

Τα πρώτα συμπεράσματα από 80 δοκιμές ρολών για αντοχή στην ανεμοπίεση σύμφωνα με το πρότυπο EN 13659:2004+A1:2008

Δρ. Νίκος Βούρδας, Σύμβουλος Πιστοποιήσεων, email: nvourdas@teemail.gr

Δρ. Στέλιος Λαμπρακόπουλος, Σύμβουλος Πιστοποιήσεων, email: lamprako@otenet.gr

Περίληψη

Η υποχρεωτική σήμανση CE των ρολών για εξωτερική χρήση αποτελεί πλέον μια πραγματικότητα. Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία η επίσημη ημερομηνία έναρξης της υποχρεωτικής σήμανσης CE ήταν η 28/11/2009. Έκτοτε απαγορεύεται να κυκλοφορούν προϊόντα χωρίς τη σήμανση CE. Ακόμη και η όποια «ανεπίσημη» περίοδος χάριτος έχει λήξει και πλέον έχουμε περάσει στην περίοδο ελέγχου της εφαρμογής. Για να αποδοθεί η σήμανση CE απαιτείται η διενέργεια τουλάχιστον μίας δοκιμής. Το πρότυπο EN 13659 ορίζει την αντοχή στην ανεμοπίεση ως την ελάχιστη απαιτούμενη δοκιμή. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται με συστηματικό τρόπο τα αποτελέσματα των 80 πρώτων δοκιμών αντοχής σε ανεμοπίεση ρολών από προφίλ αλουμινίου και προφίλ αλουμίνιο/πολυουρεθάνης και από αυτά εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα τόσο για τον κατασκευαστή ρολών, όσο και για το μηχανικό-εργολάβο που καλείται να προδιαγράψει μια κατασκευή.

Εισαγωγή

Από 28/11/2009 σύμφωνα με το άρθρο 6 της ΚΥΑ 12398/410 (ΦΕΚ 1794 / 28.08.2009) «Εξώφυλλα και Εξωτερικές Περσίδες», η σήμανση CE είναι υποχρεωτική για όλα τα εξώφυλλα (ρολά, παντζούρια, σήτες κλπ). Ως εκ τούτου όλοι οι κατασκευαστές εξωφύλλων θα πρέπει ήδη να έχουν συμμορφωθεί, σύμφωνα με τα παρακάτω πρότυπα:

- ΕΛΟΤ EN 13659 «Εξώφυλλα- Απαιτήσεις επιδόσεων και ασφάλειας», το οποίο ισχύει για τα ρολά και τα παντζούρια.
- ΕΛΟΤ EN 13561 «Εξωτερικές περσίδες- Απαιτήσεις επιδόσεων και ασφάλειας», το οποίο ισχύει για τις σήτες.

Γενικά, για τη σήμανση CE απαιτείται η διενέργεια δοκιμών για τη μέτρηση κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των εξώφυλλων και η κατάρτιση ενός Τεχνικού Φακέλου με στοιχεία που προβλέπονται από τα παραπάνω πρότυπα. Επίσης ο κατασκευαστής θα πρέπει να εφαρμόζει ένα Σύστημα Ελέγχου Παραγωγής (FPC) σύμφωνα με τις απαιτήσεις των ανωτέρω προτύπων.

Σε ό,τι αφορά ειδικά στο προϊόν του ρολού το EN 13659 έχει ως υποχρεωτική μόνο τη δοκιμή της αντοχής στην ανεμοπίεση, ως ιδιότητα του προϊόντος που πρέπει να αναγράφεται στη σήμανση CE, μιας και αποτελεί το πιο βασικό ποιοτικό χαρακτηριστικό του. Πράγματι ακόμη και πριν την εφαρμογή της ΚΥΑ κτλ, η πρώτη μέριμνα ενός κατασκευαστή ρολού ήταν σχετικά με την αντοχή στον άνεμο. Εξάλλου το ρολό, είναι αυτό που αναμένεται να δεχτεί τη μεγαλύτερη καταπόνηση από την ανεμοπίεση, σε σχέση με το παράθυρο και υπάρχουν και οι περισσότερες πιθανότητες να αστοχήσει (π.χ. έξοδος της ψάθας από τους οδηγούς). Εκτός της αντοχής σε ανεμοπίεση υπάρχουν και άλλες, προαιρετικές δοκιμές, τις οποίες μπορεί ο κατασκευαστής να μετρήσει αν επιθυμεί όπως: η αντοχή σε φορτίο χιονιού, η αντοχή σε κρούση, η λειτουργία σε συνθήκες ψύχους, η μεταδιδόμενη δύναμη, η μηχανική αντοχή σε επαναλαμβανόμενους κύκλους λειτουργίας κ.α. Τόσο για την υποχρεωτική μέτρηση της αντοχής σε ανεμοπίεση, όσο βέβαια και για τις προαιρετικές, δεν τίθεται προς το παρόν κάποια ελάχιστη επίδοση για την κυκλοφορία του προϊόντος στην Ελληνική Επικράτεια.

