

Системи за одимљавање и надпритисну вентилацију

Увод

- Дим који се развија при пожару представља највећу опасност по живот људи и спречава ефикасно гашење пожара.
- Дим се развија у почетној фази пожара и испуњава простор у коме је пожар настао, угрожавајући при томе људе не само у том простору већ у целом објекту.
- Поред смањене видљивости као додатна опасност се јавља надражај очију и дисајних путева, што доприноси паничном понашању људи у пожарима.
- Зависно од хемијског састава материјала који гори, расположиве количине кисеоника и температуре која се при сагоревању развија, у диму се најчешће налазе: угљен-диоксид, угљен-моноксид, водоник-сулфид, сумпор-диоксид, амонијак, цијановодоник, азотни оксиди и други органски гасови.
- Најзаступљенији гас је угљен-диоксид, а најопаснији угљен-моноксид који при концентрацији од 5% има смртоносне последице.

- Опасности за људе које настају приликом пожара:
 - ✓ Температура ваздуха изнад 70°C
 - ✓ Топлотни флуks изнад $1,5 \text{ kW/m}^2$
 - ✓ Концентрација угљен-диоксида изнад 6%
 - ✓ Концентрација угљен-монооксида изнад 5%
 - ✓ Концентрација било ког токсичног гаса који се јавља у процесу сагоревања изнад MDK
 - ✓ Концентрација кисеоника мања од 17%
 - ✓ Видљивост мања од 5 m у правцу предвиђеном за евакуацију
- Контролу дима треба предвидети код објеката велике запремине (аеродромске зграде, спортске хале, позоришта, биоскопи, хотели, велика складишта), високих и укопаних објеката у којима се стално или привремено окупља вићи број људи (подземне железничке станице, подземне гараже, диско клубови и друго).

- Врели гасови и дим који настају при пожару, **услед мање густине у односу на околни ваздух**, подижу се од жаришта према плафону просторије. У зони испод плафона јавља се натпритисак, услед чега врели гасови и дим теже да кроз расположиве отворе изађу из просторије.
- У зони при поду просторије, услед струјања ваздуха навише, влада подпритисак који условљава прилив ваздуха у зону жаришта.
- Кретање дима и топлих гасова насталих у пожару зависи од механизма природне конвекције која потиче од разлике у температури дима и околног ваздуха, као и од струјања ваздуха (ветра) око објекта који је захваћен пожаром.

- Заштита од дима и топлоте насталих при пожару састоји се у:
 - ✓ елиминисању дима и топлоте из просторије захваћене пожаром применом принудне или природне вентилације,
 - ✓ заштити од дима евакуационих путева који нису конструктивно одвојени од дела објекта захваћеног пожаром,
 - ✓ заштити изолованих евакуационих путева (пожарно издвојених),
 - ✓ ограничењу ширења пожара (извлачењем продуката сагоревања најкраћим путем кроз отворе у крову смањује се температура у затвореном простору).
- Применом система одимљавања и натпритисне вентилације врши се **заштита путева за евакуацију у циљу ефикаснијег спашавања људи и омогућава лакше кретање и приступ ватрогасцима.**

- Уређаји за одвођење дима и топлоте могу да буду разних конструкција: посебни отвори који се аутоматски отварају у случају пожара, жалужине које служе за проветравање, отвори за природну вентилацију, светларници на крову, прозори на спољним зидовима кад се налазе испод таванице/крова.
- Механизми за активирање морају бити **аутоматски** (напр. отварање преко извршне функције централе за дојаву пожара).
- Ручни механизам за активирање мора да се постави на безбедно место, са кога човек може да активира уређај, али то место не сме да буде смештено у просторији у којој је постављен уређај за одвођење дима и топлоте.

- Постоје два основна метода за обезбеђивање одвођења дима при пожару из објекта:
 - ✓ Метода преко отвора за **природно одвођење дима**, обично на крову објекта или испод самог крова на навишој тачки унутар објекта. Одвођење дима се код ове методе остварује струјањем узгонском силом која зависи од природних фактора (разлике спољашњих и унутрашњих температура, брзине ветра, висине објекта итд.),
 - ✓ Метода преко отвора за **механичко одвођење дима** и топлоте, вентилаторима, обично на крову објекта или непосредно испод крова.
- За ефикасно одвођење дима и топлоте из простора у коме је избио пожар уграђују се **димне завесе** које представљају препреке које се спуштају са таванице и које омогућавају сакупљање врелих гасова и дима унутар простора омеђеног димним завесама.

Одређивање количине дима који настаје у пожару

- За време пожара настаје велика количина дима.
- Са аспекта заштите од пожара потребно је познавати количину створеног дима и брзину настајања дима јер су ове две величине примерне за безбедну евакуацију људи из објекта који је захваћен пожаром.
- С обзиром да математички модел за развој пожара није постојао, све једначине за израчунавање количине дима су се базирале на искуственим вредностима на основу различитих емпиријских формула.
- Методе за израчунавање количине дима које су највише у примени су: **Данијелсова** метода и **стационарна** метода.
- Треба нагласити да обе методе имају ограничену примену.

- Данијелс је пошао од одређивања минималне количине ваздуха потребне за сагоревање.
- Та количина је експериментално добијена и креће се у границама од 5 m³/kg за затворену просторију до 10 m³/kg за неограничену количину ваздуха.
- Количина ваздуха се односи на средњу температуру сагоревања $t_{sr}=200^{\circ}\text{C}$.

$$G_v = P_i \cdot S \cdot (5 \div 10) \cdot \frac{(273 + t_{sr})}{273}, \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

где је:

P_i - пожарно оптерећење у kg/h,

S - површина просторије у m²

t_{sr} - средња температура сагоревања у °C

G_v - Развијена количина гаса у m³/h

- Стационарна метода се базира на искуству о стварању дима у стварним пожарима.
- Врели димни гасови изнад пламена имају нижу густину од хладног околног ваздуха па се крећу навише. Пламен повлачи околни ваздух за собом. У зависности од температуре и количине оксидатора који се нађе у перјаници изнад пламена, долази до бољег или лошијег сагоревања па самим тим и до већег или мањег процента распршених честица које представљају чађ.
- Брзина мешања ваздуха са пламеном у директној је вези са количином насталог дима и зависи од следећих фактора:
 - ✓ Брзина ветра,
 - ✓ Развијена температура ваздуха у просторији услед пожара,
 - ✓ Висина стуба дима, рачунајући од пода до доње ивице слоја дима.

- Количина насталог дима у јединици времена (kg/h или kg/s) према Хинклију израчунава се по једначини:

$$G_t = 0,188 \cdot P \cdot y^{2/3},$$

Где су:

P - полупречник пожара (површина захваћена пожаром у m)

y - растојање између пода и доње ивице димног слоја испод таванице у m

G_t - количина насталог дима у kg/h.

- Код ове методе количина (маса) дима у јединици времена зависи директно од обима, тј. од величине ватре која се развила на поду просторије, и висине слободног простора између дима и пода просторије.
- Ова метода је прихваћена у стандардизованим прорачунима (BS и EN норме).

- У оваквом сагледавању количине дима не узима се у обзир количина свежег ваздуха већ се сматра да он постоји.
- Како свеж ваздух директно утиче на величину пожара, а самим тим и на количину дима, то се по овој једначини не добија адекватна вредност за пожар у прогресији **већ само за пожар у стационарном стању**.
- Стационаран пожар се може постићи само када је његов обим ограничен (нпр. $3 \times 3 \text{ m}$), што се може постићи једино инсталирањем млазница за гашење пожара водом типа спринклер. Ако се прихвати тако ограничење (квадрат $3 \times 3 \text{ m}$ или круг димензија пречника $3,8 \text{ m}$) количина дима се може доста тачно израчунати из претходне једначине.
- За сигурност људи су најважније висине од $1,5$ до 2 m од пода, јер у случају спуштања слоја дима то тих висина, човек је директно угрожен. Време испуњавања просторије димом до наведених висина креће се од 10 до 15 s за просторије до 100 m^2 , односно 1 до 2 min за објекте до 1000 m^2 .

