DIFISEK

Część 4
Oprogramowanie inżynierii pożarowej

Prezentowane tematy

Część 1: Oddziaływanie termiczne i mechaniczne

Część 2: Odpowiedź termiczna

Część 3: Odpowiedź mechaniczna

Część 4: Oprogramowanie inżynierii pożarowej

Część 5a: Przykłady

Część 5b: Istniejące obiekty

Warunek projektowania

R

wytrzymałość konstrukcji w sytuacji pożaru

$>$

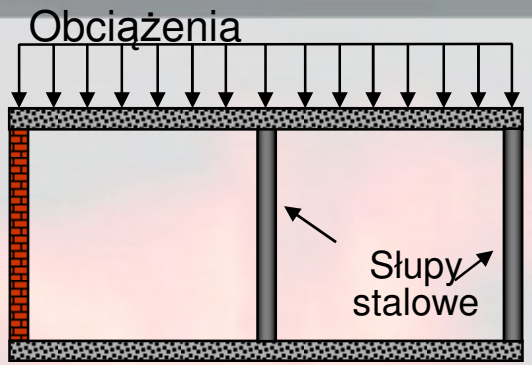
R_{req}

wytrzymałość konstrukcji wymagana dla zapewnienia bezpieczeństwa

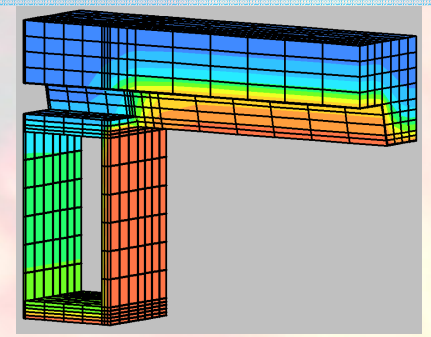
R → Kolejność zdarzeń w czasie pożaru

1: Zapalenie

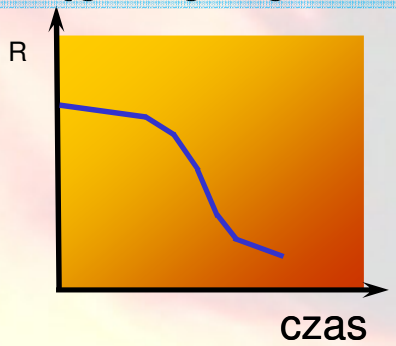
2: Oddziaływanie termiczne



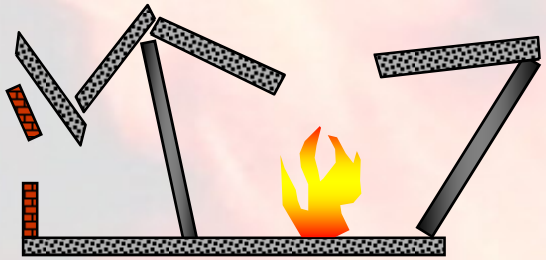
3: Oddziaływanie mechaniczne



4: Odpowiedź termiczna



5: Odpowiedź mechaniczna



6: Możliwe zawalenie

Metodologia obliczeń - Eurokody

R_{req} → Kryterium bezpieczeństwa

$R_{required}$: “R” jest zachowane jeśli funkcja nośności jest zachowana podczas wymaganego (required) czasu działania ognia.

Regulacje tradycyjne: krajowe normy pożarowe

Regulacje oparte na właściwościach użytkowych: inżynieria bezpieczeństwa pożarowego

Oprogramowanie - klasyfikacja

Najbardziej powszechna klasyfikacja oprogramowania wyróżnia pięć kategorii:

- Termiczne modele pożaru
- Wytrzymałościowe modele pożaru

→ **R**

- Modele Egress
- Modele Reakcji Detektorów
- Inne modele

→ **R_{req}** **(oparte na właściwościach użytkowych)**

Termiczne modele pożaru

Termiczne modele pożaru

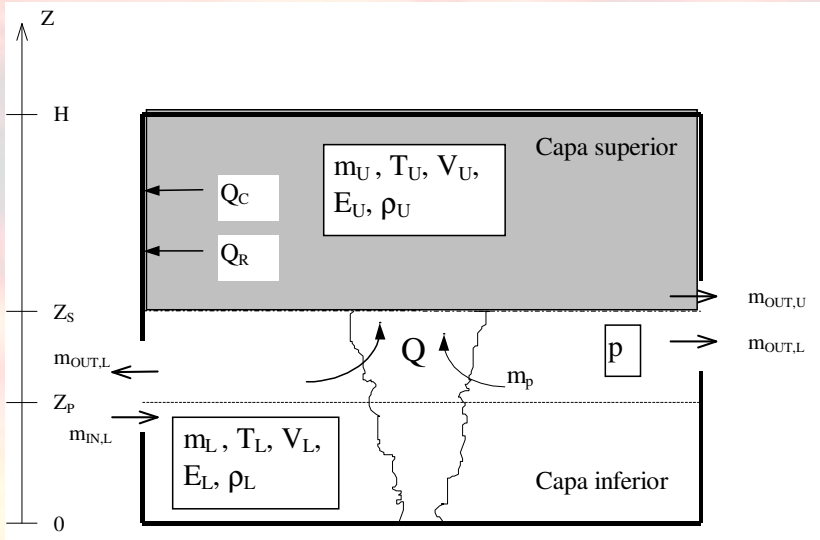
Termiczne modele pożaru		
Reguły tradycyjne (pożar nominalny)	Krzywa standardowa temperatura - czas	
	Krzywa ognia zewnętrznego	
	Krzywa węglowodorowa	
Naturalne krzywe pożaru (oparte na właściwościach użytkowych)	Proste modele obliczeniowe	Pożary strefowe
		Pożary lokalne
	Zaawansowane modele obliczeniowe	Modele strefowe
		Modele pól (CFD)

Modele strefowe

Modele strefowe

Wyróżniamy 2 główne typy modeli strefowych:

- Modele 2-strefowe: strefa pożarowa podzielona na 2 strefy (gorącą i zimną) o homogenicznych właściwościach.
- Modele 1-strefowe: strefa pożarowa traktowana jak piec (równomierny rozkład temperatury).



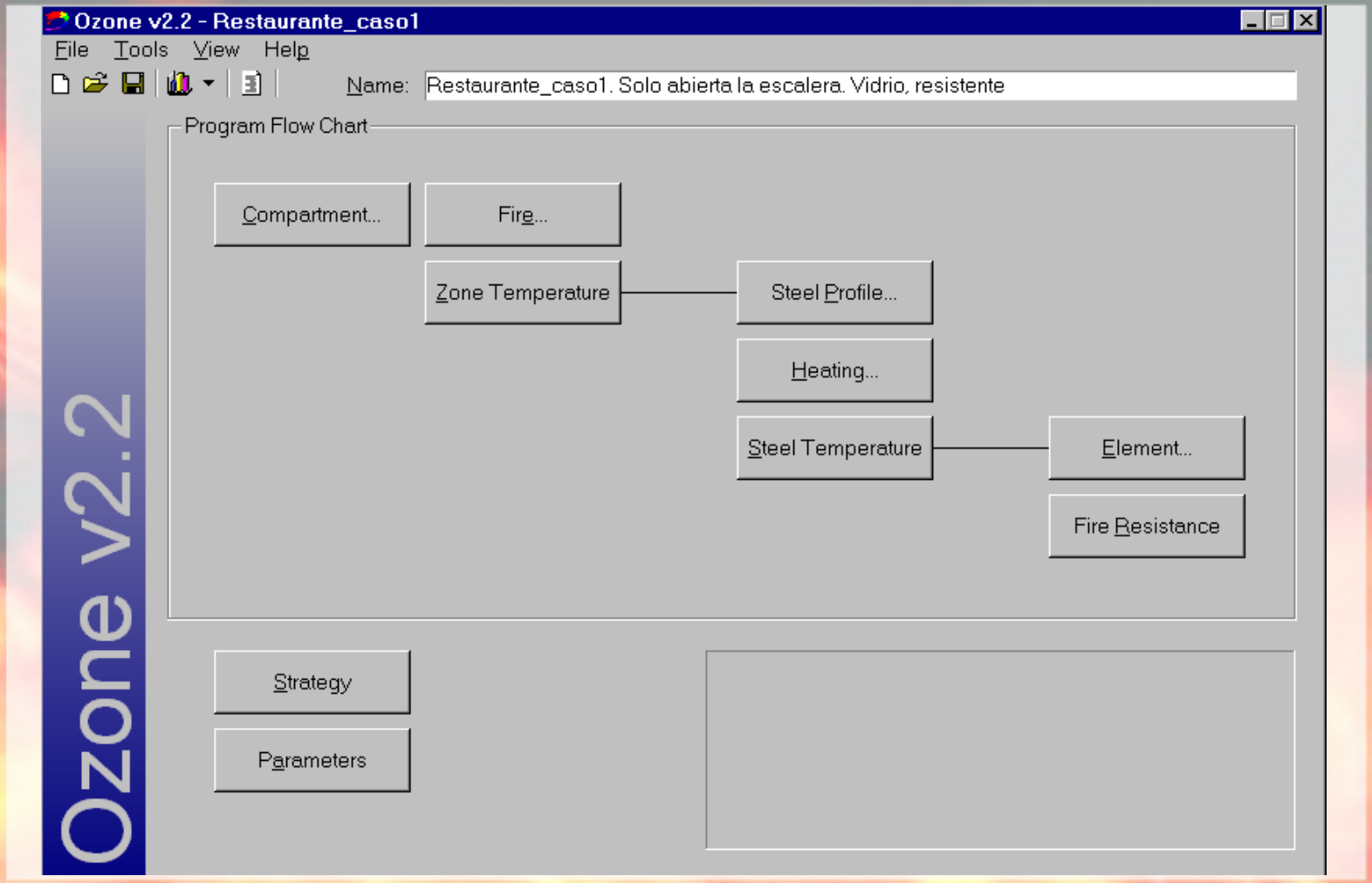
Wyróżniamy modele z 1. strefą pożarową lub wielo-strefowe (kilka przylegających stref pożarowych).

