60

ΣΤ) Η απουσία του αλουμινίου από την εξωτερική όψη, χάρη στην οποία δημιουργείται μία συνεχής επιφάνεια κρυστάλλων, είναι το χαρακτηριστικό του M4 Solar Structural, το οποίο κατά τα άλλα χρησιμοποιεί τα ίδια προφίλ και εξαρτήματα με το M3 Solar Semi Structural. Το σύστημα διαθέτει και θερμοδιακοπτόμενα προφίλ, για ενίσχυση της θερμομονωτικής του ικανότητας. Η βασική του διαφορά είναι η απουσία του αλουμινίου από την εξωτερική όψη, δημιουργώντας μία συνεχή επιφάνεια κρυστάλλων.

Ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του:

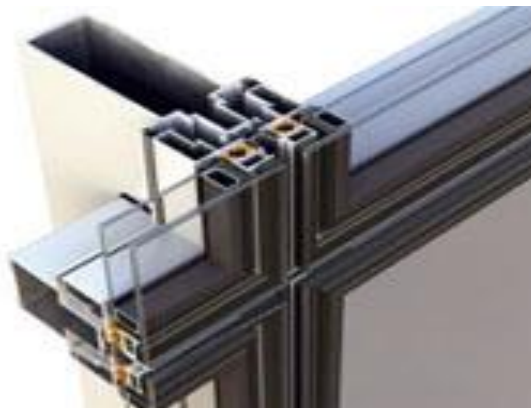
- Δύο επίπεδα στεγάνωσης
- Τα κρύσταλλα, είναι κολλημένα στο πλαίσιο του αλουμινίου με ειδικής σύνθεσης σιλικόνη (structural – silicon της Dow Corning), υποστηριζόμενα στο κάτω μέρος από ειδικό εξάρτημα
- Υπάρχουν προφίλ συγκράτησης γρανίτη, μελαμίνης ή γυψοσανίδας, μονωτικών υλικών καθώς και συμπληρώματα κολώνων, τραβέρσων, όπως επίσης και αρμοκάλυπτρα για εσωτερικά και εξωτερικά τελειώματα
- Το σύστημα διαθέτει και θερμοδιακοπτόμενα προφίλ, για ενίσχυση της θερμομονωτικής του ικανότητας
- Κατασκευή προβαλλομένου χωρίς εμφανές πλαίσιο εξωτερικά ή εσωτερικά

Χαρακτηριστικά προφίλ

- Εμφανές Πλάτος 14 mm
- Ελάχιστο βάθος κολώνας 87,9 mm
- Μέγιστο βάθος κολώνας 177,9 mm
- Πάχος υάλωσης 4 - 38 mm
- Πάχος διατομών 6

Χαρακτηριστικά συστήματος

- Είδος συστήματος Insulated
- Uf από 3,69
- Εξωτερική εμφάνιση Structural
- Δυνατότητα ανοιγόμενου τμήματος Προβαλλόμενο



Εικόνα 24 : Σύστημα M4

Z) Είναι ένα σύγχρονο σύστημα υαλοπετάσματος κυψελωτής μορφής με ειδικά χαρακτηριστικά που απαντούν σε μεγάλες απαιτήσεις. Η ποικιλία των ειδικών προφίλ εξασφαλίζει την άψογη εφαρμογή σε οποιαδήποτε κατασκευή, ενώ παράλληλα επιτρέπει τη δημιουργία κυρτών και κοίλων επιφανειών. Η αρθρωτή κατασκευή το καθιστά ικανό να προσαρμόζεται σε πιθανές παραμορφώσεις του κτιρίου λόγω σεισμών, ταλαντώσεων κλπ, αλλά και στις δεδομένες συστολές – διαστολές του αλουμινίου, χωρίς να καταπονείται το σύστημα. Χαρακτηρίζεται από εξαιρετική στεγανότητα και ένα έξυπνο σύστημα αποβολής της υγρασίας, ενώ διατίθεται και σε θερμομονωτική έκδοση.

Το M3 είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα για θερμομονωτικά υαλοπετάσματα με:

- 55 χιλ. Πλάτος κολώνας
- Κυψελωτή εμφάνιση, με τζάμια τελλαρωμένα σε πλαίσια αλουμινίου με εμφανή μία λωρίδα αλουμινίου 16 χιλ. περιμετρικά του τζαμιού, που κρεμιούνται στις κολώνες με

ειδικά εξαρτήματα ασφαλείας, και αφήνουν περιμετρικά μεταξύ τους μια καλαίσθητη σκοτία,

- Κάθε πλαίσιο μπορεί να είναι είτε σταθερό, είτε προβαλλόμενο, είτε ανοιγόμενο προς τα έξω, ως πόρτα
- Μεγάλη ποικιλία από κολώνες για μεγάλες ανεμοπιέσεις
- Κατασκευές με επικλινείς ή πολυγωνικές επιφάνειες
- Πολύ εύκολη τοποθέτηση στην οικοδομή

Χαρακτηριστικά προφίλ

- Εμφανές Πλάτος 44 mm
- Ελάχιστο βάθος κολώνας 87,9 mm
- Μέγιστο βάθος κολώνας 177,9 mm
- Πάχος υάλωσης 4 - 38 mm
- Πάχος διατομών 6

Χαρακτηριστικά συστήματος

- Είδος συστήματος Uninsulated
- U_f από 1
- Εξωτερική εμφάνιση Semi structural
- Δυνατότητα ανοιγόμενου τμήματος Προβαλλόμενο



Εικόνα 25 : Σύστημα M3

H) Το M65 είναι ένα ειδικό σύστημα υαλοπετασμάτων για ψηλά κτήρια, που δίνει μεγάλη ελευθερία στο σχεδιασμό του κτηρίου και αποτελείται από συναρμολογούμενους «τοιίχους-πλαίσια», όπου ο καθένας έχει πολλαπλά ανοίγματα με υαλοπίνακες. Οι υαλοπίνακες έχουν κυψελωτή εμφάνιση και είναι είτε κολλητοί (structural glazing), είτε συγκρατούνται με μεγάλη ασφάλεια με ειδικά πηγάκια αλουμινίου. Οι «τοιίχοι-πλαίσια» συναρμολογούνται εύκολα με τη βοήθεια γερανού και με απόλυτη στεγανότητα, διατηρώντας τη δυνατότητα μικρής μετακίνησης μεταξύ τους.

Το νέο σύστημα υαλοπετασμάτων της Alumil, τύπου element (έτοιμα προκατασκευασμένα πλαίσια για άμεση και εύκολη τοποθέτηση στο κτίριο) με πλάτος κάναβου 65 mm.

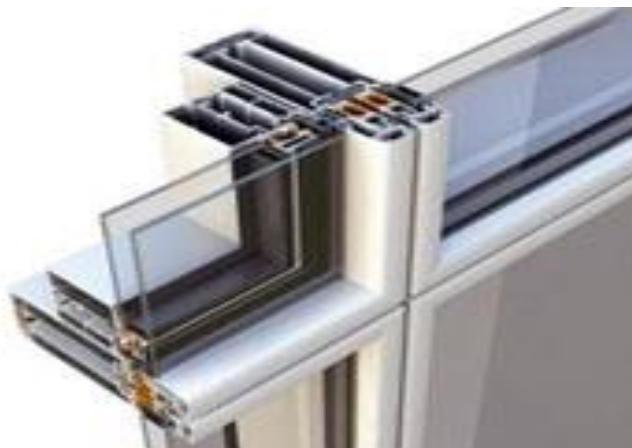
- Προσφέρει δυνατότητα διπλής υάλωσης έως 64mm εσωτερικά, με έναν επιπλέον τρίτο υαλοπίνακα στο έξω μέρος της κατασκευής.
- Δυνατότητα για ιδιαίτερα εύκολη αντικατάσταση υαλοπινάκων.
- Τα βιδωτά εξωτερικά καπάκια αλουμινίου το καθιστούν ιδιαίτερα ασφαλές.
- Διαθέτει προβαλλόμενα παράθυρα τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν, έτσι ώστε να μην διαφέρουν από την υπόλοιπη κατασκευή.

Χαρακτηριστικά προφίλ

- Εμφανές Πλάτος 65 mm
- Ελάχιστο βάθος κολώνας 175,5 mm
- Μέγιστο βάθος κολώνας 175,5 mm
- Πάχος υάλωσης 32 mm
- Πάχος διατομών 2,5

Χαρακτηριστικά συστήματος

- Είδος συστήματος Insulated
- Uf από 1,38
- Εξωτερική εμφάνιση Με καπάκι 65 mm
- Δυνατότητα ανοιγόμενου τμήματος Ανοιγόμενο/Προβαλλόμενο/Προωθούμενο



Εικόνα 26 : Σύστημα M65

Θ) Το M85 είναι ένα ειδικό σύστημα υαλοπετασμάτων για ψηλά κτήρια, που δίνει μεγάλη ελευθερία στο σχεδιασμό του κτηρίου και αποτελείται από συναρμολογούμενους «τοιχούς-πλαίσια», όπου ο καθένας έχει πολλαπλά ανοίγματα με υαλοπίνακες. Οι υαλοπίνακες έχουν κυψελωτή εμφάνιση και είναι είτε κολλητοί (structural glazing), είτε συγκρατούνται με μεγάλη ασφάλεια με ειδικά πηγάκια αλουμινίου. Οι “τοιχοί-πλαίσια” συναρμολογούνται εύκολα με τη βοήθεια γερανού και με απόλυτη στεγανότητα, διατηρώντας τη δυνατότητα μικρής μετακίνησης μεταξύ τους.

Το νέο σύστημα υαλοπετασμάτων της Alumil, τύπου element (έτοιμα προκατασκευασμένα πλαίσια για άμεση και εύκολη τοποθέτηση στο κτίριο) με πλάτος κάναβου 85 mm.

- Προσφέρει δυνατότητα διπλής υάλωσης έως 64mm εσωτερικά, με έναν επιπλέον τρίτο υαλοπίνακα στο έξω μέρος της κατασκευής.
- Δυνατότητα για ιδιαίτερα εύκολη αντικατάσταση υαλοπινάκων.
- Τα βιδωτά εξωτερικά καπάκια αλουμινίου το καθιστούν ιδιαίτερα ασφαλές.
- Διαθέτει προβαλλόμενα παράθυρα τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν, έτσι ώστε να μην διαφέρουν από την υπόλοιπη κατασκευή.

Χαρακτηριστικά προφίλ

- Εμφανές πλάτος συστήματος 97 mm hor. / 85 mm ver.
- Βάθος κολώνας 230 mm
- Βάθος τραβέρσας 230 mm
- Είδος συγκράτησης υάλωσης Βιδωτή με πηγάκι ελαστικά EPDM
- Πάχος υάλωσης 14,5 / 25,4 / 33,5 mm
- Μέγιστη ροπή αδράνειας κολώνας $I_x=25 \text{ } I_y=921 \text{ cm}^4$

- Μέγιστη ροπή αδράνειας τραβέρσας $I_x=248 I_y=1511 \text{ cm}^4$

- Τυπολογίες ανοιγμάτων
Ανοιγόμενο εσωτερικά ,
Σταθερό, Προβαλλόμενο,
Παράλληλα προβαλλόμενο



Εικόνα 27 : Σύστημα M85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Ευρωκώδικας 9-Κατασκευές από αλουμίνιο

Οι ευρωκώδικες είναι ένα σύνολο εναρμονισμένων τεχνικών κανόνων που αναπτύχθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης για το δομικό σχεδιασμό των κατασκευαστικών έργων στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Οι Ευρωκώδικες είναι:

- ένα μέσο για να αποδείξει τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις για μηχανική αντοχή, τη σταθερότητα και την ασφάλεια σε περίπτωση πυρκαγιάς, το οποίο συστάθηκε με το δίκαιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- μια βάση για την κατασκευή και τη σύμβαση τεχνικής τεκμηρίωσης.
- ένα πλαίσιο για τη δημιουργία εναρμονισμένων τεχνικών προδιαγραφών για την κατασκευή προϊόντων (σήμανση CE).

Από τον Μάρτιο του 2010, οι Ευρωκώδικες είναι υποχρεωτικοί για τις προδιαγραφές των ευρωπαϊκών δημοσίων έργων και έχουν ως στόχο να γίνουν το *de facto* πρότυπο για τον ιδιωτικό τομέα. Κατά συνέπεια, οι Ευρωκώδικες αντικαθιστούν τις υπάρχουσες εθνικές προδιαγραφές για τα κτίρια που δημοσιεύτηκαν από εθνικούς οργανισμούς τυποποίησης, αν και πολλές χώρες είχαν/έχουν μια περίοδο συνύπαρξης. Επιπλέον, κάθε χώρα αναμένεται να εκδώσει Εθνικό Παράρτημα των Ευρωκώδικων που θα αναφέρεται η συγκεκριμένη χώρα. Σήμερα, η υιοθέτηση των Ευρωκώδικων είναι αργή σε έργα του ιδιωτικού τομέα και οι υφιστάμενοι εθνικοί κώδικες εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται ευρέως από τους μηχανικούς.

Στόχος των Ευρωκώδικων είναι να θεσμοθετήσουν ένα σύνολο κοινών τεχνικών κανόνων για το σχεδιασμό των κτιρίων και των έργων Πολιτικού Μηχανικού με την προοπτική να αντικαταστήσουν τους διαφορετικούς εθνικούς κανονισμούς των Κρατών-Μελών.

Οι Ευρωκώδικες αναπτύχθηκαν υπό την καθοδήγηση και το συντονισμό της Τεχνικής Επιτροπής CEN/TC250 "Structural Eurocodes". Η γλωσσική και προτυποτεχνική επιμέλεια στην Ελληνική έγινε από την αντίστοιχη Τεχνική Επιτροπή του ΕΛΟΤ ΤΕ 67 «Ευρωκώδικες», περιλαμβανομένων Ειδικών Ομάδων Εργασίας, σε στενή συνεργασία με την Επιτροπή Ευρωκώδικων που συστήθηκε στο τ. ΥΠΕΧΩΔΕ.

Οι Ευρωκώδικες απαρτίζονται από 10 κύρια Ευρωπαϊκά Πρότυπα που συμπεριλαμβάνουν όλους τους τρόπους δόμησης (από σκυρόδεμα, χάλυβα, ξύλο, τοιχοποιία, γεωτεχνικά έργα και αλουμίνιο). Ολοκληρώθηκαν το 2007 και με τη σειρά τους υποδιαίρονται, εκτός από το πρώτο (ΕΛΟΤ EN 1990) σε 58 μέρη, στα οποία γίνεται ανάλυση της συμπεριφοράς των κατασκευών (κτιρίων, γεφυρών, δεξαμενών, φραγμάτων, πύργων, αγωγών, καπνοδόχων), στο σεισμό ή /και στην πυρκαγιά.

EN 1999 - Ευρωκώδικας 9: Σχεδιασμός κατασκευών από αλουμίνιο, είναι το τμήμα του ευρωπαϊκού οικοδομικού κώδικα που ασχολείται με το σχεδιασμό κατασκευών από κράμα αλουμινίου. Είναι σύμφωνος με τις αρχές και τις απαιτήσεις για την ασφάλεια και

λειτουργικότητα των κατασκευών, βάση του σχεδιασμού τους και τον έλεγχο που δίνονται στο EN 1990 - Βάση στατικής μελέτης. Θέτει προϋποθέσεις για τη δομική ακεραιότητα, συμπεριλαμβανομένης της αντοχής, λειτουργικότητας, ανθεκτικότητας και αντοχής στη φωτιά.

Ο EN 1999 προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με:

- EN 1990: Ευρωκώδικας - Βάση στατικής μελέτης
- EN 1991: Ευρωκώδικας 1 - Δράσεις στις κατασκευές
- Ευρωπαϊκά Πρότυπα για την κατασκευή προϊόντων που είναι συναφή κατασκευών από αλουμίνιο
- EN 1090-1: Εκτέλεση των μεταλλικών κατασκευών και κατασκευών από αλουμίνιο - Μέρος 1: Γενικοί τεχνικοί όροι παράδοσης για δομικά στοιχεία χάλυβα και αλουμίνιο
- EN 1090-3: Εκτέλεση των μεταλλικών κατασκευών και κατασκευών από αλουμίνιο - Μέρος 3: Τεχνικές απαιτήσεις για τις κατασκευές αλουμινίου.

