

Διαστασιολόγηση καπνοδόχων με βάση το πρότυπο EN 13384-1

1 Γενικά

Η παρούσα τεχνική έκθεση έχει στόχο να βοηθηθούν οι χρήστες των συνημμένων υπολογιστικών φύλλων σε MS Excel.

Τα υπολογιστικά φύλλα αφορούν τη διαστασιολόγηση καπνοδόχων οι οποίες εξυπηρετούν

- μόνο μία συσκευή υπερπίεσης
- η οποία καίει φυσικό αέριο ή αντίστοιχα υγραέριο (και όχι άλλα καύσιμα)
- δεν καλύπτει τις ανάγκες ελκυσμού μέσα στο λέβητα
- δεν καλύπτει τις ανάγκες ελκυσμού για την προσαγωγή αέρα
- δεν έχουν προσαγωγή δευτερεύοντος αέρα.

Το περιστόμιο καυσαερίων της συσκευής και ο καπναγωγός θεωρούνται κυκλικής διατομής.

Ο χρήστης ο εξοικειωμένος με τη διαστασιολόγηση καπνοδόχων μπορεί να καλύψει με μικρές δικές του μεταβολές και καπνοδόχους που καλύπτουν τις ανάγκες ελκυσμού μέσα στο λέβητα και για την προσαγωγή αέρα.

2 Περιεχόμενο των υπολογιστικών φύλλων MS Excel

Όνομα αρχείου	καύσιμο	διατομή	θερμική ισχύς kW
KAPN-NG1c.xls	φυσικό αέριο NG	στρογγυλή c	$Q \leq 100$ (1)
KAPN-NG1t.xls	φυσικό αέριο NG	ορθογώνια t	$Q \leq 100$ (1)
KAPN-NG2c.xls	φυσικό αέριο NG	στρογγυλή c	$100 < Q \leq 1000$ (2)
KAPN-NG2t.xls	φυσικό αέριο NG	ορθογώνια t	$100 < Q \leq 1000$ (2)
KAPN-NG3c.xls	φυσικό αέριο NG	στρογγυλή c	$Q > 1000$ (3)
KAPN-NG3t.xls	φυσικό αέριο NG	ορθογώνια t	$Q > 1000$ (3)
KAPN-LPG1c.xls	υγραέριο LPG	στρογγυλή c	$Q \leq 100$ (1)
KAPN-LPG1t.xls	υγραέριο LPG	ορθογώνια t	$Q \leq 100$ (1)
KAPN-LPG2c.xls	υγραέριο LPG	στρογγυλή c	$100 < Q \leq 1000$ (2)
KAPN-LPG2t.xls	υγραέριο LPG	ορθογώνια t	$100 < Q \leq 1000$ (2)
KAPN-LPG3c.xls	υγραέριο LPG	στρογγυλή c	$Q > 1000$ (3)
KAPN-LPG3t.xls	υγραέριο LPG	ορθογώνια t	$Q > 1000$ (3)

3 Μεταβολές

Οι μεταβολές που επιβάλλει το πρότυπο EN 13384-1 αφορούν

- υπολογισμούς μεγεθών
- τον έλεγχο της ευστάθειας της λύσης

3.1 Μεταβολές σε υπολογισμούς μεγεθών

Δίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Κοινές εξισώσεις (για φυσικό αέριο και υγραέριο)

μέγεθος	
πίεση εξωτερικού αέρα	$p_L = 97000 \cdot e^{\left(\frac{-g \cdot z}{R_L T_L}\right)}$
συντελεστής τριβής	$\frac{1}{\sqrt{\psi}} = -2 \log \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\psi}} + \frac{r}{3,71 \cdot D_h} \right)$

Εξισώσεις για φυσικό αέριο

μέγεθος	εξίσωση
ροή μάζας καυσαερίων	$\dot{m} = \frac{100}{\eta_w} \left(\frac{3,75}{\sigma(\text{CO}_2)} + 0,053 \right) Q$
σταθερά αερίου του καυσαερίου	$R = 288[1 + 0,0032 \cdot \sigma(\text{CO}_2)]$
ειδική θερμοχωρητικότητα	$c_p = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_m + 0,0003 \cdot t_m^2 + (230 + 0,015 \cdot t_m - 7 \cdot 10^{-6} \cdot t_m^2) \sigma(\text{CO}_2)}{1 + 0,0142 \cdot \sigma(\text{CO}_2)}$