Rozwiązanie równań:
- równowagi mas
- równowagi energii

Modele strefowe - Ozone

Opis oprogramowania			
Nazwa	OZone		
Wersja	2.2.2	Rok	2002
Kraj	Luksemburg	Język	angielski
System	Windows	Rozmiar	5 MB
Autorzy	J. F. Cadorin, J. M. Franssen (Univ. Liège) L.G. Cajot, M. Haller, J.B. Schleich (Arcelor)		
Organizacja	Arcelor LCS Research Centre		
Obszar zastosowania	Termiczne modele pożaru (strefowe)		
Dostępność	Gratis – www.ulg.ac.be Gratis – www.sections.arcelor.com		
Kontakt	Arcelor ASC: asc.tecom@arcelor.com		
Teoria	Oparty na równaniach równowagi masy i energii		
Krótki opis	Model opisujący obciążenie termiczne od zdefiniowanego pożaru. Przepływy ciepła dla prostych elementów stalowych oraz obliczanie czasu zniszczenia (ENV 1993-1-2)		

Ozone – Menu główne

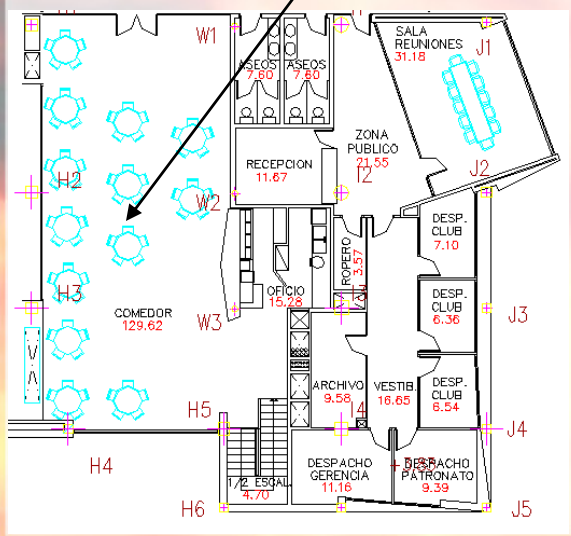


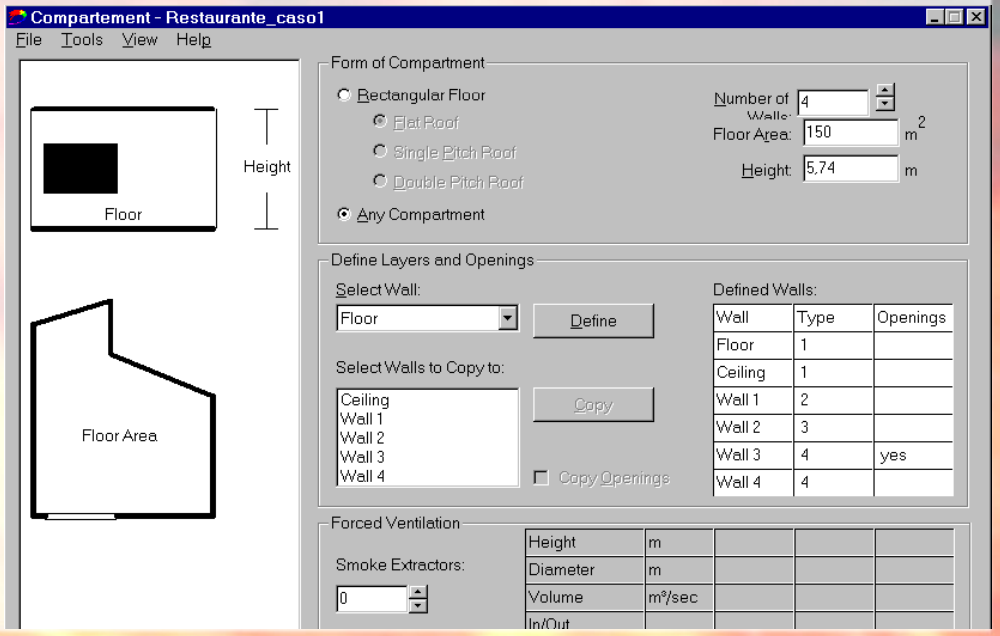
Ozone - Przykład

Scenariusz pożaru: pożar w restauracji na trzeciej kondygnacji
Ogień obliczeniowy: w pełni rozwinięty – faza wzrostu tα
Cel: wyznaczyć wytrzymałość ogniową belek stalowych (wymóg: R90)

Definicja przegrody ogniowej

Obszar pożaru





Ozone – Dane wejściowe: definiowanie pożaru

Fire - difisek_restaurant

File Tools View Help

Fire Curve

- [x] NFSC Design Fire
- [ ] User Defined Fire

Max Fire Area: 150 m^2

Fire Elevation: 1 m Fuel Height: 1 m

Occupancy	Fire Growth Rate	RHRf [kW/m²]	Fire Load qf,k 80% Fractile [MJ/m²]	Danger of Fire Activation
User Defined	150	250	300	1
Description	Fast			Medium

- [ ] Automatic Water Extinguishing System $\gamma_{n,1} = 1$
- [ ] Independent Water Supplies (1 2) $\gamma_{n,2} = 1$
- [x] Automatic Fire Detection by Heat
- [x] Automatic Fire Detection by Smoke $\gamma_{n,4} = 0{,}73$
- [ ] Automatic Alarm Transmission to Fire Brigade $\gamma_{n,5} = 1$
- [ ] Work Fire Brigade
- [x] Off Site Fire Brigade $\gamma_{n,7} = 0{,}78$
- [x] Safe Access Routes $\gamma_{n,8} = 1$

Design Fire Load

Fire Risk Area: 150 m^2 $\gamma_{q,1} = 1{,}42$

Danger of Fire Activation: $\gamma_{q,2} = 1$

Active Measures: $\prod \gamma_{n,i} = 0{,}8541$

$q_{f,d} = \gamma_{q,1} \cdot \gamma_{q,2} \cdot \prod \gamma_{n,i} \cdot m \cdot q_{f,k} = 291{,}1$ MJ/m^2