Ο ευρωκώδικας 9 έχει πέντε τμήματα:

- EN 1999-1-1: Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια
- EN 01/02/1999: Σχεδιασμός σε κατάσταση πυρκαγιάς
- EN 01/03/1999: Κατασκευές ευαίσθητες στην κόπωση
- EN 01/04/1999: Εν ψυχρώ κατεργασμένα δομικά φύλλα
- EN 01/05/1999: Κελύφη

Ο EN 1999-1-1 παρουσιάζει τους κανόνες και τη φιλοσοφία σχεδιασμού στην ανάλυση και τον σχεδιασμό κτιριακών έργων από αλουμίνιο. Τα περιεχόμενα του EN 1999-1-1 δίδονται ως:

- Στο Κεφάλαιο 1, περιέχονται οι στόχοι, οι κανονιστικές αναφορές, οι παραδοχές, οι αρχές και κανόνες εφαρμογής κατά το σχεδιασμό, ορολογία και άλλοι ορισμοί, τα σύμβολα και οι μονάδες που χρησιμοποιούνται.
- Στο Κεφάλαιο 2, περιέχονται οι βασικές απαιτήσεις συμπεριφοράς καθώς και τα κριτήρια συμμόρφωσης που εφαρμόζονται κατά το σχεδιασμό, την ανάλυση και την κατασκευή κτιρίων.
- Στο Κεφάλαιο 3, δίδονται τα βασικά μηχανικά χαρακτηριστικά του υλικού.
- Στο Κεφάλαιο 4, περιγράφονται οι αρχές και κανόνες για την εξασφάλιση της ανθεκτικότητας των δομημάτων από αλουμίνιο.
- Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζεται η μεθοδολογία για την στατική ανάλυση φορέων από αλουμίνιο.
- Στο Κεφάλαιο 6, παρουσιάζονται οι οριακές καταστάσεις σχεδιασμού έναντι αστοχίας.
- Στο Κεφάλαιο 7, παρουσιάζονται οι οριακές καταστάσεις σχεδιασμού για την λειτουργικότητα.
- Στο Κεφάλαιο 8, παρουσιάζεται η μεθοδολογία σχεδιασμού κόμβων και άλλων συνδέσεων κατασκευών από αλουμίνιο.

Επίσης περιλαμβάνει παραρτήματα:

- Παράρτημα Α: Κατηγορίες εκτέλεσης
- Παράρτημα Β: Ισοδύναμο βραχύ Τ υπό εφελκυσμό
- Παράρτημα C:Επιλογή υλικών
- Παράρτημα D:Διάβρωση και επιφανειακή προστασία
- ΠαράρτημαΕ:Αναλυτικά μοντέλα προσομοίωσης για τη σχέση τάσης-παραμόρφωσης
- Παράρτημα F:Συμπεριφορά διατομών πέρα από το ελαστικό όριο
- Παράρτημα G:Στροφική ικανότητα
- Παράρτημα Η:Μέθοδος πλαστικών αρθρώσεων για συνεχείς δοκού
- Παράρτημα Ι:Στρεπτοκαμπτικός (πλευρικός) λυγισμός δοκών και στρεπτικός ή στρεπτοκαμπτικός λυγισμός θλιβόμενων μελών
- Παράρτημα J:Ιδιότητες διατομών
- Παράρτημα Κ:Επιρροές διατμητικής υστέρησης στον έλεγχο μελών
- Παράρτημα L:Ταξινόμηση κόμβων
- Παράρτημα Μ:Συνδέσεις με επικόλληση

Καινοτομίες που εισάγονται στον Ευρωκώδικα 9:

- Κατάταξη διατομών
- Έκταση Θερμικά Επηρασμένων Ζωνών (ΘΕΖ)
- Γενικευμένη διατύπωση για ΟΚΑ για μέλη υπό αξονική φόρτιση
- Γενικευμένη διατύπωση για ΟΚΑ για μέλη υπό κάμψη
- Προσέγγιση καμπύλων λυγισμού για στύλους
- Προσέγγιση τοπικού λυγισμού
- Προσδιορισμός της στροφικής ικανότητας
- Προσέγγιση πλαστικού σχεδιασμού
- Κατάταξη συνδέσεων
- Ισοδύναμο βραχύ Τ για κοχλιωτές συνδέσεις με μετωπικές πλάκες

3.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΚΑΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΓΙΑ ΚΤΙΡΙΑ

Ο EN 1999 προορίζεται να χρησιμοποιηθεί με τους Ευρωκώδικες EN 1990-Βάση του Κατασκευαστικού Σχεδίου, EN 1991-Δράσεις επί των κατασκευών και EN 1992 μέχρι EN 1999, όπου οι κατασκευές αλουμινίου ή συστατικά του αλουμινίου αναφέρονται. Ο EN 1999-1 είναι ο πρώτος από τα πέντε μέρη του EN 1999. Παρέχει γενικούς κανόνες σχεδιασμού, τα οποία προορίζονται να χρησιμοποιηθούν με τα άλλα μέρη του EN 01/02/1999 μέχρι EN 01.05.1999.

Τα υπόλοιπα τέσσερα μέρη EN 01/02/1999 μέχρι EN 01/05/1999 το καθένα απευθύνεται σε κάποιο ειδικό συστατικό του αλουμινίου, όρια καταστάσεων ή τύπους κατασκευών.Ο EN 1999-1-1 μπορεί επίσης, να χρησιμοποιηθεί και για περιπτώσεις σχεδίων που δεν

καλύπτονται με τους ευρωκώδικες (άλλες κατασκευές, άλλες ενέργειες, άλλα υλικά) ως έγγραφο αναφοράς για άλλα CEN TCs σχετικά με κατασκευαστικά θέματα.

Ο EN 1999-1-1 προορίζεται για χρήση από:

- Επιτροπές σύνταξης σχεδίων συγγενεώντων προϊόντων, δοκιμαστικών και εκτελεστικών προτύπων
- Ιδιοκτήτες κατασκευαστικών έργων (π.χ. για την διατύπωση των ειδικών απαιτήσεών τους)
- Σχεδιαστές και κατασκευαστές
- Σχετικές αρχές

Αριθμητικές αξίες για ορισμένους παράγοντες και άλλες αξιόπιστες παραμέτρους προτείνονται ως βασικές αξίες που παρέχουν ένα αποδεκτό επίπεδο αξιοπιστίας. Έχουν επιλεχτεί με βάση την υπόθεση ότι εφαρμόζεται ένα κατάλληλο επίπεδο εργασίας και ποιότητας.

3.2 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΕ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Ο EN 1999-1-2 περιγράφει τις αρχές, απαιτήσεις και κανόνες για σχέδια κατασκευής κτιρίων που είναι εκτεθειμένα σε πυρκαγιά, περιλαμβάνοντας τις παρακάτω όψεις.

Απαιτήσεις ασφαλείας

Ο EN 1999-1-2 προορίζεται για ιδιοκτήτες κατασκευαστικών έργων (π.χ. για την διατύπωση των ειδικών απαιτήσεών τους), σχεδιαστές, κατασκευαστές και σχετικές αρχές. Οι γενικές οπτικές για πυροπροστασία είναι να εκμηδενίσουν τους κινδύνους με σεβασμό στο άτομο και στην κοινωνία, γειτονικές ιδιοκτησίες και όπου είναι απαραίτητο το περιβάλλον και τις εκτεθειμένες ιδιοκτησίες, σε περίπτωση φωτιάς.

Η διευθυντική κατασκευαστική προϊόντων 89/106 / ΕΟΚ δίνει τις ακόλουθες ουσιώδης απαιτήσεις για τον περιορισμό των κινδύνων φωτιάς.

Τα κατασκευαστικά έργα πρέπει να σχεδιάζονται και να χτίζονται με τέτοιο τρόπο ώστε , σε περίπτωση πυρκαγιάς:

- Η αντοχή της κατασκευής που φέρει φορτίο μπορεί να υποτεθεί για ένα χρονικό διάστημα.
- Η έναρξη και διάδοση της πυρκαγιάς και του καπνού να είναι περιορισμένη μέσα στα έργα.
- Η διάδοση της πυρκαγιάς στα γειτονικά έργα να είναι περιορισμένη.
- Οι εργαζόμενοι να μπορούν να εγκαταλείπουν τα έργα ή να υπάρχει τρόπος διάσωσης τους.
- Οι ομάδες ασφαλείας ή διάσωσης να λαμβάνονται υπόψιν.

Σύμφωνα με το Επεξηγητικό Κείμενο No 2 ``Safety in case of fire `` η ουσιώδης απαίτηση μπορεί να παρατηρηθεί από διάφορες ακόλουθες πιθανότητες για στρατηγικές πυρασφάλειας

που υπερισχύουν στα Κράτη Μέλη όπως συμβατικά σενάρια φωτιάς (κατ'όνομα φωτιές), ή <<φυσικά>> (παραμετρικές) σενάρια φωτιάς , περιλαμβάνοντας παθητικά και/ή ενεργητικά μέτρα πυρασφάλειας.

Τα μέρη φωτιάς των Δομικών Ευρωκωδίκων ασχολούνται με συγκεκριμένες πτυχές παθητικής πυρασφάλειας με όρους σχεδιασμού των έργων ώστε να αντέχουν επαρκώς το φορτίο που φέρουν και για περιορισμό της διάδοσης της πυρκαγιάς ανάλογα με την περίπτωση.

Απαιτούμενες λειτουργίες και επίπεδα απόδοσης μπορούν να εξειδικευτούν ή με όρους κατ'όνομα (πρότυπες) ταξινομήσεις πυρασφάλειας, που δίνονται γενικά από τους διεθνείς κανονισμούς που αφορούν τις φωτιές ή αναφερόμενες στην μηχανική της πυρασφάλειας για εκτίμηση παθητικών και ενεργητικών μέτρων.

Σχετικές συμπληρωματικές απαιτήσεις, όπως :

- Την πιθανή εγκατάσταση και συντήρηση συστημάτων ψεκασμού
- Συνθήκες πληρότητας κτιρίων ή θαλάμων φωτιάς
- Την χρήση εγκεκριμένων μονωτικών και επικαλυπτικών υλικών, συμπεριλαμβάνοντας την συντήρησή τους

είναι αντικείμενα που εξειδικεύονται από τις αρμόδιες αρχές.

3.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΣΕ ΚΟΠΩΣΗ

Ο EN 1999-1-3 δίνει τις βάσεις για τις κατασκευές αλουμινίου με σεβασμό στην οριακή κατάσταση θραύσης που προκαλείται από κόπωση.

Ο EN 1999-1-3 δίνει κανόνες για :

- Ακίνδυνους σχεδιασμούς
- Ανθεκτικούς σε καταστροφές σχεδιασμούς
- Σχεδιασμούς βοηθούμενους από ελέγχους

Έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με EN 1090-3 `` Technical requirements for the execution of aluminium structures`` που περιέχει τις απαραίτητες προαπαιτήσεις για παραδοχές σχεδιασμού που πρέπει να πληρούνται κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των εξαρτημάτων και των κατασκευών.

Ο EN 01/03/1999 δεν καλύπτει τους περιορισμούς συμπίεσης αγωγών ή σωληνώσεων.

3.4 EN ΨΥΧΡΩ ΚΑΤΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΔΟΜΙΚΑ ΦΥΛΛΑ

Ο EN 1999-1-4 δίνει κατασκευαστικές απαιτήσεις για εν ψυχρώ κατεργασμένα τραπεζοειδή επιστρώματα αλουμινίου. Έχει εφαρμογή στα εν ψυχρώ κατασκευασμένα προϊόντα αλουμινίου καυτής ή ψυχρής έλασης ή λωρίδες, τα οποία έχουν εν ψυχρώ κατασκευαστεί με

διαδικασίες ψυχρής έλασης ή πακεταρισμένα με πίεση. Η εκτέλεση των κατασκευών αλουμινίου με εν ψυχρώ κατασκευασμένο επίστρωμα καλύπτεται από τον EN 1090-3.

Οι μέθοδοι επίσης δίνονται και για σχέδια stressed-skin χρησιμοποιώντας επιστρώματα αλουμινίου ως κατασκευαστικά διαγράμματα.

Το συγκεκριμένο τμήμα δεν εφαρμόζεται για εν ψυχρώ κατασκευασμένα προφίλ αλουμινίου όπως C,Z κτλ. ούτε τα εν ψυχρώ κατασκευασμένα και τμήματα συγκόλλησης ή κοίλα ορθογώνια.

Ο EN 1999-1-4 δίνει μεθόδους σχεδιασμού με υπολογισμούς και για σχέδια που επικουρούνται από δοκιμές. Οι μέθοδοι σχεδιασμού με υπολογισμούς εφαρμόζονται μόνο μεταξύ δηλωθέντων σειρών από τις ιδιότητες των υλικών και των γεωμετρικών ιδιοτήτων για τις οποίες επαρκής εμπειρία και δοκιμές είναι διαθέσιμες. Αυτοί οι περιορισμοί δεν εφαρμόζονται για σχέδια που επικουρούνται από δοκιμές.

Ο EN 1999-1-4 δεν καλύπτει ετοιμασίες φορτίων για φορτία στην διάρκεια εκτέλεσης και συντήρησης.

3.5 ΚΕΛΥΦΗ

Ο EN 1999-1-5 δίνει τα κατασκευαστικά σχέδια κατασκευών αλουμινίου, άκαμπτα και μη άκαμπτα με τη μορφή ενός κελυφους περιστροφής ή μιας κυκλικής panel monoque κατασκευής.

Τα σχετικά μέρη του EN 1999 πρέπει να ακολουθούνται για ειδικούς εφαρμοστικούς κανόνες των σχεδίων κατασκευών.

Συμπληρωματικές πληροφορίες για ορισμένους τύπους κελυφών δίνονται στον EN 1-6-1993 και τα σχετικά εφαρμοστικά μέρη που περιλαμβάνουν:

- Μέρος 3-1 για πύργους και κεραιές
- Μέρος 3-2 για καμινάδες
- Μέρος 4-1 για σιλό
- Μέρος 4-2 για δεξαμενές
- Μέρος 4-3 για γραμμές σωλήνων

Οι προμήθειες στον EN 1999-1-5 εφαρμόζονται σε αξονομετρικά κελύφη (κύλινδροι, κώνοι, σφαίρες) και σχετικές κυκλικές και σφαιροειδής πλάκες και τμήματα ακτίνων δακτυλίων και άκαμπτων κεντριών όπου σχηματίζουν μέρη ολοκληρωμένων κατασκευών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Στατική μελέτη κατασκευών από Αλουμίνιο με το πρόγραμμα Πεπερασμένων Στοιχείων ANSYS

4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ ANSYS

Το ANSYS, Inc. είναι ένα αμερικάνικο υπολογιστικό λογισμικό μηχανικής με έδρα νότια του Πίτσμπουργκ στο Cecil Township της Πενσυλβάνια. Το ANSYS δημοσιεύει λογισμικό ανάλυσης μηχανικών σε ένα ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων, δομικής ανάλυσης, υπολογιστικής ρευστοδυναμικής, άμεσων και έμμεσων μεθόδων και μεταφοράς θερμότητας .

Το ANSYS δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης δοκιμών ή συνθηκών εργασίας, παρέχοντας τη δυνατότητα να δοκιμαστούν σε εικονικό περιβάλλον πριν από την κατασκευή πρωτοτύπων προϊόντων . Επιπλέον, επιτρέπει τον προσδιορισμό και τη βελτίωση των αδύνατων σημείων , υπολογίζοντας τη ζωή και την πρόβλεψη πιθανών προβλημάτων.

Μπορεί να πραγματοποιήσει προηγμένη τεχνολογία να αναλύει γρήγορα , με ασφάλεια και πρακτικά με ποικιλία αλγορίθμων, χαρακτηριστικά φόρτωσης με βάση το χρόνο και μοντέλα μη γραμμικών υλικών.

Αναπτύσσει , εμπορεύεται και υποστηρίζει λογισμικό μηχανικής προσομοίωσης που χρησιμοποιείται για την πρόβλεψη συμπεριφοράς του προϊόντος σε πραγματικό περιβάλλον .