Όπως προδιαγράφεται στο EN 13659, τα εξώφυλλα υπόκεινται στο σύστημα συμμόρφωσης 4 της οδηγίας 89/106 για τα Δομικά Προϊόντα. Αυτό συνεπάγεται ότι οι Αρχικές Δοκιμές Τύπου (ITT) και η εφαρμογή του FPC είναι αποκλειστική ευθύνη του κατασκευαστή του προϊόντος. Επίσης, θα πρέπει να σημειωθεί ρητώς, ότι δεν προβλέπεται η δυνατότητα

μεταβίβασης των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις ΙΤΤ, όπως αυτό συμβαίνει στο πρότυπο EN 14351-1 για τις πόρτες και τα παράθυρα.

Η διεξαγωγή των ΙΤΤ μπορούν να γίνουν είτε από τον κατασκευαστή εντός της εταιρείας του, είτε από κάποιον άλλο φορέα (π.χ. Εργαστήριο Δοκιμών) χωρίς να υπάρχει υποχρέωση αυτός να είναι διαπιστευμένος και κοινοποιημένος στην Ε.Ε.

Ο τρόπος διεξαγωγής της δοκιμής αντοχής στην ανεμοπίεση περιγράφεται στο πρότυπο EN 1932 «Εξωτερικά σκιάδια και εξώφυλλα - Αντοχή στην ανεμοπίεση - Μέθοδοι δοκιμών».

Η δοκιμή αντοχής στην ανεμοπίεση μπορεί να γίνει με 2 μεθόδους, οι οποίες εν συντομία έχουν ως εξής: Σύμφωνα με την πρώτη μέθοδο το προϊόν θα πρέπει να φορτιστεί ομοιόμορφα με βάρη σε οριζόντια θέση έτσι, ώστε να προσομοιωθεί η πίεση που δέχεται το ρολό από τον άνεμο. Σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο θα πρέπει να κατασκευαστεί ειδικός θάλαμος στον οποίο θα εφαρμόζεται πίεση και υποπίεση. Πριν και μετά τη φόρτιση μετράται η δύναμη λειτουργίας, και εξετάζεται το ρολό για τυχόν αστοχίες.

Το κάθε προϊόν θα πρέπει να φορτιστεί υπό δυο διαφορετικές πιέσεις. Την ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ p (N/m²) και την ΠΙΕΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ p (N/m²), οι τιμές των οποίων και η αντιστοιχία τους με την κλίμακα Beaufort (Μποφώρ) δίνονται στον Πίνακα 1.

Κατηγοριοποίηση ρολών σύμφωνα με το πρότυπο EN 13659

Ανάλογα με την πίεση ασφαλείας στην οποία θα αντέξουν τα προϊόντα λαμβάνουν μία κλάση από 0-6 σύμφωνα με την παράγραφο 4.4 του EN 13659 και όπως αυτές φαίνονται στον Πίνακα 1. Στην τελευταία σειρά έχουν προστεθεί οι αντίστοιχες τιμές σε κλίμακα Beaufort (Μποφώρ) για λόγους σύγκρισης.

Πίνακας 1: Κλάσεις αντοχής στην ανεμοπίεση σύμφωνα με το EN 13659.

ΚΛΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	0	1	2	3	4	5	6
ΟΝΟΜΑΣΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ p (N/m ²)	<50	50	70	100	170	270	400
ΚΛΙΜΑΚΑ BEAUFORT	<4	~4-5	~5	~6	~7	~8	~9-10
ΠΙΕΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ p (N/m ²)	<75	75	100	150	250	400	600
ΚΛΙΜΑΚΑ BEAUFORT	<5	~5	~6	~7	~8	~9-10	~11

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1 η διαφορά μιας μόνο κλάσης μπορεί να αντιστοιχεί σε πίεση μέχρι και 200 N/m² (συγκρ. κλάση 5 - 6). Η διαφορά αυτή αντιστοιχεί σε ~20 kg/m², δηλαδή π.χ. για ένα ρολό 7 m² αντιστοιχεί σε 140 kg επιπλέον βάρους. Το γεγονός αυτό εισάγει μια επιπλέον δυσκολία στη σύγκριση ρολών μεταξύ τους βάσει της κλάσης, μιας και π.χ. ένα ρολό Α μπορεί να εμφανίζει αντοχή λίγο μεγαλύτερη από αυτήν της κλάσης 5, ενώ ένα άλλο Β μπορεί να εμφανίζει αντοχή λίγο μικρότερη από αυτήν της κλάσης 6. Η διαφορά στην πίεση αντοχής είναι ~20 kg/m², αλλά και τα δυο εμφανίζονται ως αντοχής κλάσης 5.

