

SZÉN-MONOXID MÉRGEZÉSEK ÉS A LEVEG -UTÁNPÓTLÁS KAPCSOLATA

Absztrakt

Minden évben, fként a f tési id szakban hallhatunk a „csendes gyilkosnak” is nevezett szén-monoxid okozta mérgezésekr l, annak áldozatairól. A lakóépületben bekövetkez szén-monoxid mérgezés kialakulása alapvet en három okra vezethet vissza, a tüzel berendezés nem megfelelő m szaki kialakítására, a karbantartás, tisztítás hiányára, valamint a nem megfelelő leveg -utánpótlásra. A tüzel berendezések, illetve kémények (égéstermék-elvezet k) rendszeres ellen rzésével és karbantartásával, szén-monoxid érzékel k telepítésével a szén-monoxid mérgezés kialakulásának kockázata bár jelent sen csökkenthet , de els sorban az emberi hiba miatt továbbra sem zárható ki.

Jelen cikkben a szerz k a nem megfelelő leveg -utánpótlás vizsgálatával foglalkoznak, melynek kiküszöbölésére mutatnak be megoldási lehet séget.

Kulcsszavak: szén-monoxid, leveg -utánpótlás, leveg szükséglet, tökéletlen égés

THE INFLUENCE OF AIR-SUPPLY METHODS ON THE CARBON-MONOXIDE TOXICATION

Abstract

Every year, especially during the heating season, we hear about poisonings caused by carbon monoxide (the "silent killer"). Carbon monoxide poisoning is basically caused by three factors: faulty engineering heating, lack of maintenance and inadequate air supply. However, the risk of carbon monoxide poisoning can be significantly reduced by systematic monitoring and maintenance, by deploying carbon monoxide sensors; however it can not be ruled completely out due to human error.

In this paper, the authors deal with an inadequate air supply and try to solve the problem.

Keywords: carbon monoxide, air supply, air demand, incomplete combustion

1. BEVEZETÉS

Minden évben, a téli időszakban hallhatunk a lakóépületekben bekövetkező szén-monoxid okozta mérgezésekről, annak áldozatairól. A szén-monoxid az emberi érzékszervek számára „láthatatlan”, hisz színtelen, szagtalan, íztelen, ezért nagyon nehezen érzékelhető, mérgező tulajdonsága miatt köznyelvi nyelven „csendes gyilkosnak” is nevezik.

Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság adatai szerint 2012-ben 191 esetben, 2013-ban 342 esetben, 2014-ben 430 esetben történt szén-monoxid-mérgezéssel kapcsolatos esemény, melynek következtében közel 1000 fő megsérült, 31 fő életét veszítette [1].

A lakóépületben bekövetkező szén-monoxid mérgezés kialakulása alapvetően három okra vezethető vissza, a tüzel berendezés nem megfelelő szakmai kialakítására, a karbantartás, tisztítás hiányára és a legfontosabb a nem megfelelő levegő-utánpótlásra. Tévhit, hogy a szén-monoxid kéményből visszajutva fejt ki hatását. A szén-monoxid a gázkészülékben keletkezik, mert a tökéletes égéshez nem áll rendelkezésre elég oxigén. A szén-monoxid tehát nem „visszakerül” a lakásba, hanem a gázkészülékben keletkezik és a kéménybe be sem jut. Az oxigén hiány a nem megfelelő levegő-utánpótlás eredménye. Megfelelő levegő-utánpótlás esetén, normális gázkészülék üzem mellett a tökéletes égés eredményeként szén-dioxid keletkezik, illetve csak egészen minimális mértékben keletkezik a mérgező szén-monoxid.

A levegő-utánpótlás hiánya a lakások szellőzésének megváltozásával függ össze. Az energiahatékonyság növelése érdekében az elmúlt évtizedekben a régi ablakok korszerű, jól záródó ablakokra kerültek lecserélésre, amelyek azonban megakadályozzák a lakás frisslevegő-ellátást. A levegő-utánpótlást tovább ronthatják egyéb más épületgépészeti berendezések, például a konyhai pára elszívók, léghelvezetők, amelyek képesek megváltoztatni a nyomásviszonyokat, így „légtömör” lakásba kizárólag a kéményen keresztül kerülhet az elhasznált „levegő”, amely már a gázkészülékben az oxigén hiánya miatt tökéletlen égést okozna.

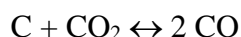
A tüzel berendezések, illetve kémények (égéstermék-elvezetők) rendszeres ellenőrzésével és karbantartásával, szén-monoxid érzékelők telepítésével a szén-monoxid mérgezés kialakulásának kockázata bár jelentősen csökkenthető, de a normál levegő-utánpótlás, mint alapvető okbiztosítása nélkül továbbra sem zárható ki.

Jelen cikkben a nem megfelelő levegő-utánpótlás biztosítására teszünk javaslatot.

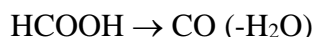
2. A SZÉNMONOXID ÉS ÉLETTANI HATÁSAI

A szén-monoxid el fordulását tekintve a tökéletlen égés során keletkező égéstermék alkotórészeként van jelen, másrészt vulkáni gázokban, üstökösök csóvjában is megtalálható.

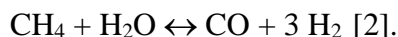
Az izzó szén szén-monoxid keletkezése során szén-dioxidot redukál:



Labori körülmények között elő állítható hangyasavból kénsavas vízelvonással:



Ipari elő állítása földgázból vízgőzzel:



A szén-monoxid színtelen, szagtalan, íztelen, a levegőnél valamivel könnyebb mérgező gáz. Belélegezve gátolja a vér oxigénszállító képességét, hemoglobinhoz való erős kapcsolódása miatt. A szén-monoxid az oxigénhez képest kétszáznegyvenszeres sebességgel kötődik a hemoglobinhoz, a carboxyhemoglobin felhalmozódik a vérben az oxigénhiány alakul ki.

A mérgezés tünete első fázisban rosszullét, szédülés, fejfájás, hányinger, majd ahogy emelkedik a gáz koncentrációja a levegőben, erősödnek a tünetek: emlékezetvesztés, átmeneti látászavar, majd ájulás és akár halál is bekövetkezhet.

A mérgező balesetek után jellemzően maradandó károsodás nélkül felépülnek a sérültek, az esetek 10-15 %-nál azonban maradandó agy-, szív-, és idegrendszeri károsodás lép fel.