Combustion

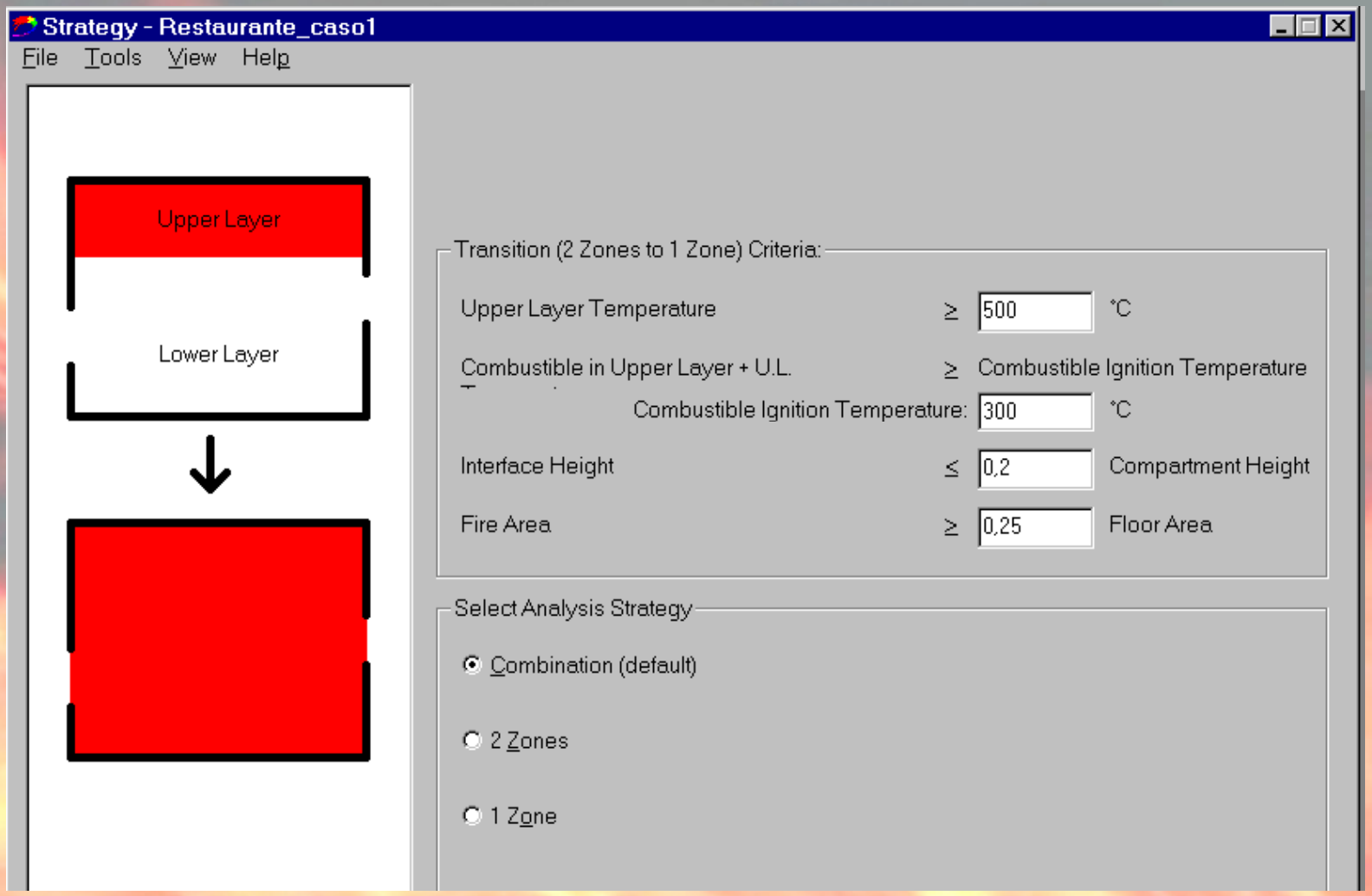
Combustion Heat of Fuel: 17,5 MJ/kg

Combustion Efficiency Factor: 0,8

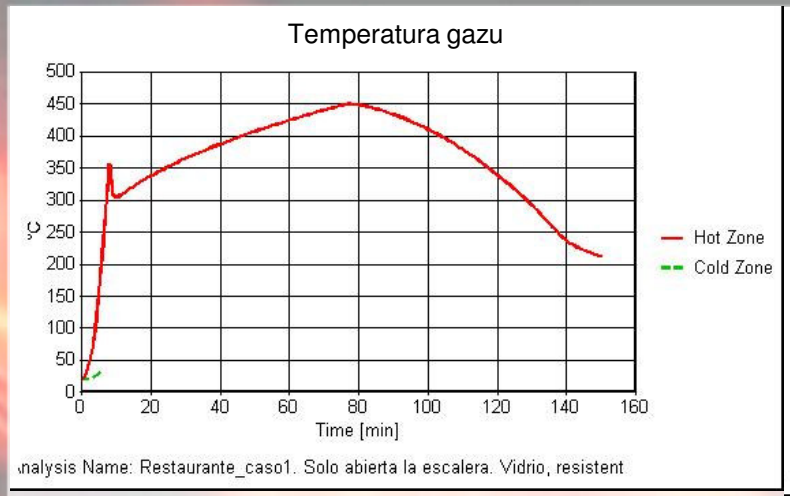
Combustion Model: Extended fire duratio

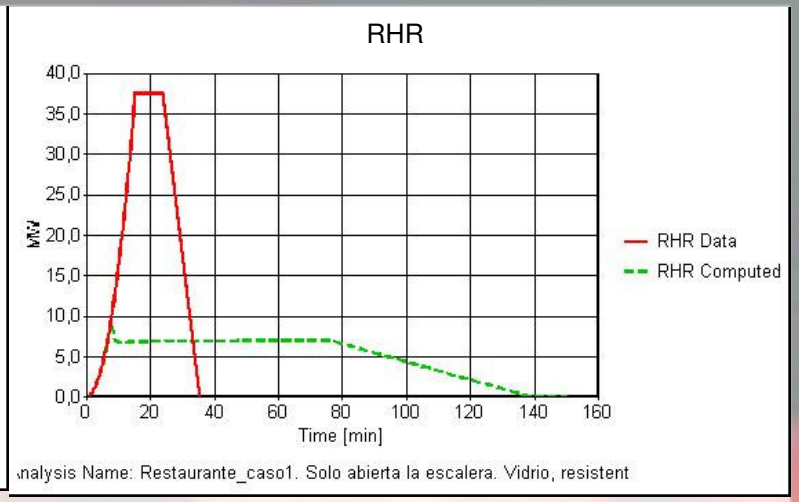
OK Cancel

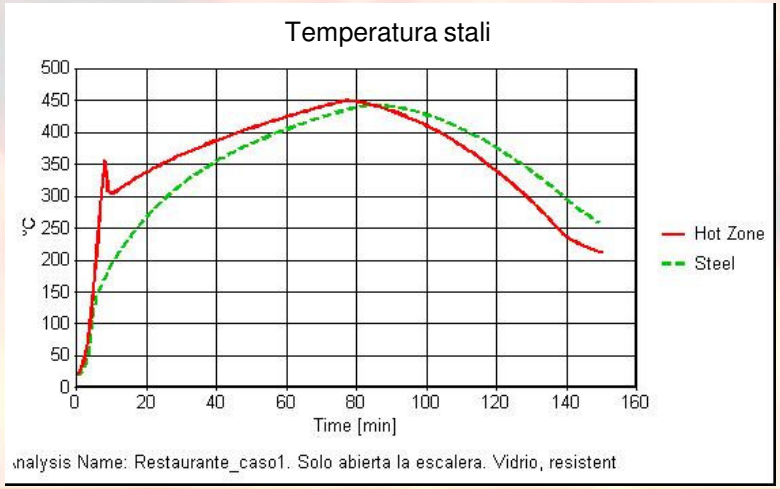
Ozone – Dane wejściowe:
Kryteria zmiany modelu 2-strefowego na 1-strefowy



Ozone - Wyniki







Przejście z modelu 2-strefowego na 1-strefowy: 120”
(pożar kontrolowany przez wentylację)

Modele pól
(mechanika płynów - CFD)

Modele pól

Modele pól

+

Kod CFD

→ Model pola dla pożaru

Ogólny opis zjawiska pożaru

Opis zmiennych fizycznych

Typy kodów CFD

- Konkretnego przeznaczenia CFD

  Modele fizyczne dopasowane do problematyki pożaru: SOFIE, FDS...

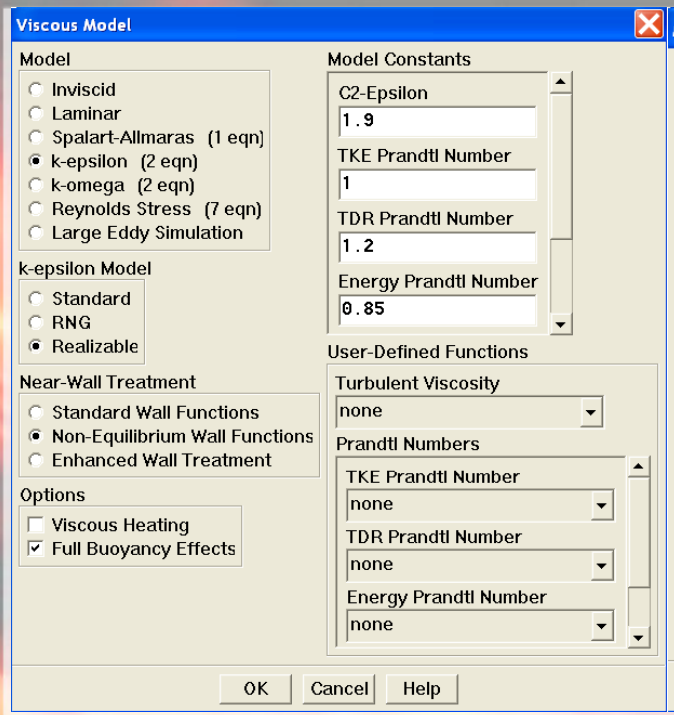
- Ogólne CFD

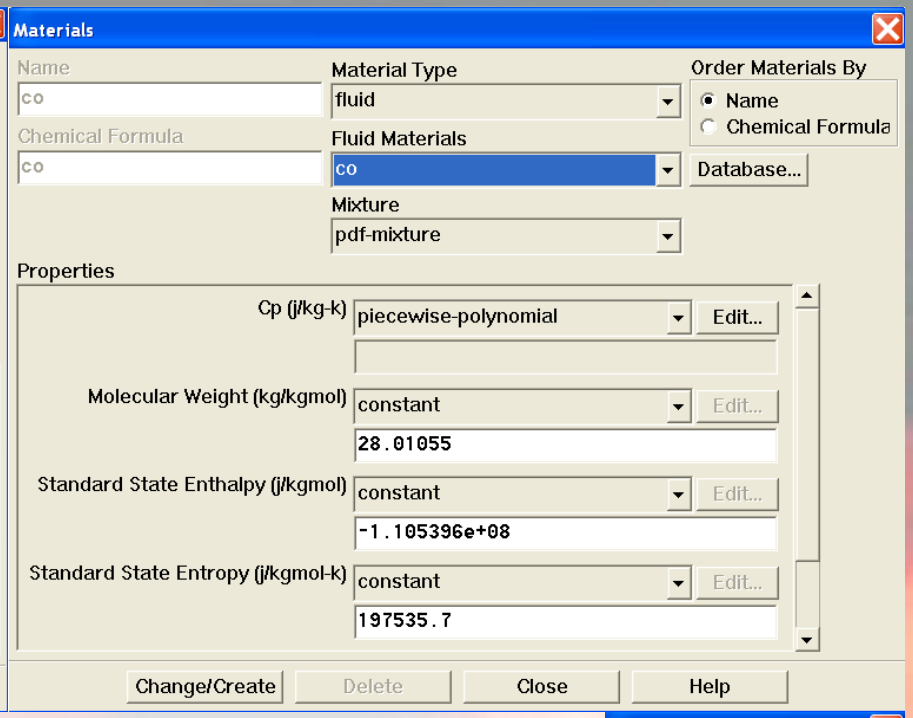
  Więcej modeli fizycznych i właściwości materiału, wybrane i dopasowane przez użytkownika: Fluent, CFX,PHOENIX..

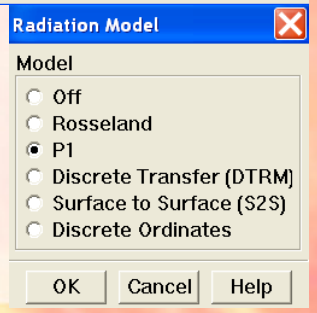
Modele pól - Fluent

Opis oprogramowania			
Nazwa	Fluent		
Wersja	6.3	Rok	2008
Kraj	USA	Język	angielski
System	Windows/UNIX		
Organizacja	Fluent Inc.		
Obszar zastosowania	Termiczne modele pożaru (model pól)		
Dostępność	Program komercyjny		
Kontakt	www.fluent.com		
Teoria	Oparty na równaniach równowagi masy i energii		
Krótki opis	Program generalnego zastosowania CFD		

Fluent – Dane wejściowe







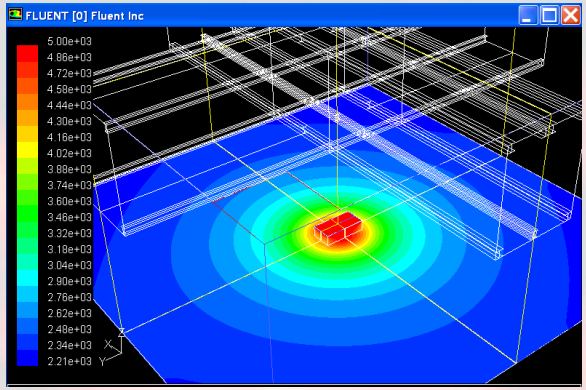
Należy wprowadzić definicję materiałów, modele fizyczne i warunki brzegowe. Niektóre dane pokazane są na slajdzie.

Fluent - Wyniki

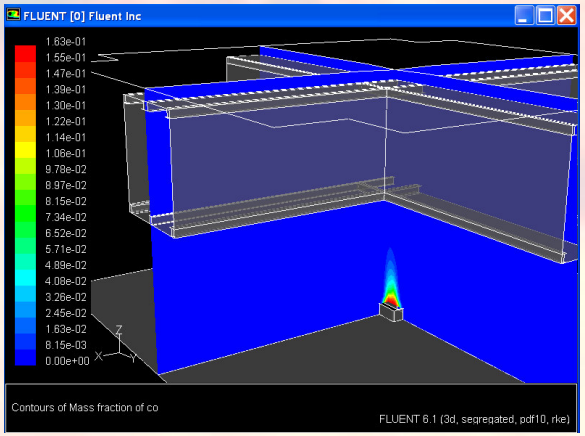
Przyjazny pre- i postprocesor, ale głęboka wiedza inżynierii pożarowej oraz CFD jest wymagana.

