
OZone szoftver

Felhasználói utasítás

3.0 verzió, 2018

OZone V3

Használati utasítás

1 Bevezetés	3
2. Menüsor	5
3. Fő ablak	8
4. Kamra ablak	10
5. Tűz ablak	13
5.1 Kamratűz - E melléklet (EN1991-1-2)	14
5.2 Felhasználó által meghatározott tűz	15
5.3 Lokális tűz	17
6. Stratégia ablak	19
7. Paraméterek ablak	21
7.1 Általános paraméterek	21
7.2 Levegővel ellátott modell	22
7.3 Hőmérséklet és időfüggő nyílások	23
8. Termikus hatás gomb	25
9. Fűtés ablak	26
10. Acélprofil ablak	28
11. Acélhőmérséklet gomb	29
References	30
Mellékletek	32

1. Bevezetés

Az OZone egy felhasználóbarát szoftver, amelyet a tűz által okozott termikus hatások kiszámításához és az acélszerkezeti elem hőmérsékletének alakulásához fejlesztettek ki, névleges tűzgörbék, vagy fizikai és kémiai paramétereken alapuló természetes tűzmodellek felhasználásával. Az OZone kétféle természetes tűzmodellel foglalkozik: lokalizált tüzek és kamratüzek. Lehetővé teszi továbbá a tűzállóság kiszámítását az egyszerű modell segítségével.

A kamra tüzek esetén az OZone lehetővé teszi az egyzónás vagy kétzónás tűzmodellek használatát az EN1991-1-2 D mellékletében meghatározottak szerint. A zóna modellek olyan numerikus eszközök, amelyeket a gáz hőmérsékletének a kamrában lévő tűz alakulásának értékelésére használnak. Korlátozott számú feltételezés alapján könnyen kezelhetőek, és jól értékelik a kamra hőmérsékletének alakulását. A Petersson [SPFE, 1995] által kifejlesztett első numerikus egyzónás modellek óta a numerikus tűzmodell jelentős fejlesztése történt. Ezek közül több zónát, többkamrás és folyadékdinamikai számítási modelleket fejlesztettek ki. Bár a zóna modellek kevésbé kifinomultak, saját alkalmazási területtel rendelkeznek, és ezért a tűzvédelmi mérnöki alkalmazások alapvető eszközei.

A zóna modelleknél a fő feltételezés az, hogy a kamrák olyan zónákra vannak osztva, amelyekben a hőmérséklet-eloszlás egyenletes. Az egyzónás modellekben a hőmérsékletet az egész kamrában egyenletesnek tekintik. Az ilyen típusú modell tehát teljes mértékben kialakult tüzek esetén érvényes. A kétzónás modellek jobban megfelelnek, ha a tűz csak korlátozott marad. Ebben az esetben a kétzónás modell jobban tükrözi a hőmérséklet-eloszlást a kamrában: egy forró réteg a mennyezet közelében és egy hideg réteg lent.

Az OZone-ban alkalmazott zóna modelleket az ECCS „Természetes tűzbiztonsági koncepció” [NFSC1] és a „Természetes tűzbiztonsági koncepció - teljes méretű tesztek, megvalósítás az Eurokódokban és a felhasználóbarát tervezőeszköz fejlesztése” keretein belül fejlesztették ki [NFSC2]. Az [NFSC 1] alkalmazásában kialakított valószínűségi megközelítést az EN 1991-1-2 tartalmazza.

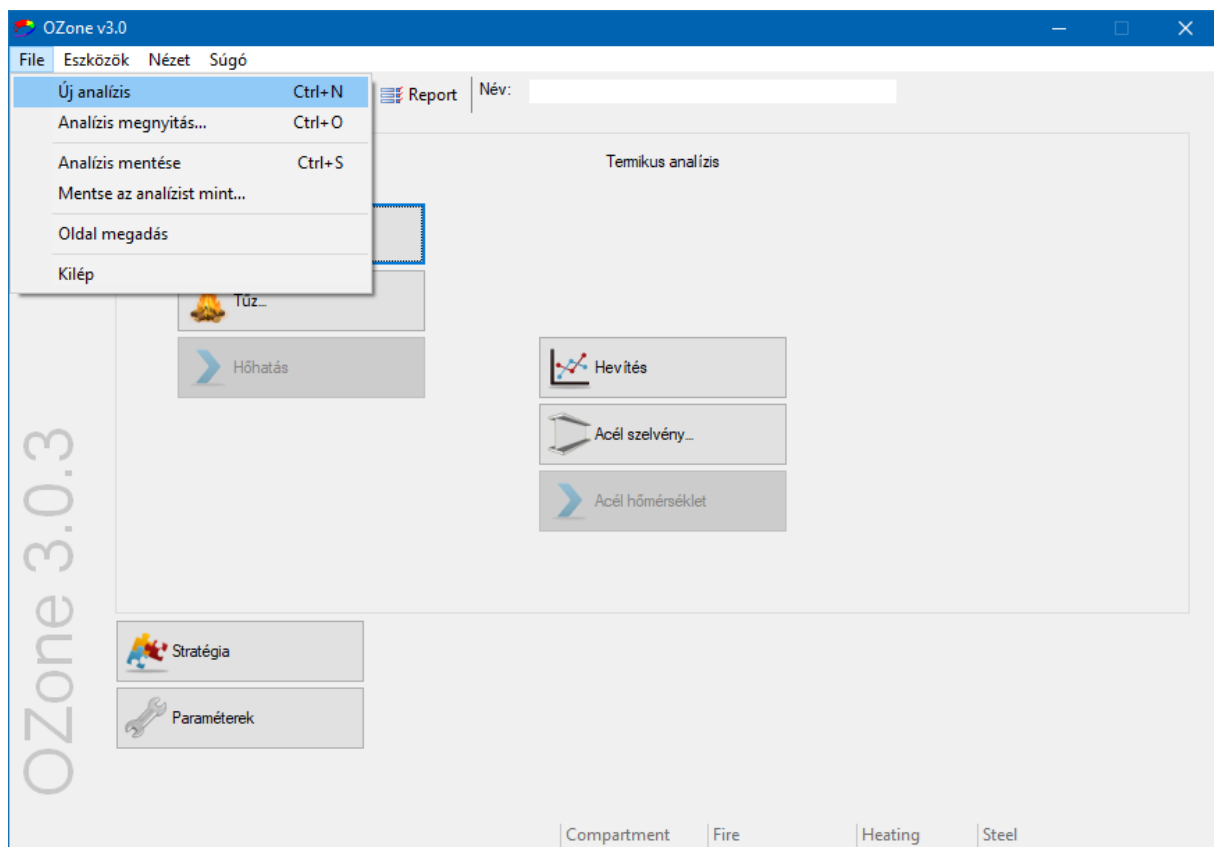
Az OZone két-zónás és egyzónás modelleket is tartalmaz, amelyek között lehetőség van a váltásra, ha bizonyos feltételek teljesülnek. Számos égési modellt fejlesztettek ki a különböző helyzetekre.

- Nagy kamrákban, ahol a teljes tűzbeborítás nem fordul elő, a szerkezet viselkedését lokalizált tűzviszonyok mellett kell elemezni. Az OZone-ba bevezetett lokalizált tűzvédelmi eljárás az RFSR-CT-2012-00023 LOCAFI kutatási projektben végzett munka alapján történik. Az eljárás során azokat a konfigurációkat, amelyekben a hőcserét konvektív fluxusok segítségével rajzolják ki (a tűzbe került elem, vagy a lángban lévő elem a mennyezeti szinten) számíthatók az EN 1991-1-2-ben rendelkezésre álló meglévő egyenletek alkalmazásával. A tűzön kívül elhelyezkedő függőleges elemek esetében a sugárzó hőcserét úgy számítják ki, hogy a tüzet virtuális szilárd lángként kezelik, amely minden irányban sugároz. Az OZone egy kúpos alakot vesz fel ennek a virtuális szilárd lángnak. A fluxust a profil doboz kerülete négy oldalára külön-külön számítják ki, és ennek a fluxusnak az átlagértékét az acélszakasz egész dobozának kerületére alkalmazzuk. Ez azt jelenti, hogy az árnyékhatast implicit módon vesszük figyelembe.

- Az OZone-ban lehetséges egy lokalizált tűz meghatározása a kamrában. Ebben az esetben a termikus elemzéshez a felhasználó az acélprofil hőmérsékletét a kamra forró zónájából, a lokalizált tűzből, vagy a kettő közötti legnagyobb értékből kaphatja meg.
A szoftvert számos teszt és CFD elemzés eredménye ellenőrizték.

2. Menü sáv

A menüsor a következő menükkal rendelkezik: „File”, „Tools”, „View” és „Help” (lásd az 1. ábrát).



1. ábra Főablak - Menüsor

- Ha az aktuális elemzést egy fájlba szeretné menteni, válassza a „Analízis mentése” parancsot a „File” menüből. A korábban elmentett fájlba mentett elemzés mentéséhez válassza a Fájll menü „Elemzés mentése...” parancsát.

Mindkét parancs megnyitja a „Mentés másként” közös párbeszédablakot, amelyben a felhasználó kiválaszthatja a mappát és beírhatja a fájl fájlnevét. Az elemzőfájl a *.ozn kiterjesztéssel mentésre kerül, és az OZone társítja ezeket a fájlokat (azaz a Windows Explorerben a fájl nevére duplán kattintva, vagy a helyi menüből megnyitva az Open parancsot, az operációs rendszer elindítja az OZone-ot és megnyitja fájlt).

Egy új analízis elindításához válassza ki az „Új analízis” parancsot a „Fájll” menüből.

A „File” menü „Page Setup” parancsa megnyitja a közös párbeszédablak beállításlablakát, amelyben a felhasználó kiválaszthatja a papírméretet, tájolást és kitölti a nyomtatott diagram margóit.

- Az „Eszközök” menüben a felhasználó hozzáadhatja vagy módosíthatja az anyagokat és azok hő tulajdonságait a „Fali anyag hozzáadása” parancs kiválasztásával.

Az acél tűzvédelmi anyagok hozzáadásához vagy módosításához válassza az „Acél szigetelőanyagok hozzáadása” parancsot.

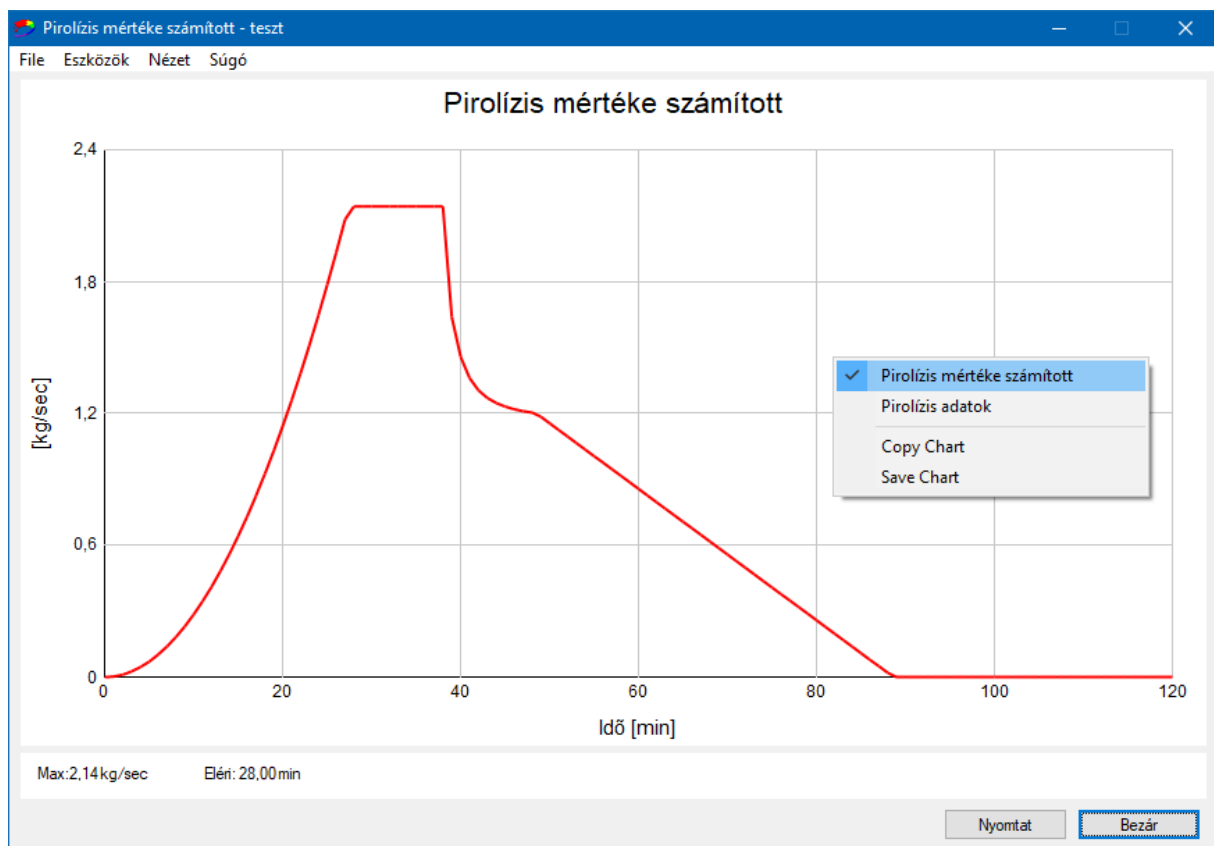
Nem lehetséges a fal- vagy acélszigetelő anyag cseréje, kivéve, ha az ablakok egyikében sem változik. Ha az OZone figyelmeztet: „Van egy betöltött fájl...”, válassza ki az „Új elemzés” parancsot a „Fájl” menüből, és módosítsa az értékeket bármelyik ablakban. A fal- vagy acélszigetelő anyagok változásai az OZone újraindításakor fognak megtörténni.