Λύσεις προσομοίωσης με:

- Ανάπτυξη ή απόκτηση πολύ καλύτερων τεχνολογιών
- Ενσωμάτωσή τους σε μια ενιαία πλατφόρμα προσομοίωσης ικανής για πολύπλοκες λύσεις
- Παροχής υπηρεσιών του συστήματος, συμπεριλαμβανομένων των υπολογιστών υψηλής απόδοσης (HPC) και Cloud λύσεων για τη διαχείριση των διαδικασιών προσομοίωσης και δεδομένων

Εκτείνεται σε όλο το φάσμα της φυσικής. Το λογισμικό προσφέρει όχι μόνο την αποτελεσματικότητα, που οδηγεί στην καινοτομία, αλλά μειώνει ή εξαλείφει φυσικούς περιορισμούς, επιτρέποντας προσομοιωμένες δοκιμές που διαφορετικά δεν θα ήταν δυνατές. Προωθεί την εξευρέυνση από τους μηχανικούς εναλλακτικών λύσεων σχεδιασμού.

Δομική ανάλυση:

ANSYS Autodyn είναι εργαλείο προσομοίωσης υπολογιστή για την προσομοίωση της απόκρισης των υλικών σε μικρής διάρκειας φορτώσεις από κρούση, υψηλή πίεση ή εκρήξεις .

ANSYS Mechanical είναι ένα πεπερασμένο εργαλείο ανάλυσης στοιχείων για δομική ανάλυση , συμπεριλαμβανομένων των γραμμικών , μη γραμμικών και δυναμικών μελετών .

Αυτό το προϊόν προσομοίωσης σε υπολογιστή παρέχει πεπερασμένα στοιχεία για τη συμπεριφορά μοντέλων και στηρίζει τα μοντέλα υλικών και λύσεις εξισώσεων για ένα ευρύ φάσμα μηχανικών προβλημάτων σχεδιασμού. Το ANSYS Mechanical περιλαμβάνει επίσης θερμική ανάλυση και δυνατότητες σε συνδυασμό με τη φυσική που αφορούν ακουστική, θερμικό - κατασκευαστική και θερμο - ηλεκτρική ανάλυση .

Υπολογιστική ρευστοδυναμική:

ANSYS Fluent, CFD, CFX και τα σχετικά λογισμικά είναι εργαλεία λογισμικού υπολογιστικής ρευστομηχανικής που χρησιμοποιούνται από τους μηχανικούς για το σχεδιασμό και την ανάλυση. Αυτά τα εργαλεία μπορεί να προσομοιώσουν το υγρό να ρέει σε ένα εικονικό περιβάλλον - για παράδειγμα αεροδυναμική των αεροσκαφών, ανεμιστήρες , δοχεία ανάμιξης , φυγοκεντρισμού , ηλεκτρικές σκούπες κλπ

Ηλεκτρονικά:

ANSYS HFSS είναι ένα εργαλείο ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων για την προσομοίωση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων πλήρους κύματος. Το HFSS ενσωματώνει πεπερασμένα στοιχεία, εξισώσεις και υβριδικές μεθόδους για να λύσει ένα ευρύ φάσμα μικροκυμάτων, RF και υψηλής ταχύτητας ψηφιακές εφαρμογές.

ANSYS Maxwell είναι ένα εργαλείο ανάλυσης πεπερασμένων στοιχείων για την προσομοίωση ηλεκτρομαγνητικών πεδίων , κυρίως για μηχανικούς που έχουν επιφορτιστεί με το σχεδιασμό και την ανάλυση των ηλεκτρομαγνητικών και ηλεκτρομηχανικών συσκευών , συμπεριλαμβανομένων κινητήρων, ενεργοποιητών , μετασχηματιστών , αισθητήρων και πηνίων. Το ANSYS Maxwell ενσωματώνει μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων για την επίλυση στατικών, πεδίου συχνότητας και χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρομαγνητικά και ηλεκτρικά πεδία .

ANSYS Siwave είναι μια εξειδικευμένη πλατφόρμα σχεδιασμού για την ακεραιότητα δύναμης, την ακεραιότητα σήματος και την ανάλυση ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών (EMI) των ηλεκτρονικών συσκευασιών και των PCB.

Για την μοντελοποίηση μιας κατασκευής με πεπερασμένα στοιχεία είναι απαραίτητο:

- Κατασκευή της γεωμετρίας
- Ορισμός των μηχανικών και φυσικών ιδιοτήτων των υλικών και επιλογή του είδους των πεπερασμένων στοιχείων
- Διακριτοποίηση της γεωμετρίας σε πεπερασμένα στοιχεία και επιβολή των οριακών συνθηκών
- Επιλογή του τρόπου επίλυσης του προβλήματος (γραμμικό – μη γραμμικό – μεταβατικό – υπολογισμός ιδιοσυχνοτήτων κ.α.) και επίλυση
- Ανάγνωση και γραφική αναπαράστασή των αποτελεσμάτων

Το λογισμικό ANSYS δίνει στο χρήστη την δυνατότητα υλοποίησης όλων των παραπάνω σταδίων, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι κάποια από τα προαναφερθέντα στάδια δεν μπορούν να υλοποιηθούν σε άλλα περιβάλλοντα και τα αποτελέσματά τους να εισαχθούν,

στη συνέχεια, στο ANSYS. Τα στάδια μπορούν να υλοποιηθούν με πολλές μεθοδολογίες εντός του περιβάλλοντος του ANSYS.

Το Ansys.exe είναι ένας τύπος αρχείου EXE που σχετίζεται με το ANSYS 5.7 της ANSYS για το λειτουργικό σύστημα των Windows. Τα αρχεία EXE ("εκτελέσιμα"), όπως το ansys.exe, είναι αρχεία που περιέχουν αναλυτικές οδηγίες τις οποίες ακολουθεί ο υπολογιστής για να πραγματοποιήσει μια λειτουργία. Με "διπλό κλικ" σε ένα αρχείο EXE, ο υπολογιστής εκτελεί αυτόματα αυτές τις οδηγίες που έχουν δημιουργηθεί από μια εταιρεία κατασκευής λογισμικού (π.χ. ANSYS) για την εκτέλεση ενός προγράμματος (π.χ. ANSYS 5.7) στον υπολογιστή. Κάθε εφαρμογή στον υπολογιστή χρησιμοποιεί ένα εκτελέσιμο αρχείο – το πρόγραμμα περιήγησής, το πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένων, το πρόγραμμα επεξεργασίας υπολογιστικών φύλλων κ.ο.κ. – συνεπώς πρόκειται για το πιο χρήσιμο είδος αρχείων στο λειτουργικό σύστημα των Windows. Λόγω της χρησιμότητας και της ευρείας χρήσης τους, τα αρχεία EXE χρησιμοποιούνται συχνά ως μέθοδος μετάδοσης ιών ή κακόβουλου κώδικα. Τα σφάλματα EXE, όπως εκείνα που σχετίζονται με το ansys.exe, συμβαίνουν πολύ συχνά κατά την εκκίνηση του συστήματος, την εκκίνηση προγραμμάτων ή κατά την προσπάθεια χρήσης μια ειδικής λειτουργίας στο πρόγραμμά σας (π.χ. εκτύπωση).

4.2 ΕΠΙΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ANSYS

Η βασική ιδέα των πεπερασμένων στοιχείων, είναι η επίλυση περίπλοκων προβλημάτων που αντικαθίστανται από απλούστερα. Αφού το πραγματικό πρόβλημα αντικαθίστανται από ένα απλούστερο για την λύση του προβλήματος, βρίσκουμε μια προσεγγιστική λύση αντι για την ακριβή. Τα υπάρχοντα μαθηματικά εργαλεία δεν επαρκούν για την εύρεση της ακριβούς λύσεως για τα περισσότερα πρακτικά προβλήματα. Για τους παραπάνω λόγους επιλέγουμε τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

Στην μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων ο χώρος λύσης θεωρείται ως ένωση πολλών μικρών ενωμένων μεταξύ τους υπόχωρων, τα οποία ονομάζονται πεπερασμένα στοιχεία.

Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων θεωρείται σήμερα ως μία από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις στις επιστήμες του μηχανικού του 20ο αιώνα η οποία, αν και επινοήθηκε και εφαρμόστηκε για τη στατική και δυναμική ανάλυση φορέων, έχει καθολικότερη εφαρμογή σε μία ευρύτερη κατηγορία προβλημάτων του μηχανικού, όπως για παράδειγμα, στη ρευστομηχανική, τη θερμοδυναμική, την ακουστική, τον ηλεκτρομαγνητισμό, την εμβιομηχανική, τη σεισμολογία. Σήμερα όλα τα εμπορικά προγράμματα Η/Υ με τα οποία πραγματοποιείται η «Στατική Μελέτη» κατασκευών Πολιτικού Μηχανικού χρησιμοποιούν τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων για την αριθμητική προσομοίωση και την εύρεση των εντατικών μεγεθών προκειμένου να γίνει η διαστασιολόγηση της κατασκευής.

Το **SCIA Engineer** είναι εξειδικευμένο λογισμικό και δουλεύει αποκλειστικά με πεπερασμένα στοιχεία με πολύ γρήγορη επεξεργασία (64 Bit). Συνεπώς, αφού χρησιμοποιεί μόνο πεπερασμένα στοιχεία στην ανάλυση του, λαμβάνει τις πραγματικές δυσκαμψίες των υλικών, χωρίς να κάνει παραδοχές, δίνοντας ως αποτέλεσμα τις πραγματικές τάσεις της κατασκευής.

Προσφέρει δυνατότητες ανάλυσης αλουμινίου, που σε συνδυασμό με τους ενσωματωμένους ελέγχους που ορίζουν οι Ευρωκώδικες, δίνουν στον χρήστη απεριόριστες δυνατότητες

πρακτικών εφαρμογών, αλλά και το πλεονέκτημα της χρήσης μίας και μόνο εφαρμογής για όλα. Κατασκευές από αλουμίνιο (φωτοβολταϊκά πάνελ, αίθρια, κ.α.)

Χρησιμοποιούνται ελληνικά και ξένα λογισμικά ανάλυσης, διαστασιολόγησης και σχεδίασης των κατασκευών όπως:

- Autodesk Robot Structural Analysis Pro
- Autodesk Concrete Building Structure Pro
- ESOP

Ολόσωμα πλαίσια, δικτύωματα, γερανογέφυρες, Φορτίσεις χιονιού – ανέμου σύμφωνα με EC1, Έλεγχος μελών , έλεγχος συνδέσεων (κοχλιωτές συγκολλητές) σύμφωνα με EC3. Οι κατασκευές από αλουμίνιο ελέγχονται σύμφωνα με EC9.

Ο **s-mode** συμπίπτει με τον τρόπο που λειτουργούν τα γενικά προγράμματα πεπερασμένων στοιχείων. Οι τύποι φορέων που μπορούν να αναλυθούν στον s-mode είναι¹:

- επίπεδο δικτύωμα - δίσκος ($nf=2$) (nf : αριθμός ελευθεριών κόμβου)
- επίπεδο πλαίσιο - δίσκος ($nf=3$)
- επίπεδη εσχάρα – πλάκα
- χωροδικτύωμα – μεμβράνη
- χωρικό πλαίσιο – κέλυφος

Τα διατιθέμενα δομικά στοιχεία που μπορούν να εισαχθούν και να επιλυθούν στον s-mode είναι:

- Ράβδος επιπέδου δικτύωματος και χωροδικτύωματος
- Δοκός επιπέδου πλαισίου/εσχάρας σταθερής διατομής
- Δοκός επιπέδου πλαισίου/εσχάρας μεταβλητής διατομής
- Δοκός επιπέδου πλαισίου/εσχάρας επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Δοκός στο χώρο σταθερής διατομής
- Δοκός στο χώρο μεταβλητής διατομής
- Δοκός στο χώρο επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Τριγωνικό στοιχείο επίπεδης έντασης ή παραμόρφωσης

1

- Ορθογωνικό στοιχείο επίπεδης έντασης ή παραμόρφωσης
- Τετραπλευρικό στοιχείο επίπεδης έντασης ή παραμόρφωσης
- Τριγωνικό στοιχείο πλάκας
- Τριγωνικό στοιχείο πλάκας επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Ορθογωνικό στοιχείο πλάκας
- Ορθογωνικό στοιχείο πλάκας επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Τετραπλευρικό στοιχείο πλάκας
- Τετραπλευρικό στοιχείο πλάκας επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Τριγωνικό στοιχείο μεμβράνης στο χώρο
- Ορθογωνικό στοιχείο μεμβράνης στο χώρο
- Τετραπλευρικό στοιχείο μεμβράνης στο χώρο
- Τριγωνικό στοιχείο κελύφους
- Τριγωνικό στοιχείο κελύφους επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Ορθογωνικό στοιχείο κελύφους
- Ορθογωνικό στοιχείο κελύφους επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Τετραπλευρικό στοιχείο κελύφους
- Τετραπλευρικό στοιχείο κελύφους επί ελαστικής εδράσεως "winkler" ή "vlasov"
- Στερεό σώμα επί ελαστικής εδράσεως "winkler" με επιφάνεια εδράσεως ορθογωνική
- Συνοριακό στοιχείο επιρροής του εδάφους εκτός της φορτιζόμενης επιφάνειας στο μοντέλο "vlasov"
- Πυρήνας σε στρέψη καμπυλώσεως

- Γενικό στοιχείο δύο κόμβων με δεδομένο πίνακα ακαμψίας E, ο οποίος πρέπει να είναι ένας μη αρνητικά ορισμένος πίνακας διαστάσεων $n_f \times n_f$

Όλα τα επιφανειακά στοιχεία μπορεί να είναι ισότροπα ή ανισότροπα.

Το **s-mode** εκτελεί Κατασκευές από αλουμίνιο (EC9-1-1), Μικτές κατασκευές από σκυρόδεμα, τοιχοποιία, γάλυβα, αλουμίνιο και ξύλο κα

Ανάλυση σύνθετων υλικών με **SOFiSTiK**

ALFA ENERGY προσφέρει και πιστοποιεί την ασφάλεια της κατασκευή με στατική μελέτη βασισμένη σε πεπερασμένα στοιχεία από ειδική ομάδα μελετητών. Νέο μοντέλο πέργκολας αλουμινίου ειδικά σχεδιασμένο και μελετημένο να δέχεται φωτοβολταϊκά πλαίσια. Η πέργκολα μπορεί να έχει εφαρμογή και ως στέγαστρο ή ακόμα και ως χώρος στάθμευσης λόγω του ειδικού σχεδιασμού του που δημιουργεί απόλυτη στεγανότητα. Αρκεί πάντα να πληρεί τους πολεοδομικούς όρους για να εγκατασταθεί ως οικιακό σύστημα.

4.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

Προφίλ αλουμινίου

Οι εξωτερικές επιφάνειες της κατασκευής θα είναι τύπου Υαλοπετασμάτων

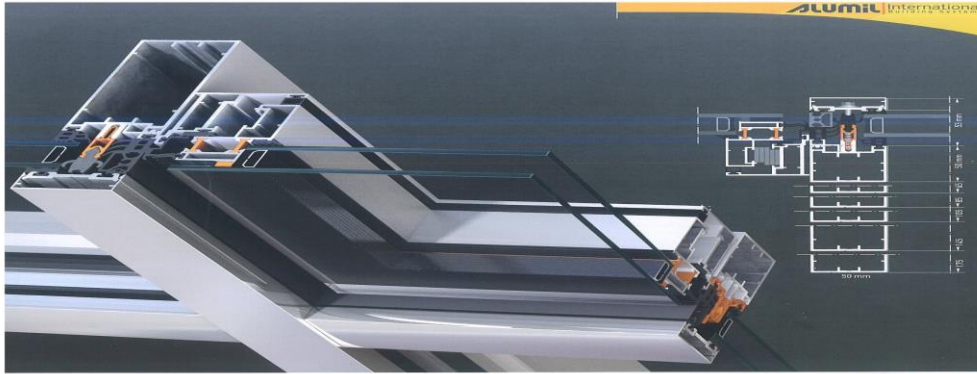
- Τα υαλοπετάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε κτίρια, αλλά έχει αρχίσει η χρήση τους και σε ιδιωτικές κατοικίες, καλύπτοντας μικρές ή μεγάλες επιφάνειες (π.χ. χώροι καθιστικού με θέα, κλιμακοστάσιο, μεσαίου τύπου ανοίγματα κλπ).