A szén-monoxid hatásait az alábbi táblázat foglalja össze:

Koncentráció	Eltelt idő	Emberi szervezetre kifejtett hatás
200 ppm	2-3 óra	fejfájás
400 ppm	1-2 óra	fejfájás, rosszullet, hányinger
800 ppm	45 perc	fejfájás, rosszullet
1600 ppm	20 perc	eszméletvesztés, 2 óra után halál
3200 ppm	5-10 perc	eszméletvesztés, 30 perc után halál
6400 ppm	1-2 perc	eszméletvesztés, 10-15 perc után halál
12800 ppm	1-3 perc	halál

1. táblázat: A szén-monoxid koncentráció élettani hatásai [3]

A munkavédelmi előírások szerint a levegő szennyezettség koncentrációja maximum 4-9 ppm lehet, munkahelyi környezetben hosszú távon 30 ppm, rövidtávon (15 perc) 60 ppm a megengedett határérték.

A veszélyes anyagok súlyos balesetek elleni védekezés szempontjából történő osztályozása a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről szóló 219/2011. (X. 20.) Korm. rendelet 1. számú mellékletében megadott módszertan szerint történik. [4]. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéshez kapcsolódó szabályozásban megadott megelőzési, felkészülési és baleset-elhárítási feladatokat kell a veszélyes tevékenységet üzemeltetőnek végrehajtania [5].

3. TÜZELÉS ÉS FŰTÉS

3.1 Tüzel berendezések, gázfogyasztó készülékek csoportosítása

A tüzel berendezés szilárd, cseppfolyós vagy légnem energiatermel anyaggal üzemel berendezés, amelyben a m ködés során égéstermék keletkezik [6].

A tüzel berendezéseket alapvetően két fő csoportba sorolhatóak:

1. Nyitott égéster tüzel berendezés: „Olyan tüzel berendezés, amely az égési levegőt a telepítés helyiségéből nyeri, és az égéstermék az égéstermék-elvezetőn keresztül a szabadba kerül kivezetésre” [6].
2. Zárt égéster tüzel berendezés: Olyan tüzel berendezés, amelynek teljes égési levegő-ellátását, tüzeztérét és égéstermék-elvezetését a telepítés helyiségétől és az épület más zárható helyiségeitől is légtömören elzárt üzemeltetésre tervezték, és amely az égési levegőt a szabadból nyeri, valamint az égéstermék az égéstermék-elvezetőn keresztül a szabadba kerül kivezetés, a telepítés helyiségének nyomásviszonyaitól függetlenül [7].

A tüzel berendezések közé tartoznak a gázfogyasztó készülékek, amelyek földgázzal, valamint propán- vagy bután gázzal, és ezek elegyeivel üzemeltetett készülék. A gázfogyasztó készülékek az égési levegő-ellátása és égéstermék-elvezetése szerint az alábbiak szerint csoportosíthatók [8]:

1. „A” típusú (nyílt égéster, égéstermék-elvezetés nélküli) gázfogyasztó készülék: Amely kéményhez, illetve az égéstermék a készülék felállítási helyiségéből a szabadba elvezető rendszerhez nem csatlakoztatható készülék. Az „A” típusú gázfogyasztó készülék az égéshez szükséges levegőt a helyiségéből kapja, és az égéstermék is ugyanide távozik. Ilyen készülékek például a gázfűtőhely vagy az égéstermék-elvezetővel nem rendelkező vízmelegítő. Ennek a gázfogyasztó készüléknek a veszélyét az jelenti, ha például fokozott légzárású

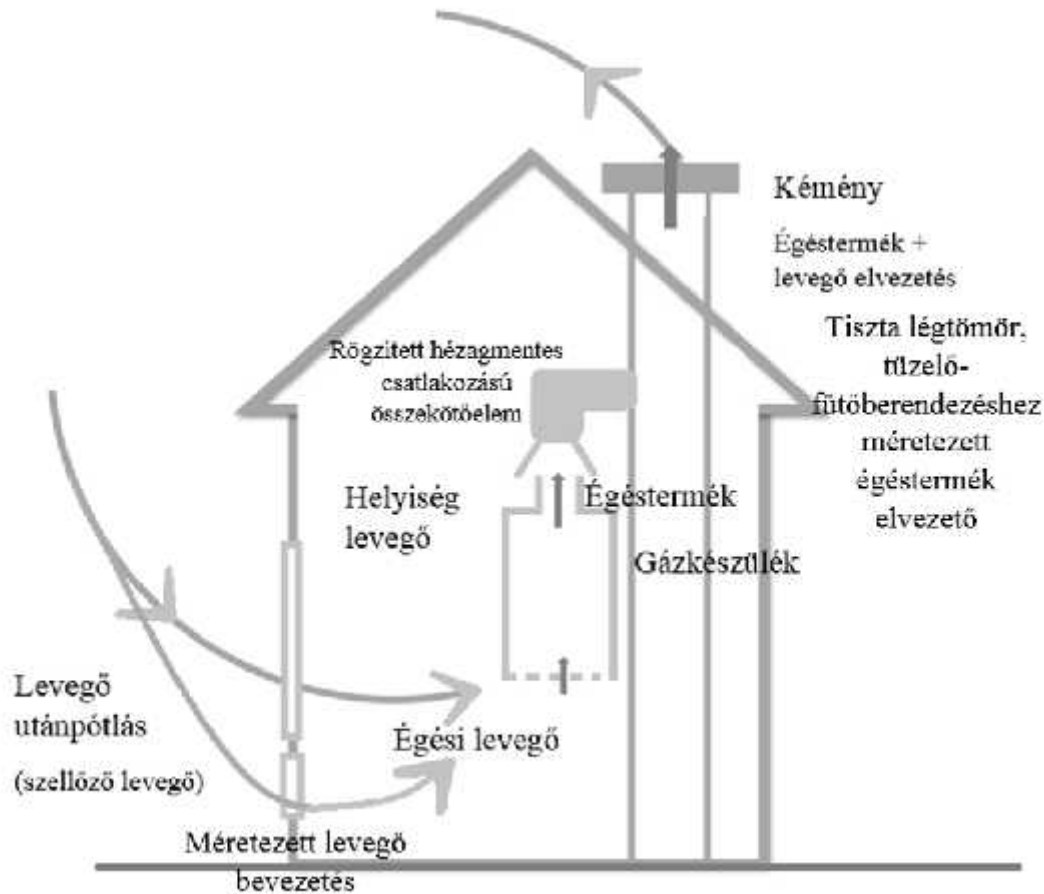
nyílászárókat építünk be, és nem gondoskodunk az elegendő szellőztetésről, akkor könnyen elfogyhat az égéshez szükséges oxigén.