Az Eszközök menü utolsó parancsa a Nyelv parancs. Jelenleg több nyelv is rendelkezésre áll.

Az OZone felhasználói felülete nyelvének megváltoztatásához válassza ki a „Nyelv” parancsot az „Eszközök” menüből, és a megnyitott párbeszédpanelen válassza ki a kívánt nyelvet a „Nyelv kiválasztása” legördülő listából.

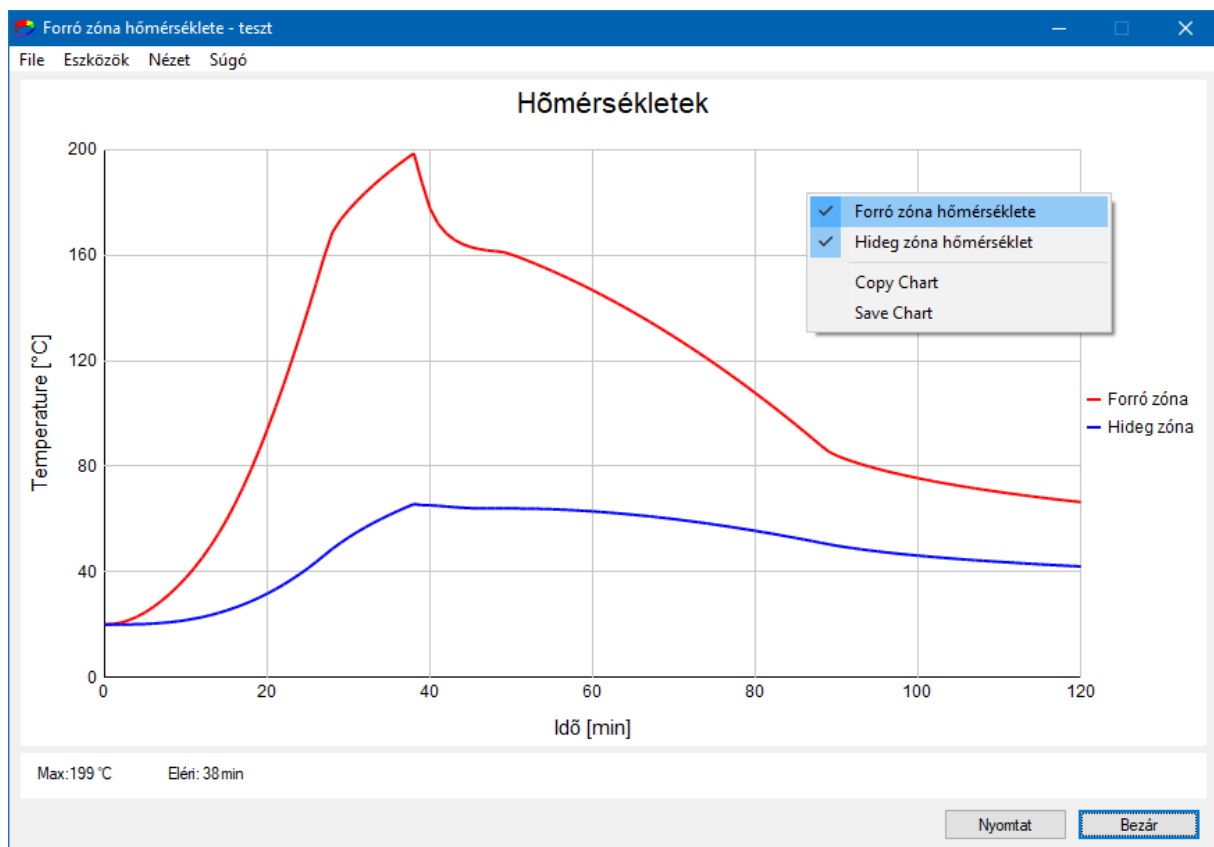
- A „Nézet” menü tartalmazza az elemzési adatok (RHR adatok, pirolízis sebességadatok) vagy az eredmények (RHR kiszámított, számított pirolízis sebesség, forró zóna hőmérséklet stb.) megjelenítésére szolgáló parancsokat. Az elemzés állapotától függően nem engedélyezett a Nézet menü összes parancsa. Ha például az acélhőmérsékletet kiszámítjuk, az „Acélhőmérséklet” parancs engedélyezve van.

A „Nézet” menü utolsó parancsa jelentést készít az aktuális elemzésről. A jelentés Microsoft Word dokumentumként kerül mentésre, az elemzési fájl nevével azonos mappában, az elemzési fájl neve alatt. A diagramadatok exportálhatók Excelbe a helyi menü segítségével. Kattintson a jobb gombbal bárhol a diagramra, és a helyi menüből válassza ki a „Diagram másolás” parancsot. Váltson az Excelre, és válassza a Beillesztés lehetőséget (lásd 2. ábra).



2. ábra Diagram ablak

A diagramablakban szereplő ábrázolt adatoktól függően a felhasználó akár három számsorozatot is megjeleníthet a diagramban, a táblázat nevének kiválasztásával a helyi menüből (jobb egérgombbal) a diagram ablakban (lásd 3. ábra).



3. ábra Diagram ablak

Az elemzési fájl mentett mappája az elemzési fájl mellett (a * .ozn kiterjesztés mellett) a következő fájlokat tartalmazza:

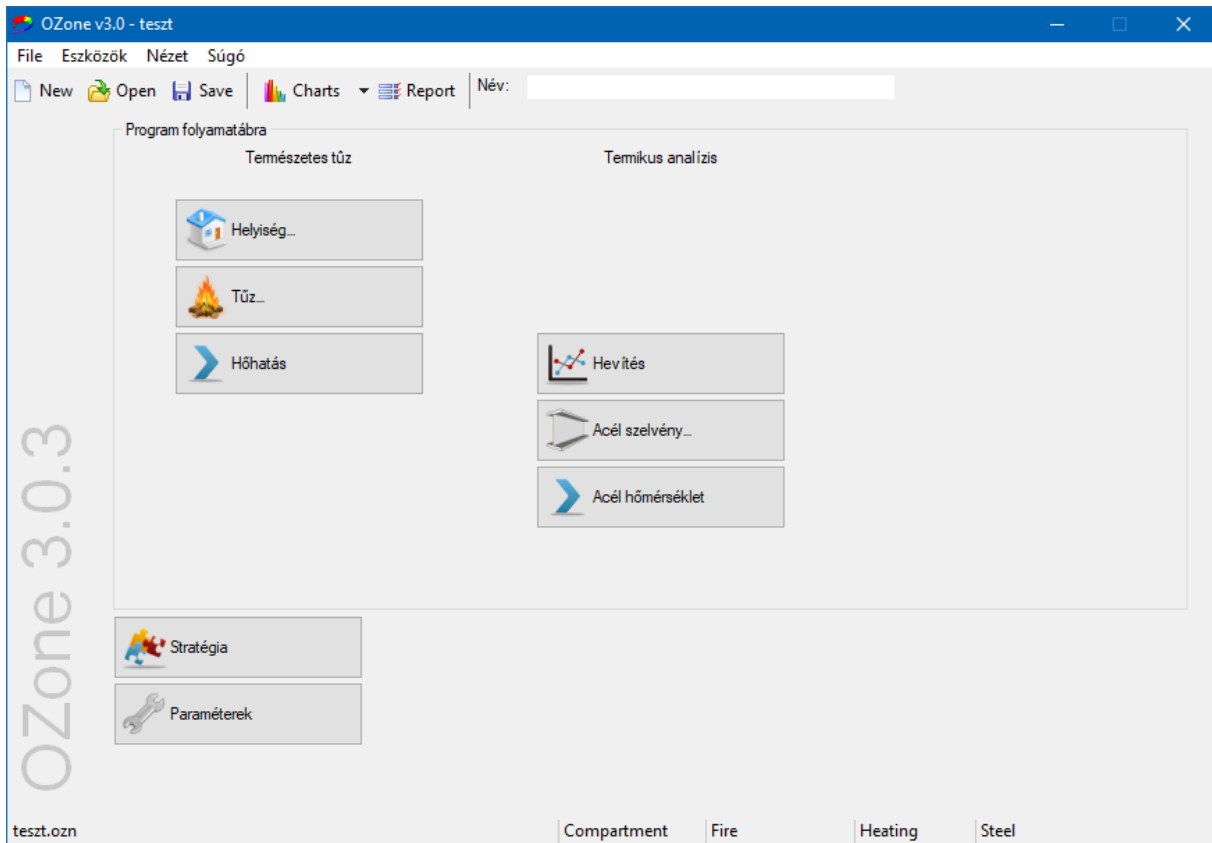
- Filename.pri - az adat kimeneti fájl, amely tartalmazza a forró zóna hőmérsékletét, a hideg zóna hőmérsékletét stb.);
- Filename.out - a kimeneti fájl, amely adatokat tartalmaz a kamra beléséről, valamint a két zóna modellről az egy zóna modellre való áttérés kritériumait;
- Fájlnev.nat - a kimeneti fájl, amely tartalmazza a gázhőmérsékletet, ha a „Fűtés” ablakban a helyi tűz vagy a kettő közül nagyobb érték van kiválasztva;
- Fájlnev.flx - a kimeneti fájl, amely tartalmazza a lokalizált tüzek nettó hőáramlását;
- Filename.stt - a kimeneti fájl, amely tartalmazza az acélhőmérséklet alakulását, akár védett, akár nem védett.

Nem mindegyik fájl jelenik meg abban a mappában, ahol az elemzőfájlt elmentettük, a tűz típusától (kamra vagy lokalizált) és fűtési forgatókönyvtől függően.

3. Főablak

Az OZone lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy alkalmazza az előírt megközelítést (névleges tüzeket) a termikus hatások vagy a teljesítményalapú megközelítések létrehozására, amelyekben a termikus hatásokat a Zóna Modell megközelítéssel határozzuk meg.

A főablak két oszlopban van felépítve (lásd a 4. ábrát).



4. ábra Főablak

A „Természetes Tűz” oszlop azokra a hőhatásokra utal, amelyeket a zóna tűzmodelljei alapján vizsgálnak a kamrákra vagy a lokalizált tüzekre.

A kamra tüze esetén a felhasználónak először meg kell határoznia a kamra geometriáját, a falak, a mennyezet és a padló összetételét, valamint a nyílások méretét és helyzetét a 4. fejezetben ismertetett „Kamra” ablakban. Az 5. fejezetben ismertetett „Tűz” ablakban a felhasználó az EN 1991-1-2. szabvány E melléklete szerinti eljárás alapján határozza meg a tüzet, vagy közvetlen bevitel (felhasználó által definiált) alapján.

Helyi tűz esetén a felhasználó kihagyhatja a „Kamra” ablakot. A tűz közvetlenül a „Tűz” ablakban definiálható, hogy egy nyílt térben lokalizált tüzet képviseljen. A lokalizált tüzet is figyelembe lehet venni egy kamra belsejében. Ebben az esetben a kamrát a „Kamra” ablakban kell meghatározni.

Az elemzést a „Hőhatás” gomb megnyomásával végezzük.

Az általános ablak „Termikus analízise” oszlopában lehetővé válik a hőmérséklet alakulása egy acélprofilban, a természetes tűz (első oszlop) segítségével számított hőhatás alapján, vagy a névleges tűzgörbék alapján. A hőhatás kiválasztása (névleges tűzgörbe, kamra tűz, lokalizált tűz) a „Fűtés” ablakban történik.

Természetes tűzvédelmi modellekkel korábban meghatározott hőhatás esetén az acélprofil a „Fűtés” ablakban akár a meleg zóna hőmérsékletétől (a kamra tűzétől), akár a lokalizált tűz hőmérsékletétől függően felmelegedhet.

Ha a kamra jellemzői a „Kamra” ablakon belül vannak meghatározva, és a „Tűz” ablakban egy lokalizált tüzet definiálnak, a felhasználó az acélprofil felmelegítésekor figyelembe veheti a forró zóna (kamra) közötti legnagyobb hőáramlást a forró zóna (kamra tűz) és a lokalizált tűz vonatkozásában. Ebben az esetben nincs szükség egy helyi tűz meghatározására (E melléklet - EN 1991-1-2 / Felhasználó által meghatározott tűz) a „Tűz” ablakban.

Névleges tűzgörbe esetén nem szükséges átmenni az általános ablak „Természetes tűz” első oszlopán. A felhasználó közvetlenül kiválasztja a névleges tűzgörbét a „Fűtés” ablakban.