Przykłady post-processingu

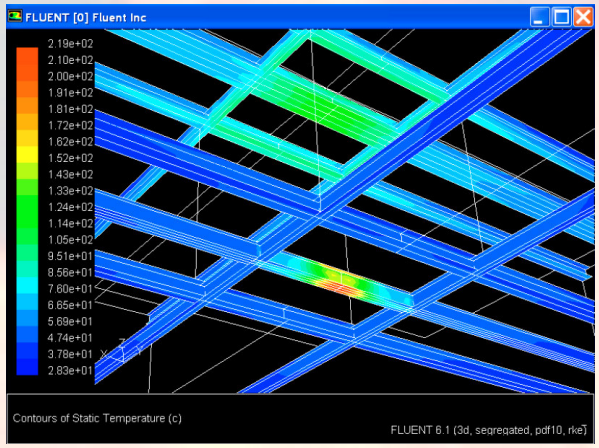
Wartości promieniowania



Kontrola dymu: koncentracja CO



Rozkład temperatur



Wytrzymałościowe modele pożaru

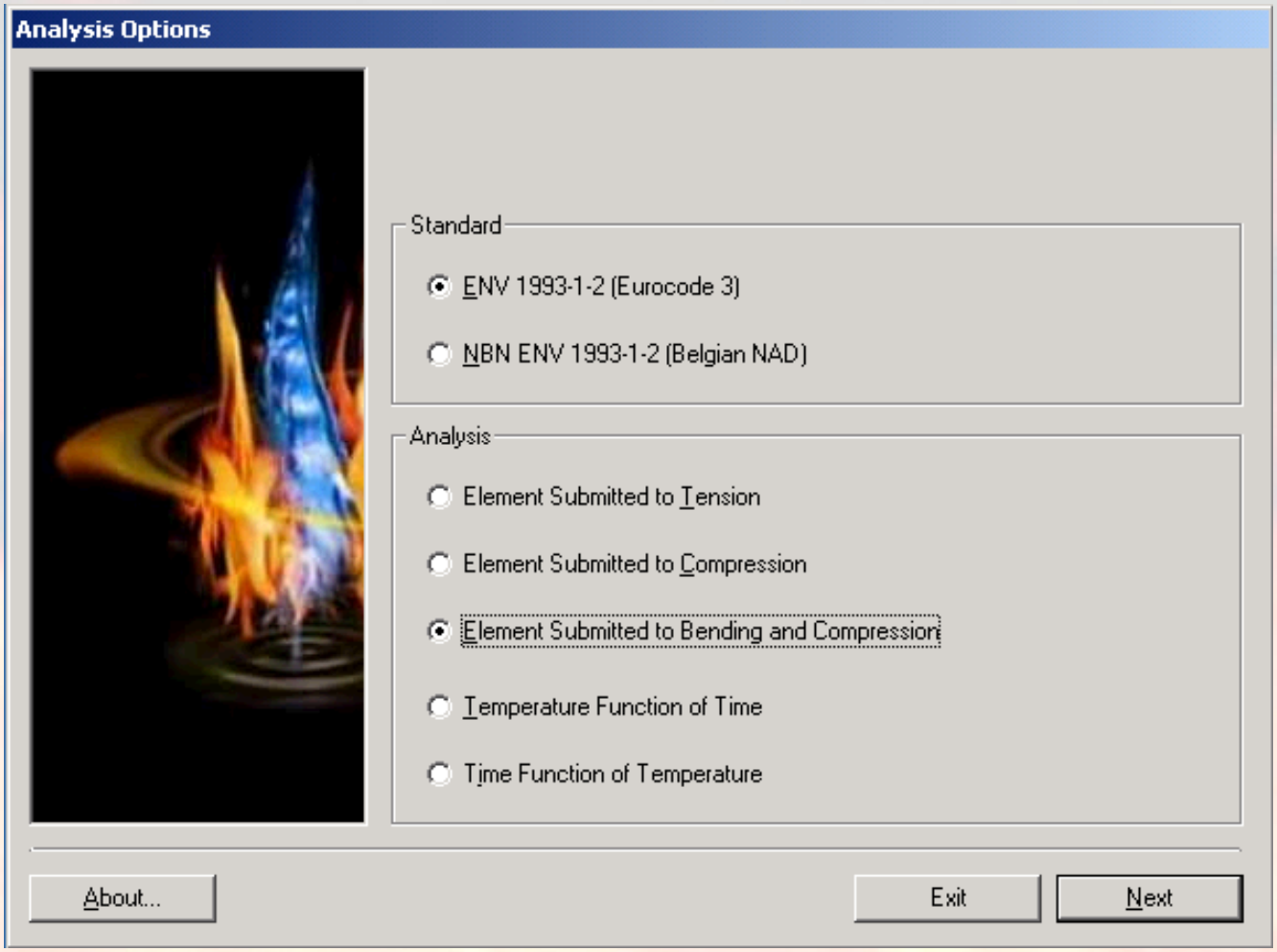
Wytrzymałościowe modele pożaru (FRM)

Procedury projektowania			Dane tabelaryczne	Proste modele obliczeniowe	Zaawansowane modele obliczeniowe
Reguły tradycyjne (pożar nominalny)	Analiza elementu	Określenie oddziaływań mechanicznych i warunków brzegowych	TAK	TAK	TAK
	Analiza części konstrukcji		NIE	TAK (jeśli dostępne)	TAK
	Analiza całej konstrukcji	Wybór oddziaływań mechanicznych	NIE	NIE	TAK
Regulacje oparte na właściwościach użytkowych	Analiza elementu	Określenie oddziaływań mechanicznych i warunków brzegowych	NIE	TAK (jeśli dostępne)	TAK
	Analiza części konstrukcji		NIE	NIE	TAK
	Analiza całej konstrukcji	Wybór oddziaływań mechanicznych	NIE	NIE	TAK

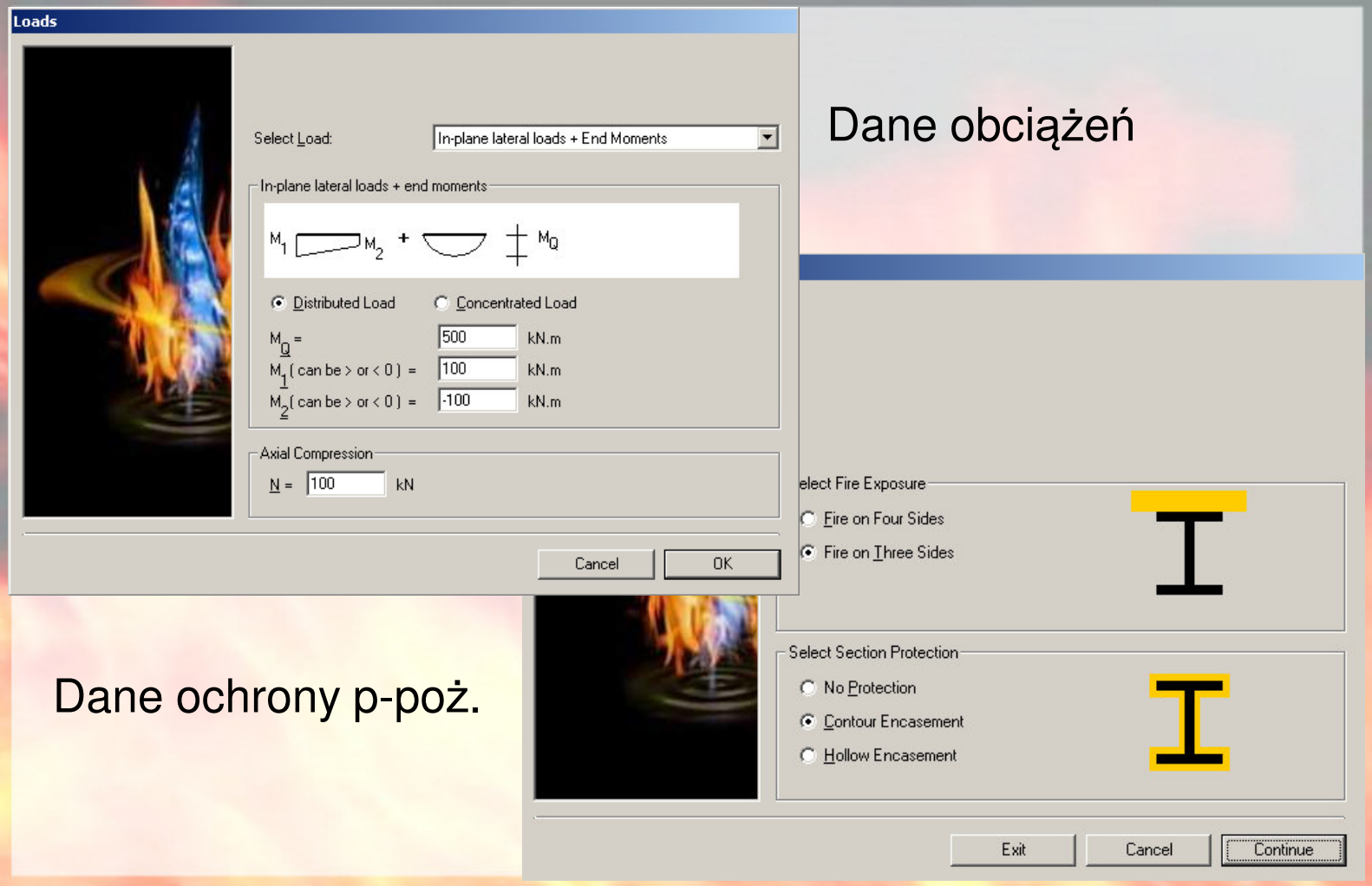
Uproszczone FRM - Elefir

Opis oprogramowania			
Nazwa	Elefir		
Wersja	2.1	Rok	1998
Kraj	Belgia	Język	angielski
System	Windows	Rozmiar	8 MB
Autorzy	D. Pintea, L. Mievis, G. Gustin, J. M. Franssen		
Organizacja	University of Liege		
Obszar zastosowania	Wytrzymałościowe modele pożaru (model uproszczony)		
Dostępność	Gratis – www.ulg.ac.be		
Kontact	University of Liege - www.ulg.ac.be		
Teoria	Oparty na ENV 1993-1-2 (Eurocode 3)		
Krótki opis	Oprogramowania do obliczeń wytrzymałości ogniowej dla elementów stalowych o przekroju otwartym		

Elefir – Menu główne



Elefir – Dane wejściowe

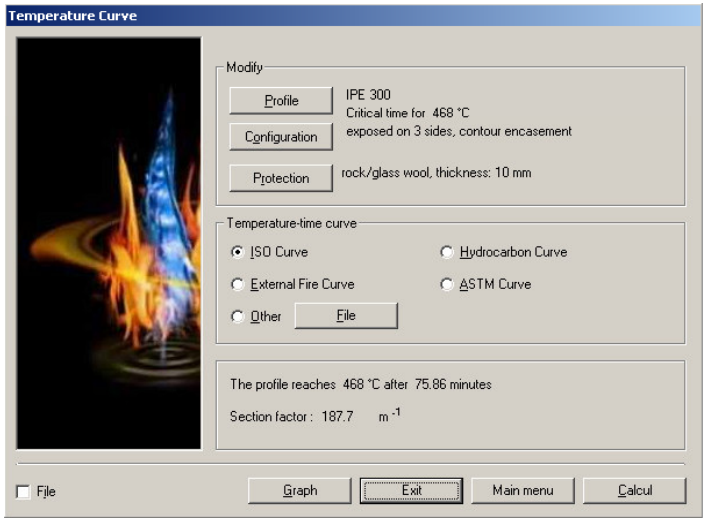


Dane ochrony p-poż.