2. „B” típusú (nyílt égéster, égéstermék elvezetéssel rendelkező) gázfogyasztó készülék: Amely kéményhez, vagy az égéstermék a készülék felállítási helyiségéből a szabadba elvezetés berendezéshez való csatlakozásra alkalmas. E készülékek az égési levegőt közvetlenül a készülék felállítási helyiségéből nyerik. A „B” típusú készülékek az égéshez szükséges oxigént a helyiségből nyerik, ami a levegő-ellátottság szempontjából elnyitelen, de az égéstermék nem a helyiség légterébe, hanem égéstermék-elvezetésen keresztül a szabadba távozik. A kéményen keresztül az égéstermék huzathatás miatt távozik, amelyhez szükséges a helyiségbe beáramló levegő is. Probléma akkor léphet fel, ha ez a levegő mennyiség nem jut be a térbe (például fokozott légzárású nyílászárók miatt), illetve, ha ilyenkor még bekapcsolunk a helyiségbe egy levegő elszívására alkalmas készüléket, például egy páraelszívót, akkor az a levegőt a nyílászárók teljes zártsága miatt az egyetlen szabad részből, tehát a kéményből szívja vissza, amely az égéstermék visszaáramlását jelenti. „B” típusú készülékek például az átfolyós vízmelegítő, álló vagy fali kazánok, kéménybe kötött nyílt égéster cirkók.

3. „C” típusú (zárt égéster) gázfogyasztó készülék: Amelynek égési köre (légbevezetés, jelezés, hűtés, hőcserélés, égéstermék-elvezetés) a készülék felállítási helyiségétől elzárt. A „C” típusú gázfogyasztó készülék legbiztonságosabb, legveszélytelenebb, hiszen itt a teljes égési-levegő-ellátás, a szellőztetés és égéstermék-elvezetés a telepítési helytől és az épület más zárható helyiségétől is légtömören elzárt üzemeltetésre tervezték. Az égési levegőt a szabadból nyeri, az égéstermék pedig az égéstermék-elvezetésen távozik. Ilyenek például a fali konvektorok, kondenzációs és zárt égéster kazánok.

3.2 Égéstermék elvezetése, kéménykör

Az égéshez szükséges levegő-ellátás és égéstermék elvezetése összefügg, amelynek elvi ábráját az 1. ábra mutatja be:



1. ábra: Levegő utánpótlás, égéstermék elvezetés elvi ábrája

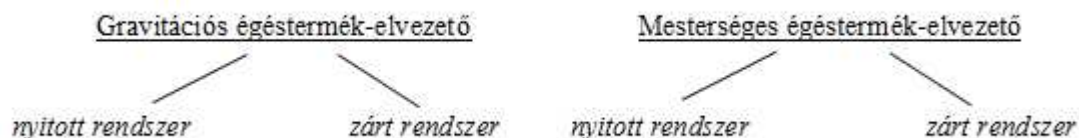
A tüzel berendezések levegő ellátása rendkívül fontos, mivel szén-monoxid képzés és egyik fő okozója a nem megfelelő égési-levegő utánpótlás, amely tökéletlen égés bekövetkezéséhez vezethet.

A tüzel anyag elégetése során keletkező égéstermék eltávolítása az égéstermék-elvezető berendezés feladata. A gázüzemű berendezések égéstermék elvezetése a kiszolgálandó hőtermelő rendszer méretétől függően csoportosítható az alábbiak szerint [8]:

- komfort égéstermék-elvezető

- technológiai égéstermék-elvezet

Lakossági környezetben komfort égéstermék-elvezet r l beszélünk, amelyek további két csoportra bonthatók az alábbi ábra szerint:



2. ábra: Komfort égéstermék-elvezet k csoportosítása

A gravitációs égéstermék-elvezet rendszereknél a biztonságos égéstermék elvezetést a füstgáz és a küls leveg h mérsékletkülönbségéb l (és így s r ségkülönbségéb l) adódó természetes huzat biztosítja. A gravitációs égéstermék-elvezet nyomáskülönbség p (huzat) nagyságát a kémény átmér je nem befolyásolja, az alábbi képlettel számolható:

$$p = \rho \cdot g \cdot h, \text{ ahol } (1)$$

ρ : a leveg és a füstgáz s r ség különbsége;

g : gravitációs állandó;

h : a kémény magassága. [9]

Mínél nagyobb a füstgáz és a küls leveg h mérséklet különbsége, annál nagyobb a s r ségkülönbség is, ami felhajtóer t indukál és nyomáskülönbséget eredményez a kazán síkja és a kémény kitorkollása között. A nyomáskülönbséget kéményhuzatnak nevezik, amely biztosítja a friss leveg bejutásához szükséges nyomáskülönbséget. A nyomáskülönbség hatására a réseken vagy a légbevezet n keresztül áramlik be a küls leveg .

Tökéletesen záródó nyílászárók esetében a leveg bejutásához szükséges nyomáskülönbség megnövekszik, így a kémény már nem tudja legy zni a megn tt ellenállást. Az égéstermék nem

tud távozni az elvezet n keresztül, a lakás bels terében marad, ezzel is el segítve a tökéletlen égés fokozódását.

3.3 A lakásban keletkez szén-monoxid detektálása

A lakásban keletkez szén-monoxid detektálására szén-monoxid érzékel ket alkalmaznak, amely csoportosíthatók mérési elv és tápellátási mód szerint.

Mérési elv alapján az alábbi csoportba sorolhatók a szén-monoxid érzékel k [10]:

1. Biomimetic CO érzékel : Ez a típus az élettani hatásokban tapasztalható jelek mechanizmusát követi. Az eszközben található érzékel elem egy szintetikus hemoglobin cella, amely megköti a szén-dioxidot, pont úgy, mint az emberi testben. Mikor ez a gél telít dik szén-monoxiddal, elsötétül a színe. Ezt a színt az eszköz figyeli, és ha telít dött, eléri a riasztási szintet és bejelez. Ez a cella 2-3 évig m köd képes
2. Félvezet s CO érzékel : A készülék a félvezet képpeséget méri. A félvezet s cella felületén a szén-monoxid abszorbeálódik, aminek hatására n a félvezet vezet képpesége. Ezt a változást érzékeli a készülék. Ez a típus nagyon érzékeny, gyorsan jelez, hosszú élettartam jellemz rá. Hátránya, hogy nem eléggé szelektív.
3. Elektrokémiai CO érzékel : Az elektrokémiai mér cella két egymástól különböz elektrolitból és elektródából áll. A szén-monoxid a cella belsejébe diffundál, és így feszültség keletkezik a katód és az anód között, amely arányos a gáz koncentrációjával, így a feszültség nagyságából az eszköz tudja, hogy mikor érte el a helyiség a veszélyes koncentrációt.

A szén-monoxid érzékel k tápellátásuk szerint az alábbiak szerint csoportosíthatók [10]:

1. Cserélhet elemes: Ez a típus általában 2-3 éves élettartammal rendelkezik. Ha az elem lemerült, cserélni kell, ellenkez esetben nem tud mérni a készülék.