Η επιλογή του δείγματος που θα υποστεί τις Δοκιμές Αρχικού Τύπου (ΙΤΤ)

Σημαντικό ρόλο στην απόκτηση μίας κλάσης παίζει το μέγεθος του δείγματος ΙΤΤ. Ο κατασκευαστής θα πρέπει να εκτελέσει δοκιμές σε ένα ρολό το οποίο είναι το λιγότερο ευνοϊκό σχετικά με τη μέθοδο κατασκευής και θα έχει τις μεγαλύτερες δυνατές διαστάσεις στις οποίες το παράγει. Σύμφωνα με το πρότυπο EN 1932, υποχρεωτική είναι η δοκιμή του ρολού στο μεγαλύτερο ύψος και πλάτος στο οποίο αυτό κατασκευάζεται. Για μικρότερες τιμές ύψους και πλάτους, άρα και σε μικρότερο εμβαδόν, θεωρείται ότι το ρολό έχει τουλάχιστον την κλάση του μεγαλύτερου εμβαδού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα (σύμφωνα με τα EN 13659 & EN 1932) η κλάση που θα δοθεί σε ένα προϊόν να ισχύει για μόνο για

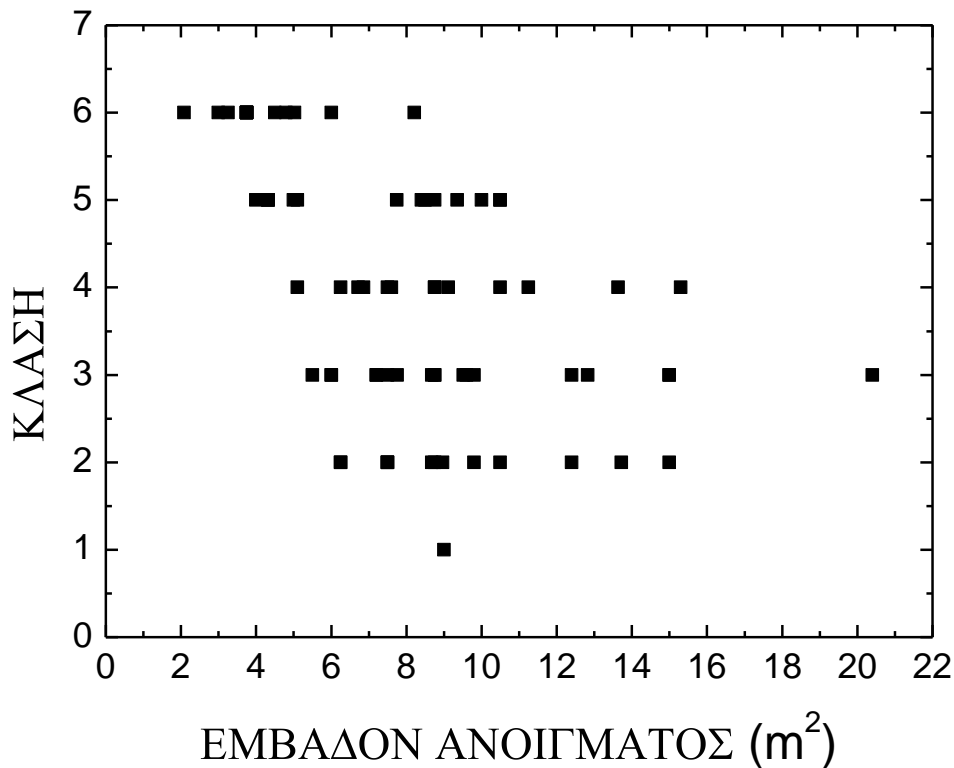
μικρότερες διαστάσεις από αυτές που έχουν δοκιμασθεί καθώς και για τις πιο ευνοϊκές τυπολογίες (π.χ. μεγαλύτερος οδηγός για το ρολό).

Αποτελέσματα Δοκιμών - Συζήτηση

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται αποτελέσματα μετρήσεων αντοχής ρολών στην ανεμοπίεση σύμφωνα με το πρότυπο EN 13659 και όπου αυτό παραπέμπει. Συνολικά παρουσιάζονται και αναλύονται ογδόντα (80) στο πλήθος μετρήσεις ρολών, από φύλλο: (α) προφίλ αλουμινίου και (β) προφίλ αλουμινίου/πολυουρεθάνης (στο εξής προφίλ πολυουρεθάνης). Στα αποτελέσματα εδώ δεν παρουσιάζονται μετρήσεις από ρολά PVC ή άλλα υλικά.

Αν και η μηχανική συμπεριφορά μιας δοκού, μιας ψάθας κτλ υπό στατική φόρτιση μπορεί να αναλυθεί θεωρητικά με χρήση υπολογιστικών πακέτων, εντούτοις το πρότυπο EN 13659, υποδεικνύει και απαιτεί τη διενέργεια πειραματικής δοκιμής. Για το λόγο αυτό θεωρούμε ότι είναι σημαντική η παρουσίαση και ανάλυση αυτών με συστηματικό, επιστημονικό τρόπο, αλλά ταυτόχρονα με γνώμονα την εξαγωγή πρακτικών συμπερασμάτων τόσο για το σχεδιαστή φύλλων για ρολά και τον κατασκευαστή ρολών, όσο και για το μηχανικό-εργολάβο κτιρίων αλλά και για τον τελικό καταναλωτή.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η κλάση που αποδόθηκε στα ρολά συναρτήσει του εμβαδού του ανοίγματος. Η πίεση που αντιστοιχεί σε κάθε κλάση αναφέρεται στον Πίνακα 1. Σημειώνουμε εδώ, ότι για τον υπολογισμό της τάσης (πίεσης) που πρέπει να εφαρμοστεί κατά τη δοκιμή δεν χρησιμοποιείται εμβαδόν του ανοίγματος, αλλά το εμβαδόν της ψάθας. Στην παρουσίαση των αποτελεσμάτων, εδώ, κρίνεται απαραίτητη η χρήση αυτού του μεγέθους, μιας και είναι αυτό που χρησιμοποιείται από τους μηχανικούς-εργολάβους και είναι πιο εύκολο για την εξαγωγή συμπερασμάτων και πραγματοποίηση συγκρίσεων. Επίσης είναι πιο εύχρηστο και κατανοητό και για τον τελικό καταναλωτή.