Τα βασικά είδη υαλοπετασμάτων είναι:

- Τα κλασσικά (standard)
- Τα κυψελωτά (structural-semi structural)
- Νέας τεχνολογίας (eco)

Η δημιουργία αιθρίων στα σύγχρονα κτίρια είναι μία λύση υψηλής αισθητικής, και προσφέρει άπλετο φυσικό φωτισμό από την οροφή σε περιπτώσεις που τα συμβατικά αρχιτεκτονικά συστήματα δεν θα μπορούσαν να δώσουν λύσεις. Χρησιμοποιούνται σε πισίνες, γυμναστήρια, εμπορικά κέντρα, γραφεία, δημόσια κτίρια δημιουργώντας μία ευχάριστη αίσθηση και συνθήκες ευεξίας στους επισκέπτες, αλλά και σε κατοικίες. Είναι βασικό για την ορθή λειτουργία τους να διαθέτουν σύστημα απορροής για την απομάκρυνση του νερού και να επιλέγονται για την κατασκευή τους υλικά με αντοχή στο χρόνο και στις διαβρώσεις κάτω και από δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέγουμε προφίλ της εταιρείας ALUMIL τύπου M50. Παρακάτω παραθέτονται φωτογραφίες από τον κατάλογο της ALUMIL για το προφίλ M50.



ALUMIL M50

M50 είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα για υαλοπελάσματα πολύ υψηλής ενεργειακής απόδοσης, το οποίο προσφέρει απεριόριστες σχεδιαστικές δυνατότητες και απαντά σε όλες τις απαιτήσεις της σύγχρονης αρχιτεκτονικής.

Επιφανές πλάτος καλώνων και τραβέρσας μόνο 50mm
 Πολύ υψηλό δείκτη θερμομόνωσης $U_c=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, κάνοντας το σύστημα ιδανικό για περιοχές με έντονες κορυφές συνθήκες και για ενεργειακά κτίρια.
 Μεγάλη ποικιλία από καλώνες, με δυνατότητα εσωτερικής ενίσχυσης με εσοδή, για μεγάλες ανεπιθύμητες.
 Ποικιλία εξωτερικών καπακίων, για διαφορετικές αισθητικά επιφάνειες.
 Δυνατότητα Structural Glazing με κολλητά γύμνα, χωρίς εμφανείς αλουμινοειδή εξωτερικά, και φυσικά με τα αντίστοιχα παράθυρα.
 Τα παράθυρα του υαλοπελάσματος μπορεί να είναι, προβαλλόμενα παράλληλα, προβαλλόμενα με κλίση, ανοιγόμενα ανακλινόμενα προς τα μέσα, ή με κρυφή φύλλα, ή με μη εμφανή κλεισίματα αλουμινίου ανοιγόμενα προς τα μέσα.
 Αντιβραδυστική προστασία RC 3 (WK 3)
 Αντιβραδυστική προστασία FB0
 Εξαιρετική ηχομόνωση χάρη και στη δυνατότητα προσθήκης του P50 εσωτερικά.
 Κατασκευές με επικλινείς ή πολυγωνικές επιφάνειες.
 Ειδική στήριξη για εσωτερικά συστήματα αλουμινίου για σκίαση.
 Στο υαλοπέλασμα συνεργάζονται θερμομονωτικές πλάκες από άλλα συστήματα της ALUMIL.

M50 is a complete system for High Energy Efficiency Curtainwalls with:

- 50mm width of mullions and transoms
- High thermal insulation up to $U_c=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Big variety of mullions for high wind loads with the possibility of standard shape steel reinforcements
- A variety of designs for the visible aluminium covers
- Structural glass version without aluminium covers, with the same mullions and transoms
- All kind of opening windows in the curtain wall (parallel projected, top hung, inwards tilt & turn, concealed sash tilt & turn, seamless inwards tilt & turn)
- WK 3 anti-burglar protection
- FB0 bulletproof
- EI 30 fireproof
- Exceptional sound insulation with the addition of P50
- All kind of surfaces (inclined, polygonal)
- Special supports for solar protection aluminium blades
- Any kind of door from the S&O system
- Special supports for shading aluminium louvers
- Certified by Ifl Rosenheim institute.

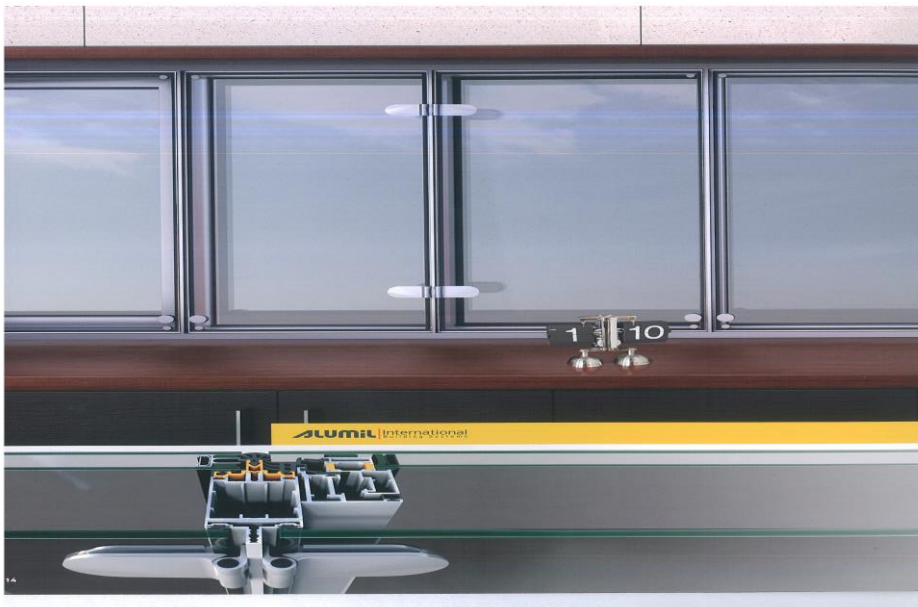


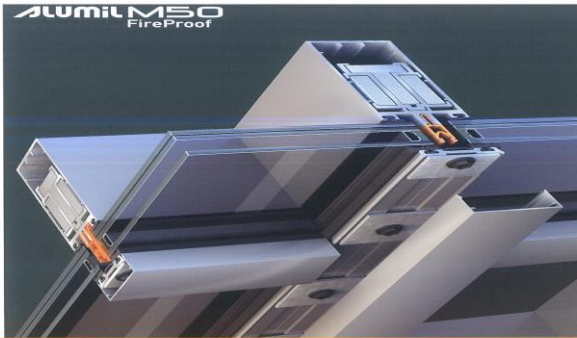


P50 eco Shield
 Τα νέα ή υφιστάμενα κτίρια που βρίσκονται σε πολυσύχναστες περιοχές και δρόμους, η Alumil προσφέρει τη δυνατότητα σημαντικής βελτίωσης της ηχομόνωσης και θερμομόνωσης, με το σύστημα P50 Eco Shield.
 Το σύστημα αυτό αποτελείται από προφίλ που προσαρμόζονται στην εσωτερική πλευρά της κολώνας του M50 καθώς και με κάθε τύπο υαλοπέλασμα, χωρίς να μειώνεται το οπτικό μέγεθος ανοιγμάτων. Στο διάκενο ανάμεσα στους υαλοπίνακες υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης συστημάτων σκίασης (περσίδες).

P50 eco Shield
 Alumil's P50 Eco Shield system has been designed to improve substantially sound insulation and increase thermoinsulation in new or existing buildings located in crowded areas.
 This system can be adapted to the internal side of the mullion of M50 or any other type of curtain wall system.
 In the clearance between internal and external glazing it is advisable to install shading rollers or venetian blinds.

19



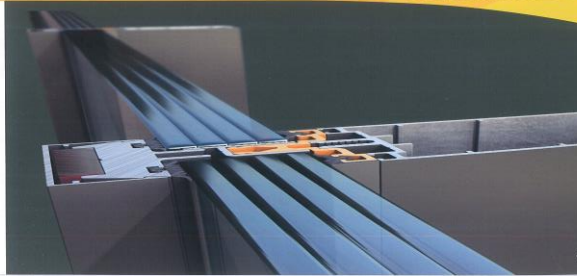


i0 Energy Fire Proof Series 30
 Το σύστημα M50 Fire Proof καλύπτει περιπτώσεις όπου με ιδιαίτερες απαιτήσεις πυρασφάλειας απαιτούνται για 30 λεπτά αντοχή σε φωτιά σε συνδυασμό με παράγοντας υαλοκρίνα. Έχει τον κρίσιμο χρόνο που είναι απαραίτητος την εκκένωση ενός κτιρίου σε περίπτωση πυρασφάλειας.

i0 Energy Fire Proof Series 30
 i0 Fire Proof Series curtain wall covers every niche for fire protection. Certified for 30 minutes, M50 Fire Proof Series combined with fireproof glazing, provides crucial time building evacuation in case of emergency.

Πυρική προστασία / Fire Proofing
 13501-2, EN 1363-1, EN 1364-3, EN 13830
EI15, EI30

ALUMIL M50

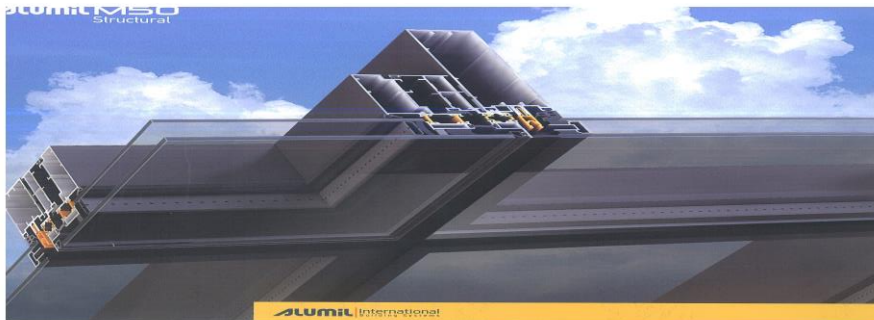


50 security
 Το σύστημα M50 security δίνει λύσεις σε περιπτώσεις που απαιτείται υψηλό επίπεδο ασφάλειας και μέγιστη αντοχή σε κατασκευές υαλοεπιστρώτων όπως τράπεζες, πρεσβείες, δημόσιους οργανισμούς, λιμενοσταθμούς κ.ο.κ. Οι δυνατότητες υαλοκρίνας, παρέχει το σύστημα ενισκούν το χαρακτηριστικό βαθύς και ενεργειακής απόδοσης του.

50 security
 It provides security curtain wall solutions and applied on constructions that require high protection it as banks, embassies, government agencies, etc. The variety of glazing can significantly raise security of the system.

Ασφάλεια / Security
 ENV 1627-ENV 1630 **WK 3**
 Βολητική προστασία / Bullet resistance **FB6**

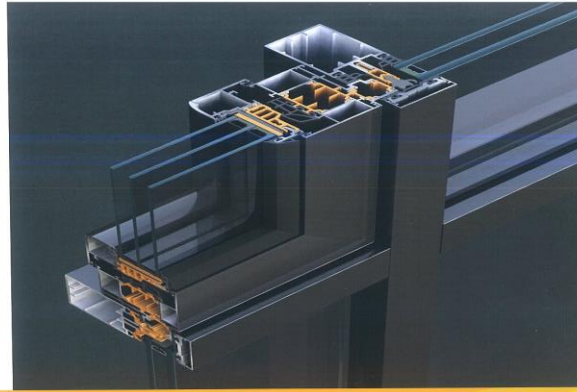
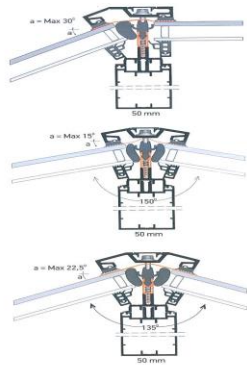
13



M50 Structural
 Το M50 Structural διαφέρει στην εξωτερική εμφάνιση από το πρότυπο M50 διακρίνεται με άμεσες κοιλίες. Η διαφορά που κεντρίεται στο M50 Structural από την εξωτερική όψη, δημιουργεί μια συνεχή επιφάνεια υαλοκρίνας, ακόμη και στο προβάλλομενο παράθυρο.

- M50 Structural**
 Standard thermal insulated curtain wall certified for anti burglary protection by the internationally accredited institute, IfR Rosenheim in Germany.
- Mullion & transom width 50mm
 - Maximum glass thickness up to 48mm
 - Anti-burglary protection WK 3
 - Perfect cooperation with M1 1000 entrance which offer WK 2 level of anti-burglary protection
 - Special technical fabrication manual in order to ensure the protection level of the system
 - FB6 bulletproof





ALUMILMSO

Επιδόσεις / Performances

Θερμοαγωγιμότητα / Thermal insulation
EN ISO 12412-2 $U_g=1,0-1,8$ W/m²K

Αεροπερατότητα / Air permeability
EN 12152 **Class AE**

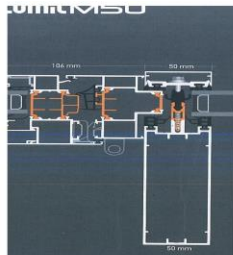
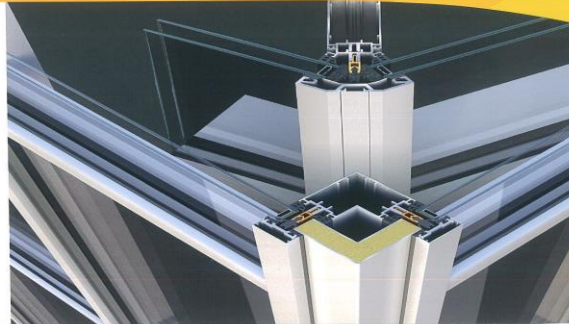
Υδατοστεγανότητα / Watertightness
EN 12154 **R7**

Αντοχή σε ανεμρίση / Resistance to wind load
EN 13116 $\pm 3,0$ kN/m²

Αντοχή σε καταπόνηση / Impact resistance
EN 14019 **IS / E5**

Ασφάλεια / Security
ENV 1627-ENV 1630 **RC3**

Αντιβαλλιστική προστασία / Bullet resistance
FB6



ALUMIL International

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Εξωτερική ορατή πλάτος 50 mm
Βάθος κοιλότητας 50 - 217 mm
Βάθος τραπεζοσίου 50 - 217 mm
Είδος αεροστεγανότητας υαλοκασιχάς
Βιδωτή με σφικτήρα και δύο σειρές ελαστικό EPDM
Πάχος υαλοκασιχάς 24 - 42 mm
Μέγιστη ροπή αδράνειας κοιλότητας $I_x=1300$ $I_y=79$ cm⁴
Μέγιστη ροπή αδράνειας τραπεζοσίου $I_x=1300$ $I_y=79$ cm⁴
Μέγιστη ροπή αδράνειας μοχλίσια $I_x=506$ $I_y=43$ cm⁴
Τυπολογίες ανοιγμάτων:
— Σταθερό
— Προβλαβόμενο
— Παράλληλα προβαλλόμενο
— Ανοιγόμενο εσωτερικά
— Κλειστά ανοιγόμενο εσωτερικά