2. Örökélet elemes: Élettartalma 5 év, itt nem kell lemerülés esetén elemet cserélni, mert az elem és az eszköz élettartalma megegyezik, tehát, ha az elem lemerült, a készüléket ki kell cserélni.
3. Gyengeáramú 12/24V: Ez az eszköz bonyolultabb, szerelése szakembert igényel. Itt a m ködtetés betörésjelz vagy t zjelz központ tápjáról biztosítható.
4. Hálózati feszültségen m köd 230V: Ennél a típusnál a tápellátás megoldható a lakás saját elektromos hálózatáról. Üzembe helyezéséhez, bekötéséhez szakember szükséges.

A szén-monoxid érzékel k telepítése, üzemeltetése kizárólag a szén-monoxid mérgezés kockázatát csökkenthetik, de önmagukban a baleset kialakulásnak okait – els sorban leveg utánpótlás biztosítása – nem szüntetik meg.

4. LEVEG UTÁNPÓTLÁS MEGHATÁROZÁSA

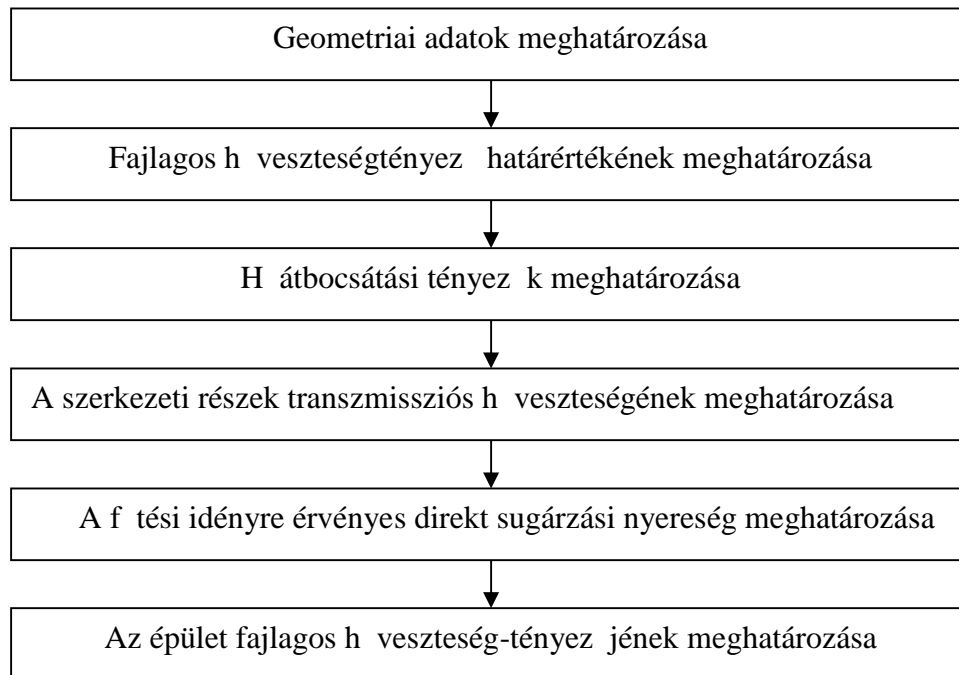
A tüzel berendezés üzemeléséhez szükséges leveg mennyiségének meghatározása egy átlagos 64 m² alapterület lakásra kerül bemutatásra. A feltételezések szerint a 24 kW teljesítmény nyílt égéster tüzel berendezés fürd szobában található. A számítás lépései:

1. Az épület fajlagos h veszteség-tényez jének meghatározása épületfizikai számításokkal.
2. F t anyag tömegáramának meghatározása.
3. Metán égéséhez szükséges leveg -, valamint a keletkez füstgáz fajlagos elméleti és valóságos mennyiségének kiszámítása.
4. Léghasználati id meghatározása.

5. Kritikus nyomásérték meghatározása, amelynél szén-monoxid visszaáramlással kell számolni.

4.1 Az épület fajlagos h veszteség-tényez jének meghatározása

Az épületfizikai számítások a 7/2006. (V.24.) TNM rendelet végezhet k el. A f bb lépéseket az alábbi ábra foglalja össze:



3. ábra: Az épület fajlagos h veszteség-tényez jének meghatározásának lépései (saját forrás)

Az alábbiakban a számítások nem kerülnek részletezésre, a részeredmények kerülnek bemutatásra

1. Geometriai adatok meghatározása

Nettó f tött alapterület (A_N) kiszámítsa: $A_N = 58,71 \text{ m}^2$

Belmagasság (b_m) meghatározása:	$b_m = 2,75 \text{ m}$
Homlokzat felülete (A_{homl}) meghatározása:	$A_{\text{homl}} = 106,34 \text{ m}^2$
Bejárati ajtó területe:	$A_{\text{ajtó}} = 2,1 \text{ m}^2$
Üvegezett nyílászárók összes felülete:	$A_{\text{ablak}} = 10,62 \text{ m}^2$
Falfelület meghatározása:	$A_{\text{homl}} - A_{\text{ablak}} - A_{\text{ajtó}} = 93,62 \text{ m}^2$
Padlásfödém meghatározása:	$A_{\text{padlás}} = 58,71 \text{ m}^2$
Padlófelület meghatározása:	$A_{\text{padló}} = 58,71 \text{ m}^2$
Burkoló felületek összesen:	$A = 223,76 \text{ m}^2$
Padló kerülete meghatározása:	$I_{\text{padló}} = 43,1 \text{ m}$
Padló és talajszint közötti magasság:	$Z = 0,15 \text{ m}$

2. Fajlagos h veszteség-tényez határértékének meghatározása

F tölt térfogat meghatározása $V = A_N \cdot b_m = 161,45 \text{ m}^3$

A Felület és f tölt térfogat aránya: $A / V = > 1,3 \text{ m}^2/\text{m}^3 > 1,3$

Fajlagos h veszteség-tényez határértéke

A fajlagos h veszteség-tényez megengedett legnagyobb értéke a felület/térfogat arány függvényében számítható. Amennyiben

$A/V \leq 0,3$, akkor $q_m = 0,2 \text{ W/m}^3\text{K}$,

$0,3 \leq A/V \leq 1,3$, akkor $q_m = 0,38 (A/V) + 0,086$,

$A/V \geq 1,3$, akkor

$$q_m = 0,58 \text{ W/m}^3\text{K}.$$

A Fajlagos h veszteség-tényez határértéke: $q_m=0,58 \text{ W/m}^3\text{K}$

3. H átbecsátási tényez k meghatározása

Az épület szerkezeti h átbecsátásai a 7/2006. (V.24) TMN rendelet 3. melléklet, III.1. táblázat alapján:

Küls fal: $U_{fal}=0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

Homlokzati nyílászárók: $U_{ablak}=1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bejárati ajtó: $U_{ajtó}=2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$

Födém: $U_{födém}=0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bels fal: $U_{bels fal}=0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Összesített sugárzásátbecsátási tényez : $g=0,65$