- За колико времена ће се нека просторија у којој је избио пожар напунити димом зависи од више фактора, од којих су најзначајнији висина објекта и његова површина.
- Ова времена су табеларно дата у литератури и у функцији су растојања од пода до границе слоја дима (табела 1).

Табела 1

Висина просторије, m	Површина просторије, m²								
	100			1000			10000		
	Растојање од пода до границе слоја дима, m								
	3	2	1,5	3	2	1,5	3	2	1,5
	Време, s			Време, min					
4	4	11	17	0,7	1,8	2,8	6,9	18,4	28
5	7	14	20	1,2	2,3	3,3	11,5	23	33
6	9	16	22	1,5	2,6	3,6	15	26,5	36
8	12	19	25	2,0	3,1	4,1	20	31	41
10	14	21	27	2,3	3,5	4,4	23	35	44
15	17	24	30	2,8	4,0	4,9	28	40	49,5

Кретање дима у објекту

- Проблем кретања дима у објекту је виома сложен проблем динамике флуида, зависи од много фактора од којих су многи непредвидиви због чега их је тешко квантитативно прорачунати и предвидети кретање дима.
- Дим из просторије која је захваћена пожаром шири се према осталим просторијама у објекту. У почетку је то ширење путевима сталне циркулације ваздуха у хоризонталном правцу, кроз отворе на зидовима (прозори, врата, ваздушни канали и др.).
- Када се температура пожара повиси, у вертикалним каналима (лифтовски шахтови, степенишни простори, вентилациони канали) због тога што је загрејани дим лакши од околног ваздуха, долази до „**ефекта димњака**“, односно брзог ширења дима према горњим спратовима.
- Главне покретачке силе кретања дима су **градијент температуре**, који узрокује природну конвекцију дима и топлих гасова, и **градијент притиска** који се јављају унутар објекта услед дејства механичког система вентилације, односно услед ветра.

- Кретање дима кроз пукотине, рупе или друге отворе јавља се услед разлике у притисцима на њиховом улазу и излазу.
- Запремински проток дима (m^3/s) , кроз попречни пресек отвора, може се одредити изразом:

$$Q_k = C \cdot A \cdot \left(2 \cdot \frac{\Delta P}{r} \right)^{\frac{1}{2}}, \frac{m^3}{s}$$

Где су:

C – бездимензиони коефицијент протока,

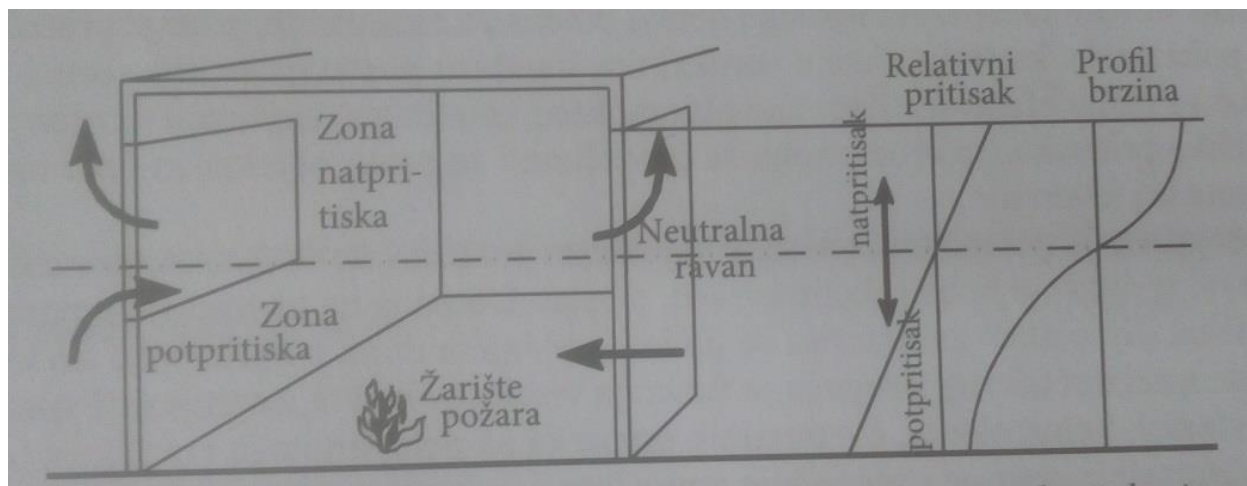
A – површина попречног пресека отвора (површина пропуштања) у m^2 ,

ΔP – разлика притиска на улазу и излазу отвора у Pa ,

r – густина дима у kg/m^3 .

- Бездимензиони коефицијент протока кроз напрслине око врата и прозора, као и других грађевинских напрслина обично се креће у опсегу 0,6 до 0,7.
- За густину дима $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ и бездимензиони коефицијент протока $C = 0,65$, претходни израз се може написати у облику:

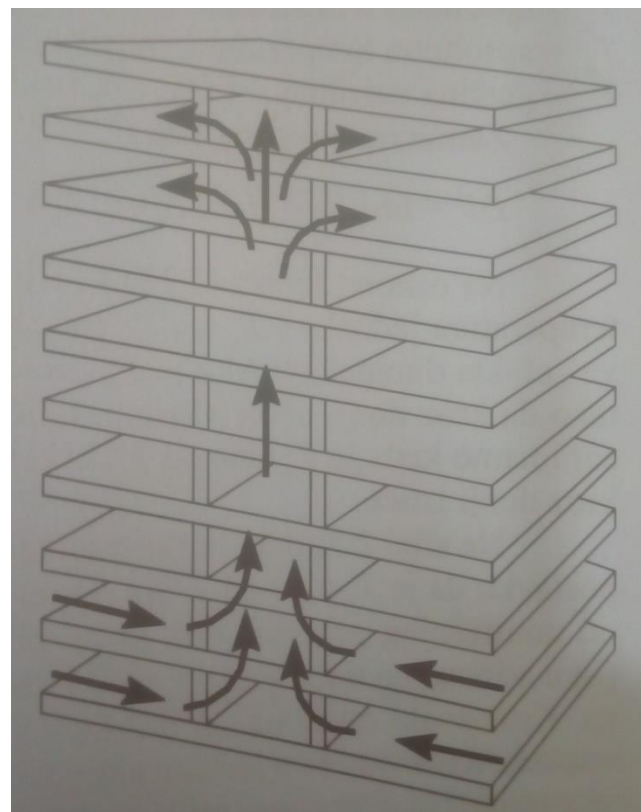
$$Q_k = 0,839 \cdot A \cdot (\Delta P)^{\frac{1}{2}}, \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



Слика 1. Механизам ширења дима у просторији и распоред притиска и брзина на отвору просторије

- У реалним условима „ефекат димњака“ може бити узрок природног кретања ваздуха у зградама.
- За време пожара овај ефекат узрок је широког распростирања дима и токсичних продуката сагоревања унутар објекта.
- Ефекат димњака је нарочито изражен код вишеспратних објеката.
- Овај ефекат настаје услед градијента притиска, насталог као резултат разлике температуре унутар и изван зграде.
- У случају пожара ефекат се интензивира због повећања температурске разлике.
- Загрејани ваздух и дим унутар зграде постаје ређи, има мању густину и лакши је од ваздуха изван зграде.
- Да би се изједначио притисак ваздуха, спољашњи ваздух улази у зграду кроз отворе у доњем делу зграде, а загрејани ваздух излази заједно са димом и топлим гасовима у горњем делу зграде.

- Услед многих препрека, хоризонталних и вертикалних, ширењу дима, највећи део вертикалног кретања се одвија вертикалним коридорима и вертикалним шахтовима под дејством разлике притисака и разлике густине дима и ваздуха.
- При томе се под вертикалним каналима могу подразумевати димни канали или шахтови, али што је много чешћи случај, и све друге вертикалне комуникације, као што су степенишни простори и лифтовски шахтови.
- Због овог ефекта често долази до веома брзог ширења дима и, токсичних продуката сагоревања у објекту и испуњења степеништа и евакуационих путева димом.