Technical characteristics

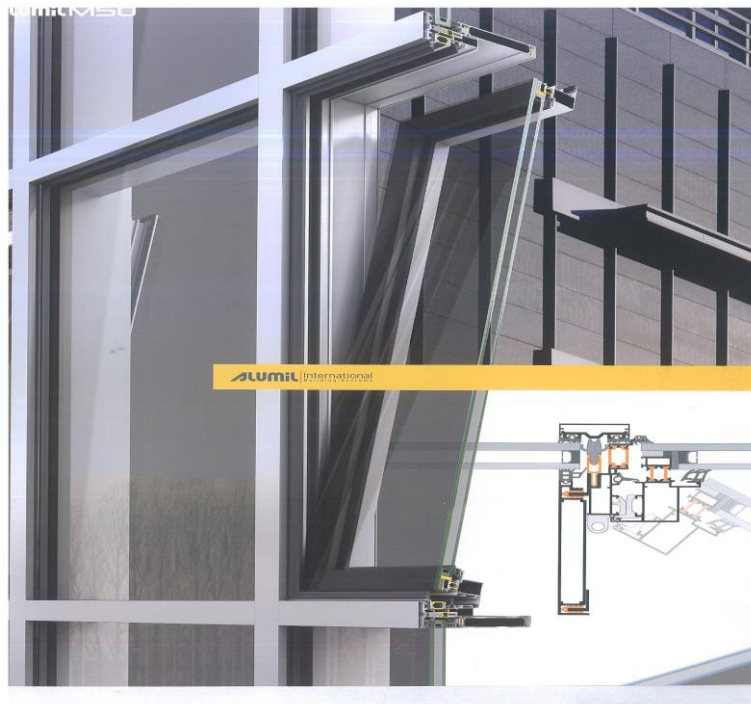
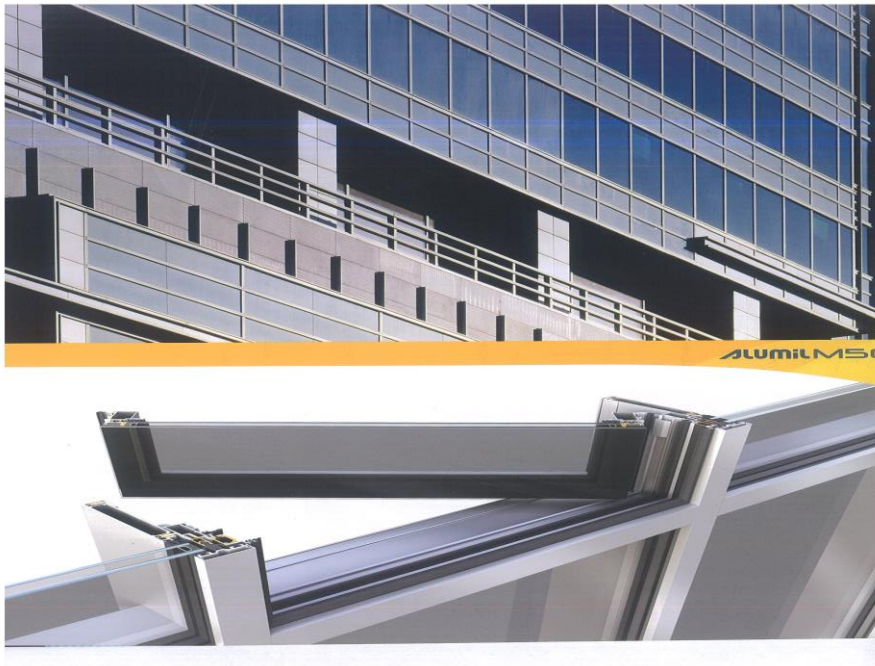
Exterior visible width 50 mm
Depth mullion 50 - 217 mm
Depth transom 50 - 217 mm
Glazing
Stick type with EPDM gaskets
Glass thickness 24 - 42 mm
Mullions max inertia $I_x=1300$ $I_y=79$ cm⁴
Transoms max inertia $I_x=1300$ $I_y=79$ cm⁴
Max inertia Mullion and insert $I_x=506$ $I_y=43$ cm⁴
Types of vent:
— Fix
— Top hung window
— PDW window
— Inwards hinged window
— Concealed hinged window

Εξωτερική εμφάνιση

Με κοπή οριζόντια και κάθετη (standard)
Μόνο γυαλί (structural)

Exterior aesthetics

With horizontal and vertical cover (standard)
With horizontal cover (linear horizontal)
With vertical cover (linear vertical)
Glass only (structural)



Εικόνα 28 : Σύστημα M50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο Εφαρμογή : Στατικής επάρκειας κατασκευών από αλουμίνιο με ΠΣ-ANSYS

5.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ANSYS.

Εφαρμογή του ANSYS σε δικτύωμα πλαισίου αλουμινίου διατομής τύπου κοιλοδοκού διαστάσεων 10 x 10 cm πάχους 0,5 cm. Ο υπολογισμός της ροπής αδρανείας της τετραγωνικής διατομής δίδεται στο παράρτημα Α.

Ιδιότητες:

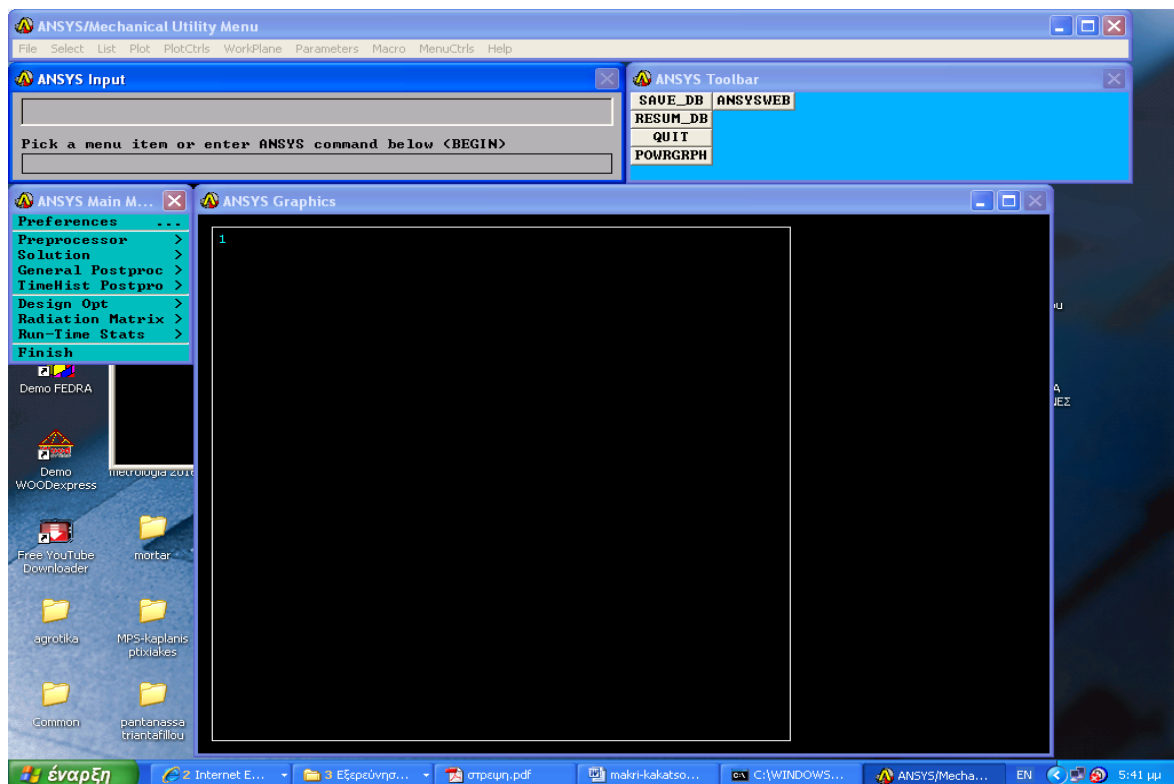
$E=70 \text{ GPa}$

$\rho = 1650 \text{ Kg/m}^3$

Χρήση στοιχείων Δοκού.

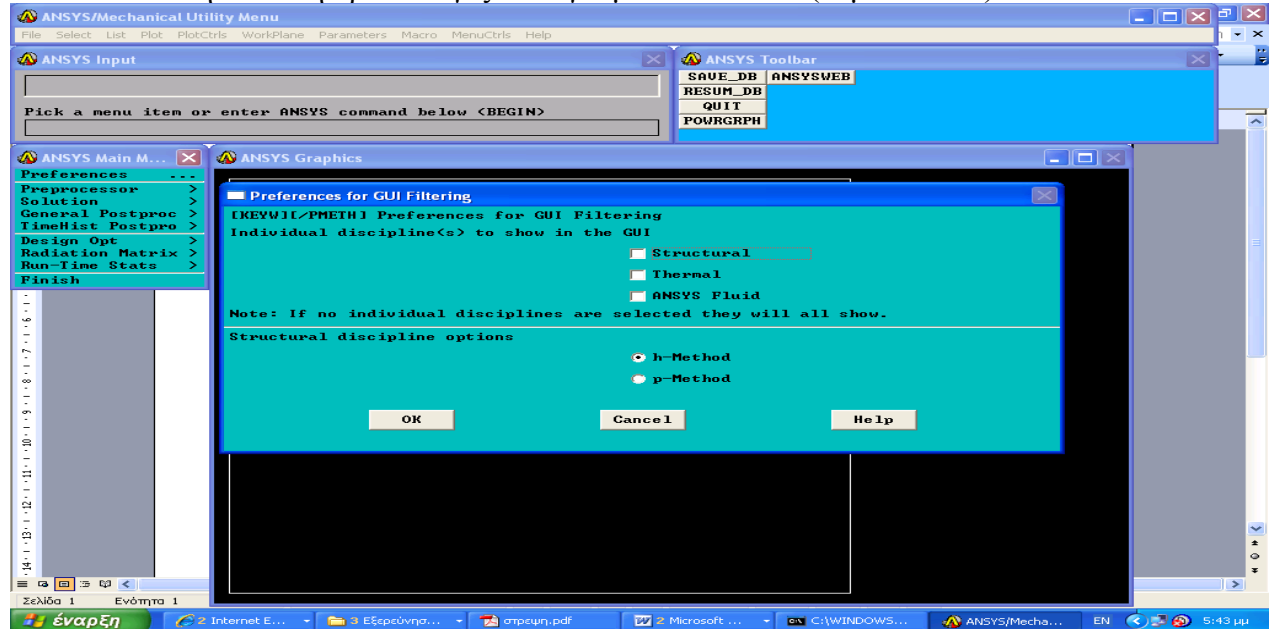
Beam elements

ΒΗΜΑ 1^ο: Τρέχουμε το πρόγραμμα στον Η/Υ



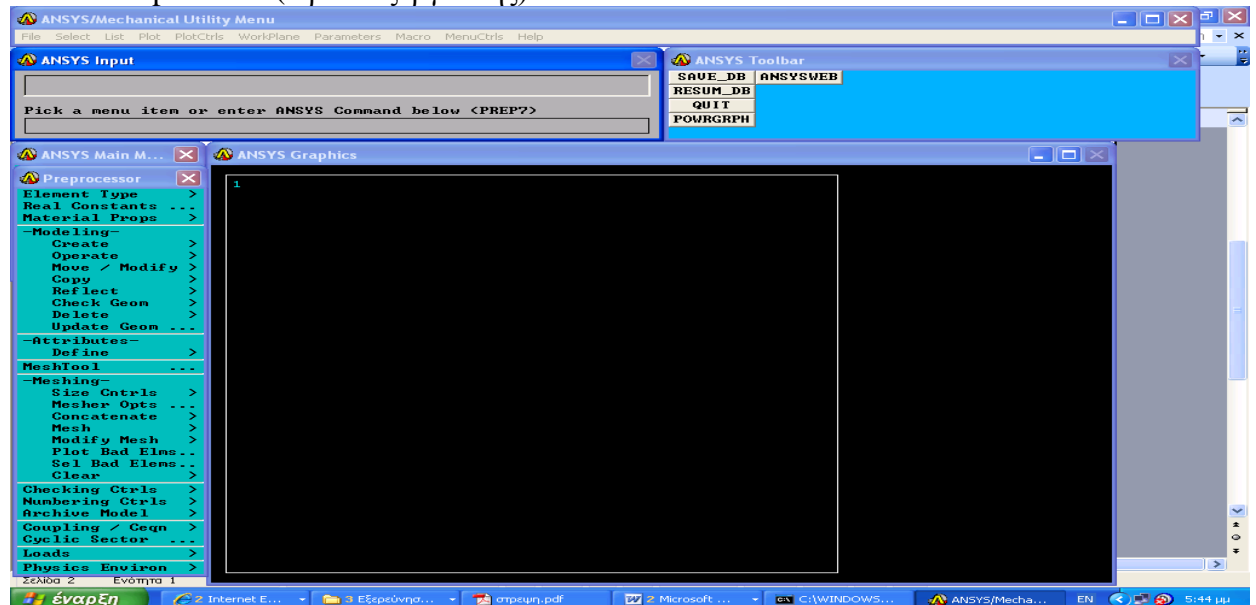
Εικόνα 29 : Πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων ANSYS

ΒΗΜΑ 2⁰: Στην εντολή προεπιλογές επιλέγουμε το structural(δομοστατικό).



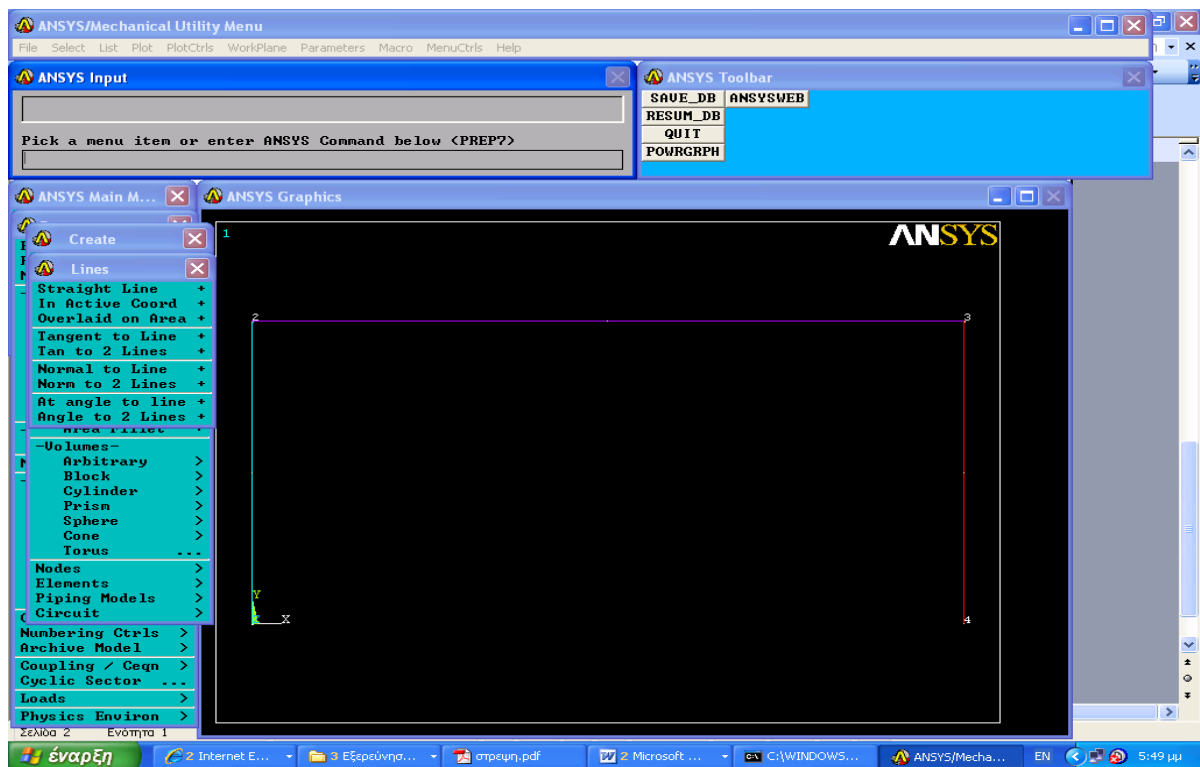
Εικόνα 30 : Προεπιλογές-ANSYS

ΒΗΜΑ 3⁰: Preprocessor(Προπεξεργαστής)



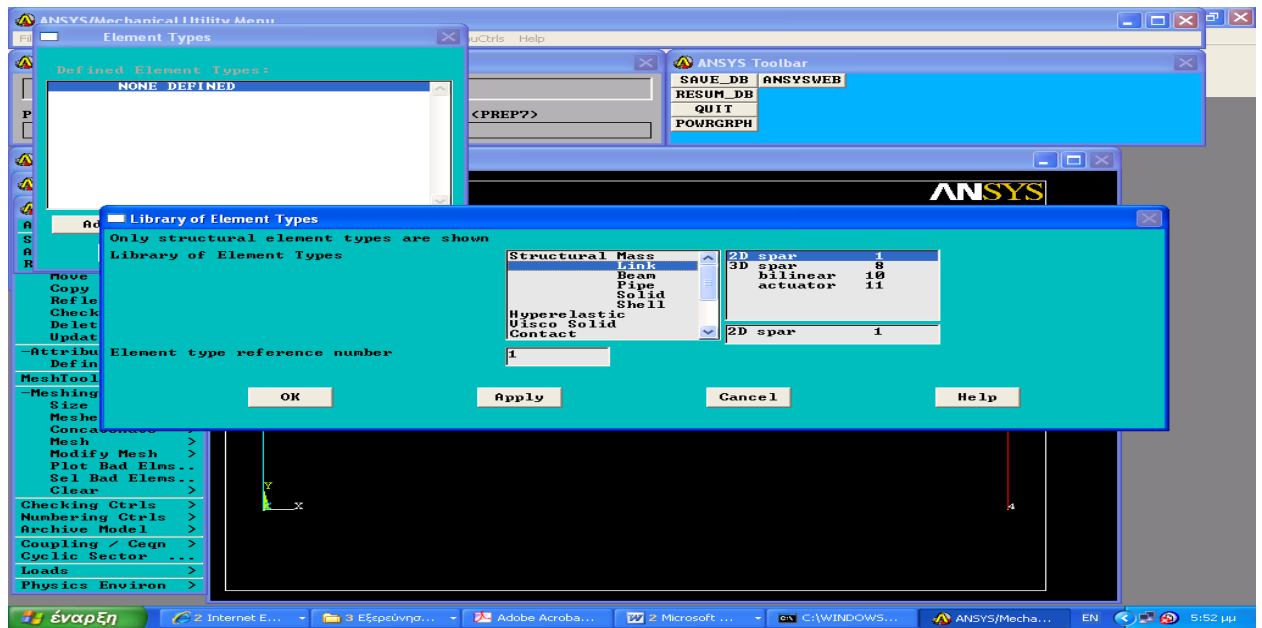
Εικόνα 31 : Προπεξεργαστής-ANSYS

ΒΗΜΑ 4⁰: Με την βοήθεια των συντεταγμένων κατασκευάζουμε τους κόμβους στη συνέχεια με την εντολή LINES σχεδιάζουμε το πλαίσιο.