Padló h vezetési ellenállása: $R_{padló}= 3 \text{ m}^2\text{K/W}$

Padlószint/talapszint közötti magasság: $Z=0,15 \text{ m}$

Padlóél menti h átbecsátási tényez : $= 0,85 \text{ W/mK}$

4. A szerkezeti részek transzmissziós h veszteségének meghatározása

A leh I felületek transzmissziós h veszteségének számítását a 3. táblázat foglalja össze:

Szerkezeti egység	A[m ²]	U _R [W/m ² K]	A*U[W/K]

Fal	75,34	0,45	33,90
Bejárati ajtó	2,10	2,40	5,04
Üvegezett nyílászáró	10,62	1,60	16,99
Födém	76,53	0,35	22,96
		A*U_R=	78,89W/K
	L [m]	[W/mK]	l* [W/K]
Padló kerülete	43,10	0,85	36,64 W/K

2. táblázat: A szerkezeti részek transzmissziós h vesztesége (saját forrás)

5. A f tési idényre érvényes direkt sugárzási nyereség meghatározása

A sugárzási nyereség számítása a benapozás vizsgálata nélkül, körben észak tájolást figyelembe véve.

$$Q_{sd} = \eta \cdot A_{ablak} \cdot g \cdot Q_{TOT}, \text{ ahol}$$

Q_{sd} : direkt sugárzási nyereség a f tési idényre

η : hasznosítási tényez $- 0,75$

A_{ablak} : üvegezett nyílászárók összes felülete

g : összesített sugárzásátbocsátási tényez $- 0,65$

Q_{TOT} : sugárzási energiahozam f tési idényre északi tájolásra $-100\text{kWh/m}^2\text{a}$

A direkt sugárzási nyereség a f tési idényre (Q_{sd}): $517,73 \text{ kWh/a}$

6. Az épület fajlagos h veszteség-tényez jének meghatározása

$$q = A \cdot U_R + l^* - Q_{sd} / 72 = 0,67 \text{ W/m}^3\text{K}$$

4.2 F t anyag tömegáramának meghatározása

F t érték: (kJ/kg vagy kJ/Nm³) az a h mennyiség, amely egységnyi tüzel anyag tökéletes elégetésekor szabadul fel.

Földgáz f t értéke: $F=39500\text{kJ/kg}$

Az épület fajlagos h veszteség-tényez je: $q=0,67 \text{ W/m}^3\text{K}$

Küls h mérséklet a leghidegebb id szakban: $T_k=-13^\circ\text{C}$

Bels h mérséklet f tési id szakban: $T_b=20^\circ\text{C}$

Küls /Bels h mérséklet különbség: $T=33^\circ\text{C}$

$$Q_{veszt}=0,67 \text{ W/m}^3\text{K} \cdot 161,45 \text{ m}^3 \cdot 33\text{K} = 3569,66\text{W}$$

A lakás elvesztett h mennyisége megegyezik a tüzel berendezés hasznos h mennyiségével, hiszen annyi h t keletkezik a f téssel, amennyit az épület elveszít.

$$Q_{veszt} = Q_{haszn}$$

F t anyag tömegáramának kiszámítása: A tüzel anyag tömegáram és a f t érték szorzata adja meg a hasznos h mennyiséget.

$$Q_{haszn} = F \cdot F \text{ [kW]}$$

$$2569,66 \text{ W} = F \cdot 39500 \text{ 000 J/kg}$$

$$= 9,037 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

A tüzel anyag tömegáramához hozzá kell adni a kazán veszteségét, ami átlagosan 10%:

$$= 9,037 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s} + (9,037 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s} \cdot 0,1) = 9,9407 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

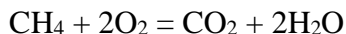
4.3 Metán égéséhez szükséges levegő elméleti és valóságos mennyiségének kiszámítása

1. Metán égéséhez szükséges levegő elméleti és valóságos mennyiségének kiszámítása

Elméleti az égés, ha az teljes és tökéletes, az éghető elemek végtermékké alakulnak.

$$\text{Tüzel anyag} + \text{égési levegő} = \text{füstgáz}$$

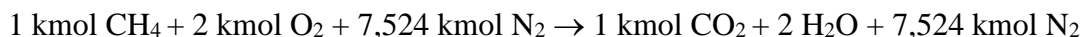
Az égés sztöchiometriai egyenlete (az égés során $\Delta V = 0$ kmol nincs térfogatnövekedés állandó hőmérséklet mellett)



$$16 \text{ kg CH}_4 + 64 \text{ kg O}_2 = 44 \text{ kg CO}_2 + 36 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$80 \text{ kg} = 80 \text{ kg} \text{ nem változott a tömeg}$$

Az energetikai tüzelés azonban levegővel történik, nem csak oxigénnel. Így figyelembe kell venni a számítás során a levegő térfogatszázalékos összetételét:



$$10,524 \text{ kmol} \rightarrow 10,524 \text{ kmol}$$

1 kmol CH₄-hez 9,524 kmol levegő szükséges, így 1 m³ CH₄-hez 9,524 m³ levegő szükséges. 1 m³ metán tüzel anyag égéséhez szükséges fajlagosan szükséges elméleti levegő mennyiség $L_0 =$

9,524 m³, 1 kg metán tüzel anyag égéséhez szükséges fajlagosan szükséges elméleti leveg mennyiség L₀= 17,17 kg leveg / kg tüzel anyag.

Az elméleti leveg szükséglet felhasználásával bevezethet a légfelesleg tényez , ami azt mutatja meg, hogy az elméletileg szükségeshez képest mennyi leveg eredményez tökéletes és teljes égést. A sztöchiometriai tüzel anyag és leveg keverék éppen annyi oxigént tartalmaz, amennyi elegend az éghet rész tökéletes égéséhez. A keverék, ahol többlet leveg van, vagyis légfelesleg van, tüzel anyagban szegény keveréknek min sül ($\lambda > 1$), ahol viszont kevesebb leveg van, az léghiányos, vagy más néven tüzel anyagban dús keverék ($\lambda < 1$). A cél a tüzel anyag tökéletes elégetése, ami általában csak az elméletinél nagyobb leveg mennyiség esetén lehetséges.