Σχήμα 1. Κλάση των ρολών συναρτήσει του εμβαδού ανοίγματος. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μετρήσεων αντοχής σε ανεμοπίεση.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τις δοκιμές όλων των ρολών (πλην PVC). Η εικόνα του διαγράμματος είναι σύνθετη και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά αυτού θα αναλυθούν στη συνέχεια με μεγαλύτερη λεπτομέρεια.

Κατ' αρχάς από το Σχήμα 1 φαίνεται ότι σε κανένα από τα ρολά που υπέστησαν τη δοκιμή δεν αποδόθηκε η κλάση 0, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι αδύνατο ή ότι δεν έχει καταγραφεί σε ελληνικά και ευρωπαϊκά προϊόντα. Κατά δεύτερο προκύπτει ότι όλα τα ρολά με εμβαδόν ανοίγματος μικρότερο από ~4 m² εμφανίζουν αντοχή κλάσης 6, ανεξάρτητα από τον τύπο τους, τα χαρακτηριστικά του φύλλου, το επιφανειακό βάρος τους κτλ. Το συμπέρασμα αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους κατασκευαστές ρολών, μιας και

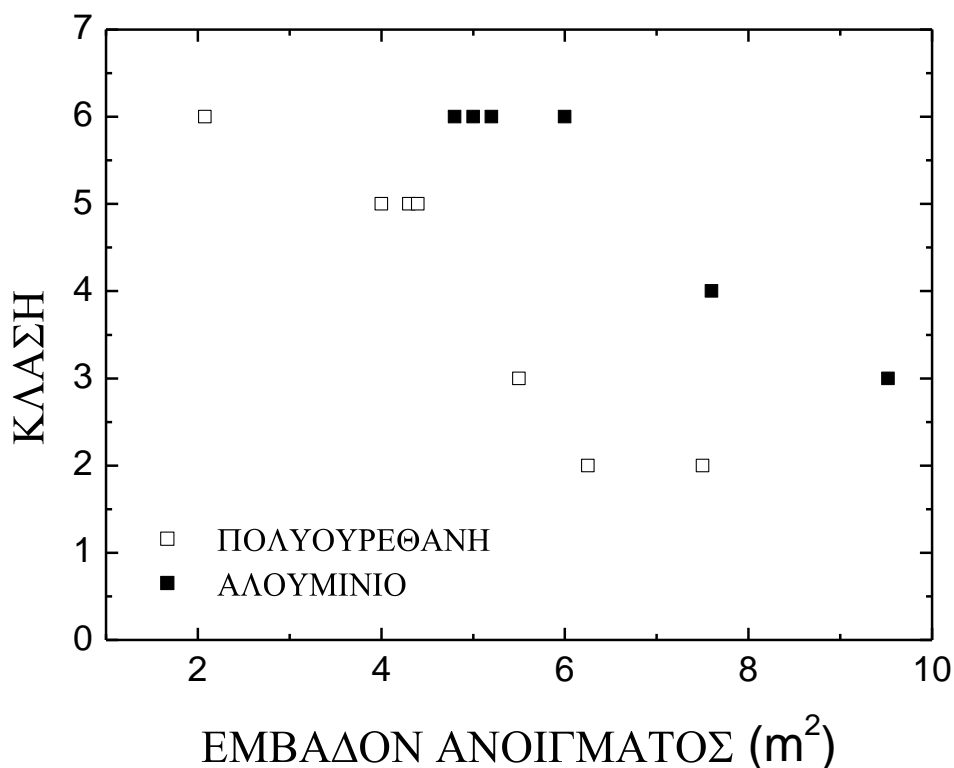
υποδεικνύει το όριο εμβαδού ανοίγματος κάτω από το οποίο, πιθανότατα όλα τα ρολά εμφανίζουν αντοχή κλάσης 6.

Τα ρολά από προφίλ αλουμινίου ή προφίλ αλουμινίου/πολυουρεθάνης, τα οποία χρησιμοποιούνται για ανοίγματα με εμβαδόν μικρότερο από $\sim 4 \text{ m}^2$ αναμένεται με μεγάλη βεβαιότητα να εμφανίζουν αντοχή στην ανεμοπίεση κλάσης 6.