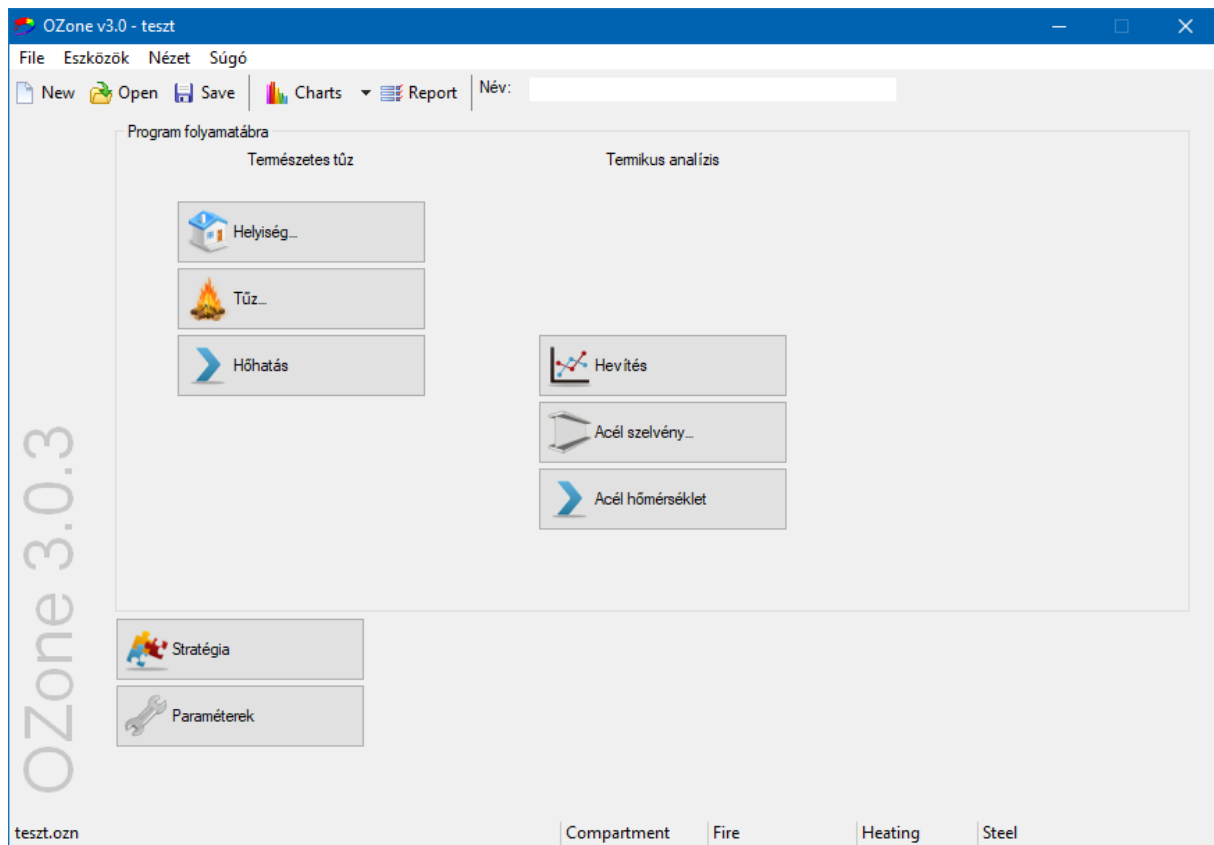
A védett / védetlen acélprofil az „Acélprofil” ablakban határozzák meg. Az elemzés az „Acélhőmérséklet” gomb kiválasztásával történik.

A „Stratégia” és a „Paraméterek” ablakokat a 6. és 7. fejezet ismerteti.

4. Kamra ablak

Ha egy kamra tüzet OZone-ban modellezünk, az első lépés a kamra alakjának kiválasztása (lásd a 3. ábrát): vagy egy téglalap alakú padló (sík tetővel, egytengelyű tetővel, vagy kettős tetőtetővel), vagy nem téglalap alakú padló (Bármely kamra) lapos tetővel.

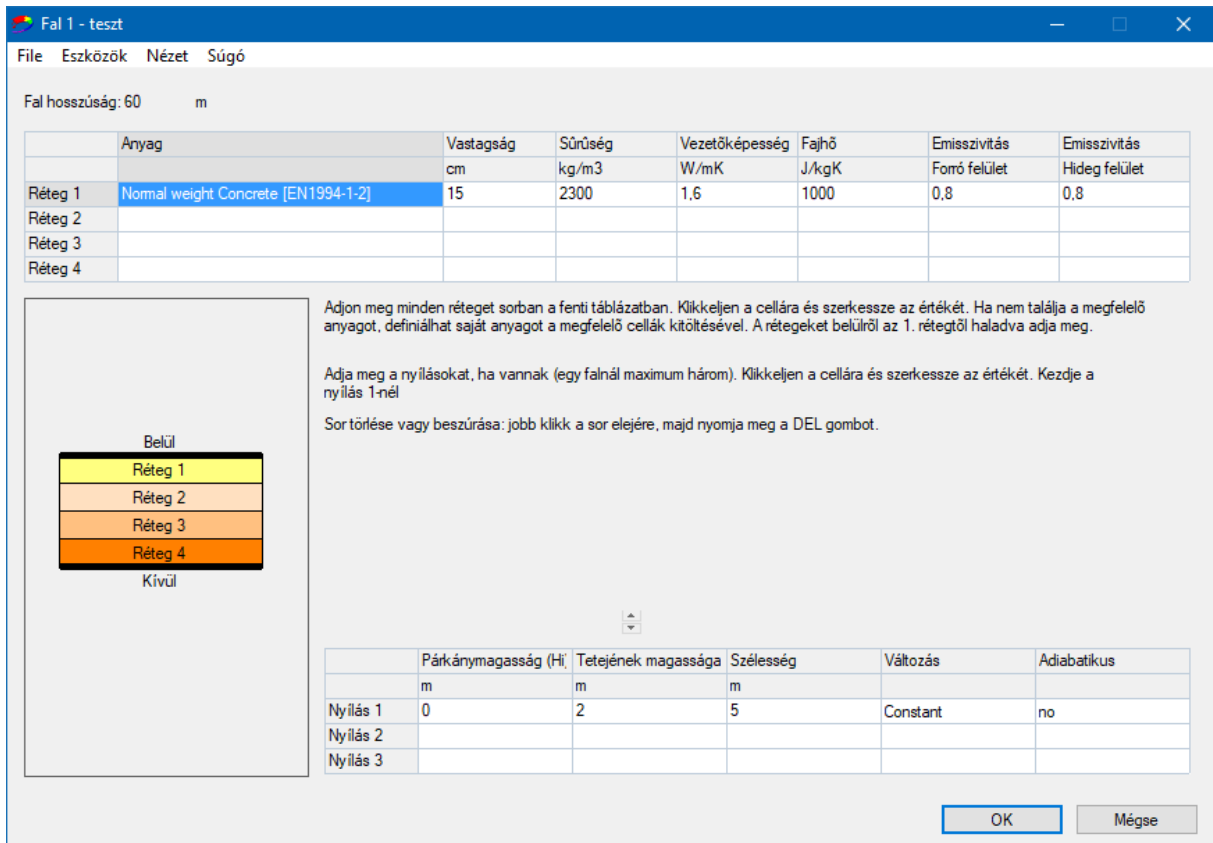
Téglalap alakú padlónál a méreteket, azaz a hosszúságot, a magasságot és a mélységet kell megadni méterben. Nem téglalap alakú padlók esetén a falak maximális száma négy, és a rekesz felületét m²-ben kell megadni.



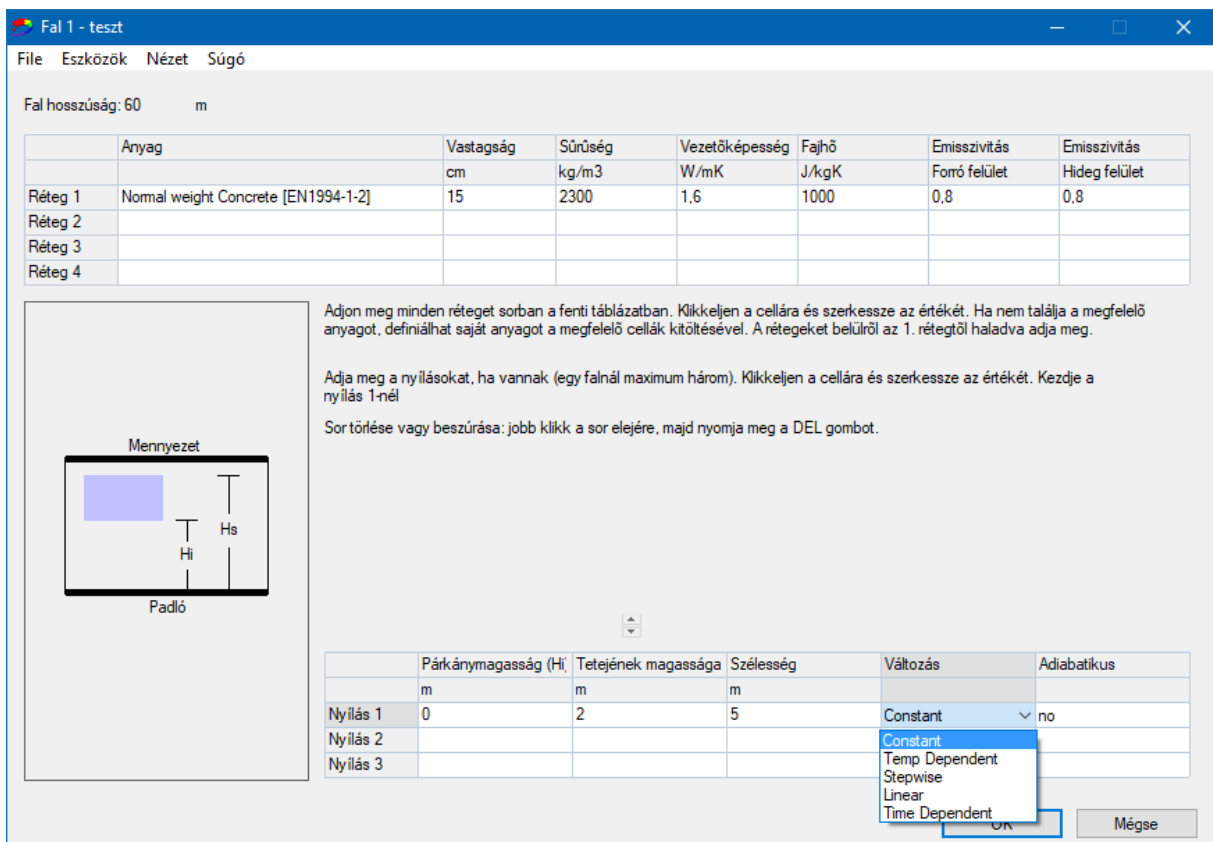
5. ábra A rekesz ablak

A kamraburkolat (padló / mennyezet / fal) meghatározásához válassza ki a megfelelő elemet a „Select Wall” (Fal kiválasztása) legördülő listából, majd kattintson a „Define” (Meghatározás) gombra. Ez megnyitja a kamrarész meghatározási ablakát (lásd 5. ábra).

Minden egyes kamrarésznél (falak, mennyezet és padló) legfeljebb négy réteg határozható meg a vastagság mentén. Ha több réteget veszünk figyelembe, azokat belülről kifelé kell megadni, az 1. rétegtől (belülről) kezdve. A legördülő listából előre meghatározott anyagok esetében csak a réteg vastagságát kell megadni. A felhasználó bármilyen anyagot definiálhat a táblázat összes jellemzőjével (Egységtömeg, Vezetőképesség, Speciális hő, Relatív emisszió a meleg és hideg felületen) (lásd 6. ábra).



6. ábra A kamraborítás meghatározása ablak

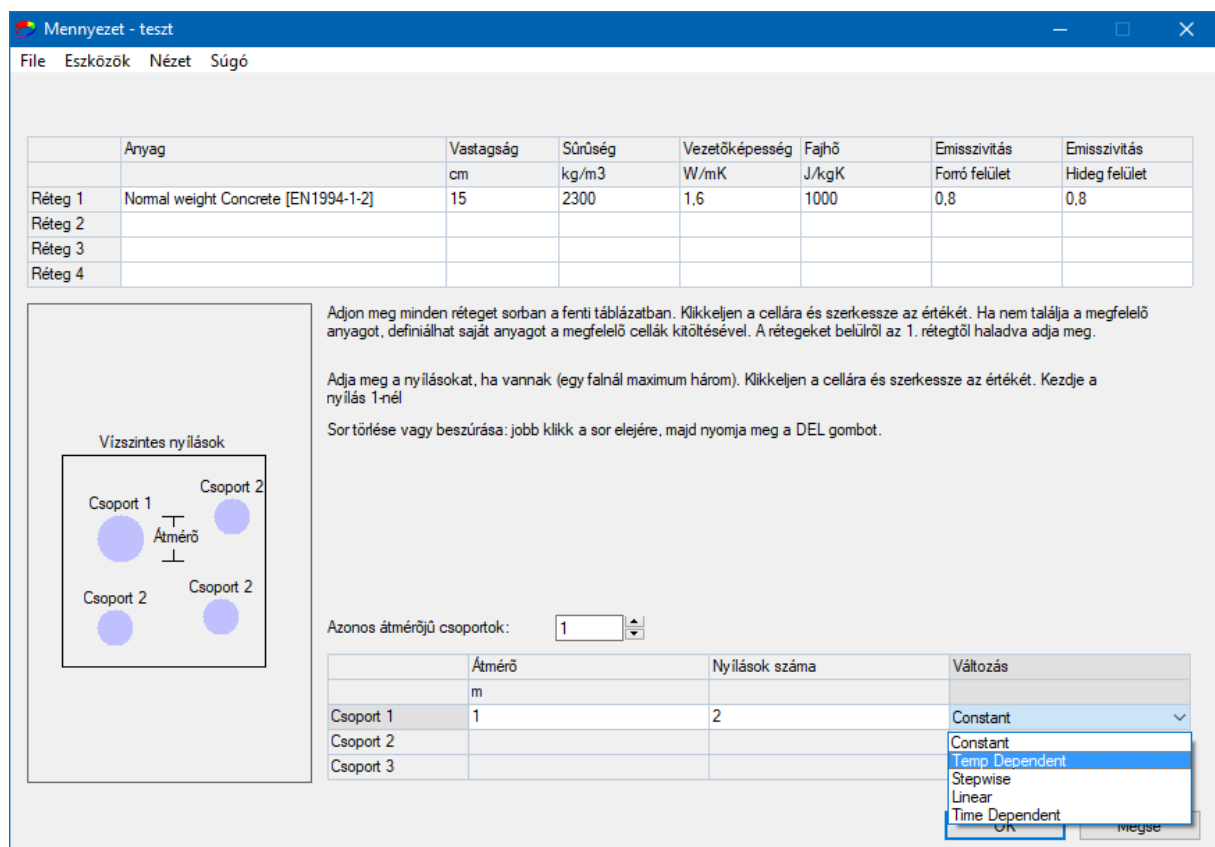


7. ábra A függőleges nyílások meghatározása

A vízszintes és / vagy függőleges nyílások a mennyezeten és a falakon belül, a kamrarekeszbélés meghatározási ablakán belül definiálhatók.