Elefir - Wyniki

```
Results Elefir

Data
----

Date : 05/08/2004
Time : 13:30:06

Calculation following ENV 1993-1-2
Time function of temperature

Type of Cross-Section : IPE
Profile : IPE 300
Area of the cross-section :  53,81  cm²
Critical Temperature : 486 °C

Exposed to Fire on 3 faces
Temperature-Time Curve : ISO Curve

Type of Protection      : Contour Encasement
==> Section factor A/V =  187.7063 m-1
Type of material        : rock/glass wool
Thickness               : 10 mm
Specific Heat           : 850 J/kg.°K
Thermal Conductivity    : 0,04 W/m.°K
Unit Mass               : 150 kg/m³
```

```
Results
-------

Time/Temperature evolution in the steel section calculated
by ELEFIR using relation 4.22 of ENV 1993-1-2
Time [min.] ; Temperature [°C]

0 ; 20
5 ; 43
10 ; 77
15 ; 112
20 ; 147
25 ; 181
30 ; 215
35 ; 247
40 ; 278
45 ; 308
50 ; 337
55 ; 365
60 ; 391
65 ; 416
70 ; 441
75 ; 464
79,9 ; 486
```

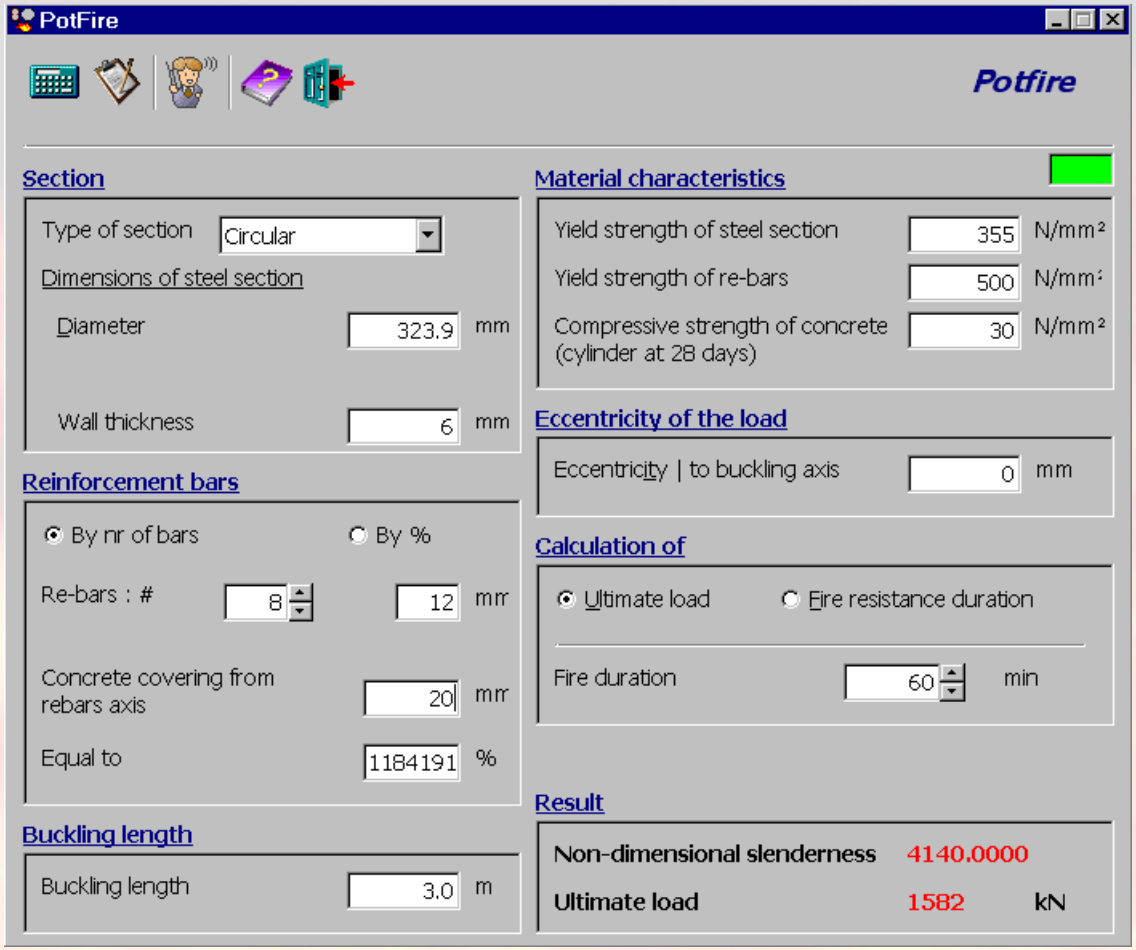



```
The temperature of  486 °C is obtained after  75.86 min.
```

Uproszczone FRM - Potfire

Opis oprogramowania			
Nazwa	Potfire		
Wersja	1.11	Rok	2001
Kraj	Francja	Język	angielski
System	Windows	Rozmiar	15 MB
Autorzy	G. Fouquet, G. Tabet, B. Zhao, J. Kruppa		
Organizacja	CTICM, CIDECT, TNO		
Obszar zastosowania	Wytrzymałościowe modele pożaru (model uproszczony)		
Dostępny	Gratis – www.cidect.org		
Kontakt	CIDECT - www.cidect.org		
Teoria	Oparty na ENV 1994-1-2 Aneks G		
Krótki opis	Oblicza wytrzymałość ogniową nieochronionych ogniowo, wypełnionych słupów rurowych		

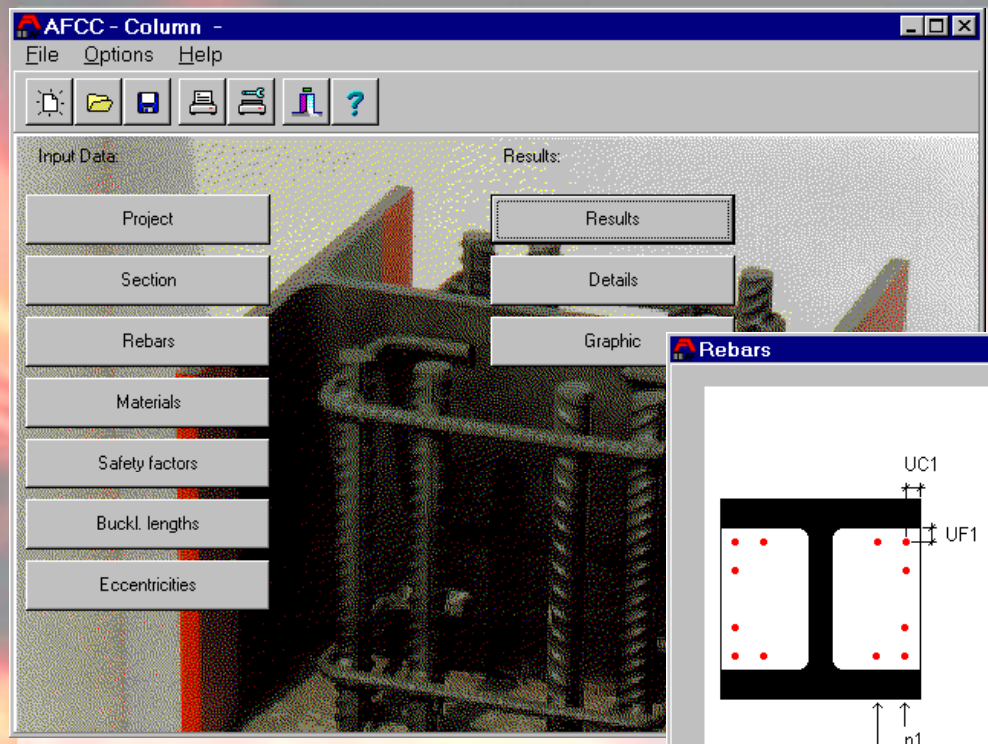
Potfire - Menu główne / dane wejściowe



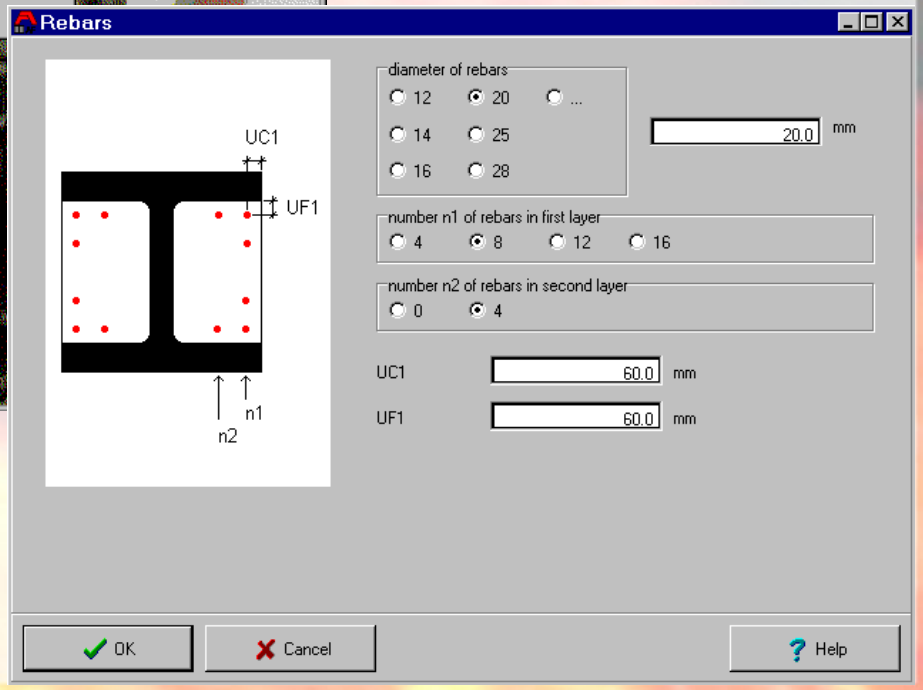
Uproszczone FRM - AFCC

Opis oprogramowania			
Nazwa	AFCC		
Wersja	3.06	Rok	2004
Kraj	Luksemburg	Język	angielski
System	Windows	Rozmiar	2.5 MB
Autor	H. Colbach		
Organizacja	Arcelor LCS Research Centre		
Obszar zastosowania	Wytrzymałościowe modele pożaru (model uproszczony)		
Dostępność	Gratis – www.sections.arcelor.com		
Kontakt	Arcelor ASC: asc.tecom@arcelor.com		
Teoria	Oparta na ENV 1994-1-2		
Krótki opis	Projektowanie słupów zespolonych w warunkach pożaru		

AFCC – Menu główne / dane wejściowe



Panel kontrolny



Stal zbrojeniowa

AFCC - wyniki

Wyniki

Raport

Results

Ultimate loads [kN]

	axial	axial	eccentrically	eccentrically	eccentrically
	weak axis	strong axis	weak axis	strong axis	biaxial
eccent. [mm]			0.00	0.00	
Service	6403	7256	6403	7256	6403
R 30	5352	5708	5352	5708	5352
R 60	4005	4311	4005	4311	4005
R 90	3019	3277	3019	3277	3019
R 120	1872	2059	1872	2059	1872

Warnings

```
Number or diameter of the re-bars too high for design at room temperature. Percentage
of the reinforcement = 4.16 %
0.3 % < allowed percentage < 4 % (ENV 1994-1-1,4.8.3.1 and 4.8.2.5)
4 % assumed for the calculation at room temperature
Reduced diameter of re-bars for calculation at room-temperature = 19.62 mm
```

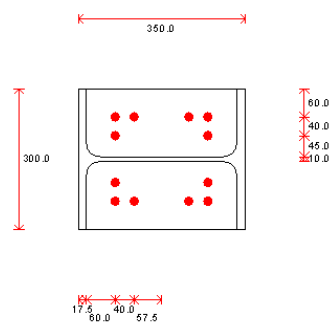
OK Help

Details

```
Project
----------------------------------------

Project-Name:            DIFISEK
Project-Number:          Example
Position-Name:           AFCC - Example
Position-Number:         001
User:                    DIFISEK
Comment:                 Example of use
created:                 5/8/04
modified last:           5/8/04

Warnings
----------------------------------------

Number or diameter of the re-bars too high for design at room temperature. Percentage
of the reinforcement = 4.16 %
0.3 % < allowed percentage < 4 % (ENV 1994-1-1,4.8.3.1 and 4.8.2.5)
4 % assumed for the calculation at room temperature
Reduced diameter of re-bars for calculation at room-temperature = 19.62 mm


Input values:
----------------------------------------

Steel-Profile:                    HE 360 A
  h:            350 mm
```