Слика 2. Ефекат димњака

- На слици 3 је дат шематски приказ ефекта димањака на моделу објекта са једним отвором близу основе и другим близу врха.
- Природно струјање између наведених отвора проузроковано је разликом у тежини ваздушног стуба унутар модела и одговарајућег стуба ваздуха истих димензија изван модела.
- Интензитет наведеног струјања теоријски се може израчунати изразом:

$$\Delta P = 4,736 \cdot H \cdot B_v \cdot r \cdot \frac{1}{\left(T_v - \frac{1}{T_u}\right)}, \text{ kPa}$$

Где су:

H – вертикално растојање између отвора у m,

B_v – барометарски притисак ваздуха у kPa (102,325 kPa),

T_v – апсолутна температура спољашњег ваздуха у K,

T_u – апсолутна температура унутар објекта у K,

r – густина ваздуха при 0°C и притиску од 102,325 kPa у kg/m³ (1,379 kg/m³)

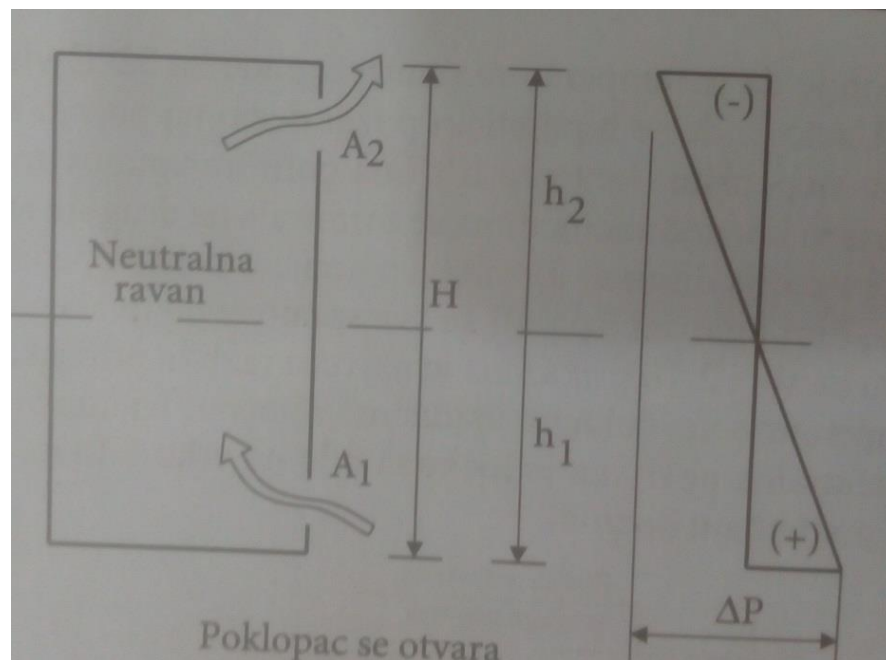
- Положај неутралне равни може се одредити из израза:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{A_2^2 \cdot T_v}{A_1^2 \cdot T_u},$$

Где су:

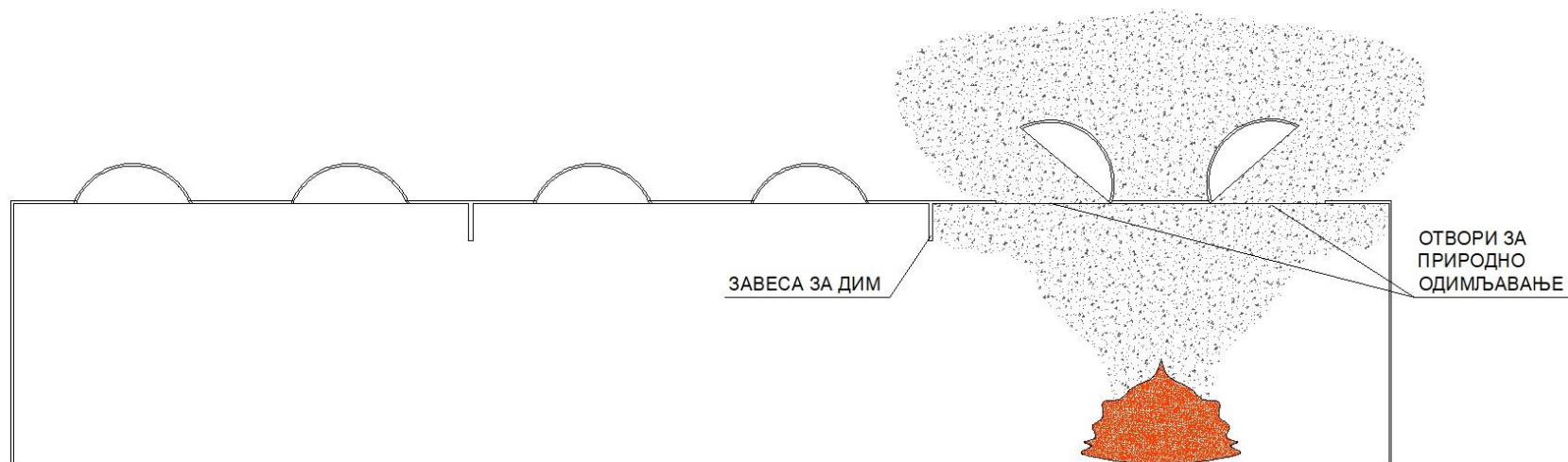
h_1 и h_2 – одговарајућа растојања доњег и горњег отвора од неутралне равни у m,

A_1 и A_2 – одговарајуће површине попречног пресека отвора у m².



Слика 3. Шематски приказ ефекта димњака на моделу са положајем неутралне равни

Системи природне вентилације



- Димне завесе постављају се тако да целокупна површина простора буде издељена на секторе чија површина може да износи највише 1600 m².
- Завесе се израђују од негоривог материјала, морају добро да заптивају на таваници и да онемогуће продор дима из једног у други димни сектор.

- Аутоматско отварање уређаја за одвођење дима и топлоте може бити:
 - ✓ Помоћу механизма са преднапрегнутом опругом
 - ✓ Помоћу компримованог ваздуха
 - ✓ Са уграђеним термичким осигурачем (ампулом)
 - ✓ Преко система за аутоматску дојаву пожара
- Код принудног одвођења дима и топлоте имамо три начина:
 - ✓ Довод ваздуха се врши природно а одвођење механичким путем преко вентилатора
 - ✓ Довод ваздуха се врши механичким путем а одвођење природним путем (контрола дима применом натпритисне вентилације)
 - ✓ Довод ваздуха и одвођење продуката сагоревања и топлоте механичким путем преко вентилатора.

- Природно одвођење дима и топлоте се по правилу врши код приземних обејата, једноставних облика, као што су производни погони, складишта, котларнице и слични објекти.
- Због повишене температуре при пожару у горњој зони се појављује виши притисак од атмосферског па дим преко отвора за природно одвођење излази из обејкта, а хладан ваздух из околине улази преко отвора у дну објекта.
- Одвођење дима може да буде преко отвора на крову или преко отвора на фасадним зидовима.

- Површина отвора на крову за одвођење дима може да се израчуна према обрасцу:

$$A_v = 0,4 \cdot P \cdot h \cdot \left(\frac{h}{d}\right)^{\frac{1}{2}},$$

Где су:

A_v - потребна површина отвора у m^2 ,

P – опсег (обим) пожара у m ,

h - раздаљина између пода и доњег дела димне завесе у m ,

d - раздаљина између отвора и доњег дела димне завесе у m .

- Одвођење дима из ходника може се успешно вршити преко вентилационих отвора у фасадном зиду (прозори који се ручно или аутоматски отварају).
- Експерименти су показали да код затворених отвора или у објекту без отвора за одимљавање достигнути ниво температуре на крову износи преко 815 °C већ након 5 минута од почетка пожара.
- У случају када се отвори активирају показала се пуна њихова ефикасност јер је максимална температура под кровом била 300 °C између 6 и 8 минута од почетка пожара.
- Температура мерена на висини од 1,5 m од пода при затвореним отворима износила је 200 °C после 8 минута, а код активираних отвора свега 50 °C.
- На висини од 3 m од пода измерена температура при затвореним отворима је износила 300 °C а при отвореним 50-60 °C.