A fal esetében legfeljebb három nyílás definiálható. Az egyes nyílásokhoz méterben meg kell adni a Sill Height (Ablak magasság), Soffit Height (Ablak alsó széle magassága) és Width (Szélesség) méreteket (lásd 7. ábra). Alapértelmezés szerint állandó nyílásméret javasolt, de a „Variation” (Változtatás) legördülő listából kiválasztható a nyílás változata. Az opciók (Hőmérséklet függő / Lépésenkénti / Lineáris / Időfüggő) a 7. fejezetben található. Az „Adiabaticus” opció és a nyílásokon keresztül történő hőcsere részletes leírása az A mellékletben található.

A mennyezet meghatározásakor az alsó táblázatban vízszintes nyílásokat lehet definiálni, lásd 8. ábra. Legfeljebb három egyenlő átmérőjű csoport definiálható. Meg kell adni az egyes csoportok átmérőjét és a nyílások számát. Alapértelmezés szerint egy állandó nyílást javasolunk, de a variáció legördülő listából kiválasztható a nyílás változata. Az opciók (Hőmérséklet függő / Lépésenkénti / Lineáris / Időfüggő) a 7. fejezetben található.



8. ábra A vízszintes nyílások meghatározása

Az erőltetett szellőztetést a kamradefiníciós ablak alsó táblázatában is meg lehet határozni (lásd 5. ábra). Legfeljebb három eszközt lehet beírni az átmérő és a magasság megadásával méterben a padlószint felett, a beömlő térfogata (In) vagy a kiömlő (Out) levegő m³/sec-ban. A füstelszívókkal kapcsolatos magyarázatot lásd a B. mellékletben.

5. Tűz ablak

A „Tűz” ablak lehetővé teszi a kamra tűz meghatározását (az EN 1991-1-2 melléklete és a megfelelő nemzeti mellékletek, vagy a felhasználó által meghatározott tűz) vagy a lokalizált tűz által (lásd 9. ábra).

The screenshot shows the 'Tűz... - teszt' window with the following content:

Tűzszakasz: Annex E (EN 1991-1-2) Felh. által megadott tűz

Helyi tűz: Lokális tűz

Nemzeti kiegészítés: Default

Helyiség rendeltetése	Tűzterjedés sebessége	RHRF [kW/m ²]	Tűzterhelés q _{f,k} 80% Küszöbérték [MJ/m ²]	Tűzkialakulás kockázata
Office (standard)	Medium	250	511	1

Aktív tűzvédelmi intézkedések

- Automatikus vízzel oltó berendezés $\delta_{n,1}=1$
- Független oltóvízellátás 1 2 $\delta_{n,2}=1$
- Automatikus tűzérzékelés hőre $\delta_{n,3}=1$
- Automatikus tűzérzékelés füstre $\delta_{n,5}=1$
- Automatikus vészjelzés a tűzoltóknak $\delta_{n,6}=1$
- Munkahelyi tűzoltóság $\delta_{n,8}=1$
- Külső tűzoltóság $\delta_{n,9}=1$
- Biztonságos elérési útvonalak $\delta_{n,10}=1$
- Lépcsőházak túlnyomás alatt tűzriadó esetén
- Tűzoltó berendezések $\delta_{n,10}=1$
- Füstelszívó rendszer $\delta_{n,10}=1$

A tűz adatai

Maximális tűz terület: 3,14 m²

Tűz talaj feletti magassága: 1 m

Tüzelő anyag legnagyobb magassága: 1 m

Tervezési tűzterhelés

Tűzveszélyes terület: 3,14 m² $\delta_{q,1}=0,77$

Tűz kitérés veszély: $\delta_{q,2}=1$

Aktív intézkedések: $\prod \delta_{n,i}=1$

$q_{f,d} = \delta_{q,1} \cdot \delta_{q,2} \cdot \prod \delta_{n,i} \cdot m \cdot q_{f,k} = 314,8 \text{ MJ/m}^2$

Az égéshez kapcsolódó paraméterek

Égési határfok: 0,8

Égési modell: Extended fire duration

Sztöchiometriai tényező: 1,27

Buttons: OK, Mégse

9. ábra Tűz ablak

5.1 kamra tűz - E melléklet (EN1991-1-2)

Alapértelmezés szerint az EN 1991-1-2 melléklet E értékeit javasoljuk, de a felhasználó a nemzeti mellékletet a „Nemzeti mellékletek” listából, vagy a felhasználó által megadott értékek közül választhatja ki. A C melléklet bemutatja a nemzeti tűzvédelem nemzeti paramétereit a különböző európai országokban, amelyekre a nemzeti mellékletek az OZone-ban találhatóak.

Ezen az ablakon belül az EN 1991-1-2 (Alapértelmezett) E melléklete szerint a tervezett tűzterhelési sűrűséget a következőképpen kell megadni:

$$q_{f,d} = m \cdot \delta_{q,1} \cdot \delta_{q,2} \cdot \prod \delta_{n,i} \cdot q_{f,k}$$

Először is be kell vezetni a Felhasználáshoz kapcsolódó paramétereket (Tűznövekedési sebesség / Legnagyobb hőmennyiség / Jellemző tűzterhelési sűrűség / Tűzaktiválás veszélye). Az OZone ezeknek a paramétereknek a táblázatos értékeit tartalmazza az EN 1991-1-2 E melléklete szerint, amely a

„Felhasználás” legördülő listából választható ki. Ha más értékekre van szükség, a felhasználó kiválaszthatja a „Felhasználó által definiált” értéket ugyanabban a legördülő listában.

A jellegzetes tűzterhelési sűrűség q_{fk} a valós kamrákban végzett méréssel kapott tűzterhelés-eloszlás 80%-a. Adatok állnak rendelkezésre a kamrák különböző típusú felhasználásáról. A jellegzetes tűzterhelési sűrűség elérése érdekében megmérték a kamrákban lévő éghető anyag tömegét, majd megszorozva az üzemanyag égési hőjével, és osztották a kamra padlóterülettel. Az értékelések során figyelembe vették a teljes égési hőt.

A tűz növekedési fázisát a Tűznövekedési sebesség t_a , jellemzi, amely azt az időt jelöli, amikor az A_f tűzterület olyan értékre nőtt, amely 1 MW hőelnyelési sebességhez vezet.

A Tűzegység területére jutó maximális hőmennyiség (RHR_f) az a maximális energiamennyiség, amelyet a tűzegység területe kioldhat egyenletes állapotban és üzemanyaggal szabályozott helyzetben. Az RHR_f az EN 1991-1-2 E mellékletében található a különböző típusú kamrák számára. Az RHR_f értékei valódi tüzet jelentenek, és figyelembe veszik a nem teljes égést.

A tűz növekedési rátája, a tűzterületre jutó maximális kibocsátási sebesség és a jellemző tűzterhelési sűrűség az EN1991-1-2 szabvány E mellékletében található.

A tűz aktiválódásának veszélyét az EN 1991-1-2. E melléklete δ_{q2} tényezői adják meg.

Az aktív intézkedés hatását az EN 1991-1-2. E melléklete $\delta_{n,i}$ tényezői adják meg. A felhasználónak ellenőriznie kell az Aktív Tűzoltási Intézkedések csoporton belüli lehetőségeket, azok elérhetőségének függvényében.

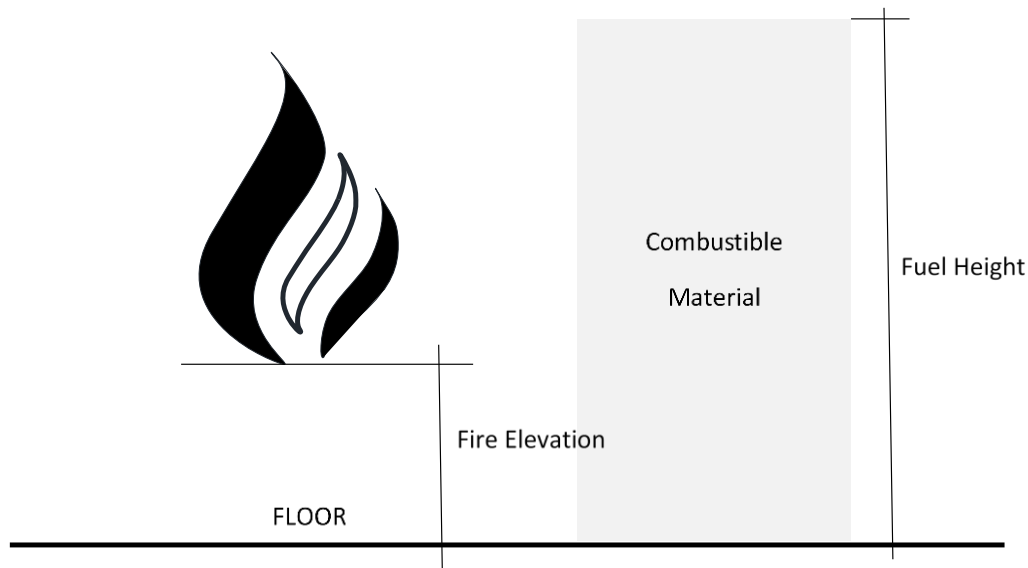
A kamraterület hatását figyelembe veszi a δ_{q1} tényező, a kamra területének automatikusan kiszámított függvénye. Az értékeket az (1) egyenlettel közelítjük meg. A számítás értékeit az EN 1991-1-2. E1 táblázata adja meg.

$$\delta_{q1} = 0.1688 \cdot \ln(A_f) + 0.5752 \quad (1)$$

Az $A_{fi, \max}$ a maximális tűzterület az üzemanyag legnagyobb égési területe, vagyis a padló maximális területe, amelyen az éghető anyag van. A legtöbb esetben a maximális tűzterület a padlóterületnek megfelelőnek tekinthető. Alapértelmezés szerint az OZone ezt az értéket a kamra ablakában megadott adatokból számítja ki. A felhasználó figyelembe veheti a maximális tűzterület különböző értékeit, amelyek alacsonyabbak lehetnek a kamra területénél.

A tűzkitörést alapértelmezés szerint a padló szintjén kell figyelembe venni. A felhasználó a tűzforráshoz újabb magasságot adhat meg (lásd 10. ábra). Ez befolyásolhatja az F mellékletben leírt Flash-over belobbanási kritériumokat.

A tüzelőanyag magasságát alapértelmezés szerint a padló szintjén kell figyelembe venni. A felhasználó meghatározhatja az éghető anyag más maximális magasságát a kamrában (lásd 10. ábra). Ez befolyásolhatja az F mellékletben leírt Flash-over belobbanási kritériumokat.