Για τιμές εμβαδού ανοίγματος μεγαλύτερες των 4 m^2 η εικόνα είναι περισσότερο πολύπλοκη. Ανάλογα με τον τύπο του φύλλου, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του προφίλ, το επιφανειακό βάρος, την ύπαρξη νεύρωσης κτλ η αντοχή των ρολών μεταβάλλεται από κλάση 6 έως κλάση 1 για όλες τις τιμές εμβαδού ανοίγματος. Από το Σχήμα 1 δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για την επίδραση όλων αυτών των παραμέτρων, μιας και αφενός παρουσιάζονται όλα τα αποτελέσματα χωρίς διάκριση και αφετέρου τα ρολά που δοκιμάστηκαν για μεγάλες τιμές εμβαδού ανοίγματος, προφανώς είναι πιο ανθεκτικά σε σχέση με αυτά που δοκιμάστηκαν για μικρότερες τιμές εμβαδού ανοίγματος, μιας και οι δοκιμές έγιναν μέχρι το μεγαλύτερο εμβαδόν, που επιτρέπεται από τον κατασκευαστή. Σημειώνουμε ξανά στο σημείο αυτό, ότι σύμφωνα με το πρότυπο EN 1932, υποχρεωτική είναι μόνο η δοκιμή του ρολού στο μεγαλύτερο ύψος και πλάτος στο οποίο αυτό κατασκευάζεται. Για μικρότερες τιμές ύψους και πλάτους, άρα και σε μικρότερο εμβαδόν, θεωρείται ότι το ρολό έχει τουλάχιστον την κλάση του μεγαλύτερου εμβαδού. Είναι βέβαια ευνόητο ότι όσο μειώνεται το εμβαδόν ανοίγματος τόσο αυξάνει η αντοχή σε ανεμοπίεση, χωρίς όμως να υπάρχει μέθοδος πρόβλεψης αυτής της αύξησης, παρά μόνο μέσω της πειραματικής δομικής. Για το λόγο αυτό οι περισσότεροι κατασκευαστές πραγματοποιούν μια μέτρηση σε μέγεθος σύμφωνα με τις απαιτήσεις του προτύπου (μεγαλύτερες διαστάσεις) και τουλάχιστον μια ακόμη στο μέγεθος που συνήθως προμηθεύουν έναν συγκεκριμένο τύπο ρολού. Έτσι στο μέγεθος που συνήθως προμηθεύουν ένα ρολό, αποδίδουν την πραγματική τιμή αντοχής και όχι αυτήν του μεγαλύτερου μεγέθους. Με τη

διαδικασία αυτή συμφωνούμε απολύτως τόσο για λόγους marketing όσο και για λόγους ουσιαστικής πληροφόρησης του καταναλωτή σε σχέση με το προϊόν που αγοράζει.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται αποτελέσματα για την επίδραση του εμβαδού του ανοίγματος στην αντοχή του ρολού για δυο είδη ρολού (α) πολυουρεθάνης και (β) αλουμινίου, που χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην ελληνική αγορά. Το μόνο που αλλάζει σε κάθε περίπτωση είναι το εμβαδόν ανοίγματος. Τα δυο είδη φύλλων (αλουμινίου και πολυουρεθάνης) είναι περίπου τα ίδια, με το φύλλο της πολυουρεθάνης να είναι κατά ~1 mm πιο λεπτό. Δεν υπάρχει ιδιαίτερη νεύρωση σε κανένα από τα δυο.



Σχήμα 2. Μεταβολή της αντοχής στην ανεμοπίεση συναρτήσεως του εμβαδού ανοίγματος για δυο είδη ρολού (α) πολυουρεθάνης και (β) αλουμινίου. Για κάθε είδος τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του φύλλου είναι τα ίδια, ενώ τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ (α)

και (β) είναι περίπου τα ίδια με το πάχος της πολυουρεθάνης να είναι κατά 1 mm μικρότερο.

Τα αποτελέσματα του Σχήματος 2 έρχονται σε συμφωνία με την αναμενόμενη συμπεριφορά: (i) η αντοχή των ρολών πολυουρεθάνης είναι μικρότερη των αντίστοιχων από αλουμίνιο για ίδια εμβαδά ανοίγματος και (ii) η αντοχή ενός τύπου ρολού μειώνεται με την αύξηση του εμβαδού ανοίγματος. Το σημαντικό στο Σχήμα 2, βέβαια, είναι η ποσοτικοποίηση αυτής της αναμενόμενης συμπεριφοράς, που γενικά δεν είναι γνωστή και σίγουρα δεν είναι εκ των προτέρων προβλέψιμη.