A légfelesleg tényez (λ) az égéshez vezetett leveg mennyisége (L) és az elméleti leveg szükséglet (L₀) hányadosa. 1 kg (m³) metán tüzel anyag égéséhez fajlagosan bevezetett tényleges leveg mennyiség (L):

$$L = \lambda * L_0$$

Szokásos légfelesleg tényez (λ) tartomány gáznál 1,03 - 1,2. $\lambda=1,2$ esetén:

$$L = \lambda * L_0 = 1,2 * 9,524 = 11,429 \text{ m}^3 \text{ leveg}$$

$$L = \lambda * L_0 = 1,2 * 17,17 = 20,6 \text{ kg leveg /kg tüzel anyag}$$

A fentiek szerint 1 m³ földgáz égéséhez 11,429 m³ leveg szükséges. A kéménybe kötött, nyílt égéster készülékeknél az égéstermék hígítása érdekében még további leveg keveredik a gázkészülékbe 1 kilép égéstermékhez. Ez legalább 30% leveg többletet jelent, így ~ 15 m³ leveg re van szükség. A 24 kW teljesítmény tüzel berendezés – amiben az elégetett gáz térfogatárama cca. 2,6 m³/h – a m ködéshez szükséges leveg térfogatáram 39 m³/h. Egy átlagos teljesítmény gázkészülék m ködéséhez óránként tehát 39 m³ leveg re van szükség.

2. Leveg szükséglet elemzése nyílászáró cserét követ en

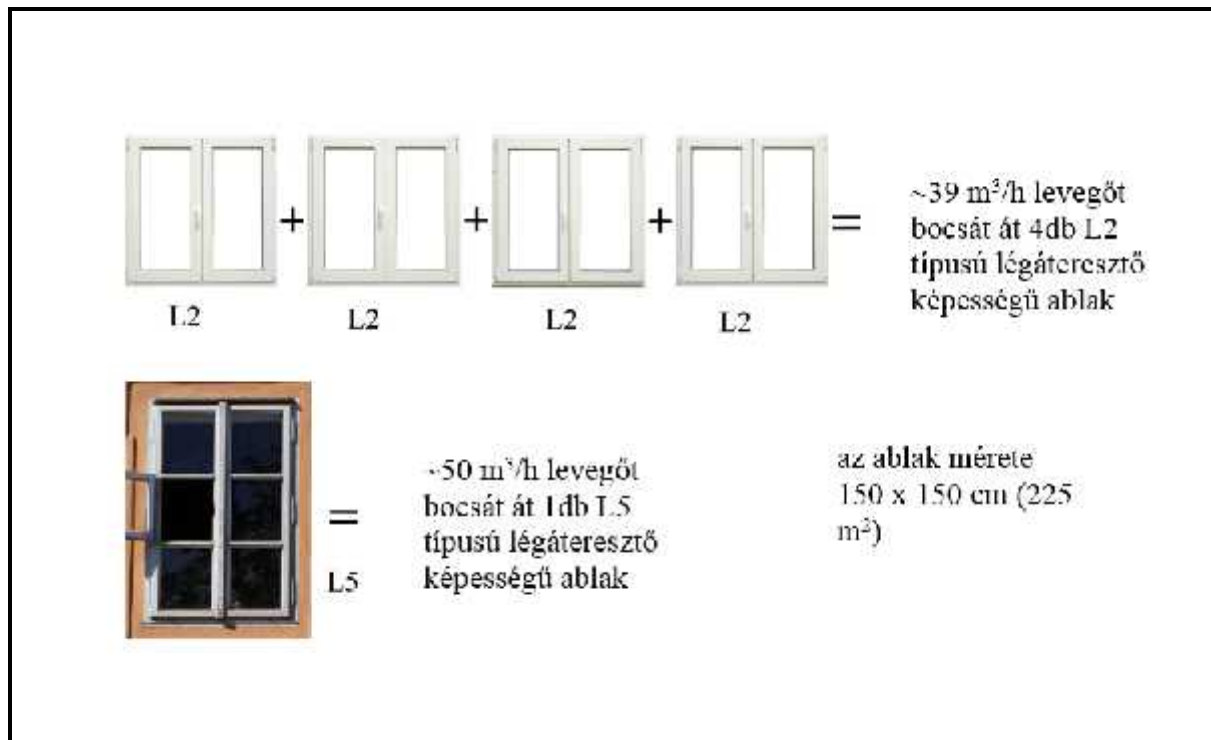
A számítás bemutatása egy átlagos 150 x 150 cm ablak cseréjével történik, melynek felülete $A=2,25\text{ m}^2$.

Ablakok esetében légzárási fokozatot különböztethet meg, L1 különleges légzárású, L2 nagy légzárású, L3 közepes légzárású, L4 kis légzárású, L5 légzárás nélküli nyílászárók.

Az L5 kategóriájú nyílászáró akár 50 m^3 levegőt is beereszthet óránként, amely biztosítja a fentebb számolt $39\text{ m}^3/\text{h}$ levegő mennyiségét.

Ha ezt a nyílászárót korszerűsítés, energiahatékonyság szempontjából lecseréljük például egy L2 - nagy légzárási típusú ablakra, a levegő átocsátás mértéke csökken kb. $5\text{ m}^3/\text{h}$ -ra. Tehát ha L2-es nyílászárókkal kell biztosítani a $39\text{ m}^3/\text{h}$ levegő szükségletet, akkor $17,55\text{ m}^2$ nyílászáró felületre van szükség, ami azt jelenti, hogy legalább 4-szer akkora felületre van szükség.

A végeredményt az alábbi ábra szemlélteti:



3. ábra: Nyílászárók légáteresztő képességének összehasonlítása

4.4 Léghasználati idő

Az égéshez szükséges levegő tömegárama (\dot{L}) a f t anyag tömegáramából ($\dot{m} = 9,037 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$) és az égéshez szükséges levegő mennyiségéből ($L = 20,6 \text{ kg levegő /kg tüzelőanyag}$) számolható az alábbi módon: $\dot{L} = \dot{m} \cdot L = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$.

A lakásra vonatkoztatva az elfogyott levegő mennyisége az általános gáztörvényből ($p \cdot V = n \cdot R \cdot T$) határozható meg, $10^5 \cdot 161,45 = n \cdot 8,314 \cdot 293$, $n = 826,46 \text{ mol}$.

Figyelembe véve az égéshez szükséges levegő tömegáramot a $826,46 / 1,8 \cdot 10^{-3} = 459,14 \text{ óra}$ alatt fogy el a lakásból a levegő.

Amennyire a számítás egy átlagos fürdőszobára ($3,87 \text{ m}^2 \cdot 2,75 \text{ m}$) vonatkozik, akkor $m = 5448 \text{ kg}$, a fürdőszobából a levegő $8,40 \text{ óra}$ alatt fogy el.