10. ábra Tűzmagasság és az üzemanyag magassága

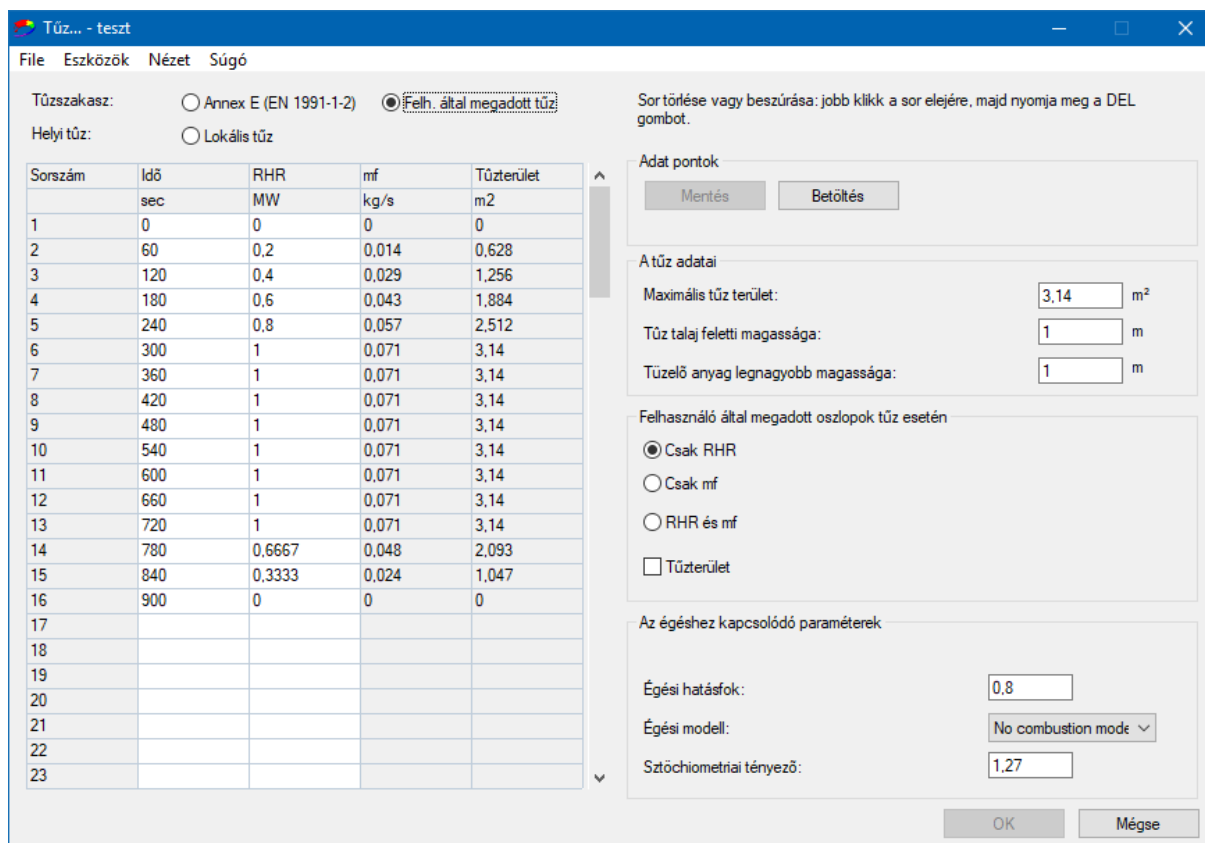
Az égési hatékonysági tényezőt az EN 1991-1-2 szabványban megadott alapértelmezett értéknek tekintjük, azaz $m = 0,8$. A felhasználó megadhat egy másik értéket, a felhasználás és a tűzterhelés típusa függvényében.

Az OZone felhasználóinak választaniuk kell a három különböző égési modell között. A "Nincs égési modell" esetén az oxigén jelenléte a kamrában nem befolyásolja a hőelvezetés sebességét. Ha nincs több oxigén a kamra belsejében, a "Külső láng" égési modell korlátozza a kamra belsejében levő energiafelszabadulást, és a "Bővített tűzidejű" égési modell korlátozza az energia felszabadulását a kamra belsejében és meghosszabbítja a kezdeti tűzidőt. További részletek a B. mellékletben találhatóak.

A sztöchiometrikus koefficiens az OZone algoritmusban 1.27. A felhasználó meghatározhat egy másik együtthatót a „Felhasználó által definiált tűz” opcióban.

5.2 A felhasználó által meghatározott tűz

A „Tűz” ablakon belül a „Felhasználó által definiált tűz” opció segítségével bármilyen kamra tűzgörbét meg lehet határozni. Amint az a 11. ábrán látható, a bal oldali táblázat négy oszlopot tartalmaz: idő (másodpercben) RHR (hőkibocsátás sebessége MW-ban), mf (a pirolízis sebessége kg / s-ban) és tűzterület m^2 -ben.



11. ábra Felhasználó által meghatározott tűz ablak

A „Tűzinformációs” csoporton belül be lehet vezetni a maximális tűzterületet (m²-ben), a tűzmagasságot (m-ben) és az üzemanyag magasságot (m-ben) (lásd 9. ábra). A paraméterek jelentősége az „égési” csoporton belül szintén megegyezik az előző bekezdésben meghatározottakkal (lásd 9. ábra).

A „Felhasználó által definiált tűzoszlopok” csoport zárolja vagy feloldja a táblázat néhány oszlopát. Ha „Csak RHR” van kiválasztva (alapértelmezett), csak az első két oszlop (Idő és RHR) szerkeszthető.

Ha „Csak mf” van kiválasztva, az Idő és az mf oszlopok szerkeszthetők. Ha „RHR és mf” van kiválasztva, mind az RHR, mind az mf oszlopok az időoszlop mellett szerkeszthetők.

A paraméterek közötti kapcsolat:

$$RHR(t) = m \cdot H_{c,net} \cdot \dot{m}_{fi}(t) \quad (2)$$

ahol:

m az égési hatékonysági tényező

$H_{c,net}$ az üzemanyag égési hőfoka

Ha a tűzterület minden egyes időlépésben ismert, akkor a felhasználó ellenőrizheti a „Tűzterület” jelölőnégyzetet, és a bal oldali táblázat tűzterülete szerkeszthetővé válik. Így a táblázatban megadhatók az idővel kapcsolatos tűzterület értékei.

Ha az idővel kapcsolatos tűzterület nem ismert, az Ozone kiszámítja az $A_{fi}(t)$ értékét a következők szerint:

$$A_{fi}(t) = A_{fi,max} \cdot \frac{RHR(t)}{RHR_{max}} \quad (3)$$

ahol:

$A_{fi,max}$ a „Tűz infó” csoportban meghatározott maximális tűzterület.

Négy forgatókönyv lehetséges.

Az 1. esetben az RHR, mf és az égési terület értékeit a felhasználó adja meg a táblázatban

Amikor a teljes adatállomány rendelkezésre áll, a felhasználó mind a négy oszlopot megadhatja. Ez az eset megfelel az olyan vizsgálatoknak, ahol a tömegveszteség és a kamra belsejében levő hőelnyelési sebesség mérése megtörtént. A tűzterület minden időpillanatban ismert. Például ez a helyzet akkor fordulhat elő, ha egy teljes méretű medence tűzvizsgálatot modellezünk két zónával, ahol a tömegveszteség mérése és az RHR mérés az oxigén elfogyásával történik a felső réteg gázelszívó berendezésben. Ebben az esetben nem lehetséges bármilyen égési modell használata.

A 2. esetben az RHR és az mf értékeit adja meg a felhasználó a táblázatban

Ez az eset megfelel az olyan vizsgálatoknak, ahol a tömegveszteség és a kamra belsejében levő hőelnyelési sebesség mérése megtörtént. A tűzterület nem ismert, és feltételezhető, hogy arányos a hőelnyelési sebességgel. Ebben az esetben nem lehetséges bármilyen égési modell használata.

A 3. esetben az RHR vagy az mf, valamint a tűzterületet a felhasználó adja meg a táblázatban

Ez az eset megfelel az olyan vizsgálatoknak, ahol a tömegveszteség vagy a kamra belsejében levő hőelnyelési sebesség mérése megtörtént. Az ismeretlen mennyiséget a (2) és (3) képletek adják. A tűzterület minden alkalommal ismert. Ebben az esetben nem lehetséges bármilyen égési modell használata.

A 4. esetben az RHR vagy az mf értékeit adja meg a felhasználó a táblázatban

Ez az eset megfelel az olyan vizsgálatoknak, ahol a tömegveszteség vagy a kamra belsejében levő hőelnyelési sebesség mérése megtörtént. A tűzterület nem ismert, és feltételezhető, hogy arányos a hőelnyelési sebességgel. Az ismeretlen mennyiségeket a (2) és (3) képletek adják. Az égési modellek használhatók vagy sem.

A felhasználó importálhatja vagy exportálhatja az adatokat a táblázatból. Az adatok importálásához txt fájlt kell kitölteni az adatokkal két, három vagy négy oszlopban ugyanabban a sorrendben, mint a táblázatban. Az első oszlopnak tartalmaznia kell az időt másodpercben. Legalább két oszlopot kell megadni (pl. Idő és RHR). Az adatok elválasztójának helyköznek nem vesszőnek kell lennie.

5.3 Lokális tűz

Legfeljebb öt lokális tüzet lehet megadni, lásd a 11. ábrát. A bal felső tábla az átmérőjüket (m-ben) és a padlón lévő x és y koordinátákkal (m-ben) tartalmazza.

Tűz... - teszt

File Eszközök Nézet Súgó

Tűzszakasz: Annex E (EN 1991-1-2) Felh. által megadott tűz

Helyi tűz: Lokális tűz

Sor törése vagy beszúrása: jobb klikk a sor elejére, majd nyomja meg a DEL gombot.

Sorszám	Idő	RHR	mf	Tűzterület
	sec	MW	kg/s	m ²
1	0	0	0	0
2	60	0,2	0,014	0,628
3	120	0,4	0,029	1,256
4	180	0,6	0,043	1,884
5	240	0,8	0,057	2,512
6	300	1	0,071	3,14
7	360	1	0,071	3,14
8	420	1	0,071	3,14
9	480	1	0,071	3,14
10	540	1	0,071	3,14
11	600	1	0,071	3,14
12	660	1	0,071	3,14
13	720	1	0,071	3,14
14	780	0,6667	0,048	2,093
15	840	0,3333	0,024	1,047
16	900	0	0	0
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

Adat pontok

Mentés Betöltés

A tűz adatai

Maximális tűz terület: m²

Tűz talaj feletti magassága: m

Tüzelő anyag legnagyobb magassága: m

Felhasználó által megadott oszlopok tűz esetén

Csak RHR

Csak mf

RHR és mf

Tűzterület

Az égéshez kapcsolódó paraméterek

Égési határfok:

Égési modell:

Sztöchiometriai tényező:

OK Mégse

12. ábra Lokális tűz ablak

A „Geometriai adatok” csoport meghatározza a Mennyezeti magasságot (m-ben) és azt a pontot, ahol a lokális hőmérsékletet kiszámítjuk az x tengelyen mért távolság (m-ben) és a padlótól való magasság alapján - magasság a z tengelyen (m-ben). Definíció szerint az oszlop y-tengelyének koordinátája 0.

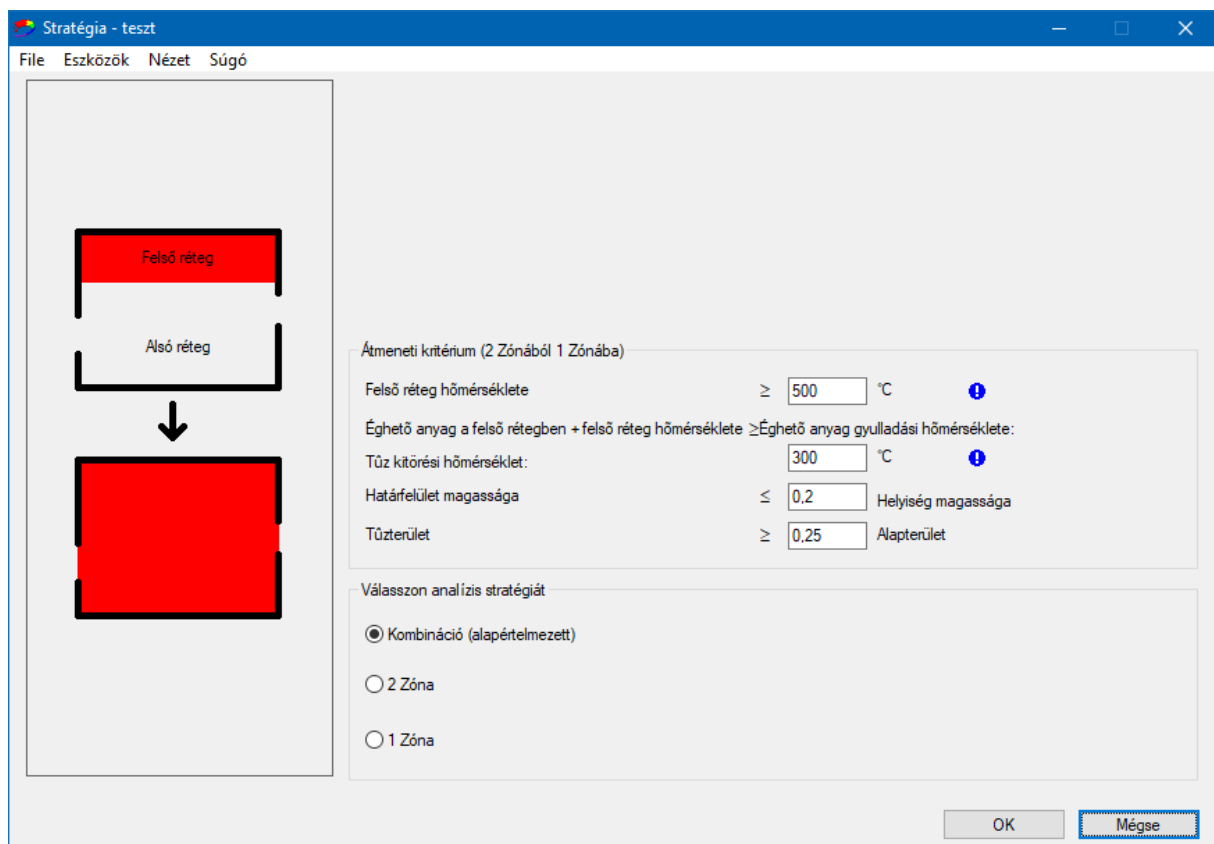
A lokális tűz közvetlenül az ablakon belül definiálható, a kamra meghatározása nélkül, a „Kamra” ablakban. Ha egy kamra már meghatározásra került a „Kamra” ablakban, a mennyezeti magasság automatikusan a kamra korábban meghatározott magasságának tekintendő.