Για ρολά με εμβαδόν ανοίγματος μέχρι $\sim 4 \text{ m}^2$, δεν παρατηρείται διαφορά μεταξύ των δυο ειδών ρολού, όσον αφορά την κλάση κατάταξης (αμφότερα εμφανίζουν αντοχή κλάσης 6). Για μεγαλύτερα ρολά εμφανίζονται διαφορές από μια έως και δυο κλάσεις, ανάλογα με το εμβαδόν του ανοίγματος. Για εμβαδόν ανοίγματος μέχρι $\sim 5 \text{ m}^2$ το ρολό από πολυουρεθάνη εμφανίζει αντοχή κλάσης 5. Στην ίδια περιοχή του διαγράμματος και μέχρι $\sim 6 \text{ m}^2$ το ρολό από αλουμίνιο εμφανίζει αντοχή κλάσης 6. Μετά τα $\sim 6 \text{ m}^2$ για το ρολό από αλουμίνιο και μετά τα $\sim 5 \text{ m}^2$ για το ρολό από πολυουρεθάνη η αντοχή μειώνεται κατά 3 κλάσεις (~ 1 κλάση/ m^2) μέχρι τα ρολά να αποκτήσουν μια σταθερή τιμή αντοχής. Προφανώς η αντοχή μειώνεται περαιτέρω, αλλά πλέον δεν ενδείκνυται από τον κατασκευαστή για αυτά τα εμβαδά ανοίγματος και συνεπώς, δεν διενεργήθηκαν δοκιμές για μεγαλύτερα εμβαδά.

Αντίστοιχη συμπεριφορά καταγράφηκε για όλα τα ρολά που μετρήθηκαν. Σταθερή αντοχή μέχρι ένα σημείο εμβαδού, μείωση της αντοχής κατά δυο – τρεις κλάσεις και κατόπιν σταθεροποίηση. Βέβαια τα όρια της μεταβολής αυτής εξαρτώνται σε κάθε περίπτωση από τα ειδικά χαρακτηριστικά του φύλλου, όπως το πάχος του προφίλ, την ύπαρξη νεύρωσης, τα ιδιαίτερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του προφίλ κτλ. Γενικά παρατηρήθηκε ότι το προφίλ της πολυουρεθάνης φθάνει στο σημείο απότομης μείωσης της αντοχής $\sim 1 \text{ m}^2$ πριν από το αντίστοιχο μέγεθος προφίλ αλουμινίου.

Τα συμπεράσματα για τον κατασκευαστή ρολού, αλλά και τον καταναλωτή από το Σχήμα 2 είναι επίσης πολύ σημαντικά.

Πρώτον από πλευράς κατάταξης σε κλάσεις σύμφωνα με το EN 13659, η χρήση φύλλου πολυουρεθάνης δίδει ίδια αποτελέσματα, με το αντίστοιχου μεγέθους φύλλο αλουμινίου, μέχρι εμβαδό ανοίγματος $\sim 4 \text{ m}^2$, όπως σχολιάστηκε και στο Σχήμα 1. Η τιμή αυτή είναι η ελάχιστη και από τα αποτελέσματα των δοκιμών που διενεργήθηκαν ισχύει για όλες τις περιπτώσεις με σημαντική βεβαιότητα. Η ακριβής τιμή του όμως, εξαρτάται όμως από τα χαρακτηριστικά του φύλλου, το βάρος του φύλλου όπως θα συζητηθεί στη συνέχεια, κτλ. Για το συγκεκριμένο φύλλο, λοιπόν, μέχρι τα $\sim 4 \text{ m}^2$ δεν υπάρχει διαφορά στην κλάση, ενώ αξιωματικά σημειωθεί ότι η αντίστοιχη διαφορά στο βάρος της ψάθας είναι μεγάλη.

Μέχρι εμβαδού ανοίγματος $\sim 5 \text{ m}^2$ η αντοχή στην ανεμοπίεση ενός ρολού από αλουμίνιο και ενός από πολυουρεθάνη με αντίστοιχα γεωμετρικά χαρακτηριστικά προφίλ διαφέρει το πολύ κατά μια κλάση.

Δεύτερον από τη στιγμή που ξεπεραστεί το σημείο από το οποίο πέφτει η αντοχή από την αρχική τιμή (αρχική σε σχέση με το εμβαδόν ανοίγματος) η μεταβολή της αντοχής συναρτήσει του εμβαδού ανοίγματος είναι σημαντική και αντιστοιχεί σε μεταβολή της κλάσης κατά περίπου 1 κλάση/ m^2 ή και λίγο μεγαλύτερη. Στην περιοχή αυτή της μείωσης της αντοχής, συμφέρει σαφώς η χρήση φύλλου αλουμινίου, αν βέβαια δεν υπάρχουν άλλοι περιορισμοί όπως κόστος πρώτης ύλης, απαιτήσεις από τον μηχανικό/εργολάβο κτλ.

Πάνω από την τιμή του εμβαδού ανοίγματος κατά την οποία το ρολό χάνει την αρχική αντοχή του: Για κάθε επιπλέον $\sim 1 \text{ m}^2$ η αντοχή του ρολού μειώνεται κατά 1 κλάση.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η κλάση ρολών για τρεις τιμές εμβαδού ανοίγματος (~ 6.5 , ~ 7.5 και $\sim 8.5 \text{ m}^2$) συναρτήσεως του επιφανειακού βάρους της ψάθας. Έχουν χρησιμοποιηθεί δεδομένα από ρολά αλουμινίου και πολυουρεθάνης, από όλους τους τύπους, και για διάφορα γεωμετρικά χαρακτηριστικά προφίλ. Για λόγους ευκολίας ανάγνωσης του Σχήματος 3 έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά σύμβολα για τα φύλλα αλουμινίου και πολυουρεθάνης. Το Σχήμα 3 μπορεί να διαβαστεί με πολλούς τρόπους ανάλογα με το ζητούμενο κάθε φορά. Σε κάθε περίπτωση, από το Σχήμα 3 προκύπτει ότι η αντοχή στην ανεμοπίεση είναι ανάλογη (όχι γραμμικά ανάλογη) του επιφανειακού βάρους της ψάθας, όπως βέβαια αναμένεται. Στο Σχήμα 3, όμως ποσοτικοποιείται αυτή η εξάρτηση.