4.5 Kéményhuzat nyomása

A huzat az égéstermék-járatban fellépő szívás (a környezetinél kisebb nyomás) pozitív értéke.

$$p_{\text{levegő}} > p_{\text{füstgáz-átlag}}$$

$$p_{\text{levegő}} = \rho_{\text{levegő}} \cdot g \cdot H$$

$$p_{\text{füstgáz}} = \rho_{\text{füstgáz-átlag}} \cdot g \cdot H$$

$$p_{\text{statikus}} = \rho_{\text{levegő}} \cdot g \cdot h$$

$$p_{\text{statikus}} = (\rho_{\text{levegő}} - \rho_{\text{füstgáz-átlag}}) \cdot g \cdot H$$

$$p_{\text{statikus}} = p_{\text{huzat}} = (\rho_{\text{levegő}} - \rho_{\text{füstgáz-átlag}}) \cdot g \cdot H$$

A füstgáz és a levegő nyomásának a pontos értéke nem ismert. A számítások a magyarországi átlagos mérsékletből indulnak ki, a leghidegebb időszakban az átlagos h mérséklet -13°C , a lakásban a h mérséklet 20°C , a füstgáz h mérsékletét 160°C .

$$p_{\text{huzat}} = \left[\frac{T_0}{(T_0 + T_{\text{levegő}})} - \frac{T_0}{(T_0 + T_{\text{füstgáz}})} \right] \cdot \rho_0 \cdot g \cdot H, \text{ ahol}$$

ρ_0 : a levegő ($\rho_{\text{levegő}}$) és a füstgáz ($\rho_{\text{füstgáz}}$) sűrűség különbsége,

ρ_0 : kinti levegő sűrűsége = 1 kg/m³,

g : gravitációs gyorsulás

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

H : a kémény magassága, jelen esetben $H = 10 \text{ m}$,

T_0 : külső levegő hőmérséklet, $t_0 = -13^\circ\text{C}$; $T_0 = 260 \text{ K}$

$T_{\text{levegő}}$: belső levegő hőmérsékletet, $t_{\text{levegő}} = 20^\circ\text{C}$; $T_{\text{levegő}} = 293 \text{ K}$

$T_{\text{füstgáz}}$: füstgáz hőmérsékletet, $t_{\text{füstgáz}} = 160^\circ\text{C}$; $T_{\text{füstgáz}} = 433 \text{ K}$

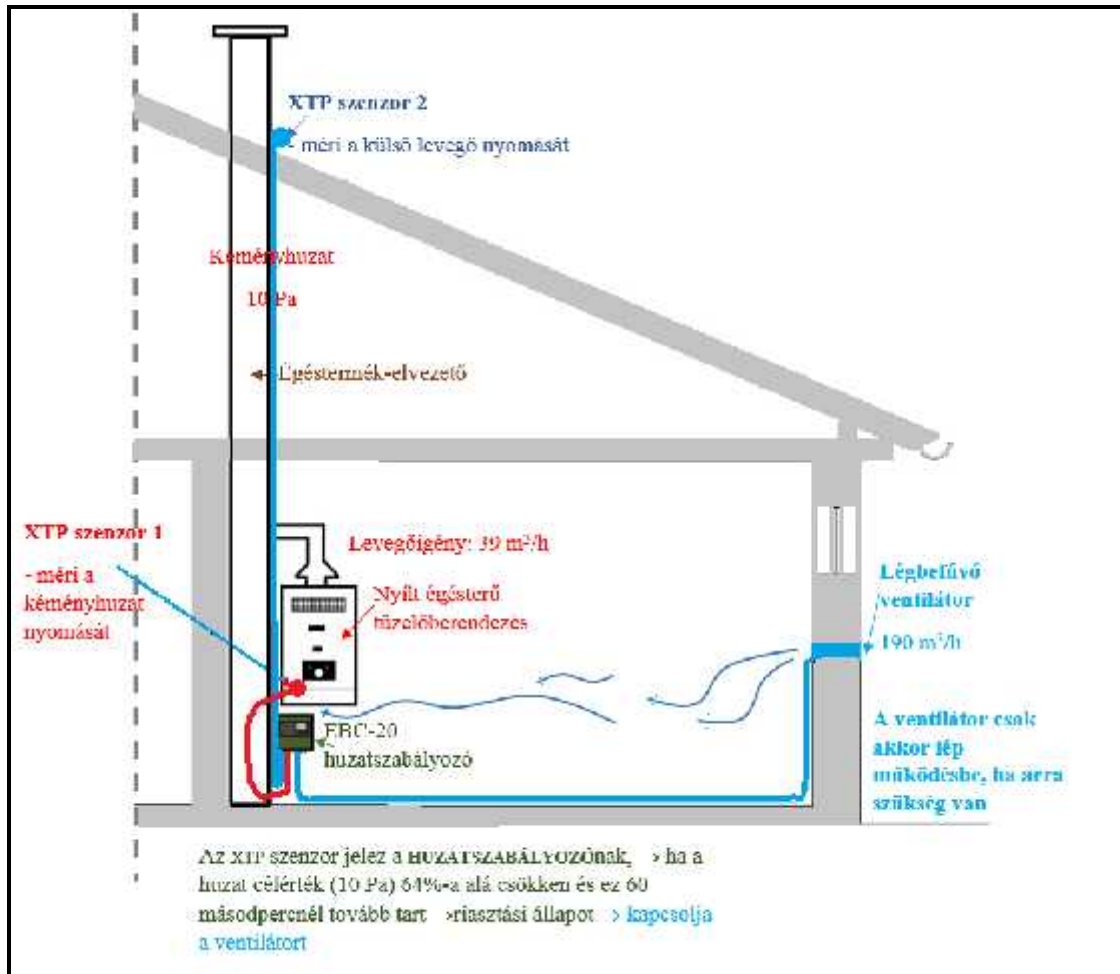
$$p_{\text{huzat}} = 9,32 \text{ Pa}$$

Normál működésnél a kémény által keltett huzat, amelynek köszönhetően az égéstermék távozik az égéstermék-elvezetésben a szabadba 9,32 Pa ~ 10 Pa. Lakóépületen belül a különböző források és szakemberek is közel 10 Pa értékű statikus huzat értéket állapítottak meg.

5. JAVASLAT A LEVEGŐ-UTÁNPÓTLÁSRA SZOLGÁLÓ RENDSZER KIALAKÍTÁSÁRA

A meghatározott kéményhuzat elméleti lehetőséget biztosít a szaki védelmi rendszer kialakítására. A levegő-utánpótlásra szolgáló rendszer egy differenciál nyomásérzékelőből, egy huzatszabályozóból és egy levegő-bevezetésre szolgáló ventilátorból áll. Működési elve szerint

amennyiben a lakásban nyomás kritikus mértékben megváltozik, a ventilátor m ködésbe lépve kiegyenlíti a nyomást, amellyel egyben biztosítja a tökéletes égéshez szükséges friss leveg t. A rendszer elvi m ködési rajzát az alábbi ábra mutatja be:



4. ábra Leveg -utánpótlásra szolgáló rendszer m ködési ábrája

A feltételezések szerint az épületben nyílt égéster tüzel berendezés m ködik. A huzatszabályozó készülékb l indul ki két XTP szenzor, a pirossal jelölt a kéményhuzat nyomásértékét méri, a késsel jelölt, tet szerkezet fölé nyúló második nyomásérzékel szenzor pedig a küls leveg nyomását méri. Ha a huzat a kritikus érték (10 Pa) 64%-a alá csökken és ez 60 másodpercnél tovább tart, akkor a huzatszabályozó készülék riasztási állapotba lép. Ebben az esetben a huzatszabályozó kapcsolja a légbefúvó ventilátort, ami óránként 190 m³/h leveg t jutat

be a szoba légterébe, aminek köszönhetően kiegyenlítődik a belső nyomás érték, és a levegő igény értéke is biztonságosan tartható.