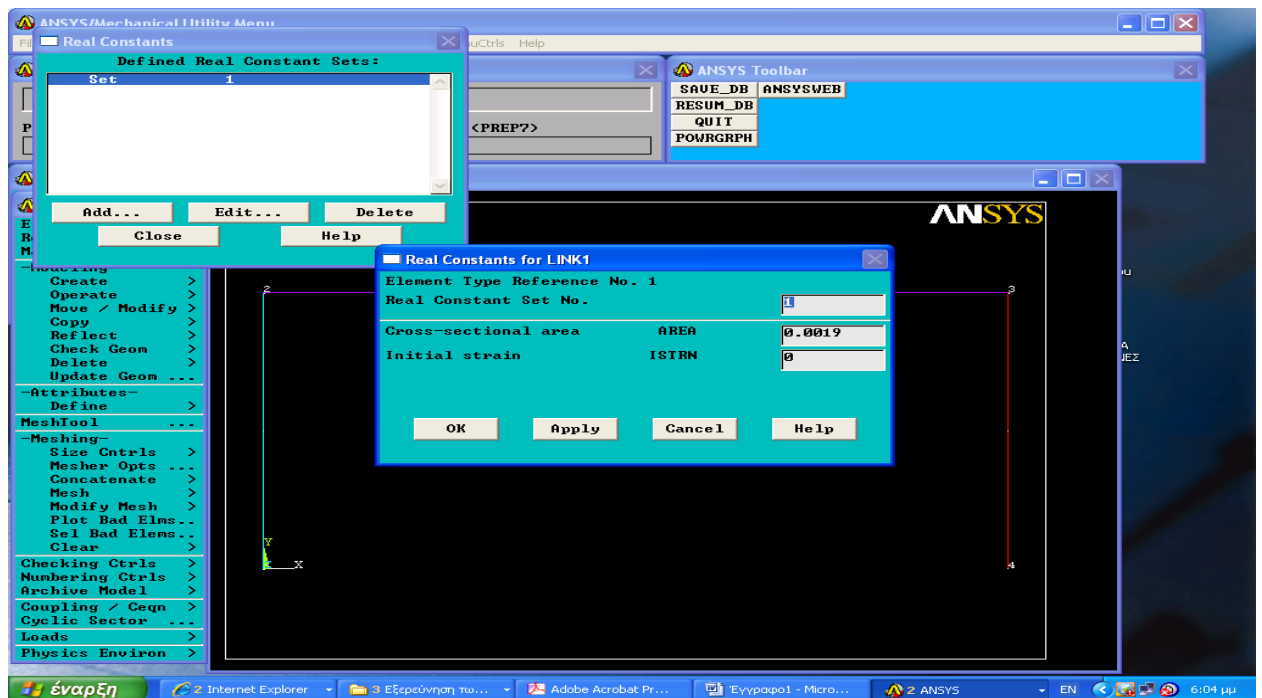
Εικόνα 32 : Σχεδιασμός πλαισίου-ANSYS

ΒΗΜΑ 5⁰: Επιλογή τύπου Πεπερασμένων Στοιχείων (Στοιχεία Δοκού – Beams element)



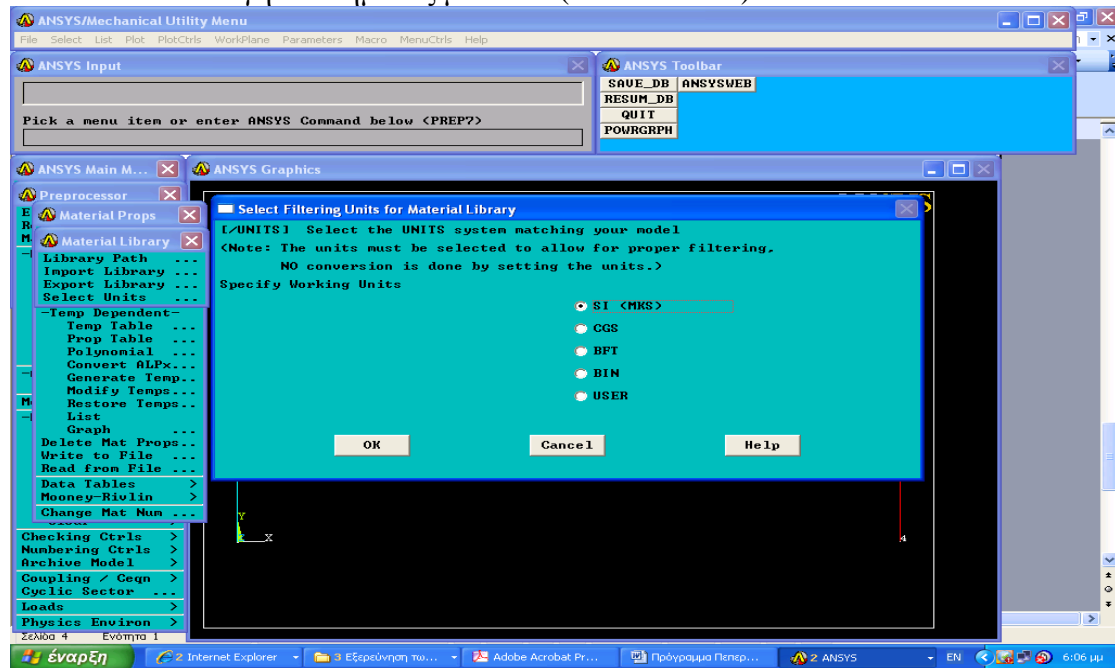
Εικόνα 33 : Στοιχεία Δοκού-ANSYS

ΒΗΜΑ 6⁰: Επιλέγουμε την διατομή του προφίλ αλουμινίου



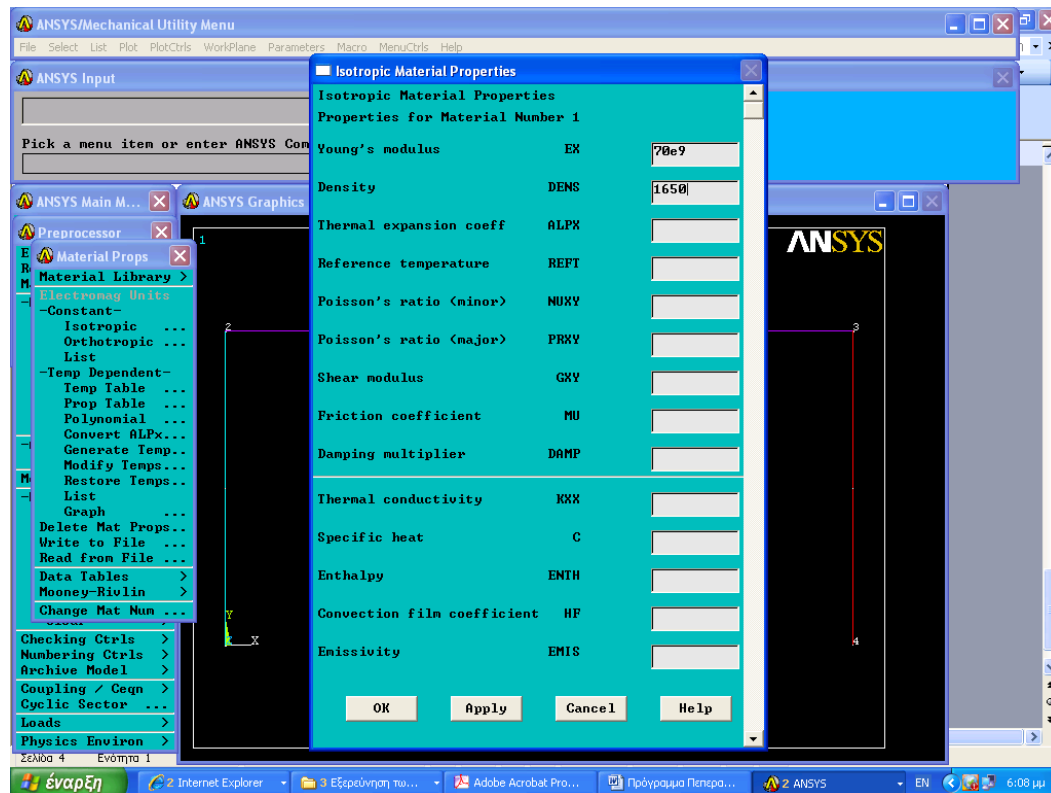
Εικόνα 34 : Επιλογή διατομής-ANSYS

ΒΗΜΑ 7⁰ : Επιλογή συστήματος μονάδων(SI SYSTEM)



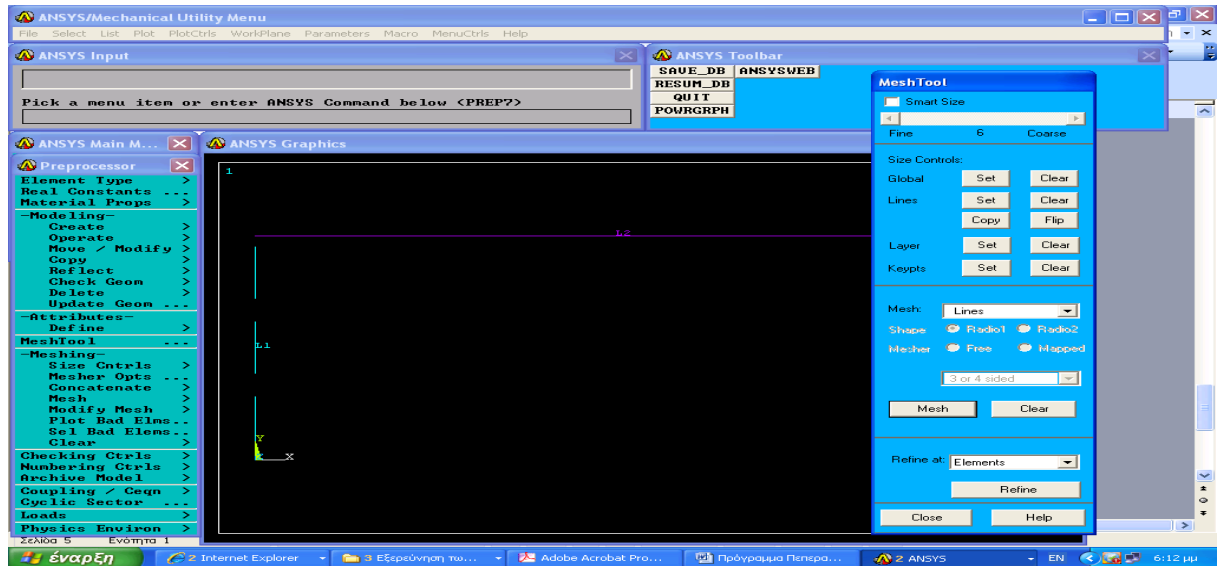
Εικόνα 35 : Επιλογή μονάδων-ANSYS

ΒΗΜΑ 8⁰ : Επιλογή του μέτρου ελαστικότητας και της πυκνότητας του αλουμινίου ($E=70$ GPa, $\rho=1650$ Kg/m³)