OK Help

Graphic



Steel-Profile: HE 360 A
Rebars: 12 x d = 20 mm

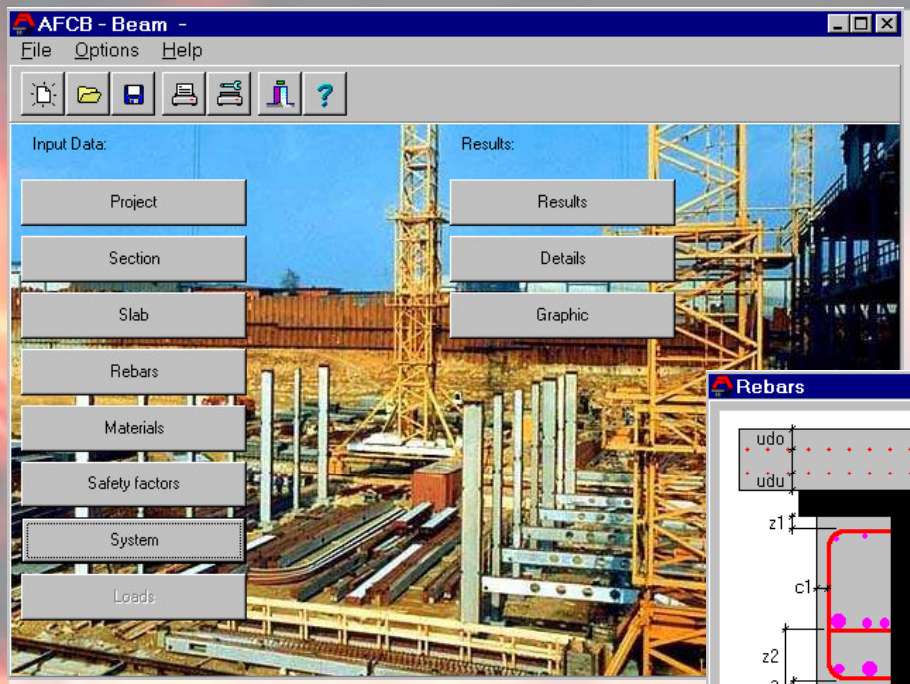
OK ?

Detal przekroju

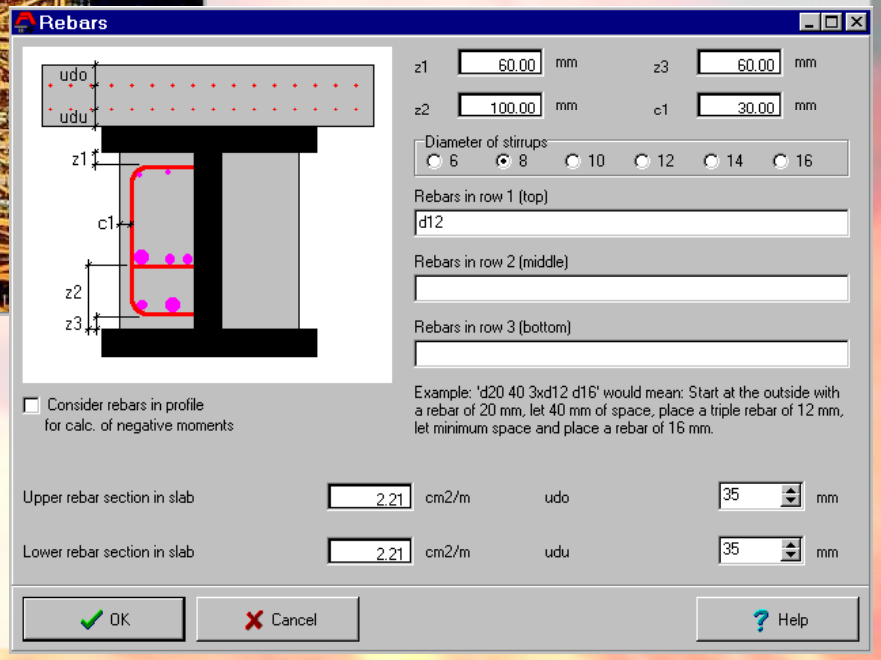
Uproszczone FRM - AFCB

Opis oprogramowania			
Nazwa	AFCB		
Wersja	3.07	Rok	2004
Kraj	Luksemburg	Język	angielski
System	Windows	Rozmiar	3 MB
Autor	H. Colbach		
Organizacja	Arcelor LCS Research Centre		
Obszar zastosowania	Wytrzymałościowe modele pożaru (model uproszczony)		
Dostępność	Gratis – www.sections.arcelor.com		
Kontakt	Arcelor ASC: asc.tecom@arcelor.com		
Teoria	Oparta na ENV 1994-1-2		
Krótki opis	Projektowanie belek zespolonych w warunkach pożaru		

AFCB – Menu główne / dane wejściowe



Panel kontrolny



Stal zbrojeniowa

AFCB - wyniki

Wyniki

Raport

Results

Ultimate plastic moments and shear forces

	Ultimate positive	Ultimate negative	Ultimate Shear
	Moments M+ [kNm]	Moments M- [kNm]	Forces T.ult [kN]
cold	1748.31	858.47	1221.19
R60	1376.58	518.56	1211.41

Calculation of fire resistance class under given load
Calculation type: Calculation of section resistance

Warnings

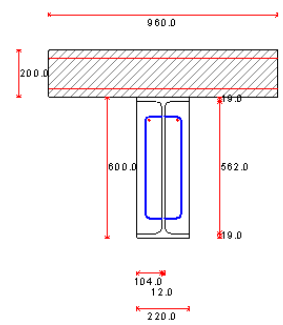
OK Help

Details

```
Project
----------------------------------------

Project-Name:              DIFISEK
Project-Number:            Example
Position-Name:             001
Position-Number:           001
User:                      DIFISEK
Comment:                   Example of use
created:                   5/8/04
modified last:             5/8/04


Input values:
----------------------------------------

Steel-Profile:                        IPE 600
  h:                 600 mm
  b:                 220 mm
  t.w:                12 mm
  t.f:                19 mm
  r:                  24 mm
  b*                 220 mm

Concrete slab
  Type of slab                                : Cast in place slab
  Orientation of joints or ribs               : perpendicular to beam-axis
```

OK Help

Graphic



Steel-Profile: IPE 600
Cast in place slab
Orientation of joints or ribs : perpendicular to beam-axis

OK Section Moments Hogging-cold Hogging-fire Sagging-cold Sagging-fire Help

Detal przekroju

Zaawansowane metody obliczeniowe (FRM)

W zaawansowanych metodach obliczeniowych wyróżniamy trzy główne fazy:

Pre-processing

- Definicja konstrukcji (elementy skończone)
- Definicja materiału (liniowy / nieliniowy)
- Wybór mechanicznych i termicznych obciążeń i warunków brzegowych

↓

Processing – faza obliczeń

↓

Post-processing – raport wyników

Zaawansowane FRM - Safir

Opis oprogramowania			
Nazwa	Safir		
Wersja	9.8	Rok	2007
Kraj	Belgia	Język	angielski
System	Fortran/Visual Basic	Rozmiar	----
Autor	J. M. Franssen		
Organizacja	University of Liege		
Obszar zastosowania	Wytrzymałościowe modele pożaru (model zaawansowany)		
Dostępność	Kod komercyjny		
Kontakt	JM.Franssen@.ulg.ac.be		
Teoria	Metoda elementów skończonych (MES)		
Krótki opis	Program MES dla określenia zachowania konstukcji w czasie pożaru		

Zaawansowane FRM - Ansys

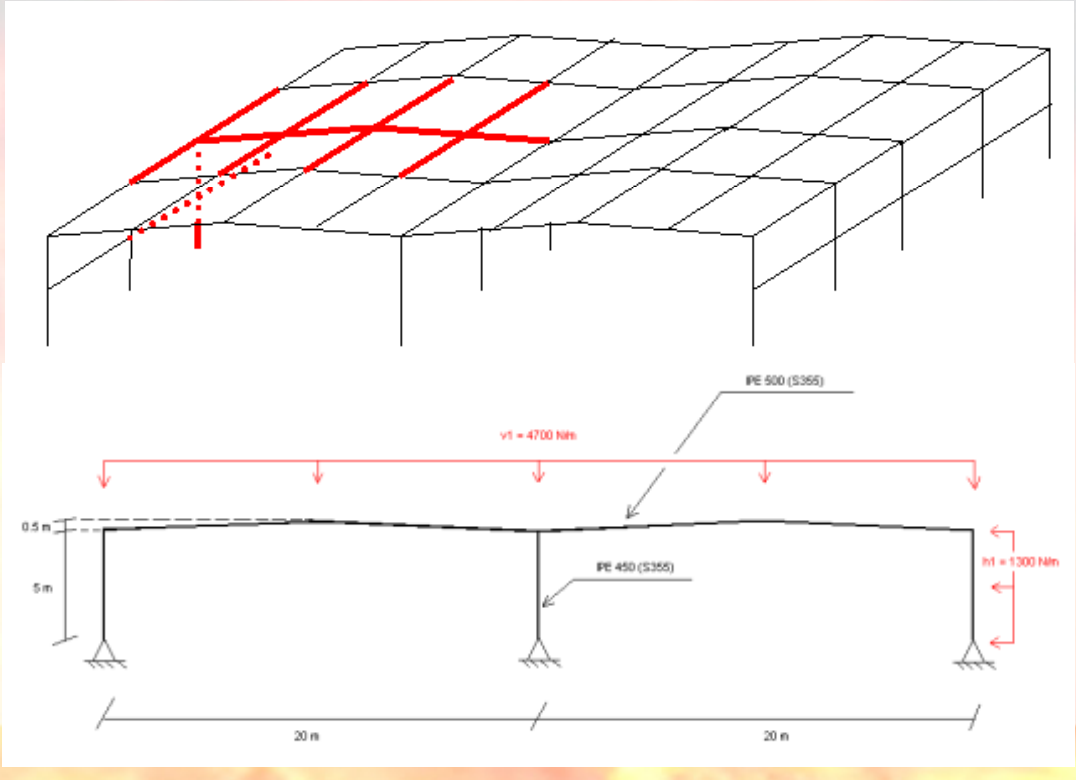
Opis oprogramowania			
Naza	Ansys		
Wersja	10	Rok	2008
Kraj	USA	Język	Angielski
System	-----	Rozmiar	----
Autorzy	-----		
Organizacja	ANSYS Inc.		
Obszar zastosowania	Wytrzymałościowe modele pożaru (model zaawansowany)		
Dostępność	Program komercyjny		
Kontakt	Ansys – www.ansys.com		
Teoria	Metoda elementów skończonych (MES)		
Krótki opis	Program ogólnego zastosowania (MES)		