A jobb oldali táblázat az RHR-t tartalmazza az idő MW-ban. A felhasználó a táblázat tetején lévő legördülő listából kiválasztja a tűzszámot, és kitölti a táblázatban szereplő értékeket. Az egyéb táblázatos forrásokból származó adatok (például az Excel) az értékek beillesztésére a táblázatba a beillesztés gyorsbillentyűvel (Ctrl + V).

A lokális tüzekből származó hőmérséklet számítási eljárásának részletei a D. mellékletben találhatóak.

6. Stratégia ablak

A 13. ábrán látható „Stratégia” ablak csak a kamra tüzekkel kapcsolatos.



13. ábra Stratégia a tűzterek számára

A kézzónás és egyzónás modellek különböző hipotéziseken alapulnak. Valójában ezek megfelelnek a tűz különböző típusainak vagy ugyanazon tűz különböző szakaszainak. Egyszerűen eltérő alkalmazási területtel rendelkeznek, és valójában kiegészítik egymást. Tűz modellezésnél egy adott kamrában fontos tudni, hogy megfelelő-e egy kézzónás modell vagy az egy zónás modell a kedvezőbb.

A tűzterhelést egyenletesen elosztottnak tekintett, ha a valódi éghető anyag többé-kevésbé jelen van a tűzterek teljes padlófelületén, és ha a tényleges tűzterhelési sűrűség (a tüzelőanyag mennyisége egy alapterületen) többé-kevésbé egyenletes. Ellenben a gyúlékony anyag koncentrálnak egy viszonylag kis felületre a teljes alapterülethez viszonyítva, és a többi padlóterület üzemanyagmentes.

A tűzkitörések a legtöbb esetben lokalizáltak, és ezért a tűz egy bizonyos területre korlátozódik egy ideig. Ha a hőmérséklet elég magas ahhoz, hogy spontán gyulladást idézzen elő a kamrában lévő összes éghető anyagban, előfordulhat, hogy a tűzbe borulás megtörténik. Általában a kézzónás modellek akkor érvényesek, ha a tűz a helyi marad, vagy a tűz belobbanása előtti tüzeknél, míg az egyzónás modellek érvényesek teljes kamrát elborító tüzek vagy belobbanás utáni tüzek esetén. Hasonlóképpen a kézzónás feltételezés már nem megfelelő, ha a hideg zóna magassága túl kicsi. Végül, ha a tűzterület nagy a padlóterülethez képest, az egyzónás modell feltételezés valóságosabb, mint a kézzónás modell.

Az OZone-ban egy automatikus kombinációs stratégia valósul meg. Ezzel a stratégiával a szimuláció mindig a kétzónás modell feltételezéssel kezdődik, és ha a belobbanás egyik kritériuma teljesül (lásd az *F* mellékletet), a szimuláció egy zóna modellre vált.

A „Select Analysis Strategy” csoporton belül a felhasználó egyzónás vagy kétzónás modellt alkalmazhat, vagy hagyja, hogy a két modell alapértelmezett stratégiai kombinációja legyen.

A „Átmeneti (2 zónából 1 zónába) kritériumok” csoporton belül a felhasználó megváltoztathatja a négy paramétert, amelyek vezérlik a kétzónás modelltől az egyzónás modellre váltást. Erősen ajánlott, hogy ezek az értékek változatlanok maradjanak, kivéve, ha a vonatkozó adatok rendelkezésre állnak. A kétzónáról egyzónára való áttérés kritériumait és a tűzforrás-modellre gyakorolt következményeket az *F* melléklet tárgyalja. A fő változók és az alapvető egyenletek módosításait, amikor az egy zóna modellváltó bekövetkezik, részletesen ugyanaz az *F*. melléklet tartalmazza.

7. Paraméterek ablak

A számításokban használt paraméterek többsége ebben az ablakban található, lásd a 14. ábrát.

The screenshot shows the 'Paraméterek - teszt' window with the following sections and data:

- Nyílások**
 - Sugárzás zárt nyílásokon keresztül: 0,8 (0 - 1)
 - Bernoulli együttható: 0,7
- A helyiség fizikai paraméterei**
 - Kezdeti hőmérséklet: 293 K
 - Kezdeti nyomás: 100000 Pa
- A fal anyagának jellemzői**
 - Meleg felület hővezetési tényezője: 35 W/m² K
 - Hideg felület hővezetési tényezője: 9 W/m² K
- Számítási paraméterek**
 - Számítás vége: 7200 sec
 - Időlépcső az eredmények megjelenítéséhez: 60 sec
 - Maximális időlépcső a számításokhoz: 10 sec
 - Kibővített eredmények
- Osztott biztonsági tényező tűzterheléshez**
 - $\gamma_{M,fi}$: 1
- Levegő belépési modell:** Heskestad
- Hőmérséklet függő nyílások**
 - Nyitási hőmérséklet: 400 °C
 - Lépcsőzetes változás:

Temperature °C	% of Total Openings
20	10
400	50
500	100
 - Lineáris változás:

Temperature °C	% of Total Openings
20	10
400	50
500	100
- Idő függő nyílások**

Time sec	% of Total Openings
0	5
1200	100

Buttons: Alapérték, Visszaállít, OK, Mégse

14. ábra Paraméterek ablak

7.1 Általános paraméterek

Az ablak bal oldalán az alábbi paraméterek vannak megadva alapértékként:

- Sugárzás zárt nyílásokon keresztül: az irodalom alapértelmezett szakértői értéke 0,8
- Bernoulli együttható: az alapértelmezett szakértői érték 0,7
- A kamra fizikai jellemzői: normál kezdeti hőmérséklet 20°C és 100000 Pa légnyomás esetén
- A fali anyag paraméterei: a meleg / hideg felületek konvekciós együtthatók az EN1991-1-2 szerint; ezek a paraméterek csak a természetes tűzmodellekre vonatkoznak, a „Fűtés” ablakban meghatározott névleges tüzek esetében az EN1991-1-2 által megadott megfelelő értékeket alkalmazzák
- Számítási paraméterek: alapértelmezés szerint az elemzési idő két óra; ajánlott maximum 10 másodperces számítási időlépést alkalmazni
- Tűztervezési részleges biztonsági tényező: az EN1991-1-2 alapértelmezett értékének figyelembevételével

7.2 Levegővel ellátott modell

Ha a forró gázokat hidegebb gázok veszik körül, a melegebb és kevésbé sűrű gáz, a sűrűségkülönbség miatt felemelkedik a gázsebességtől függően. Ez a jelenség égő tüzelőanyag-forrás fölött történik. A lebegő áramlást tűzcsapnak nevezzük. A hideg levegőt a felemelkedő forró gázok veszik körül, ami a mennyezet alatt forró gázréteget képez. Számos szerző a különböző tűzjelző tulajdonságok analitikai összefüggéseit javasolják. Négy közülük az OZone-ba is bekerült.

Meg kell említeni, hogy ezek az empirikus képletek közül néhányat a Q és a konvekciós rész Q_c összes energia-felszabadulási sebességéhez illesztettünk. Az OZone-ban feltételezzük, hogy a Q_c értéke $0,7 Q$.

Heskestad

A Heskestad modellje a kevesebb feltételezést tartalmazó modell, amely a legjobban illeszkedik a CFD-hez, és ezért az Ozone alapértelmezett opciójának tekinthető.

A levegőáram virtuális eredete a z_0 magasságban:

$$z_0 = 0.083 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1.02 \cdot D \quad (4)$$

A L_{fl} lángmagasságot a következőképpen adjuk meg:

$$L_{fl} = 0.235 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1.02 \cdot D \quad (5)$$

A lángmagasság felett ($z > L_{fl}$) a levegő tömegáramát a következő érték adja:

$$m_p = 0.071 \cdot \dot{Q}_c^{1/3} (z - z_0)^{5/3} + 1.92 \cdot \dot{Q}_c \quad (6)$$

A lángmagasság alatt vagy a lángmagasságnál ($z < L_{fl}$) a tömlő tömegáramát a következő érték adja:

$$m_p = 1.0056 \cdot \dot{Q}_c \frac{z}{L_{fl}} \quad (7)$$

Zukoski

$$m_p = 0.21 \left(\frac{\rho_\infty^2 g}{c_p T_\infty} \right) \dot{Q}^{1/3} z^{5/3} \quad (8)$$

Mac Caffrey

$$m_p = 0.011 \dot{Q} \left(\frac{z}{\dot{Q}^{0.4}} \right)^{0.566} \quad \text{ha } 0 < \frac{z}{\dot{Q}^{0.4}} < 0.08 \quad (9)$$

$$m_p = 0.026 \dot{Q} \left(\frac{z}{\dot{Q}^{0.4}} \right)^{0.909} \quad \text{ha } 0.08 < \frac{z}{\dot{Q}^{0.4}} < 0.20 \quad (10)$$

$$m_p = 0.124Q \left(\frac{z}{Q^{0.4}} \right)^{1.895} \quad \text{ha } 0.20 < \frac{z}{Q^{0.4}} \quad (11)$$

Thomas

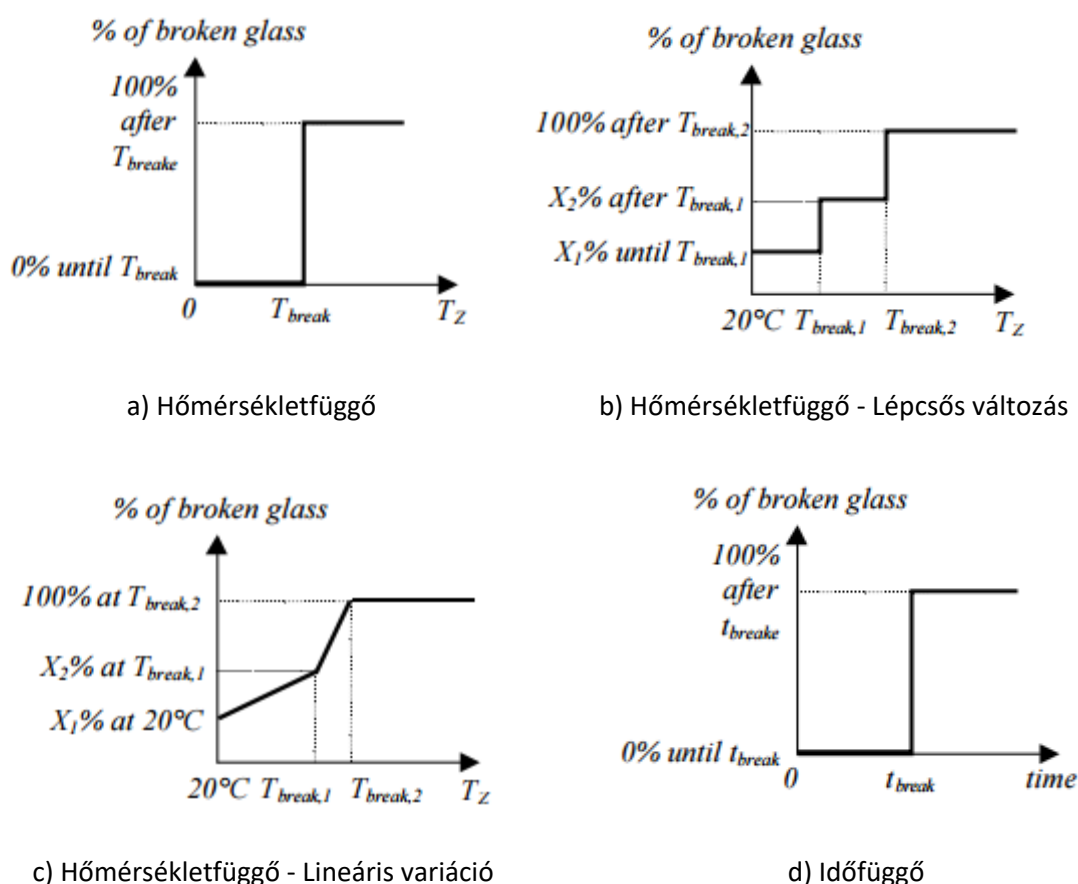
A Thomas levegőáramlási modell a lánghoz közeli vagy a láng régióban való elszívásra szolgál, amikor az átlagos lángmagasság lényegesen kisebb, mint a tűz átmérője. Ebben a régióban a behatolt levegőt kevésbé befolyásolja a hőelvezetési sebesség, majd a tűzhatár, így a tűz átmérője.

$$m_p = 0.59Dz^{3/2} \quad (12)$$

7.3 Hőmérséklet és időfüggő nyílások

Tűz során a nyílások száma és mérete változhat. Ez az üvegezés törése, az automatikus nyitás vagy a tűzoltók érkezésének eredménye. Az OZone-ban a nyitási méret meghatározható az üveggel (T_Z) érintkező zóna hőmérsékletének függvényében vagy az idő függvényében.

A zóna hőmérsékletének kritériumfüggvénye a hőhatás miatti törést jelentheti. Az idő kritériumfüggvénye jelentheti a tűzoltók érkezését. Négy variációs típus létezik: egylépéses változás a hőmérséklettel, fokozatos változás a zóna hőmérsékletével, lineáris variáció a zóna hőmérsékletével és az időbeli változás (lásd 15. ábra). A törött üvegezés nem zárható be azután. Tehát a törött üveg aránya növekszik, akár állandó, de soha nem csökken.