- Отвори за одвођење дима и топлоте распоређују се равномерно у односу на просторију која се штити, обавезно изнад најугроженијих делова простора.
- Према ***Правилнику о техничким нормативима за системе одвођења дима и топлоте насталих у пожару*** (Сл. гласник СФРЈ број 45/83) укупна ефективна површина отвора система за одвођење дима и топлоте за различите услове према величини просторије, врсти производње или материјала који се складишти рачуна се према следећим обрасцима:
 - За просторије чија површина је већа од 1600 m²

$$A_{vs} = p \cdot F_p,$$

- За просторије чија је површина пода од 800 до 1600 m²

$$A_{vs} = p \cdot 1600,$$

- За просторије чија је површина пода до 800 m²

$$A_{vs} = p \cdot F_p \cdot 1600,$$

Где су:

A_{vs} – укупна ефективна површина отвора система за одвођење дима и топлоте у m²,

p – табеларне величине ефективне површине отвора референтних група зависно од средње конструкционе висине просторије и рачунске дебљине димне зоне које су дате табеларно у %,

F_p - површина пода просторије за коју се израчунава ефективна површина за одвођење дима и топлоте у m².

Пример прорачуна:

- За **трговински центар** површине 6250 m^2 и средње конструкционе висине $8,5 \text{ m}$, предвиђено је природно одимљавање помоћу отвора (светларника) на крову. Отвори се отварају преко термичке ампуле или ручним активирањем. Прорачун према правилнику за просторије чија површина је већа од 1600 m^2 :

$$A_{vs} = p \cdot F_p,$$

- Према табели 1 Правилника, категорија опасности од пожара за робне куће је 2,2. Према табели 4 Правилника за категорију опасности 2,2 референтна група је 2. На основу члана 29. Став 2 Правилника, рачунска висина димне зоне за просторије средње конструкционе висине преко 6 m , мора износити најмање половину средње конструкционе висине, односно $8,5/2=4,25 \text{ m}$.

- Површина отвора за природно одимљавање ће бити рачуната према захтеву да највећа дозвољена дебљина димне зоне износи:

$$B = H_G - 4,25 = 8,5 - 4,25 = 4,25 \text{ m.}$$

- Према табели 5, Правилника за средњу конструкциону висину простора од 8,5 m, рачунску дебљину дима од од 4,25 m и за референтну групу 2, величина ефективне површине отвора износи $p=0,35\%$. Следи да је укупна потребна ефективна површина отвора:

$$A_{vs} = \left(\frac{0,35}{100} \right) \cdot 6250 = 21,9 \text{ m}^2.$$

- Када ваздух и врели гасови пролазе кроз отвор (вентилациони отвор који је стално отворен, отворени прозор, димну клапну или вентилациону решетку) јавља се ограничење протока које је одређено димензијом отвора. Отпор том протоку се дефинише као коефицијент који се мора применити на геометријску површину вентилационог отвора:

$$A_w = a \cdot b \cdot c_v, \text{ m}^2$$

- Неки кровни отвори и прозори поседују коефицијенте који су установљени експерименталним путем.
- Уобичајени коефицијенти протока за прозоре са „вентус“ механизмима (отварање на кип) не узимајући у обзир бочна струјања ваздуха приказани су у табели 2.

Табела 2

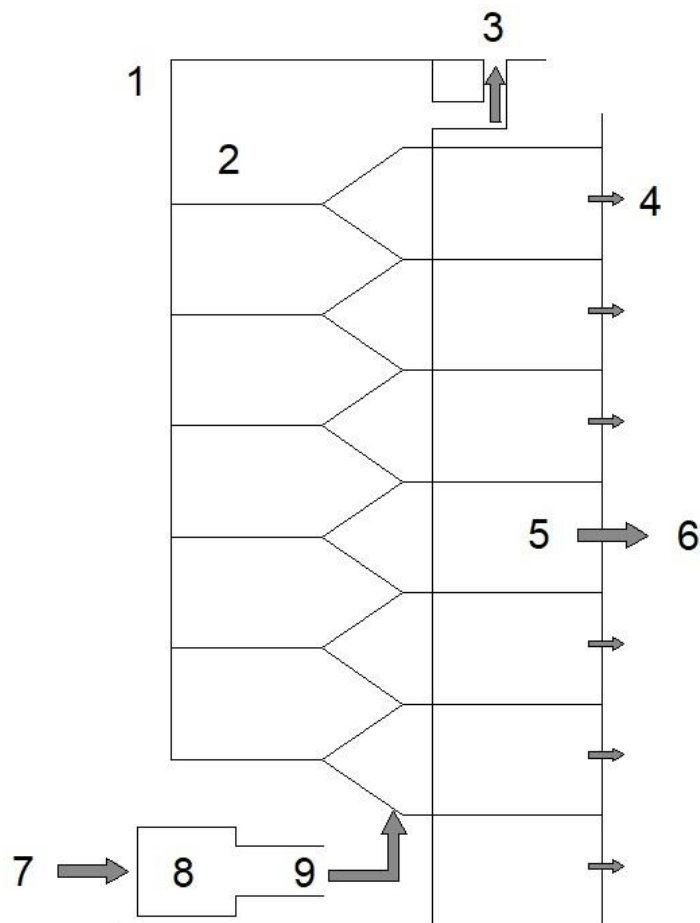
Угао отварања	Коефицијент протока, c_v
15°	0,15
30°	0,45
45°	0,56
60°	0,63
90°	0,67



- Уклањање дима и топлоте путем вентилационих отвора може бити ометано притиском ваздуха споља услед ветра и из тог разлога треба пажљиво размотрити позицију отвора.
- Материјали који се користе за израду отвора, њихових покретних делова, уређаја за отварање и друге пратеће опреме морају бити такви да је увек осигурана њихова основна функција, а при томе морају задовољити следеће услове:
 - ✓ Системи за одвођење дима и топлоте и токсичних продуката сагоревања морају бити изведени од негоривих материјала (рам и остали делови конструкције који су везани за механизам за отварање, док сама површина која затвара отвор за одвођење дима и топлоте може бити од горивог материјала),
 - ✓ Заптивни материјали који служе за заштиту од продора атмосферског талоба може бити од горивог материјала с тим да је заштићен од непосредног утицаја пламена и топлоте. Заптивке морају бити такве да уређај одражава своју функцију и у време ниских и високих температура,