Εξισώσεις για υγραέριο

μέγεθος	εξίσωση
συγκέντρωση CO ₂	$\sigma(\text{CO}_2) = \frac{10}{1 - 0,080 \log Q}$
ροή μάζας καυσαερίων	$\dot{m} = \frac{100}{\eta_w} \left(\frac{4,20}{\sigma(\text{CO}_2)} + 0,049 \right) Q$
σταθερά αερίου του καυσαερίου	$R = 288[1 + 0,0013 \cdot \sigma(\text{CO}_2)]$
ειδική θερμοχωρητικότητα	$c_p = \frac{1011 + 0,05 \cdot t_m + 0,0003 \cdot t_m^2 + (17,6 + 0,015 \cdot t_m - 9 \cdot 10^{-6} \cdot t_m^2) \sigma(\text{CO}_2)}{1 + 0,0116 \cdot \sigma(\text{CO}_2)}$
μερική πίεση υδρατμών στα καυσαέρια	$p_D = \frac{p_L}{100} \left(\frac{100}{1 + \frac{77}{\sigma(\text{CO}_2)}} + 1,1 \right)$

3.2 Μεταβολές στον έλεγχο της ευστάθειας της λύσης

Το πρότυπο EN 13384-1 καταργεί τους ελέγχους τήρησης των κριτηρίων

- της υποπίεσης στη είσοδο καυσαερίων στην καπνοδόχο,
- της μέσης ταχύτητα των καυσαερίων και
- του λόγου του ύψους προς την υδραυλική διάμετρο (της λυγηρότητας) της καπνοδόχου.

Εισάγει

- τον έλεγχο της πίεσης αντίστασης P_B στην παροχή αέρα σε σχέση με τον ελκυσμό στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο P_Z

$$P_Z \geq P_B$$

- την επίδραση της πίεσης ανεμόπτωσης P_L τον ελκυσμό στην είσοδο των καυσαερίων στην καπνοδόχο P_Z.

Η επίδραση της ανεμόπτωσης λαμβάνεται υπ' όψη με την προσθήκη ενός όρου στη συνθήκη πιέσεων

$$P_Z = P_H - P_R - P_L \geq P_W + P_{FV} + P_B = P_{Ze}$$

Η πίεση ανεμόπτωσης P_L , αν το στόμιο της καπνοδόχου βρίσκεται σε ζώνη αντίθετης πίεσης,

- παίρνει την τιμή 25 Pa για την ενδοχώρα (περισσότερα από 20 km από την ακτή),

- παίρνει την τιμή 40 για πολύ δυσμενείς συνθήκες (μέχρι 20 km από την ακτή)

Η πίεση ανεμόπτωσης P_L παίρνει την τιμή 0 για ευνοϊκές συνθήκες (εκτός ζώνης αντίθετης πίεσης) ή την τιμή που αντιστοιχεί στο τερματικό της καπνοδόχου, αν έχει (βλέπε prEN 1856-1, EN 1859, 13502).

Το στόμιο της καπνοδόχου θεωρείται ότι βρίσκεται σε ζώνη αντίθετης πίεσης αν απέχει λιγότερο από 0,4 m επάνω από την κορυφή της στέγης και η απόσταση μιας οριζόντιας γραμμής από το στόμιο της καπνοδόχου από την τομή με τη στέγη είναι μικρότερη από 2,3 m και η καπνοδόχος βρίσκεται

- σε στέγη με κλίση μεγαλύτερη από 40°

- σε στέγη με κλίση μεγαλύτερη από 25° αν το άνοιγμα για τον αέρα καύσης και η κορυφή της καπνοδόχου βρίσκονται σε διαφορετικές πλευρές της κορυφής και η οριζόντια απόσταση από την κορυφή είναι μεγαλύτερη από 1,0 m.

4 Οδηγίες

Για τη διαστασιολόγηση πρέπει να είναι γνωστά:

— Η ισχύς του λέβητα (σημείο 1)

— Η θερμοκρασία των καυσαερίων (σημείο 5)

— Η διάμετρος του περιστόμιου καυσαερίων της συσκευής (σημείο 7)

— Το εκτεταμένο μήκος του καπναγωγού (σημείο 12)

— Το ενεργό ύψος του καπναγωγού (σημείο 13)

— Την κατασκευή τοιχώματος του καπναγωγού (σημείο 15): αριθμός στρωμάτων, υλικά, πάχη

Με γνωστή την κατασκευή τοιχώματος λαμβάνουμε από τον πίνακα B.5 τις τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας λ και της τραχύτητας r του εσωτερικού τοιχώματος (σημείο 18) από τον πίνακα B.4

— Τις τοπικές αντιστάσεις του καπναγωγού (σημείο 19): αριθμός γωνιών, συστολών κλπ