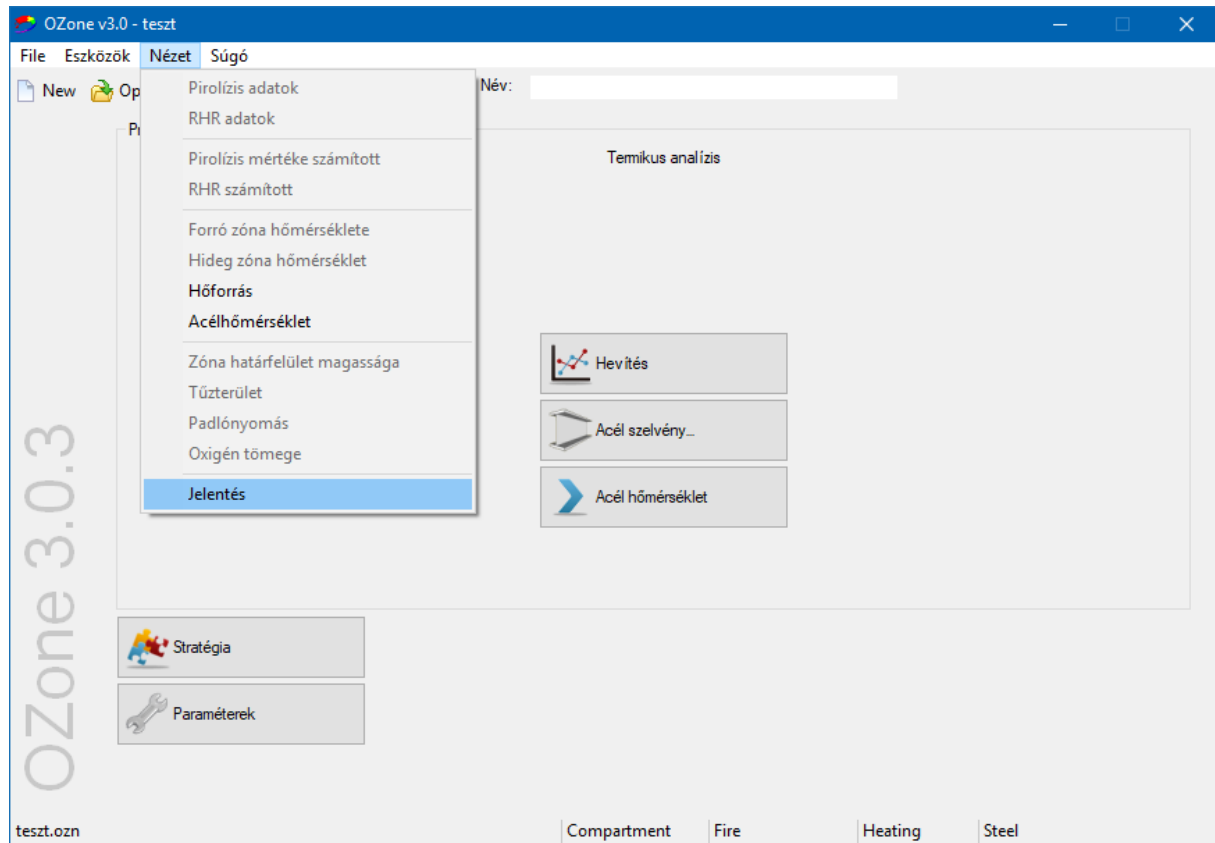


15. ábra Hőmérséklet és időfüggő nyílások

Az EN 1991-1-2 nem említi a nyílásokra vonatkozó javaslatokat, bár az eredményekre gyakorolt hatásuk jelentős lehet. Az ITM SST-1551.1 az egyetlen olyan dokumentum, amely a fejlesztők ismeretei alapján ad konkrét információkat. A fejlesztők a fent bemutatott forgatókönyvek használatát javasolják.

8. Termikus hatás gomb

A kamra és a tűz meghatározása után az elemzést a „Termikus hatás” gombra kattintva végezzük. Az eredményeket a „Nézet” menüből lehet kivenni, lásd a 16. ábrát. Az eredmények teljes jelentését a „Jelentés” parancs kiválasztásával kapja meg, amely *.doc fájlt hoz létre ugyanabban a mappában, mint az elemzési fájl (mentve * .ozn kiterjesztéssel).



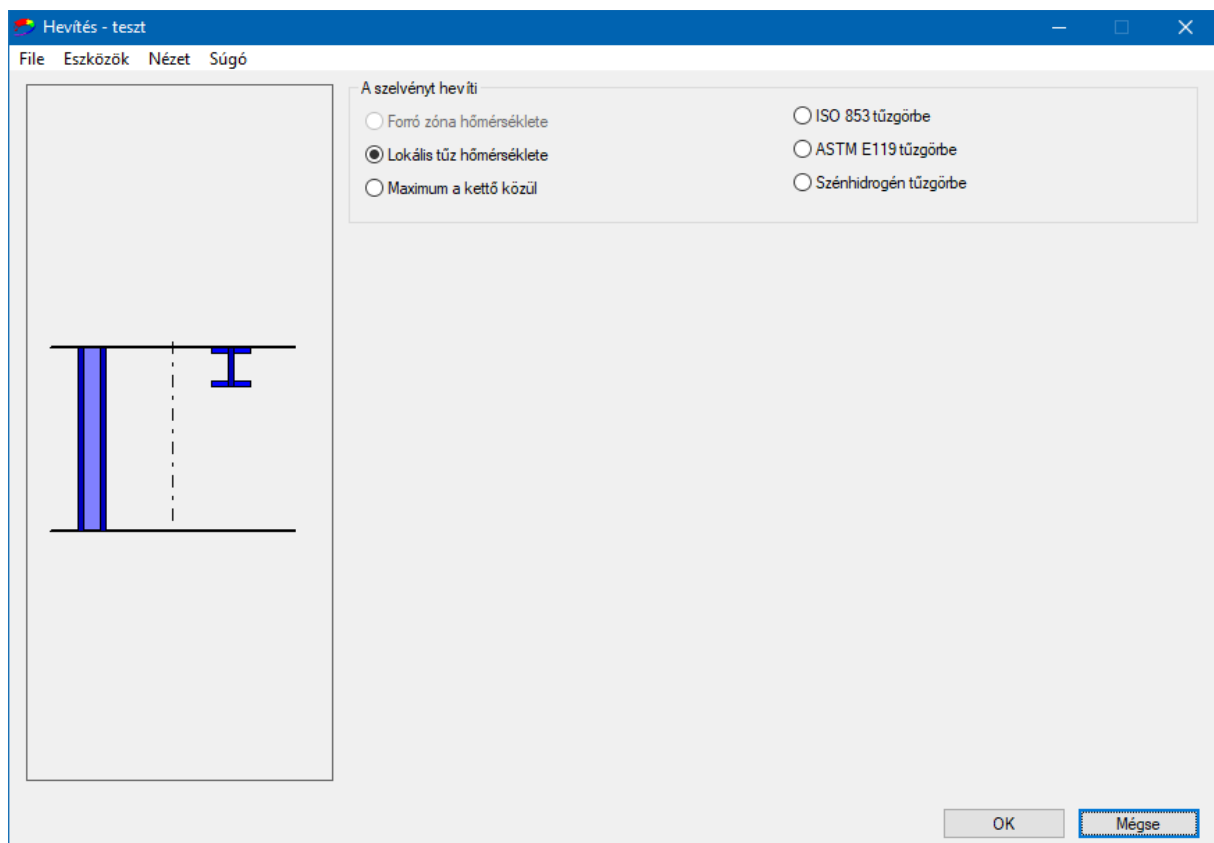
16. ábra Általános ablak a „Termikus hatás” gombra kattintva

A Jelentés fájlban található összes diagram függetlenül nyitható meg a „Nézet” menüben. Ezekből az ablakokból az adatok más programokba (Excel, Word, PowerPoint, stb.) importálhatók a helyi menüből a „Diagram Másolás” parancs kiválasztásával, amely a jobb egérgombra kattintva jelenik meg (lásd 2. ábra).

9. Fűtés ablak

A „Fűtés” ablakban (lásd a 17. ábrát) a felhasználó kiválaszthatja a „Acélprofil” ablakban meghatározott keresztmetszet fűtéséhez használt hőhatást. Természetes tüzek vagy névleges tüzek használhatók.

Ha a profilfűtésnél figyelembe vesszük a névleges tűzgörbét (ISO 853 / ASTM E119 / szénhidrogén), akkor nincs szükség a kamra és a tűz meghatározására az általános ablak „Természetes tűz” oszlopában.



17. ábra Fűtés ablak

Természetes tűz modelleknél több forgatókönyv használható.

A kamra tűz esetén meg kell határozni mind a kamra, mind a tűz jellemzőit. Ha a „Tűz” ablakban az „E melléklet” vagy „Használt definiált tűz” van kiválasztva, a „Fűtés” ablakban csak a „Forró zóna hőmérséklet” opció aktív.

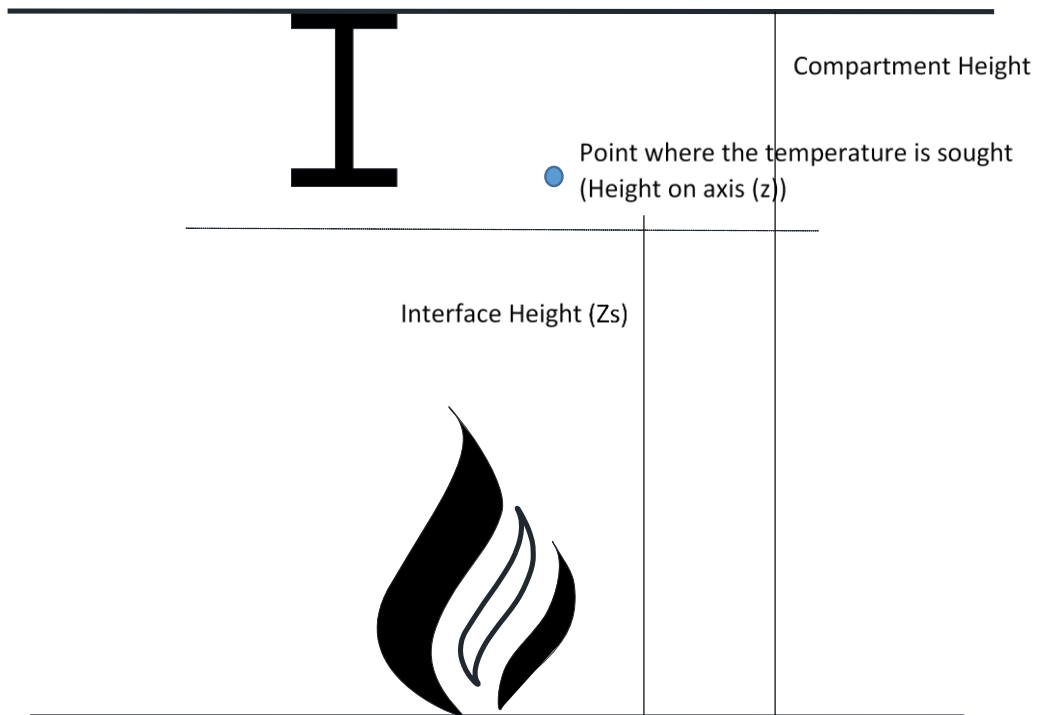
Helyi tüzek esetén, ha nincs meghatározva kamra, feltételezzük, hogy a lokalizált tűz nyílt térben fejlődik, és csak a „Lokalizált tűzhőmérséklet” opció aktív.

Ha egy kamra egy lokalizált tűzzel együtt van meghatározva, az OZone kiszámítja a meleg / hideg zónák hőmérsékletét a kamrában (a kiválasztott stratégiától függően), figyelembe véve automatikusan a „Tűz” ablakban a „Tűzterület” értékét a lokalizált összegnek. A „Lokális Tűz” ablakban meghatározott tűz. Ebben az esetben a felhasználó kiválaszthatja a három opció egyikét (Forró Zóna hőmérséklet / Lokális tűzhőmérséklet / Maximális érték mindkettő között).

A Maximális két lehetőség között a következő algoritmus alapján határozza meg a maximális hőmérsékletet (lásd: 18. ábra):

- ha az a pont, ahol a hőmérsékletet kiszámítják (a magasság a tengelyen (z) az interfészben) a felső rétegben van meghatározva, mint a kamramagasság és az interfész magassága (Z_s) közötti különbség, akkor a forró zóna kamra és a lokalizált tűz közötti maximális hőmérséklet alkalmazható az acélprofilnál;

- ha a pont e réteg alatt van, a lokalizált tűzhőmérsékletet alkalmazzuk az acélprofilra.