Zaawansowane FRM - Abaqus

Opis oprogramowania			
Nazwa	Abaqus		
Wersja	6.7	Rok	2008
Kraj	USA	Język	angielski
System	MS-DOS	Rozmiar	----
Autorzy	Hibbitt, Karlsson and Sorensen		
Organizacja	ABAQUS Inc.		
Obszar zastosowania	Wytrzymałościowe modele pożaru (model zaawansowany)		
Dostępność	Program komercyjny		
Kontakt	Abaqus – www.abaqus.com		
Teoria	Metoda elementów skończonych (MES)		
Krótki opis	Program ogólnego zastosowania (MES)		

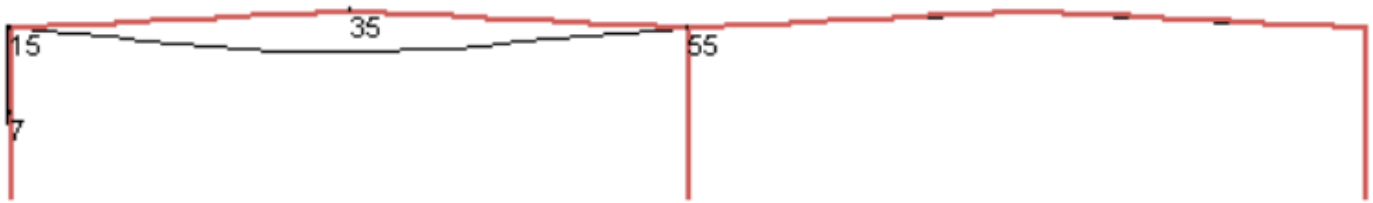
SAFIR/ANSYS/ABAQUS - Przykład

Scenariusz pożaru: pożar w budynku przemysłowym
Ogień obliczeniowy: krzywa ISO
Cel: określenie wytrzymałości w czasie pożaru dla całej konstrukcji oraz wpływu dotkniętej pożarem strefy na pozostałą część konstrukcji.

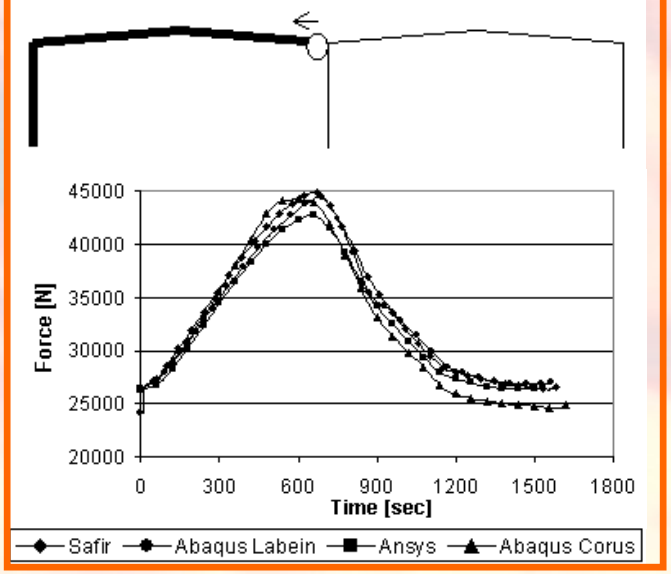


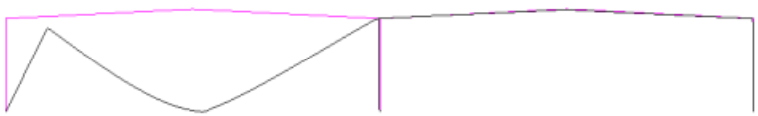
SAFIR/ANSYS/ABAQUS - Przykład

2D



Postać odkształcona w skali (analiza statyczna)



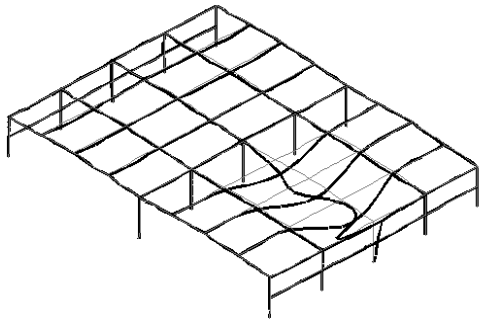


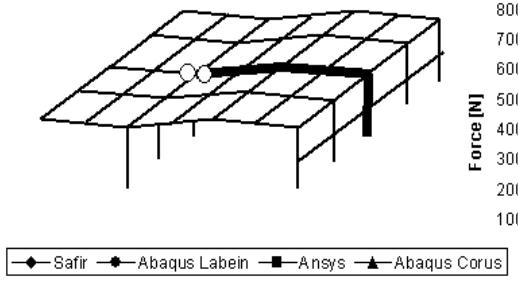
Postać odkształcona w skali (analiza dynamiczna)
Lewa rama zawaliła się do środka budynku.

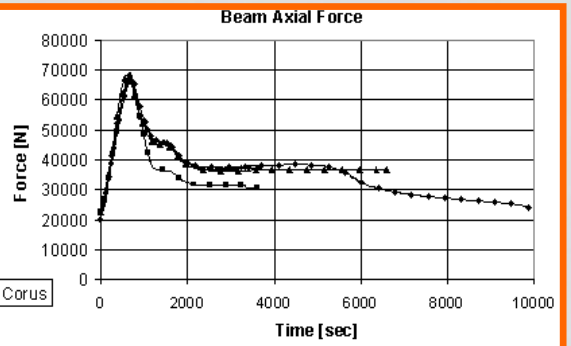
Siła osiowa – nie większa niż siła wiatru w warunkach użytkowania.

SAFIR/ANSYS/ABAQUS - Przykład

Model 3D – więcej niż jedna rama bez płatwi

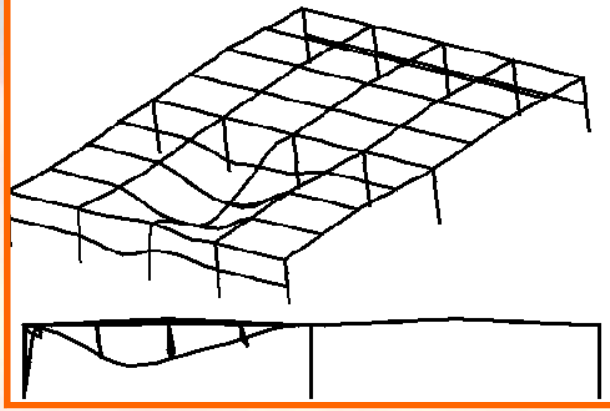


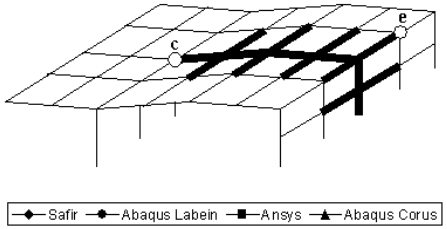


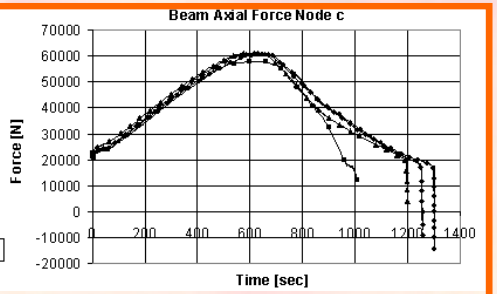


Kształt po deformacji (x10) – Płatwie utrzymują konstrukcję podczas pożaru

Model 3D – więcej niż jedna rama z płatwiami



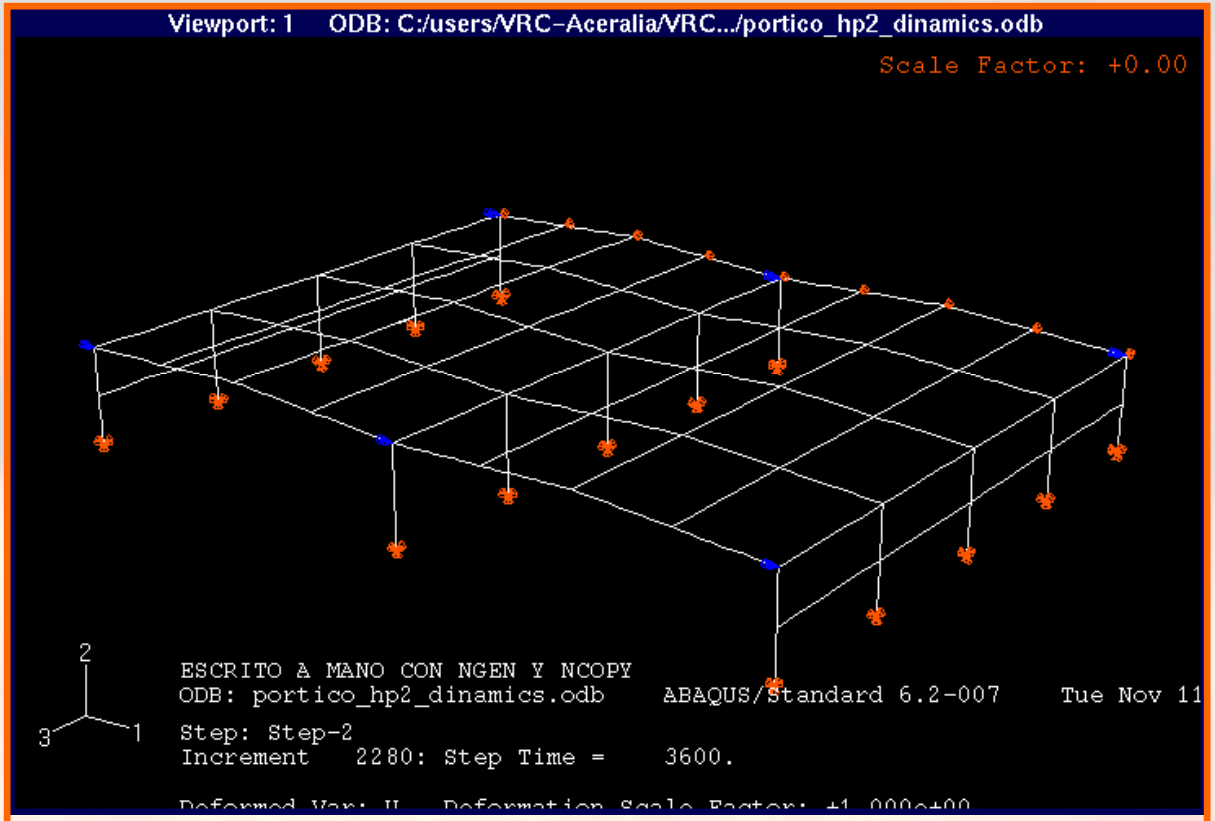




Postać odkształcona w skali
Obciążenie osiowe

SAFIR/ANSYS/ABAQUS - Przykład

Model 3D – więcej niż jedna rama z płatwiami (analiza dynamiczna)



Analiza dynamiczna pozwala przewidzieć fazę zniszczenia.

