



Modelowanie skutków awarii przemysłowych w programie **RIZEX-2**

Rafał POROWSKI, Piotr LESIAK, Martyna STRZYŻEWSKA, Wojciech RUDY

Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości
CNBOP-PIB

rporowski@cnbop.pl



**Program obliczeniowy RIZEX-2 jest autorskim produktem
ukraińskiej firmy**

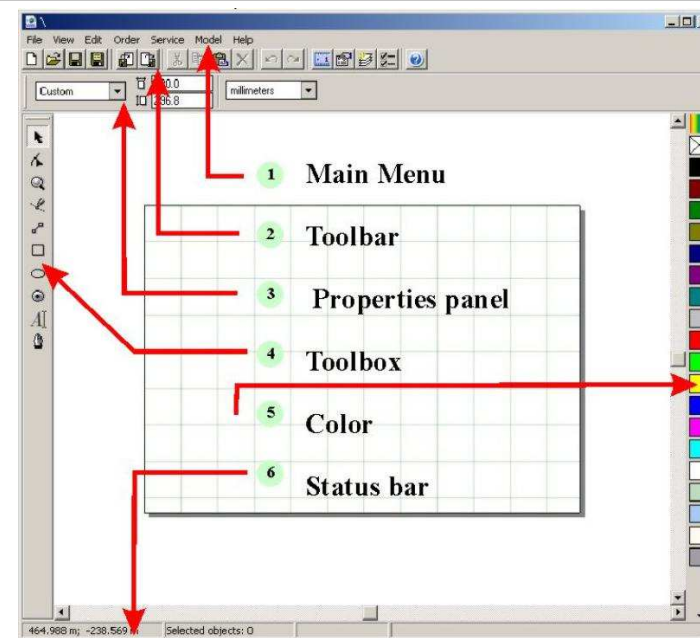
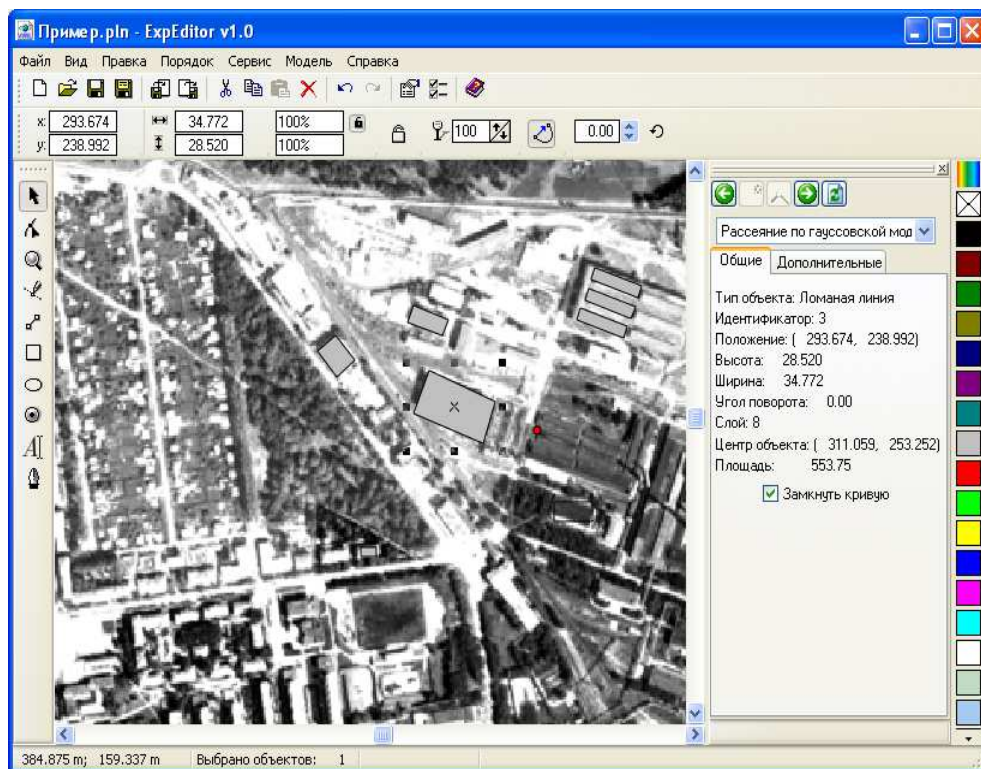


Rizikon

Program RIZEX-2 składa się z czterech głównych modułów:

- edytor graficzny,
- obliczenia,
- przeglądarka wyników,
- baza danych.