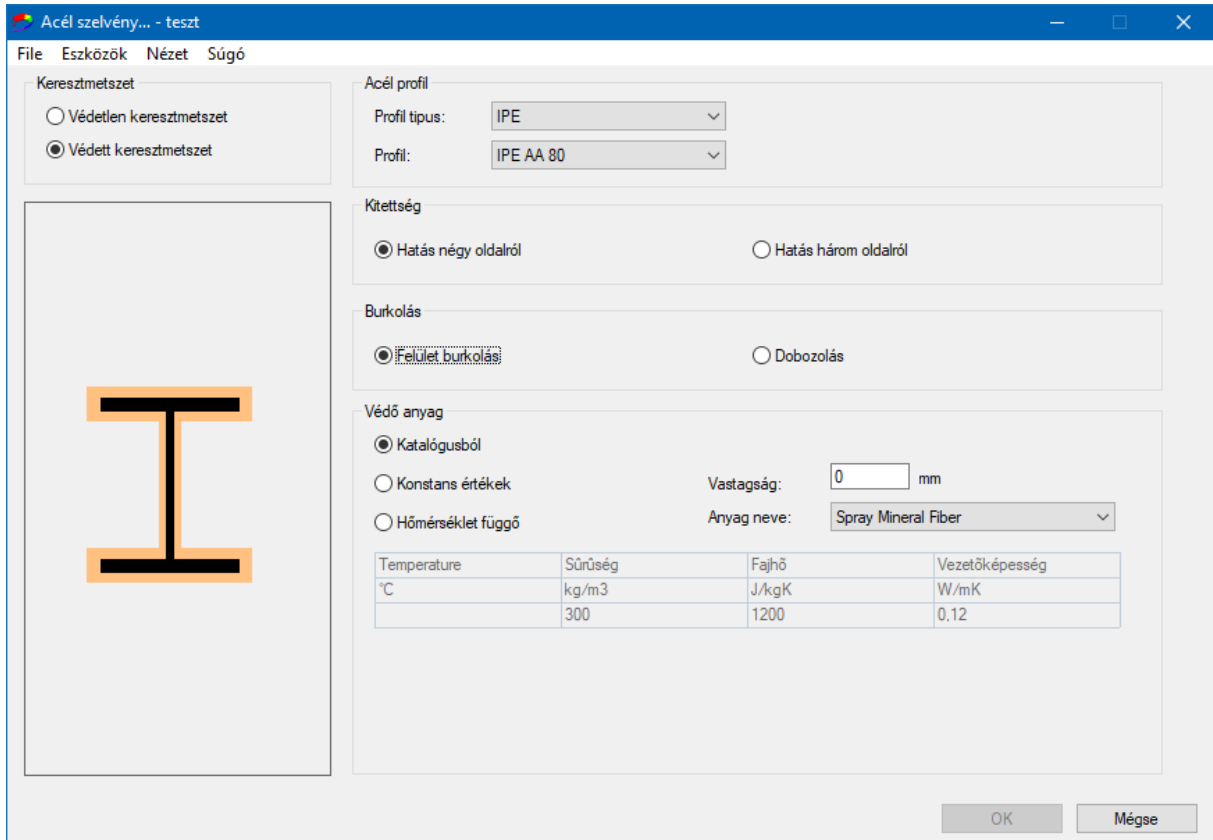


18. ábra Az algoritmus a maximális magyarázatok között

10. Acélprofil ablak

A fűtési forgatókönyv meghatározása után az Acélprofil gomb lehetővé teszi a profiltípus és az expozíció meghatározását. Mind a védett, mind a nem védett acél keresztmetszetek négy vagy három oldalról ki vannak téve a hőhatásnak. Ha lokalizált tűz van definiálva, csak a nem védett keresztmetszet opció aktív.

Mind a körvonal-, mind az zárt burkolatvédelem meghatározható, figyelembe véve mind a konstans, mind a hőmérsékletfüggő termikus tulajdonságokat (a felhasználó által bevezetett). Az előre meghatározott védőanyagok esetében csak állandó értékeket adunk meg.



The screenshot shows the 'Acél szelvény...' software window with the following settings:

- Keresztmetszet:** Védett keresztmetszet
- Acél profil:** Profil típus: IPE, Profil: IPE AA 80
- Kitétség:** Hatás négy oldalról
- Burkolás:** Felület burkolás
- Védő anyag:** Katalógusból, Konstans értékek, Hőmérséklet függő
- Vastagság:** 0 mm
- Anyag neve:** Spray Mineral Fiber

Temperature	Sűrűség	Fajhő	Vezetőképesség
°C	kg/m ³	J/kgK	W/mK
	300	1200	0,12

Buttons: OK, Mégse

19. ábra Acélprofil ablak

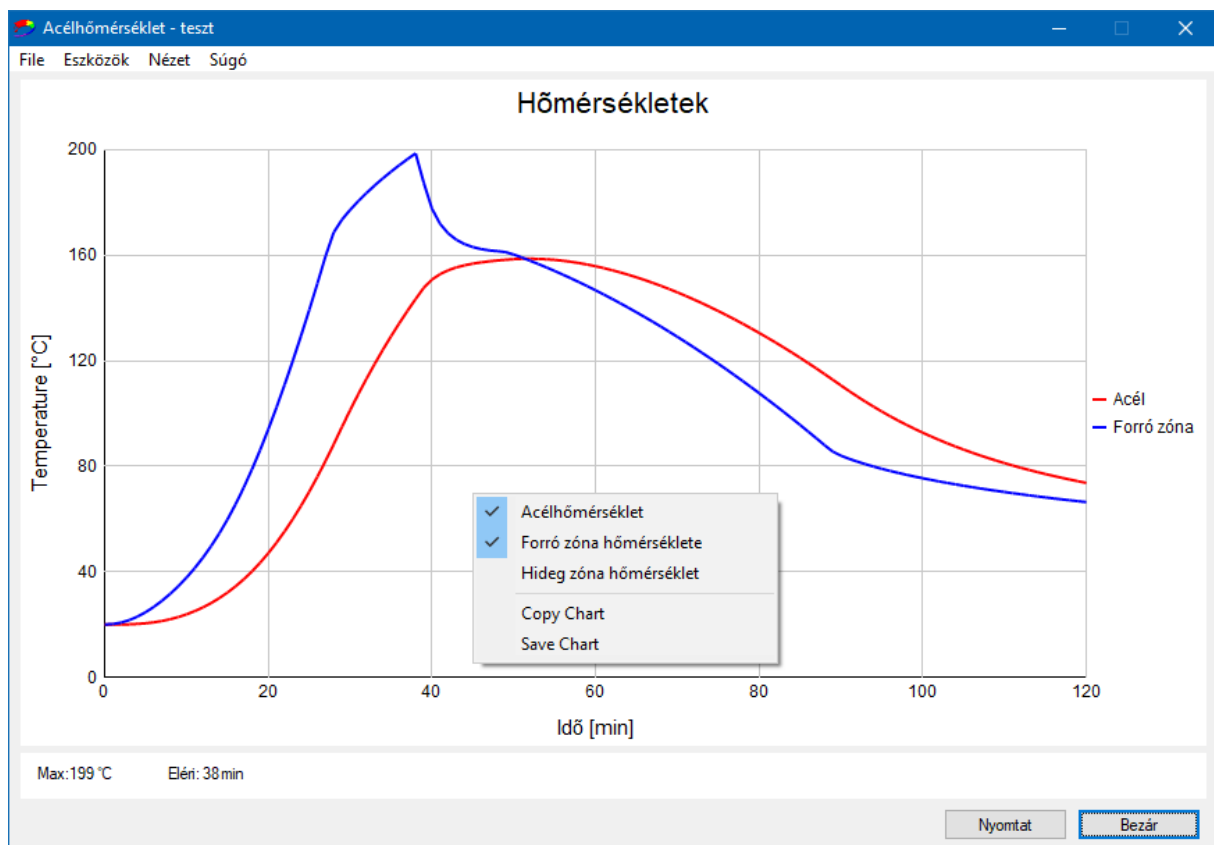
11. Acélhőmérséklet gomb

A védetlen vagy védett acélprofilok fűtését az EN 1993-1-2 -ben megadott módszerek figyelembevételével számítják ki. A gáz hőmérséklete vagy a felső zóna hőmérséklete, a lokalizált tűzhőmérséklet, vagy e két hőmérséklet maximális értéke.

Az acélhőmérséklet alakulását az EN1993-1-2 egyenletekkel számítják ki a védett / védetlen acél keresztmetszeteknél.

A keresztmetszetenél a hőmérséklet-idő alakulását az acélhőmérséklet gombra kattintva kapjuk meg. A zóna hőmérséklet elemzéséhez az eredményeket a Nézet menüből lehet kivenni, és az eredmények teljes megadását a Jelentés parancs kiválasztásával kapja meg, amely egy doc fájlt hoz létre az elemzési fájl-al ugyanabban a mappában. Ez a jelentés tartalmazza az acélprofil hőmérsékletének alakulását és jellemzőit is.

A Jelentés fájlban található Acélhőmérséklet diagram függetlenül nyitható meg a Nézet menüben. Ebből az ablakból az adatok más programokba (Excel, Word, PowerPoint, stb.) importálhatók, a helyi menüből a Diagram Másolás parancs kiválasztásával (lásd 2. ábra).



Irodalom

- J-F. Cadorin, J-M. Franssen, A tool to design steel elements submitted to compartment fires -OZone V2 - Part 1: Pre and post flashover compartment fire model, Fire Safety Journal, accepted for publication in May 2002.
- J-F. Cadorin, D. Pintea, J-C Dotreppe, J-M. Franssen, A tool to design steel elements submitted to compartment fires - OZone V2 Part 2: Methodology and application, Fire Safety Journal, accepted for publication in May 2002.
- RFSR-CT-2012-00023 LOCAFI - Temperature assessment of a vertical steel member subjected to LOCALised Fire, European Commission, Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel, 2015
- SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, 2nd Edition, 1995.
- Méthodes d'ingénierie pour les calculs de résistance au feu de systèmes porteurs, Rôles et exigences, R02-v02 – Mars 2017
- G. P. Forney and L. Y. Cooper, The Consolidated Compartment Fire Model (CCFM) Computer Application. VENTS, Parts I, II, III, IV. NISTIR, National Institute of Standards and Technology, 1990.
- G. P. Forney and W. F. Moss, Analysing and exploiting numerical characteristics of zone fire models, Fire Science & Technology, Vol. 14, No.1 & 2, 49-60, 1994.
- M. Curtat, P. Fromy; Prévision par le calcul des sollicitations thermiques dans un local en feu, Première partie: le modèle et le logiciel NAT, Cahiers du CSTC, livraison 327, cahier 2565, mars 1992
- J. M. Franssen, Contributions à la modélisation des incendies dans les bâtiments et de leurs effets sur les structures, Thèse d'agr. de l'ens. sup., F.S.A., Univ. of Liege, 1997.
- Eurocode 3 : Design of steel structures. Part 1.2 : General rules. Structural fire design. Draft ENV 1993-1-2, CEN, Bruxelles, may 1995.
- Y. Hasemi et T. Tokunaga, Flame Geometry Effects on the Buoyant Plumes from Turbulent Diffusion Flames, Fire Science and Technology, 4, 15-26, 1984.
- Y. Hasemi, S. Yokobayashi, T. Wakamatsu et A. Ptchelintsev, Fire Safety of Building Components Exposed to a Localised Fire - Scope and Experiments on Ceiling/Beam System Exposed to a Localised Fire, First Int. ASIAFLAM Conf. at Kowloon, Interscience Communications Ltd, London, 351-360, 1995.
- A. Ptchelintsev, Y. Hasemi et M. Nikolaenko, Numerical Analysis of Structures Exposed to Localised Fire, First Int. ASIAFLAM Conf. at Kowloon, Interscience Communications Ltd, London, 539-544, 1995.

- T. Wakamatsu, Y. Hasemi, Y. Yokobayashi and A. Ptchelintsev, Experimental Study on the Heating Mechanism of a Steel Beam under Ceiling Exposed to a Localised Fire, second INTERFLAM 96 conference, Cambridge, 509-518, 1996.
- Myllymäki, J.; Kokkala, M. Thermal exposure to a high welded I - beam above a pool fire. Franssen, Jean-Marc (ed.). Structures in fire: proceedings of the first international workshop. Copenhagen, Denmark, 19th and 20th of June, 2000. University of Liege (2000), s.211 - 224.
- CEC Agreements 7210-SA/211/318/518/620/933. Development of design rules for steel structures subjected to natural fires in Closed Car Parks. Final Report, February 97.
- CEC Agreements 7210-SA/125/126/213/214/323/423/522/623/839/937. "Competitive Steel Buildings through Natural Fire Safety Concept", Technical report n°6; July 97.
- L. Y. Cooper, VENTCF2: an Algorithm and Associated FORTRAN 77 Subroutine for Calculating Flow through a Horizontal Ceiling/Floor Vent in a Zone-type Compartment Fire Model, Fire Safety Journal, Volume 28, Issue 3, April 1997, Pages 253-287.
- L. Y. Cooper, Calculating Combined Buoyancy- and Pressure-driven Flow Through a Shallow, Horizontal, Circular Vent: Application to a Problem of Steady Burning in a Ceiling- vented Enclosure, Fire Safety Journal, Volume 27, Issue 1, July 1996, Pages 23-35.
- X. C. Zhou and J. P. Gore, Air Entrainment Flow Field Induced by a Pool Fire, Combustion and Flame, Volume 100, Issues 1-2, January 1995, Pages 52-60.
- Marc L. Janssens, An Introduction to Mathematical Fire Modeling, 2nd edn.; Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, USA, 2000, xi, 259 pages, paperback, ISBN 1-56676-920-5
- B. Karlsson, J. G. Quintiere, Enclosure Fire Dynamics, CRC Press 2000.

Mellékletek

Az A – F melléklet angol nyelven érhető el a <https://research.bauforumstahl.de/> címen