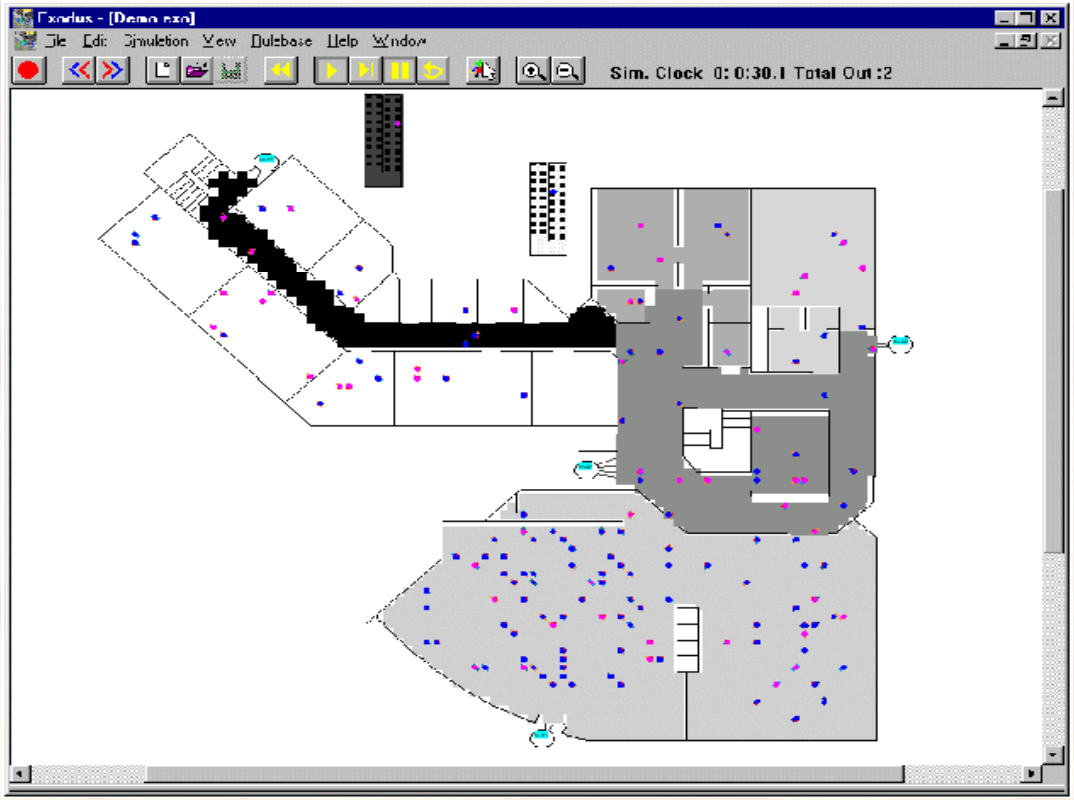
Modele
Egress oraz Reakcji Detektorów

Model Egress - Exodus

Opis oprogramowania			
Nazwa	Exodus		
Wersja	4.0	Rok	2004
Kraj	Wielka Brytania	Język	angielski
System	Windows	Rozmiar	-----
Autorzy	E. Galea, St. Gwyne, S. Blake, L. Filippidis		
Organizacja	University of Greenwich		
Obszar zastosowania	Model Egress		
Dostępność	komercyjny – www.fseg.gre.ac.uk		
Kontakt	E.R.Galea@greenwich.ac.uk		
Teoria	-----		
Krótki opis	Model Egress oparty na zachowaniach ludzi		

Model Egress - EXODUS

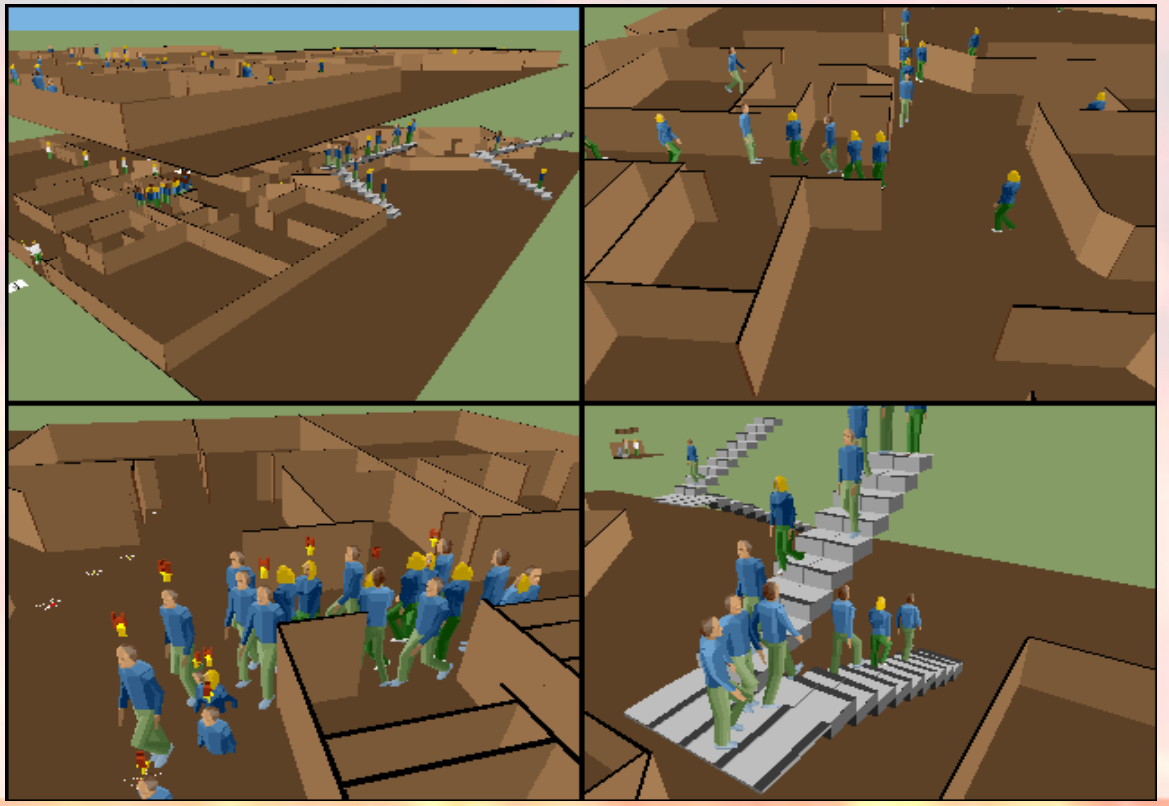
•Simulacja pozwala użytkownikowi oszacować poziom bezpieczeństwa podczas ewakuacji.



Model Egress - EXODUS

Wyniki:

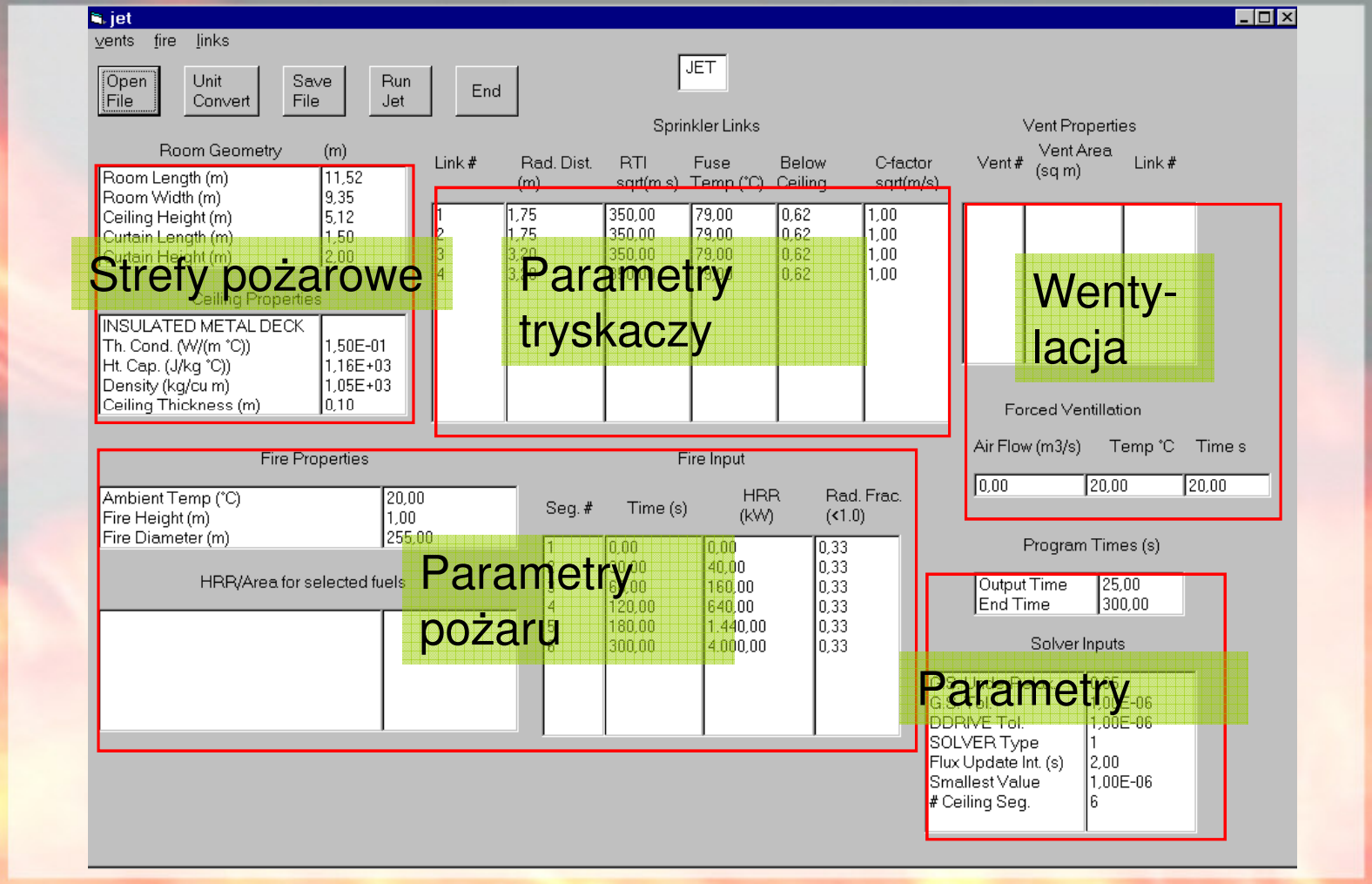
Symulacje mogą być przeglądane za pomocą post-procesora VR-EXODUS.



Modele Reakcji Detektorów - Jet

Opis oprogramowania			
Nazwa	Jet		
Wersja	1.0	Rok	1999
Kraj	USA	Język	angielski
System	Windows	Rozmiar	4 MB
Autor	W. D. Davids		
Organizacja	NIST (National Institute of Standards and Technology)		
Obszar zastosowania	Modele Reakcji Detektorów		
Dostępność	Gratis – www.fire.nist.gov		
Kontakt	NIST - www.fire.nist.gov		
Teoria	Model strefowy oparty na kodzie LAVENT		
Krótki opis	Odpowiedź tryskaczy – wyznaczanie czasu aktywacji		

Jet – menu główne / dane wejściowe



Dziękuję za uwagę

DIFISEK