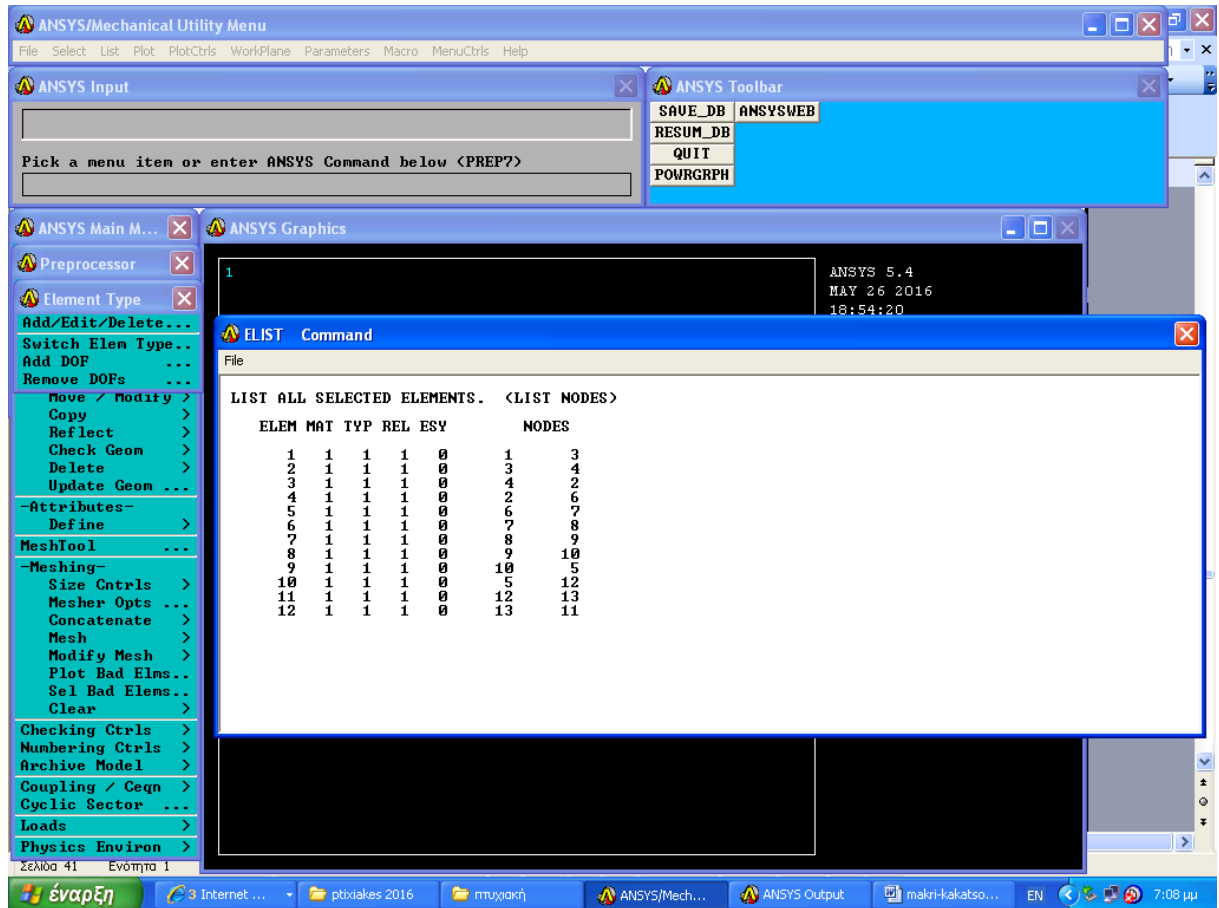


Εικόνα 36 : Επιλογή E και ρ αλουμινίου-ANSYS

ΒΗΜΑ 9⁰ Διαχωρισμός του δικτύωματος σε ΠΣ

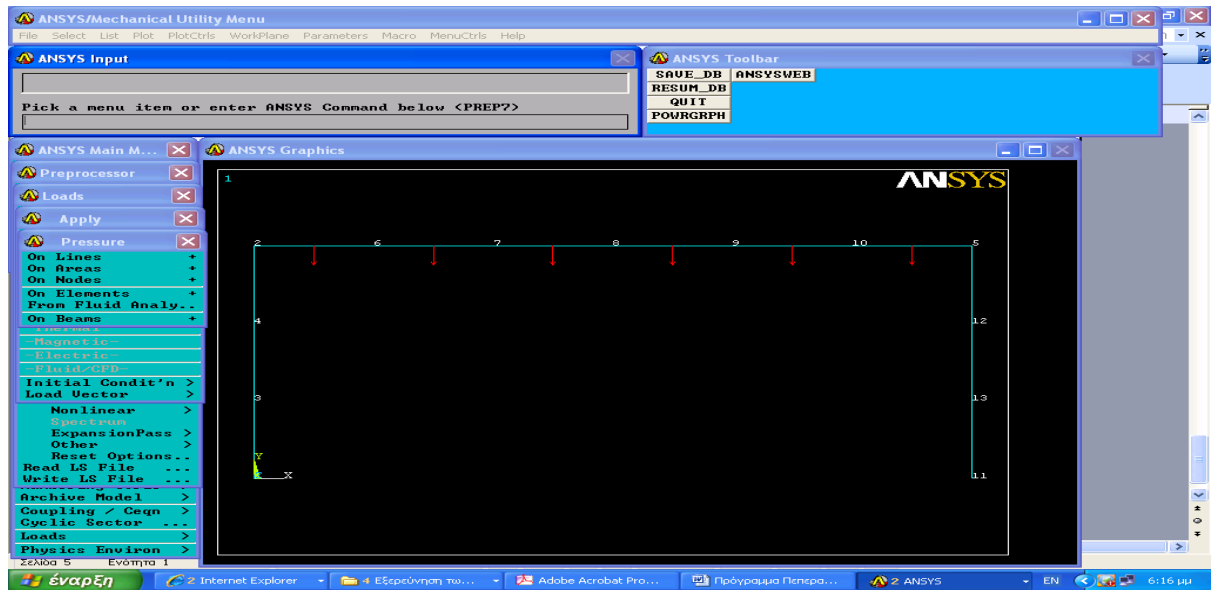


Εικόνα 37 : Διαχωρισμός σε ΠΣ-ANSYS



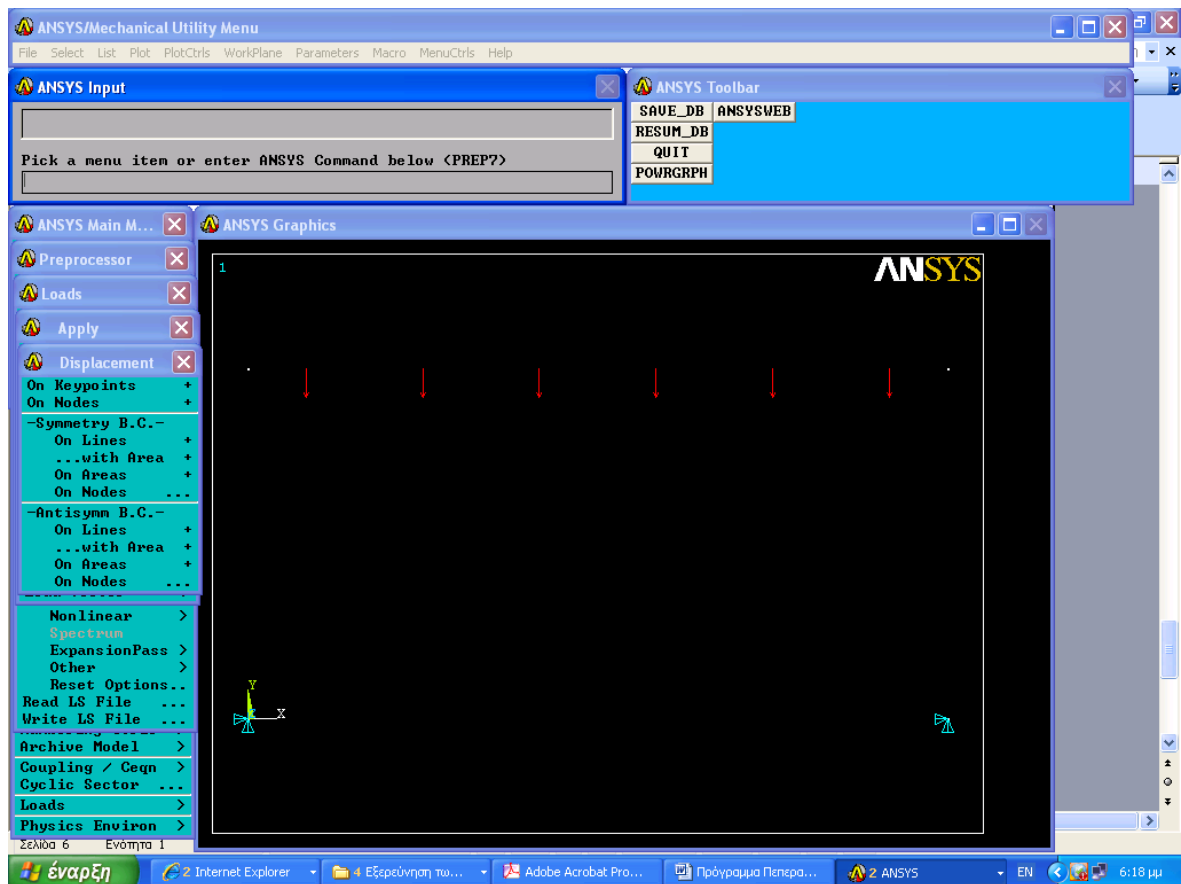
Εικόνα 38 : Αποτέλεσμα διαχωρισμού σε 12 ΠΣ-ANSYS

ΒΗΜΑ 10⁰ : Περίπτωση Ι. Εφαρμόζουμε συγκεντρωτικό φορτίο 100 κN στον κόμβο #8 (κορυφή στέγης)



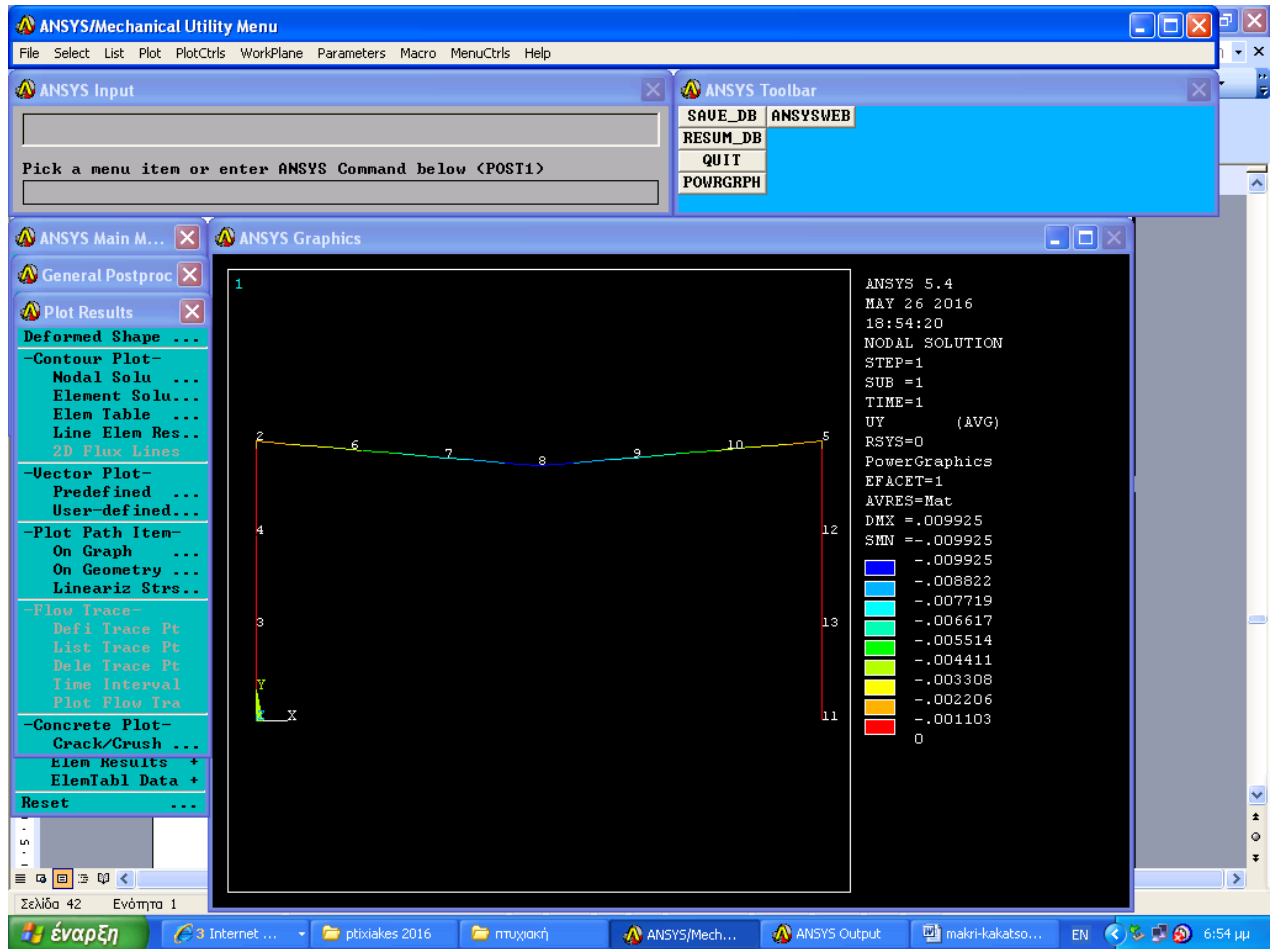
Εικόνα 39: Εφαρμογή συγκεντρωτικού φορτίου-ANSYS

ΒΗΜΑ 11⁰ : Εφαρμόζουμε τις στηρίξεις στο έδαφος



Εικόνα 40 : Επιλογή στηρίξεων-ANSYS

ΒΗΜΑ 12⁰ : Αποτέλεσμα-Βέλος κάμψης= - 10 mm

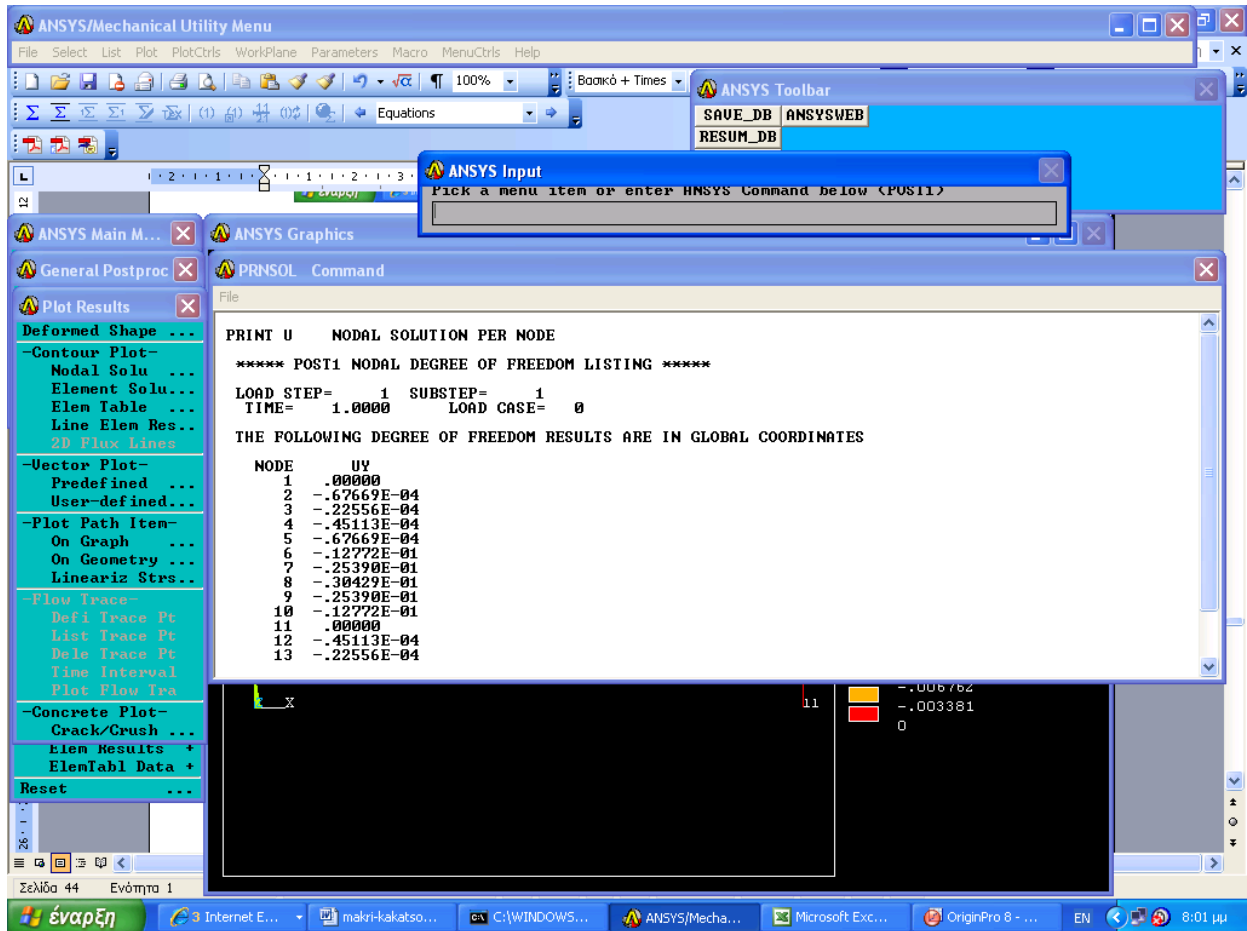


Εικόνα 41 : Βέλος Κάμψης(Περίπτωση I)-ANSYS

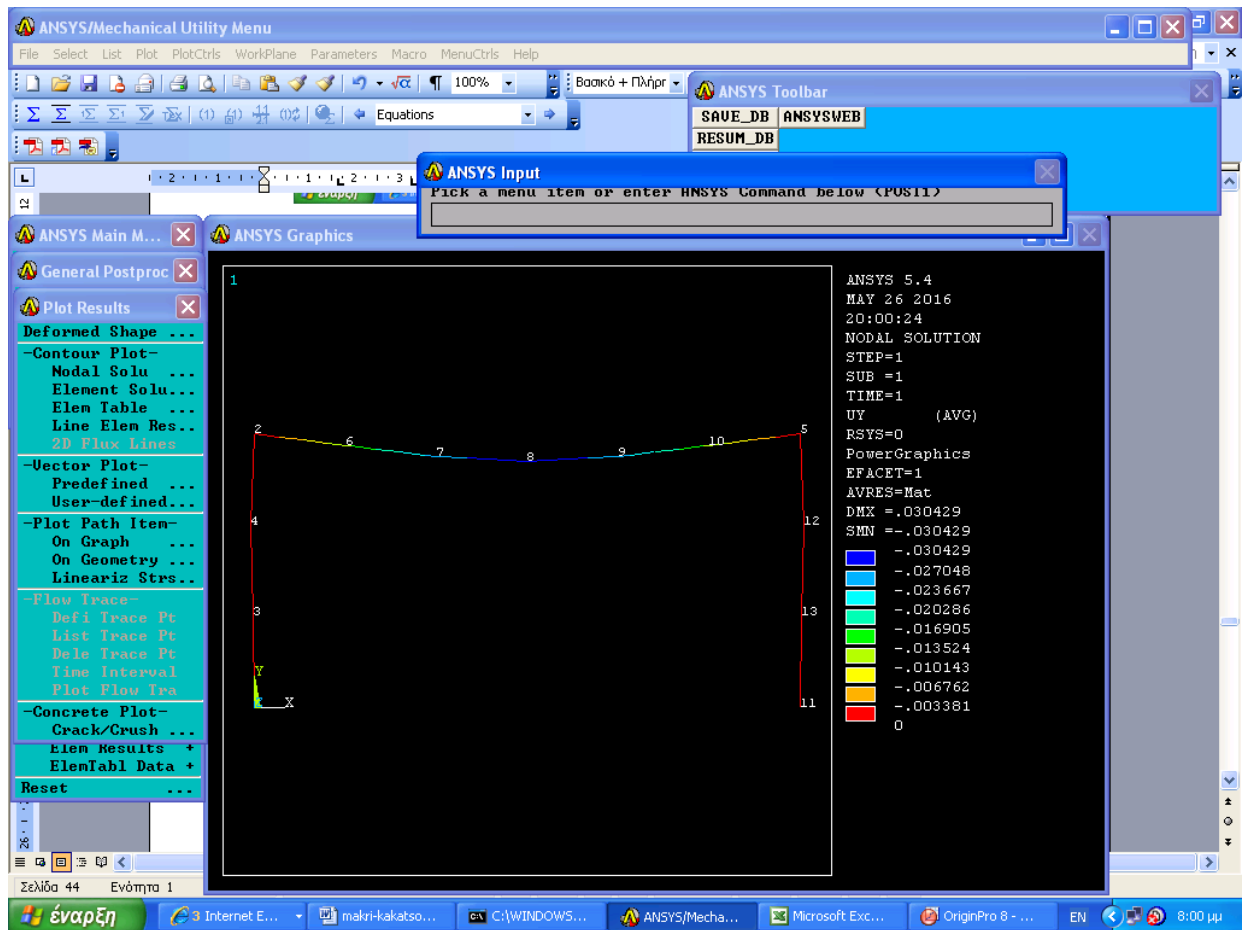
ΒΗΜΑ 13⁰ : Περίπτωση ΙΙ. Εφαρμόζουμε ομοιόμορφη πίεση 1 kN/m²