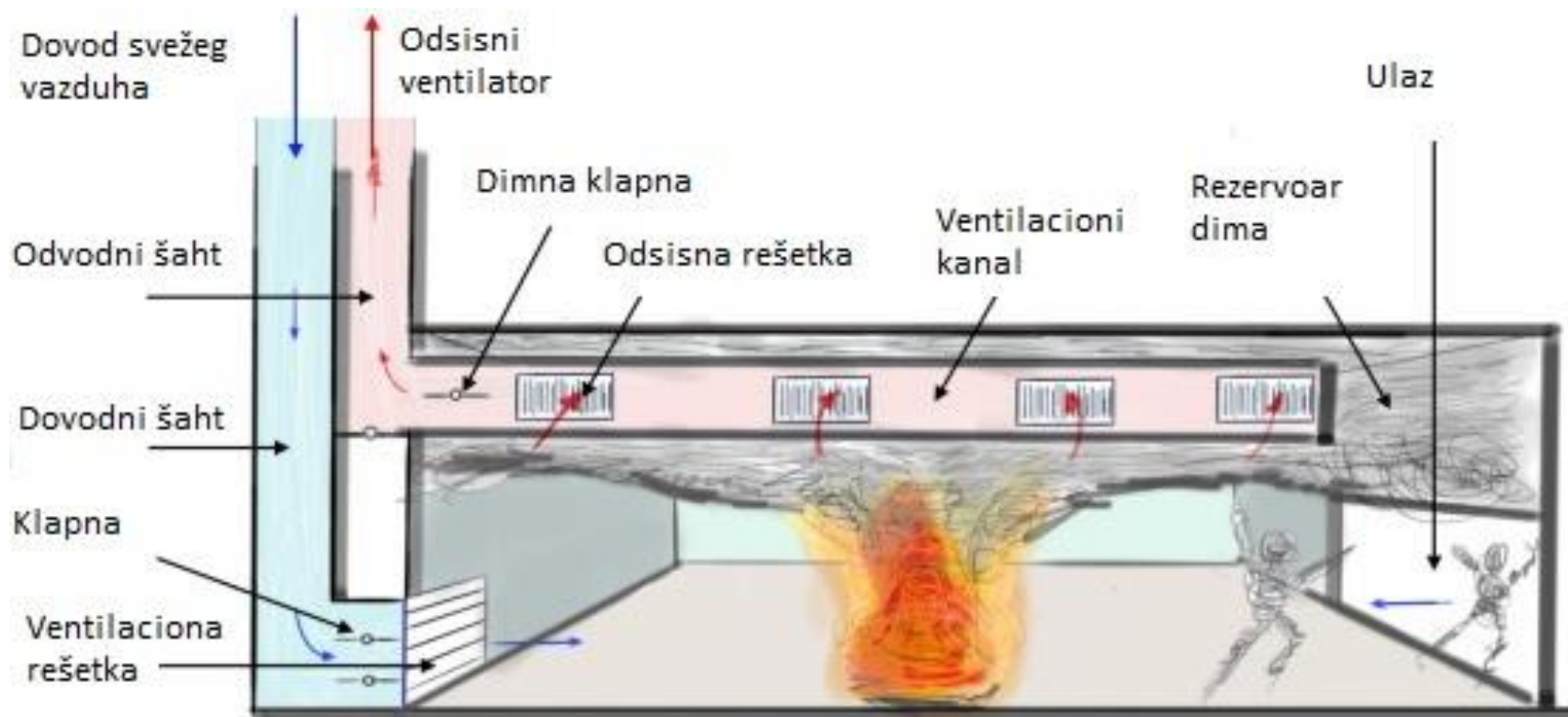
- ✓ Уређај за отварање мора бити тако изведен да је заштићен од механичког оштећења као и да високе температуре не утичу на функционалност уређаја најмање до момента његовог отварања,
 - ✓ Уређаји за одвођење дима и топлоте морају бити тако изведени да се могу активирати и у случају кад се на површини која се затвара отвор налази снег дебљине 40 cm.
-
- Каблови који напајају механизме за покретање отвора морају бити отпорни на пожар.
 - Да би се смањио ризик од губитка електричног напајања у случају пожара неопходан је секундарни извор напајања (нпр. батерија 24V). Секундарни извор напајања треба да буде довољног капацитета да би одржао у функцији топлотни и димни вентилациони систем у ванредним околностима одређени временски период, обично 72 h.

Системи принудне вентилације



1. Спољна средина, 2. Простор а натпритиском, 3. Сигурносни одушак за прекомерни притисак,
4. Цурење у спољну средину, 5. Пожарна зона, 6. Отвори за избацивање ваздуха, 7. Довод ваздуха, 8. Вентилатор за довод ваздуха, 9. Систем доводних канала

- Инсталација за одвођење дима, токсичних продуката сагоревања и топлоте принудним путем састоје се из хоризонталних канала, вертикалних шахтова, вентилатора, противдимних клапни и одводних канала, каблова који напајају мотор вентилатора ел. енергијом.
- Постоји систем за **безканално одимљавање** применом „џет“ аксијалних вентилатора
- Вентилатори за одвођење дима мора да испуне следеће захтеве:
 - ✓ Одведу топле димне гасове у периоду времена које је довољно да се изврши евакуација људи из објекта,
 - ✓ Онемогуће појаву дима у објекту за време док ватрогасци учествују у локализацији пожара,
 - ✓ Изврше елиминисање остатка дима из објекта након локализације пожара,
 - ✓ Одведу „хладан дим“ за време ране фазе пожара.