Από το Σχήμα 3 προκύπτει ότι π.χ. για ένα εμβαδόν ανοίγματος 7.5 m^2 ένα φύλλο πολυουρεθάνης που ζυγίζει $\sim 4,5 \text{ kg/m}^2$ μπορεί να δημιουργήσει ρολό με αντοχή κλάσης 3, ενώ ένα φύλλο αλουμινίου για το ίδιο εμβαδόν ανοίγματος δημιουργεί ρολό αντοχής κλάσης 4, αλλά με βάρος τουλάχιστον 9 kg/m^2 . Συνεπώς, για την αύξηση της αντοχής κατά 1 κλάση απαιτείται αύξηση στο βάρος κατά $\sim 30 \text{ kg}$, όπως προκύπτει από την πράξη: $(9 - 4,5) * 7.5 = 33,75 \text{ Kg}$. Εδώ δεν συγκρίνουμε φύλλα με αντίστοιχα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως πριν, αλλά συγκρίνουμε ένα ρολό πολυουρεθάνης με το πιο βαρύ ρολό από αλουμίνιο για το ίδιο εμβαδόν ανοίγματος. Γι αυτό και η διαφορά στην αντοχή αντιστοιχεί σε μια μόνο κλάση για αυτό το εμβαδόν ανοίγματος. Για φύλλο αλουμινίου με αντίστοιχα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, η αντοχή αντιστοιχεί σε κλάση 5, αλλά το επιφανειακό βάρος είναι πια $\sim 10 \text{ kg/m}^2$.

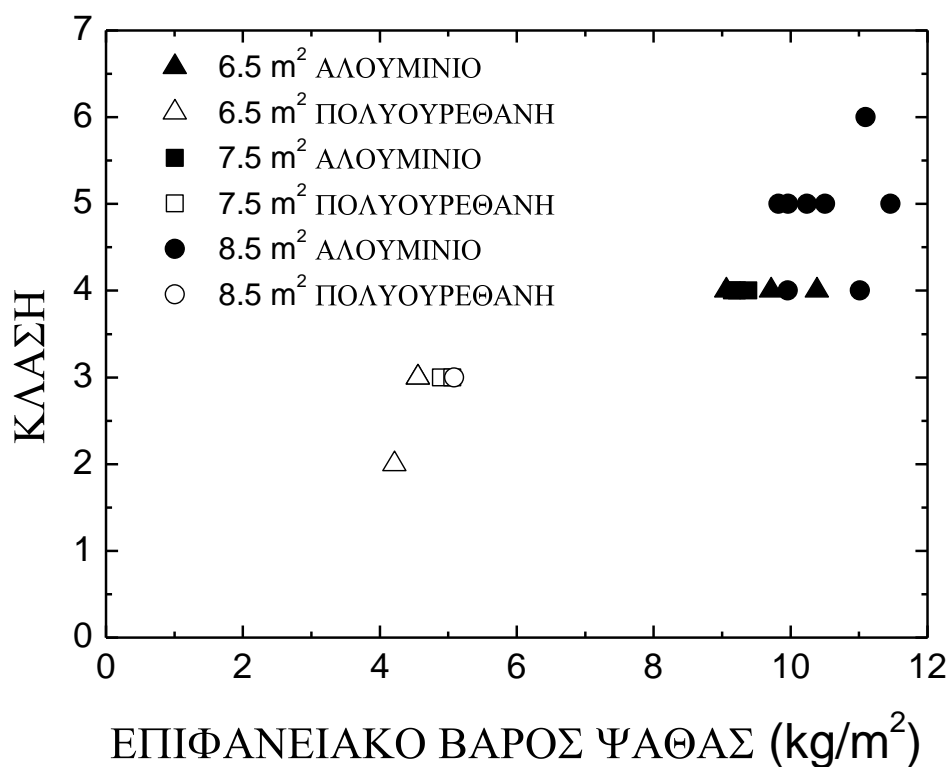
Ανάλογα με τη φύση του προβλήματος κάθε φορά, ο κατασκευαστής πρέπει να επιλέξει το καταλληλότερο φύλλο.

Τα ρολά από πολυουρεθάνη είναι πιο ελαφρά και για μικρά ανοίγματα μέχρι $\sim 5 \text{ m}^2$ εμφανίζουν ικανοποιητική αντοχή στην ανεμοπίεση, πολύ κοντά σε αυτήν του ρολού από αλουμίνιο με αντίστοιχα γεωμετρικά χαρακτηριστικά προφίλ. Αν δεν υπάρχει περιορισμός

από κάποια προδιαγραφή, η επιλογή θα πρέπει να βασιστεί και σε άλλα στοιχεία, όπως το κόστος, αισθητική, ασφάλεια, θερμομόνωση κτλ.