A fenti rendszer elnye, hogy nem megfelelő levegő utánpótlás esetén automatikusan beavatkozik, így az emberi egészségre veszélyes szén-monoxid koncentrációérték nem alakulhat ki.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt években a lakóépületekben bekövetkezett szén-monoxid mérgezéssel kapcsolatos káresemények száma megnövekedett, amely alapvetően a nem megfelelő levegő-utánpótlásra vezethető vissza.

A nem megfelelő levegő-utánpótlás a lakások szellőzésének megváltozásával függ össze. Az energiahatékonyság növelése érdekében az elmúlt évtizedekben a régi ablakok korszerű, jól záródó ablakokra kerültek lecserélésre, amelyek azonban megakadályozzák a lakás frisslevegő ellátást. A levegő-utánpótlást tovább ronthatják egyéb más épületgépészeti berendezések, például a konyhai pára elszívók, léghelvezetők, amelyek képesek megváltoztatni a nyomásviszonyokat, így „légtömör” lakásba kizárólag a kéményen keresztül kerülhet az elhasznált „levegő”, amely már a gázkészülékben az oxigén hiánya miatt tökéletlen égést okozna.

A tüzelő berendezések, illetve kémények (égéstermék-elvezetők) rendszeres ellenőrzésével és karbantartásával, szén-monoxid érzékelők telepítésével a szén-monoxid mérgezés kockázata jelentősen csökkenthető, de továbbra sem zárható ki.

A bemutatott számítások alapján a nyílt égésterű tüzelő berendezés normál működéshez huzat biztosításához 10 Pa nyomáskülönbségre van szükség. A nyomáskülönbség mérése elméleti megoldást jelenthet a szén-monoxid mérgezés kialakulásának megelőzésére. A nyomáskülönbség

mérésen alapuló levegő -utánpótlásra szolgáló rendszer automatikusan beavatkozik, így az emberi egészségre veszélyes szén-monoxid koncentrációérték nem alakulhat ki.

7. HIVATKOZÁSOK

[1.]Érces F.: Szén-monoxid mérgezések tapasztalatai internetes weboldal; oldal - elérhető : http://www.katasztrofavedelem.hu/letoltes/otb/02_Erces%20Ferenc_A_CO_mergezések_tapasztalatai.pdf letöltés: 2017.10.08.

[2.]Horváth M., (2005) A Világ mérgező kődése. internetes weboldal; oldal - elérhető : http://www.vilaglex.hu/Kemia/Html/Szenmox_.htm - keres : <https://www.google.hu/>; kulcsszavak: szén-monoxid, kémia ; letöltés: 2017.02.25.

[3.] Honeywell (2014) Honeywell Szabályozástechnikai Kft.; internetes weboldal; oldal - elérhető : http://www.honeywellcoriaszto.hu/mit_kell_tudni_a_h450en_rol/a_szen_monoxid_keres : <https://www.google.hu/>; kulcsszavak: szén-monoxid, ppm ; letöltés: 2017.03.02.

[4.]Csépl Z., Kátai-Urbán L., Vass Gy. (2016) Az iparbiztonsági képzési rendszer mérési szakmai technikai feltételeinek vizsgálata. BOLYAI SZEMLE XXV:(3) pp. 65-86.

[5.]Ronyecz L., Vass Gy., Kátai-Urbán L. (2015) Veszélyes üzemi kockázat és következményelemző eszközök alkalmazhatósága. BOLYAI SZEMLE XXIV:(1) pp. 111-123.

[6.]2015. évi CCXI. törvény a kéményseprő-ipari tevékenységről

[7.]21/2016. (VI. 9.) BM rendelet a kéményseprő-ipari tevékenység ellátásának szakmai szabályairól

[8.]GMBSZ (2012), Gáz csatlakozó vezetékek és fogyasztói berendezések, Létesítési és üzemeltetési M szaki-Biztonsági Szabályzata (2012. évi kiadás)

[9.]Bucsi S. (2008), Égéstermék-elvezetési rendszerek, részegységek m ködése, m ködtetése,

Tanulmány_elérhet :http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/5_0099_017_10121_5.pdf - keres : <https://www.google.hu/>; kulcsszavak: kéményáramkör ; letöltés: 2017.04.12.

[10.] Decsi Gy. (2004), Promatt Elektronika Kft. 2004. Szén-monoxid, a láthatatlan gyilkos; Tanulmány elérhet : Villanyszerel k lapja c. újság, Védelem Online letöltések: <http://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/20-szenmonoxid-a-lathatatlan-gyilkos.pdf>; keres : <https://www.google.hu/>; kulcsszavak: szén-monoxid érzékel k mérési elve; letöltés: 2017.04.20.

Hegedüs Anita építészmérnök, T z- és katasztrófavédelmi specializáció, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudomány Kar

Hegedüs Anita Szent István University Ybl Miklós Faculty of Architecture Civil Engineering Fire Protection

Baczakó Tamás Épít mérnök, T z- és katasztrófavédelmi specializáció, Szent István Egyetem, Ybl Miklós Építéstudomány Kar

Baczakó Tamás Szent István University Ybl Miklós Faculty of Architecture Civil Engineering Fire Protection

Lublóy Éva habilitált docens, Budapesti M szaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Épít mérnöki Kar, Épít anyag és Magasépítés Tanszék, H-1111, Budapest M egyetem rkp. 1-3, email: [lubloy.eva@bme.epito](mailto:lublloy.eva@bme.epito). orcid: 0000-0001-5435-4400

Éva Lubl6y Budapest University of Technology and Economics, H-1111 Budapest, M egyetem
rpkp 1- 3 , lubloy.eva@bme.epito. orcid: [0000-0001-5435-4400](https://orcid.org/0000-0001-5435-4400)

Cimer Zsolt egyetemi docens, Nemzeti K6zszolg6lati Egyetem, V6ztudom6nyi Kar, V6zell6t6si
6s K6rnyezetm6rn6ki Int6zet H-6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky utca 12-14 e-mail:
cimer.zsolt@uni-nke.hu orcid: 0000-0001-6244-0077

Cimer Zsolt Chem.Ing. National University of Public Service, H-6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky
utca 12-14, Hungary, email: cimer.zsolt@uni-nke.hu orcid: 0000-0001-6244-0077

A k6zirat beny6jt6sa: 2017.11.17.

A k6zirat elfogad6sa: 2017.11.28.