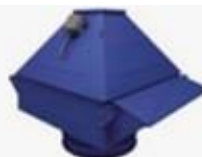




VENTILATOR ZA
SVEŽ VAZDUH



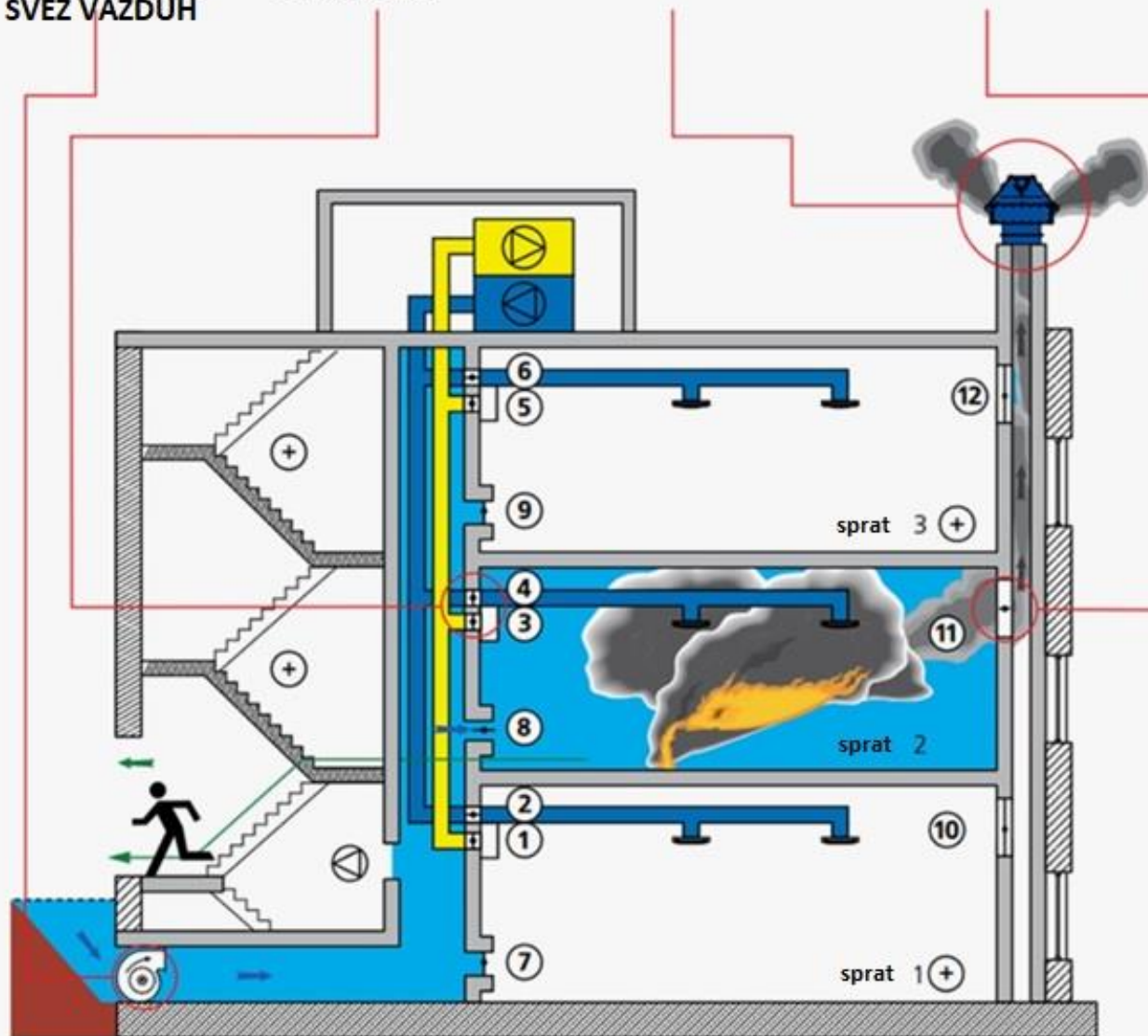
PP Klapna



ODSISNI VENTILATOR



DIMNA ŽALUZINA

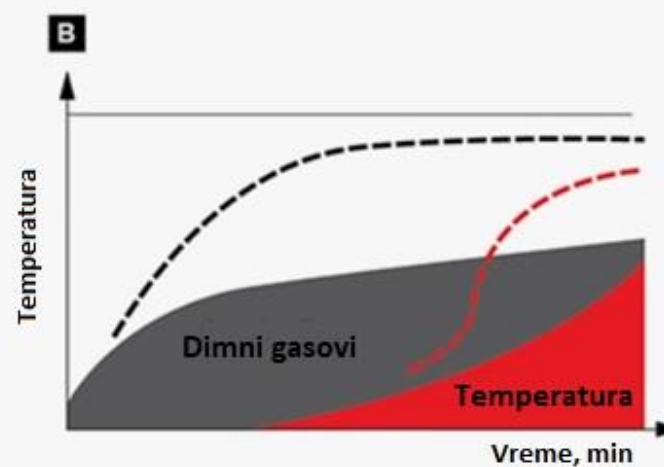
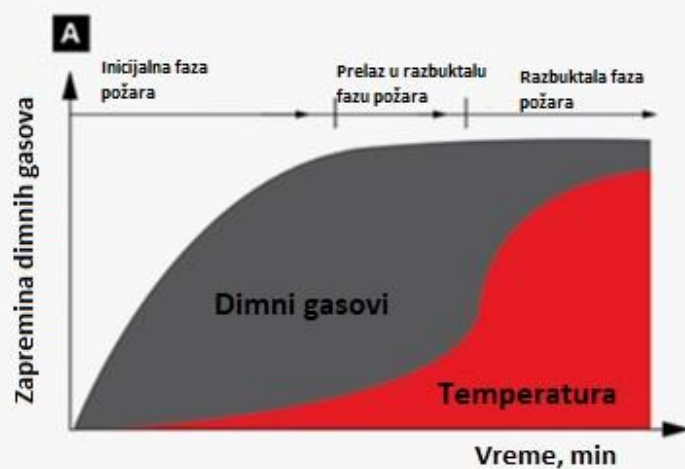


- **Канали и шахтови** за одвођење дима морају да испуне три основна услова:
 - ✓ Да губици ваздуха који настају у њима буду минимални
 - ✓ Да су непропусни за ваздух
 - ✓ Да буду отпорни на пожар
- **Противдимне клапне** се уграђују на местима уласка и изласка хоризонталних канала за убацивање свежег ваздуха и извлачење дима.
- Противдимне клапне су стално затворене у нормалним условима а отварају се при појави пожара и дима али само у нивоу где је дошло до пожара или у једном делу нивоа који представља противдимну зону.
- **Електрични каблови** који напајају моторе вентилатора и противдимне клапне представљају сигурносну опрему која мора да функционише у режиму пожара.
- **Извори електричне енергије** морају бити обезбеђени из трафо станице али и из дизел електричног агрегата смештеног у посебној просторији која представља посебан пожарни сектор.

POŽAR U OBJEKTU BEZ SISTEMA ODIMLJAVANJA



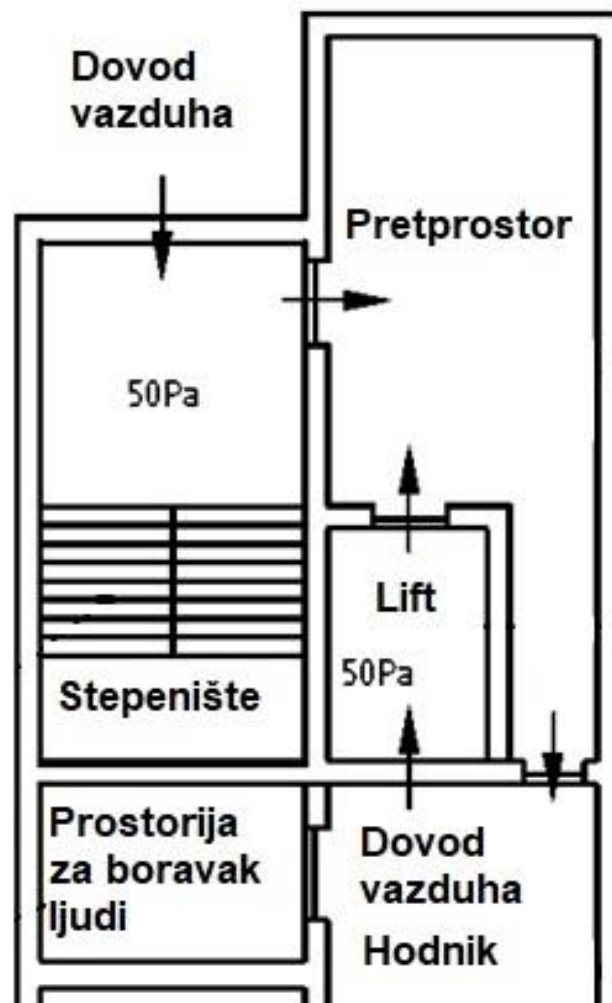
POŽAR U OBJEKTU SA SISTEMOM ODIMLJAVANJA



Системи натпритисне вентилације

- Циљ система натпритисне вентилације је да се створи такав диференцијални притисак који ће да осигура да се дим креће даље од заштићеног простора.
- То се постиже одржавањем вишег притиска у заштићеном простору од оног у зони пожара.
- Примена система натпритисне вентилације обавезна је у **подземним гаражама и у објектима који се сврставају у категорију високих.**
- Обезбеђењем натпритиска у сигурносном степеништу или претпростору, који раздваја остатак објекта од сигурносног степеништа, **остварују се услови за безбедну евакуацију људи у почетном стадијуму пожара** и спречава се ширење дима и пожара по објекту у његовој развијеној фази.

- На степеништима која немају претпростор неопходно је да цели степенишни шахтови буду под натпритиском.
- Натпритисак се остварује убацавањем ваздуха помоћу каналског вентилатора и система разводних канала за ваздух или директним убацавањем ваздуха путем аксијалног вентилатора који се монтира на фасади објекта уколико за то постоје технички услови.
- На усисној страни вентилатора може се предвидети моторна клапна која је затворена када систем није у функцији.
- У режиму пожара, укључују се системи натпритисне вентилације на нивоу објекта где је дошло до пожара а моторна клапна се отвара.



Пример примене система натпритисне вентилације у степенишном и лифтовском шахту

Потребна количина ваздуха за натпритисну вентилацију

- Ступеништа за евакуацију се одвајају од хоризонталних путева пожарним зидовима и самозатварајућим противпожарним и противдимним вратима.
- Поред тога евакуациона ступеништа се или држе под сталним притиском или се проветравају.
- То се остварује довођењем свежег ваздуха у ступенишни шахт да би се обезбедио натпритисак од 20 до 80 Pa у односу на ходнике и на тај начин спречило кретање дима из ходника према ступеништу.
- У овим случајевима приликом отварања врата имамо кретање свежег ваздуха из ступеништа према ходнику где је брзина пролаза већа од 0,5 m/s.
- Прорачун потребне количине ваздуха за обезбеђење натпритиска врши се према следећем обрасцу:

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta p^a, \text{ m}^3/\text{s}$$

Где су:

Δp – разлика притисака у Pa,

A – површина губитака у m^2 .,

K - коефицијент растерећења $K=0,827$,

a - коефицијент отварања који зависи од врсте губитка ($a=0,5$ за затворен врата и $a=0,625$ за затворене прозоре)

- Када се површине губитака сабирају паралелно важи:

$$A_T = A_1 + A_2 + \dots + A_i,$$

- Када се површине губитака сабирају редно (серијски) важи:

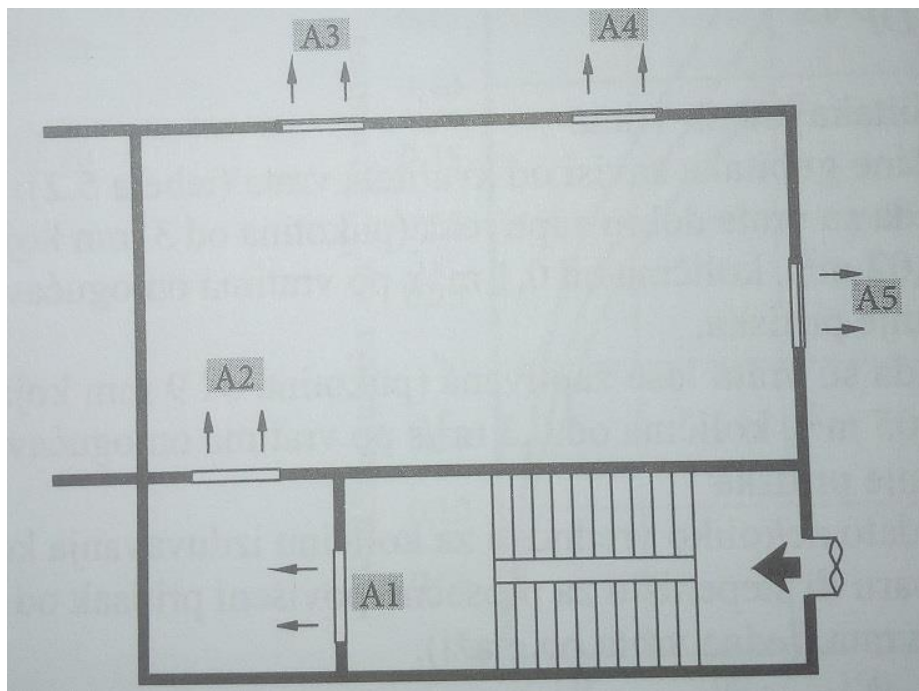
$$A_T = \left(1/A_1^2 + 1/A_2^2 + \dots + 1/A_i^2 \right)^{1/2}.$$

Где је:

- A_T – укупна површина губитака у m^2 .

Пример на слици:

$$A_T = \left(1/A_1^2 + 1/A_2^2 + 1/(A_3 + A_4 + A_5)^2 \right)^{1/2}.$$



- Величина површине губитака зависи од квалитета врата. У случају када су врата добро заптивена (пукотина од 3 mm која представља површину губитака од око 0,02 m²), количина од 0,1 m³/s по вратима омогућава да се обезбеди задовољавајуће повећање притиска.
- У случају када су врата лоше заптивена (пукотина од 9 mm која представља површину губитака од око 0,05 m²) количина од 0,3 m³/s по вратима омогућава да се обезбеди задовољавајуће повећање притиска.
- У табели 3 је дато неколико вредности за количину ваздуха за надпритисак од 50 Pa када је губитак настао само због врата (једна врата по етажи).

Табела 3

Број врата	Добра заптивеност	Просечна заптивеност	Лоша заптивеност
2	840	475	2100
5	2110	3685	5260
10	4210	7370	10525
15	6315	11050	15800

Одвођење дима из гаража

- Према *Правилнику о техничким нормативима безбедности гаража од пожара* („Сл. гласник РС“, бр. 31/2024) у **подземним гаражама обавезно је принудно проветравање.**
- Подземне гараже су гараже испод нивоа коте терена, укључујући и ниво гараже делимично укопан у земљу више од једног метра.
- Гараже се разврставају на мале до 400 m², средње 400-1500 m² и велике преко 1500 m².
- Принудна вентилација мора да буде димензионисана тако да полчасовна средња вредност угљен-моноксида не износи више од 100 ppm, а систем за извлачење ваздуха мора обезбедити најмање **три измене ваздуха на час у малим гаражама односно шест измена ваздуха на час у средњим и великим гаражама**, при чему се мора обезбедити одсис из горње и доње зоне са по 50% капацитета.

- Принудно проветравање у великим гаражама мора имати најмање два вентилатора једнаке величине у сваком вентилационом систему који обезбеђују укупну потребну количину ваздуха када раде истовремено.
- Вентилатори за одвођење дима морају да раде у случају пожара и морају бити такве конструкције да могу издржати температуре до 400°C у трајању од 90 минута.
- Поред аутоматског управљања системом принудне вентилације, системом натпритисне вентилације и системом за одвођење дима, мора се обезбедити и могућност ручног управљања са безбедног места.
- Систем принудног одвођења дима и топлоте може бити канални или бесканални, метода преко отвора за механички одвођење, вентилаторима обично на крову објекта или испод крова објекта на највишој могућој тачки у објекту.

- Потребна количина ваздуха за **вентилацију**:

$$q_v = V \cdot n$$

V - Корисна запремина гараже у m^3 .

$n = 3 \text{ 1/h}$ - број измена ваздуха за мале гараже

$n = 6 \text{ 1/h}$ - број измена ваздуха за средње и велике гараже

- Потребна количина ваздуха за **одимљавање** рачуна се према стандарду **SRPS CEN/TR 12101-5**.

За пожар на моторном возилу у гаражи, параметри из Табеле 1 стандарда:

- Површина захваћена пожаром: $A_f = 10 \text{ m}^2$
- Обим захваћен пожаром: $P = 12 \text{ m}$
- Пречник пожара: $D = 3,82 \text{ m}$
- Јединична ослобођена топлотна снага: $q_f = 400 \text{ kW/m}^2$
- Минимална висина слоја ваздуха без дима у зони евакуације: $Y = 2,5 \text{ m}$ или $0,8 \times H$, усваја се мања вредност, где је H висина од пода до плафона гараже у метрима (m).

- Проверава се да ли је испуњен критеријум:

$$Y \leq 10 \cdot (A_f)^{0,5}$$

Нпр. за $Y=2,5$ m

$$2,5 \text{ m} \leq 10 \cdot (A_f)^{0,5} = 10 \cdot (10)^{0,5} = 10 \cdot 3,16 = 31,6 \text{ m}$$

- Испуњен је критеријум за продукцију дима који се ствара изнад великог пожара (важи у највећем броју случајева за подземне гараже) тако да важи следећа једначина за масену продукцију дима:

$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2} \text{ [kg/s]}$$

Нпр.

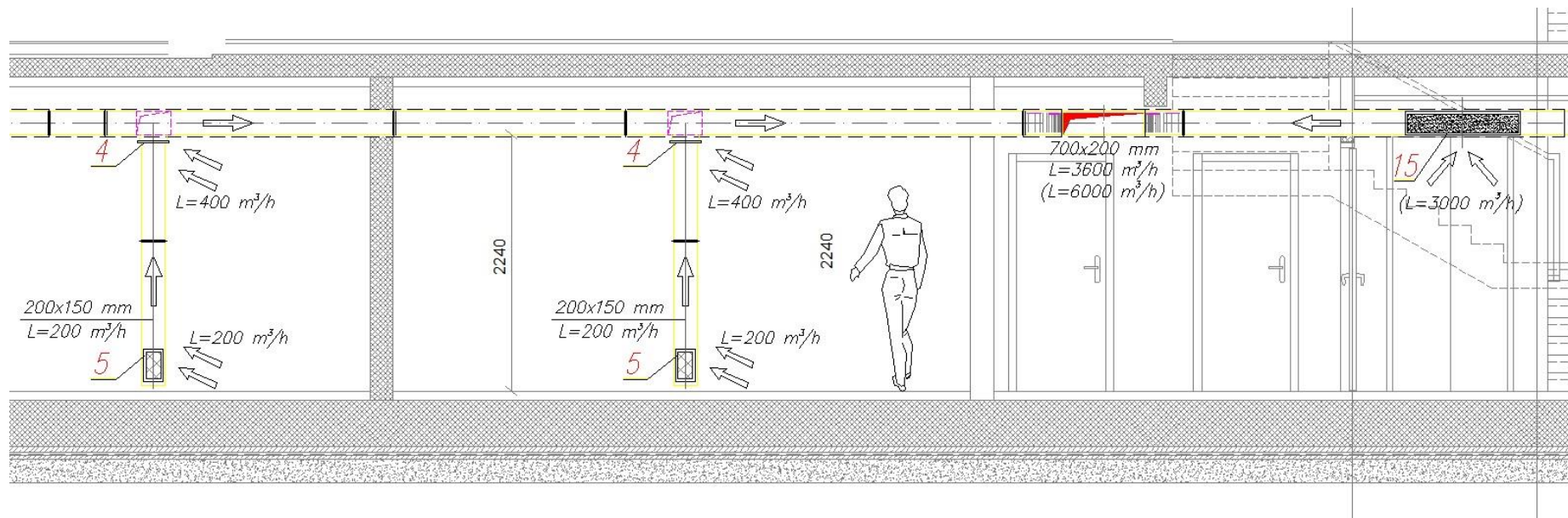
$$M_f = C_e \cdot P \cdot Y^{3/2} = 0,19 \cdot 12 \cdot (2,5)^{3/2} = 0,19 \cdot 12 \cdot 3,95 = 9 \text{ kg/s}$$