Αν όμως το άνοιγμα είναι μεγαλύτερο από $\sim 7.5 \text{ m}^2$ και υπάρχει απαίτηση για υψηλή αντοχή σε ανεμοπίεση τότε το ρολό από αλουμίνιο αδιαμφισβήτητα είναι η πρώτη επιλογή.

Για ενδιάμεσες τιμές εμβαδού ανοίγματος η επιλογή εξαρτάται κυρίως από την απαίτηση σε αντοχή. Αν απαιτείται κλάση 6 τότε το ρολό από αλουμίνιο είναι η κύρια ασφαλής επιλογή. Αν δεν υπάρχει απαίτηση για υψηλή αντοχή τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ρολό από πολυουρεθάνη.



Σχήμα 3. Κλάση αντοχής σε ανεμοπίεση συναρτήσει του επιφανειακού βάρους της ψάθας για τρεις χαρακτηριστικές τιμές εμβαδού ανοίγματος. Τα ανοικτά σύμβολα αντιστοιχούν σε φύλλο πολυουρεθάνης και τα κλειστά σε φύλλο αλουμινίου.

Το Σχήμα 3 μπορεί επιπλέον να αποτελέσει οδηγό για το σχεδιασμό νέων φύλλων. Αντίστροφη ανάγνωση του Σχήματος 3, υποδεικνύει ότι π.χ. για άνοιγμα 8.5 m^2 απαιτείται σε κάθε περίπτωση ψάθα με βάρος μεγαλύτερο από $\sim 10 \text{ kg/m}^2$, αν ο στόχος είναι αντοχή κλάσης 6.

Αν και η γενική τάση ότι το βαρύτερο προφίλ συνεπάγεται και μεγαλύτερη αντοχή ισχύει, από το Σχήμα 3 προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα προϊόντα. Υπάρχουν δηλαδή προφίλ, που εμφανίζουν αντοχή υψηλότερη από άλλα βαρύτερα. Αυτό οφείλεται στην ιδιαιτερότητα του προφίλ κάθε φύλλου, στην ύπαρξη και θέση νεύρωσης κτλ. Τα συγκεκριμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε προφίλ επιδρούν, δηλαδή, έντονα στην τελική αντοχή του ρολού, δίνοντας έτσι σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα στο προϊόν εκείνο που εμφανίζει την καλύτερη επίδοση με το μικρότερο επιφανειακό βάρος. Για τη σύγκριση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των προφίλ και πως αυτά επιδρούν θα πρέπει να αναλυθούν συγκεκριμένα προφίλ και να συγκριθούν συγκεκριμένα προϊόντα. Αυτό δεν εμπίπτει, σε καμία περίπτωση, στους στόχους της μελέτης αυτής.

Συμπεράσματα

Παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα των μετρήσεων αντοχής στην ανεμοπίεση ρολών από φύλλο αλουμινίου και από φύλλο πολυουρεθάνης, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του EN 13659. Από τα αποτελέσματα των πειραμάτων προκύπτει ότι για ανοίγματα με εμβαδόν μικρότερο από $\sim 4 \text{ m}^2$ όλα τα ρολά που μελετήθηκαν εμφάνισαν αντοχή κλάσης 6 ανεξάρτητα από το είδος τους, το προφίλ τους, το βάρος τους κτλ. Η αντοχή στην ανεμοπίεση παραμένει περίπου σταθερή με το εμβαδόν ανοίγματος μέχρι ενός ορίου πέραν του οποίου μειώνεται σταδιακά με ρυθμό περίπου 1 κλάση/m^2 . Το όριο αυτό καθώς και η τελική τιμή της αντοχής εξαρτάται από το είδος του φύλλου και το προφίλ και είναι μικρότερο για τα φύλλα πολυουρεθάνης σε σχέση με τα φύλλα αλουμινίου κατά $\sim 1 \text{ m}^2$. Η αντοχή του ρολού σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από το επιφανειακό βάρος, όπως

αναμένεται. Από τα ποσοτικά χαρακτηριστικά αυτής της εξάρτησης εξάγονται συμπεράσματα για τη συμφέρουσα επιλογή φύλλου, ανάλογα με το εμβαδόν ανοίγματος και τις απαιτήσεις της κατασκευής. Θεωρούμε ότι ο κατασκευαστής θα πρέπει να λάβει σημαντικά υπόψιν του την αντοχή στην ανεμοπίεση για την επιλογή του κατάλληλου υλικού με το οποίο θα πραγματοποιήσει την κατασκευή του ρολού. Σημαντικό ρόλο θα παίξουν επίσης το μέγεθος του ανοίγματος που καλείται να κλείσει, το μέρος τοποθέτησης, το κόστος πρώτων υλών & κατασκευής, η επιπρόσθετη θερμομόνωση που προσφέρει το ρολό, η αντοχή σε πιθανή απόπειρα παραβίασης κ.α.