— Το εκτεταμένο μήκος της καπνοδόχου (σημείο 21)

— Το ενεργό ύψος της καπνοδόχου (σημείο 22)

— Την κατασκευή τοιχώματος της καπνοδόχου (σημείο 23)

Με γνωστή την κατασκευή τοιχώματος λαμβάνουμε από τον πίνακα B.5 τις τιμές των συντελεστών θερμικής αγωγιμότητας λ και της τραχύτητας r του εσωτερικού τοιχώματος (σημείο 26) από τον πίνακα B.4

— Αν η καπνοδόχος είναι εξωτερική ή εσωτερική (σημείο 25)

— Τις τοπικές αντιστάσεις του καπναγωγού (σημείο 27): αριθμός γωνιών, συστολών κλπ

— Τον τόπο (γεωδαιτικό ύψος) του τόπου (σημείο 28)

— Τη θέση της καπνοδόχου όσον αφορά την ανεμόπτωση (σημείο 38): έλεγξε την τιμή ανάλογα με τις συνθήκες (βλέπε ανάλυση ανωτέρω)

Πίνακας Β.4 Τυπικές τιμές για τη μέση τραχύτητα r υλικών κατασκευής καπνοδόχων

υλικό εσωτερικού κελύφους	τραχύτητα r σε m
συγκολλητός χαλυβδοσωλήνας	0,001
γυαλί	0,001
πλαστικά (συνθετικά υλικά)	0,001
αλουμίνιο	0,001
έτοιμα στοιχεία από πυρίμαχο πηλό	0,0015
τούβλα	0,005
κολλητά μεταλλικά ελάσματα	0,002
μπετόν	0,003
κτιστά κανάλια	0,005
κυματοειδή μεταλλικά κανάλια	0,005

Πίνακας Β.5 Πυκνότητα ρ και συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας λ και εκπομπής ε ορισμένων υλικών κατασκευής καπνοδόχων

Υλικό	ρ kg/m ³	λ [W/mK] για t =				ε —
		20°C	100°C	200°C	300°C	
αλουμίνιο	2800	160	160	160		0,3
χάλυβας	7800	50	50	50	50	0,6
ανοξειδωτος χάλυβας	7900	17	17	17	17	0,1
Τοιχοποιία						
τούβλα πλήρους δομής, κατακόρυφα	1200	0,60	0,63	0,66		0,9
διάτρητα τούβλα κλειστής δομής,	1600	0,82	0,86	0,90		
τούβλα για σκοπούς πλήρωσης	2000	1,15	1,20	1,26		
κατακόρυφα διάτρητα τούβλα με βαθμό διάτρησης Α και Β	600 800 1000	0,40 0,47 0,54	0,44 0,52 0,59	0,50 0,59 0,67		0,9
μονάδες πυριτικού ασβεστίου	1000	0,30	0,33	0,36		0,7
ελαφρομπετόν κλειστής δομής	800 1200 1600 2000	0,47 0,74 1,20 1,92	0,51 0,81 1,32 2,11	0,55 0,87 1,42 2,26		0,9
ελαφρομπετόν ανοικτής δομής	800 1200 1600 2000	0,34 0,55 0,90 1,44	0,37 0,60 0,97 1,55	0,40 0,65 1,06 1,70		0,9
ελαφρομπετόν ανοικτής δομής (φυσική βάση)	600 900 1200	0,22 0,34 0,49	0,24 0,38 0,56	0,27 0,42 0,61		0,9
ελαφρομπετόν ανοικτής δομής, μόνον εκτονωμένο σκυρόδεμα	600 900 1200 1500	0,23 0,36 0,53 0,72	0,26 0,40 0,58 0,80	0,28 0,45 0,66 0,89		0,9
εσωτερικό κέλυφος από πηλό / μπλοκ	2000	1,00	1,05	1,10	1,15	0,9
ορυκτές ίνες, ανοικτό		0,043	0,080	0,109	0,150	0,9
ορυκτές ίνες, αεριζόμενο		0,049	0,080	0,109	0,170	0,9
ορυκτές ίνες, πλάκες		0,037	0,053	0,073	0,100	0,9
ορυκτές ίνες, κελύφη		0,042	0,049	0,070	0,102	0,9
βερμικουλίτης		0,062	0,076	0,096	0,126	0,9
γαλί	2200	1,07	1,20	1,37		0,9
PVDF (πολυβινυλιδενοφθορίδιο)	1800	0,19	0,19			0,9
PP (πολυπροπυλένιο)	900	0,22	0,22			0,9