Αποτέλεσμα-Βέλος κάμψης = - 3,04 cm (κόμβος 8)

Βέλος κάμψης κατά μήκος της οροφής του πλαισίου

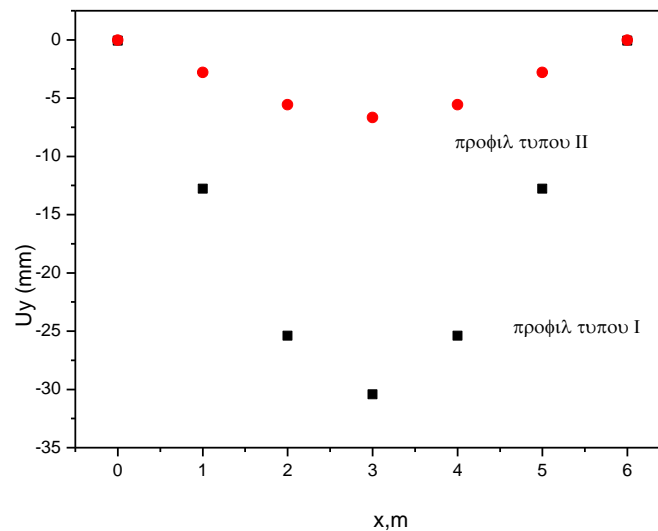


Εικόνα 42 : Παραμορφώσεις σε όλους τους κόμβους-ANSYS



Εικόνα 43 : Βέλος Κάμψης(Περίπτωση II)-ANSYS

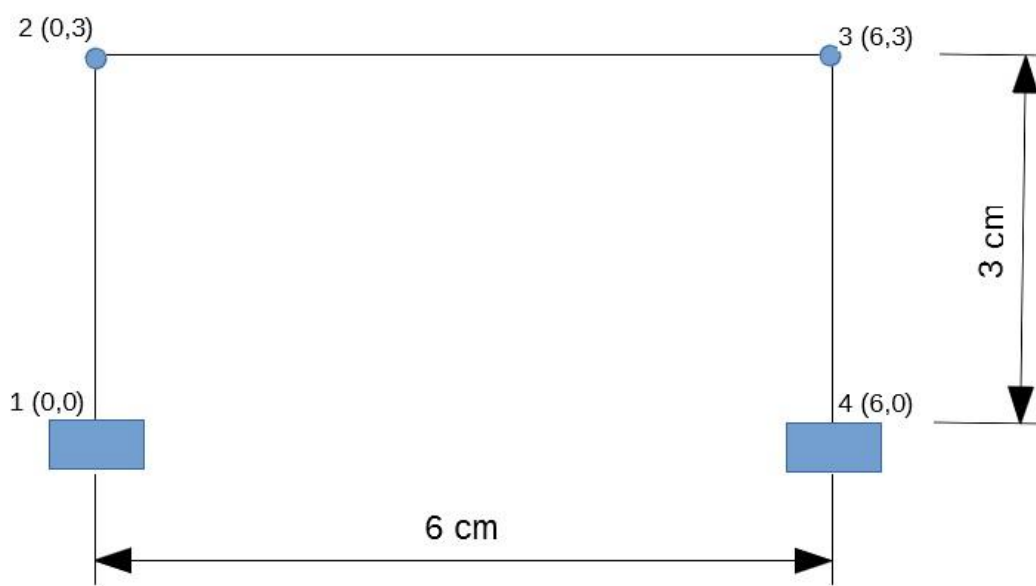
Διάγραμμα βέλους κάμψης κατά μήκος της οροφής για 1KN/m^2 στις διατομές τύπου I ορθογωνική και τύπου II M50.



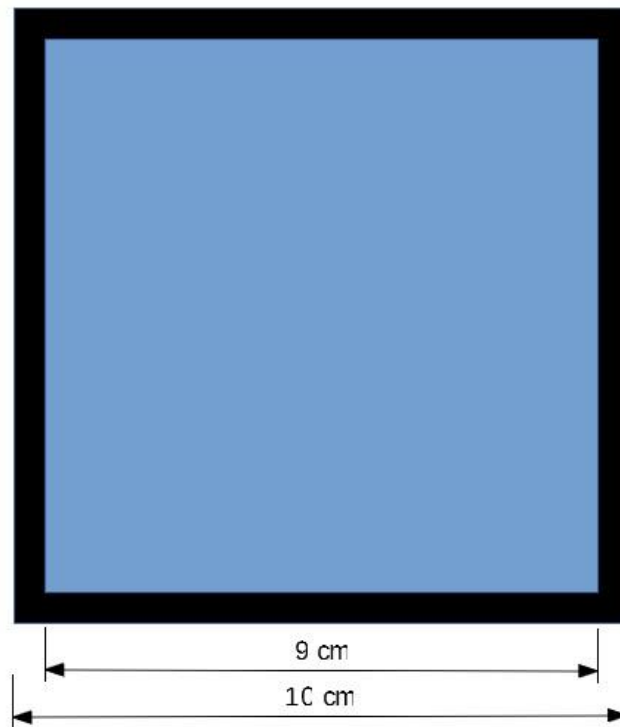
Εικόνα 44 : Διάγραμμα βέλους κάμψης

Συμπέρασμα Η διατομή II δίδει μικρότερο βέλος κάμψης για το ίδιο φορτίο. Άρα θα προτιμήσουμε το προφίλ τύπου II. Η ανάλυση αλουμινοκατασκευών με πεπερασμένα στοιχεία είναι πολύ απλή και δίδει αξιόπιστα αποτελέσματα γρήγορα και με ακρίβεια.

Υπολογισμός της ροπής αδρανείας επιφανείας I_{ZZ} ως το κεντροβαρικό σύστημα αξόνων για τη διατομή τύπου I



Εικόνα 45 : Πλαίσιο διατομής τύπου I



Εικόνα 46 : Τυπική διατομή αλουμινίου τύπου I

Υπολογισμός επιφάνειας

$$a=10\text{cm} , b=9\text{cm} , h_1=a , h_2=b$$

$$A= a^2-b^2= 10^2-9^2= 100 -81 = 19\text{cm}^2 = 19*(10^{-4}) \text{ m}^2$$

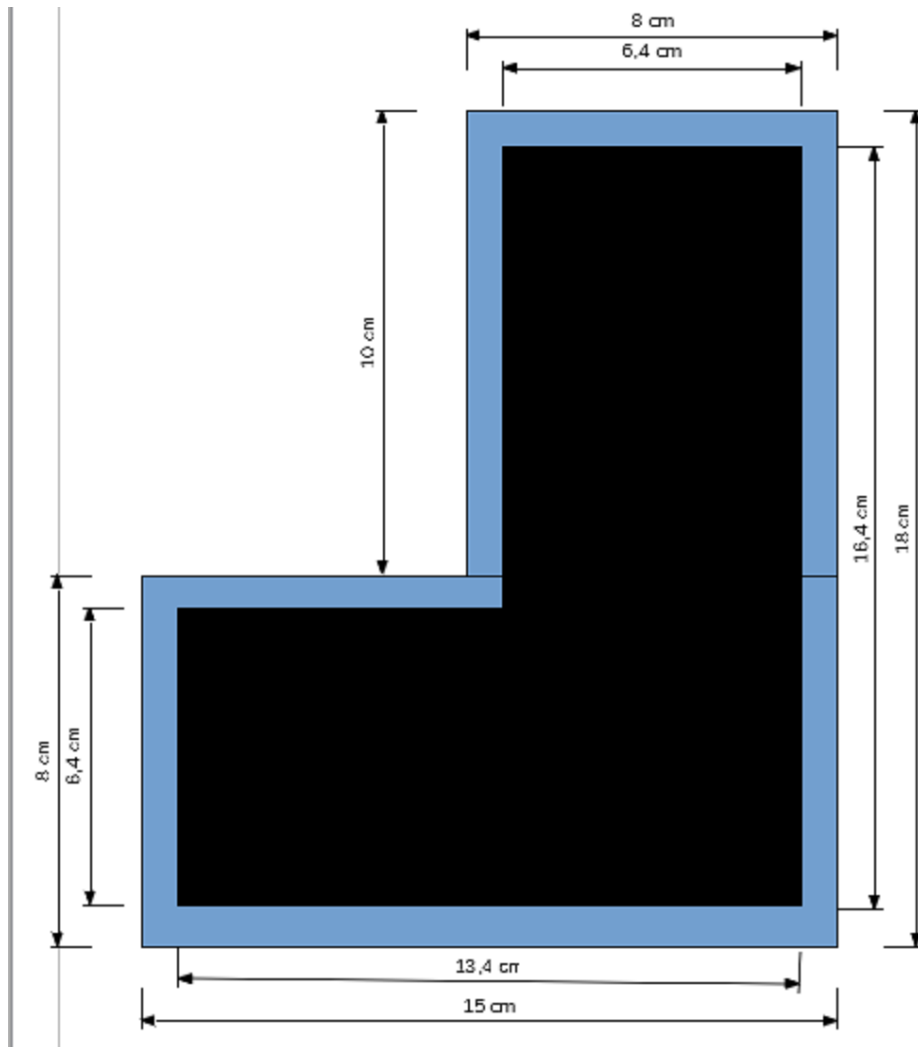
ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΡΟΠΗΣ ΑΔΡΑΝΕΙΑΣ

$$I= (1/12 a*h_1^3) - (1/12b*h_2^3) = 1/12*(a*a^3 - b*b^3) = 1/12*(10*10^3 - 9*9^3) = 1/12*(10000 - 6561) = 286,58 \text{ cm}^4 = 286,58*10^{-8} \text{ m}^4 .$$

Υπολογισμός της ροπής αδρανείας επιφανείας I_{ZZ} ως το κεντροβαρικό σύστημα αξόνων για τη διατομή τύπου II

1. Προσδιορίζουμε το κέντρο βάρους του προφίλ

Τυπική διατομή αλουμινίου



Εικόνα 47 : Τυπική διατομή αλουμινίου τύπου II

α/α	$A \text{ (cm}^2\text{)}$	$X \text{ (cm)}$	$Y \text{ (cm)}$	$AX \text{ (cm}^3\text{)}$	$AY \text{ (cm}^3\text{)}$
1	26,24	11	13	288,64	341,12
2	34,24	7,50	4	256,80	136,96
ΣΥΝΟΛΟ	60,48			545,44	478,08

Πίνακας 2 : Υπολογισμός κέντρου βάρους

Όπου A : εμβαδόν X, Y : συντεταγμένες

Υπολογισμός A_1, A_2 και A :

- $A_1 = 10 \cdot 8 = 80 \text{ cm}^2 - (6,4 \cdot 8,4) = 26,24 \text{ cm}^2$
- $A_2 = 15 \cdot 8 = 120 \text{ cm}^2 - (13,4 \cdot 6,4) = 32,24 \text{ cm}^2$
- $A = A_1 + A_2 = 26,24 + 32,24 = 60,48 \text{ cm}^2$

Υπολογισμός $A_1 X_1, A_2 X_2$ και AX :

- $A_1 X_1 = A_1 \cdot X_1 = 26,24 \cdot 11 = 288,64 \text{ cm}^3$
- $A_2 X_2 = A_2 \cdot X_2 = 34,24 \cdot 7,50 = 256,80 \text{ cm}^3$
- $AX = A_1 X_1 + A_2 X_2 = 288,64 + 256,80 = 545,44 \text{ cm}^3$

Υπολογισμός $A_1 Y_1, A_2 Y_2$ και AY :

- $A_1 Y_1 = A_1 \cdot Y_1 = 26,24 \cdot 13 = 341,12 \text{ cm}^3$
- $A_2 Y_2 = A_2 \cdot Y_2 = 34,24 \cdot 4 = 136,96 \text{ cm}^3$
- $AY = A_1 Y_1 + A_2 Y_2 = 341,12 + 136,96 = 478,08 \text{ cm}^3$

Υπολογισμός Συντεταγμένων Κέντρου Βάρους(X_k, Y_k):

- $X_k = AX/A = 545,44/60,48 = 9,01 \text{ cm}$
- $Y_k = AY/A = 478,08/60,48 = 7,90 \text{ cm}$

2. Προσδιορίζουμε την ροπή αδρανείας επιφανείας στο κεντροβαρικό σύστημα

$$I^{(K)} = 1/12 b \cdot h^3 + 1/12 b \cdot h^3 = (1/12) \cdot 15 \cdot 8^3 + (1/12) \cdot 8 \cdot 10^3 = 640 + 666,67 = 1306,70 \text{ cm}^4$$

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. https://en.wikipedia.org/wiki/EN_1999 (22/1/2016)
2. <https://en.wikipedia.org/wiki/Eurocode> (21/1/2016)
3. http://library.tee.gr/digital/m2464/m2464_ec9.pdf (23/1/2016)
4. <https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1999.1.1.2007.pdf> (7/8/2015)
5. <https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1999.1.2.2007.pdf> (7/8/2015)
6. <https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1999.1.3.2007.pdf> (14/8/2015)
7. <https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1999.1.4.2007.pdf> (15/8/2015)
8. <https://law.resource.org/pub/eu/eurocode/en.1999.1.5.2007.pdf> (15/8/2015)
9. EddingGammon`Γενική Χημεία` έκτη έκδοση, ΤΡΑΥΛΟΣ(935-938) (3/9/2015)
10. https://www.google.gr/search?q=%CE%B2%CF%89%CE%BE%CE%B9%CF%84%CE%B7%CF%82&biw=1280&bih=663&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjsz_bb5PfKAhWGFywKHZyZAAgQ_AUIBigB#imgcr=a68vGc36QxvLVM%3A (4/9/2015)
11. <http://www.orykta.gr/oryktes-protos-yles-tis-ellados/metalleytika-orykta/131-boxitis> (5/9/2015)
12. www.orykta.gr (14/2/2016)
13. http://www.politimigi.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=2099:alouminio&catid=216:idiotites-lithon-a-o&Itemid=517 (6/9/2015)
14. <http://www.pptbackgrounds.net/>(17/8/2015)
15. <http://www.guidesandtutorials.com/powerpoint-format-text.html>(17/8/2015)
16. <http://www.electricteacher.com/pviews.htm>(3/9/2015)
17. <http://it-code-news.blogspot.gr/2009/09/it-news-headlines-techradar-21092009.html>(3/9/2015)
18. <http://www.electricteacher.com/ppen.htm>(3/9/2015)
19. <http://www.refreshtech.co.uk/powerpoint-2003-the-basics/>(3/9/2015)
20. <http://www.brightengineering.com/structural-engineering/59665-road-construction-history-and-procedure/>(3/9/2015)
21. <http://users.ntua.gr/cprovat/yliko/Notes%20for%20ANSYS.pdf> (15/10/2015)
22. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ansys>(15/10/2015)
23. <http://www.figes.com.tr/english/ansys/ansys.php>(15/10/2015)
24. <http://www.ansys.com/About-ANSYS>(15/10/2015)
25. <http://masesoft.com/scia-engineer-info.html>(15/10/2015)

26. <http://glkcivil.gr/services/meletes/structural/>(15/10/2015)
27. <http://nextprogram.gr/modes2.htm>(15/10/2015)
28. <http://docplayer.gr/11779009-Ethniko-metsoveio-polytehneio-sholi-politikon-mihanikon-diatmimatiko-programma-metapyhiakon-spydon-domostatikos-shediasmos-kai-analysi-kataskeyon.html>(15/10/2015)
29. http://www.econ3.gr/readmore.php?article_id=23101323359526(15/10/2015)
30. <http://www.alumil.com/gr/proioda/> (2/5/1016)
31. Δομικά υλικά 9η έκδοση, Αθανάσιος Χ. Τριανταφύλλου (3/5/2016)