- Усвојен је коефицијент прилива ваздуха од $C_e=0,19$, за просторе великих габарита у случају када је петострука вредност пречника пожара ($5 \cdot D$) мања од највеће димензије (ширине или дужине) гараже.
- У супротном за просторе малих габарита усваја се $C_e=0,337$.
- Запреминска продукција дима износи:
 $Q_f = M_f / \rho \text{ [m}^3/\text{h]}$
где је: ρ — густина дима

- Извлачење ваздуха за вентилацију гараже, врши се преко каналског система од поцинкованог лима дебљине од 0,5 до 1 mm, са одговарајућим бројем вентилационих решетки.
- Извлачење дима у случају инцидентне ситуације, односно одимљавања гараже, врши се преко дела хоризонталне каналске мреже система који се користи и за вентилацију гараже и клапни за одимљавање са електромоторним покретачем.
- Канали за извлачење дима морају имати атест о отпорности на пожар у трајању од 90 минута, који је издат од стране акредитоване лабораторије.
- Потребан напор вентилатора:

$$H_v = 1,1 \cdot \Delta p, \text{ Pa}$$

Где је Δp пад притиска у каналима услед трења и локалних отпора.



Пример диспозиције канала и решетки за вентилацију и одимљавање подземне гараже

- Између гараже и степеништа, у тампон зони, према стандарду SRPS EN 12101-6 потребно је остварити надпритисак ваздуха у односу на притисак ваздуха околних просторија од 50 Pa.
- Надпритисак ваздуха у тампон зони се остварује убацивањем ваздуха у простор тампон зоне.
- Сва врата у тампон зони су противпожарна, ватроотпорна 90 min, са механизмом за самозатварање дефинисана грађевинским пројектом.
- Одређивање потребне количине ваздуха за остваривање натпритиска своди се на израчунавање количине ваздуха која услед незаптивености у грађевинским елементима исцури из просторије у којој се одржава натпритисак.

- Препорука је да се усвојена количина ваздуха увећа за 50% у односу на израчунату, односно:

$$Q_s = 1,5 \cdot Q_L$$

Где су:

Q_s - укупно потребна количина ваздуха за остваривање натпритиска, m^3/s
 Q_L - израчунати губици (продор ваздуха) из просторије под натпритиском, m^3/s

- Губици ваздуха се могу дефинисати на следећи начин:

$$Q_L = Q_D + Q_W + Q_{LD} + Q_T + Q_O$$

где су

Q_D - губици ваздуха кроз процепе и пукотине око затворених врата, m^3/s

Q_W - губици ваздуха кроз процепе и пукотине око прозора, m^3/s

Q_{LD} - губици ваздуха кроз врата на лифту, m^3/s

Q_T - губици ваздуха услед рада система принудне вентилације у околним просторијама (напр. у тоалетима), m^3/s

Q_O - губици ваздуха кроз остале отворе који могу да постоје у објекту, m^3/s

- Губици ваздуха кроз процепе и пукотине око затворених врата и прозора рачунају се на следећи начин:

$$Q_{D,W} = 0,83 \cdot A_E \cdot P^{1/R}$$

где су:

A_E - ефективна површина отвора кроз које продире ваздух (код које треба узети у обзир комбинацију редних и паралелних путева продора ваздуха), m^2

P - диференцијални притисак, Ра

R - индекс који се креће од 1 до 2, зависно од врсте пута продора ваздуха који се разматра. За широке пукотине као што су оне око врата и великих отвора, може се узети да вредност индекса R буде 2, али за уске путеве продора ваздуха које формирају пукотине око прозора, за R више одговара вредност 1,6.

- Количина ваздуха која продре кроз врата лифта, уколико у лифтовском окну није обезбеђен натпритисак, рачуна се на следећи начин:

$$Q_{LD} = 0,83 \cdot \left[\frac{1}{A_t^2} + \frac{1}{A_F^2} \right]^{-1/2} \cdot P_L^{1/2}$$

где су:

A_t - површина отвора кроз које продире ваздух између свих претпростора/ходника и лифтовског окна, m^2

A_F - површина отвора кроз које продире ваздух између лифтовског окна и околине, m^2

P_L - разлика притиска између претпростора/ходника и околине, Ра.

- По истом стандарду SRPS EN 12101-6 према другом критеријуму, препоручене брзине ваздуха при отвореним вратима за овај тип система износи $w=0,75$ m/s, па је потребан запремински проток ваздуха:

$$B = w_{\text{в}} \cdot A_{\text{в}}$$

Где су:

$w_{\text{в}}$ [m/s] – усвојена брзина ваздуха у вратима (0,75 m/s),
 $A_{\text{в}}$ [m²] – ефективна површина врата за евакуацију (обично око 2 m²).

Документација квалитета уграђене опреме, уређаја и инсталација

- Сви материјали, конструкције, инсталације и опрему и уређаји који се користе у циљу заштите објекта од пожара морају имати важеће **исправе о усаглашености**, појединачне сертификате којима се доказује квалитет уграђеног материјала и опреме (декларације произвођача), односно извршених радова, као и посебни сертификати које издају именована тела, а односе се на исправност одговарајућих система инсталација и опреме.
- На пример вентилатори за одвођење дима морају да раде у случају пожара и морају бити такве конструкције да могу издржати температуре до 400°C у трајању од 90 минута.

- Стандард SRPS EN 12101-3:2015 утврђује захтеве и описује методе испитивања вентилатора за принудно одвођење дима и топлоте који су уграђени као део система за одвођење дима и топлоте.
- У стандарду је дефинисана процедура за одобрење различитих типова вентилатора и њихових мотора, помоћу ограниченог броја испитивања.
- За вентилационе канале уз атест произвођача доставља се и извештај о испитивању и контролисању. Стандард SRPS 12101-7:2012 - Системи за контролу дима и топлоте - Део 7: Канали за одимљавање , се примењује на делове канала за одвођење дима који се могу наћи на тржишту, а намењени су за уградњу у системе за одвођење дима и топлоте или у системе са надпритиском.

- Клапне за одимљавање морају задовољити стандард SRPS EN 12101-8:2012. Овим стандардом се утврђују захтеви и дају референце метода испитивања које су дефинисане за клапне за контролу дима и њихове компоненте, намењених за уградњу у зградама. Стандард такође даје начин оцењивања усаглашености са захтевима из овог стандарда.
- Како посебним прописом није посебно утврђен потребан ниво исправе о усаглашености односно обавезног атестирања, потребно је сходно Закону о техничким захтевима за производе и оцењивање усаглашености обезбедити декларацију произвођача и извештај о контролисању.
- Противпожарне клапне намењене су за спречавање ширења пожара, врелих гасова и дима кроз вентилационе канале током декласираног времена. Испитивање противпожарних клапни врши се у складу са стандардом SRPS EN1366-2, а извештај о испитивању издаје акредитована лабораторија.