Narzędzia edytora graficznego pozwalają tworzyć (importować i eksportować) wektorowe i rastrowe mapy w formacie 2D i 3D, jak również definiować własności obiektów i określać ich związek z zastosowanymi modelami obliczeniowymi



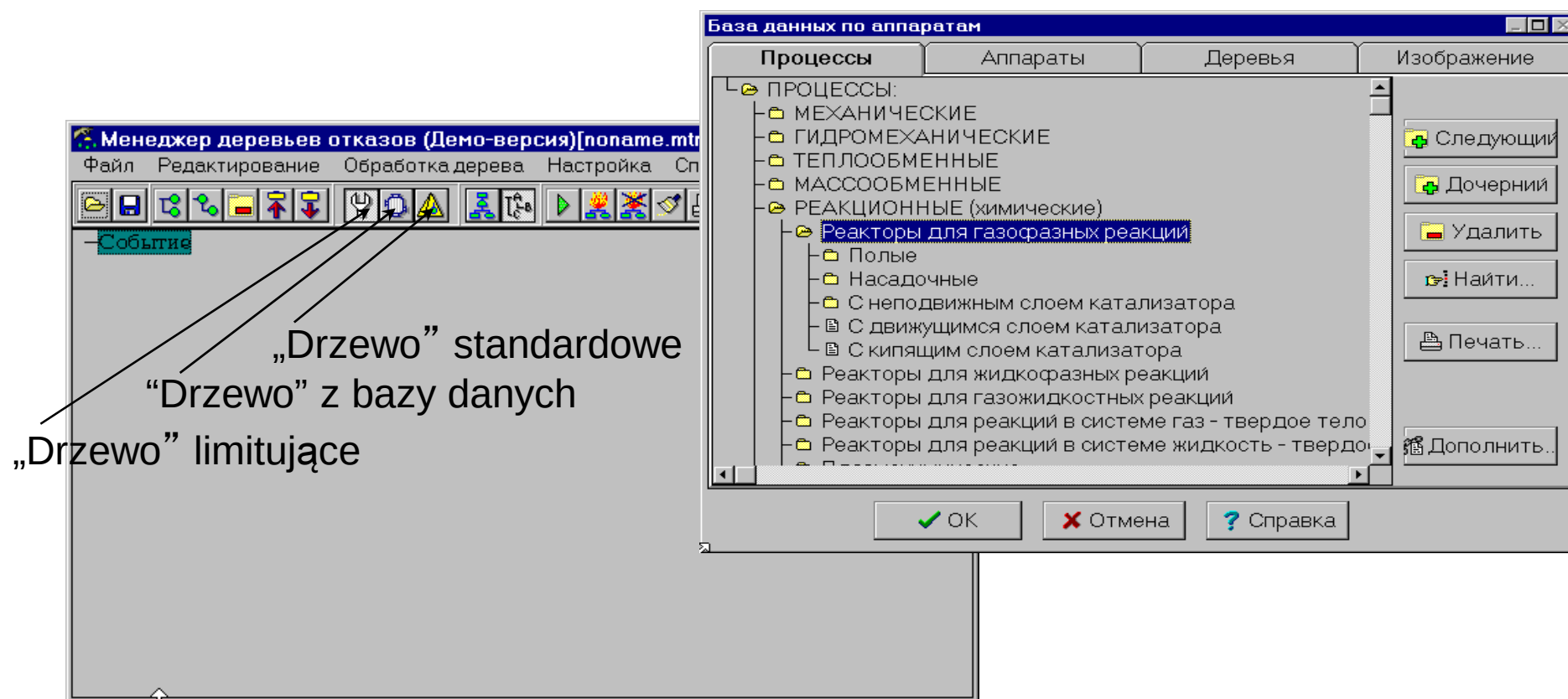
Moduł „Obliczenia” składa się z następujących podmodułów:

- ✓ Drzewo błędów;
- ✓ Drzewo zdarzeń;
- ✓ Zdarzenia awaryjne - RZA;
- ✓ Uwolnienie cieczy;
- ✓ Uwolnienie gazu;
- ✓ Parowanie cieczy;
- ✓ Dyspersja (modele Gaussa i Gazu cięższego od powietrza);
- ✓ Tworzenie się atmosfery wybuchowej;
- ✓ Wybuch (w oparciu o modele doświadczalne);
- ✓ Pożar (pool fire, jet fire, flash fire, fire ball);
- ✓ Pożar 3D (uwzględniający efekty promieniowania cieplnego na froncie płomienia);
- ✓ Odłamkowanie;
- ✓ Ryzyko



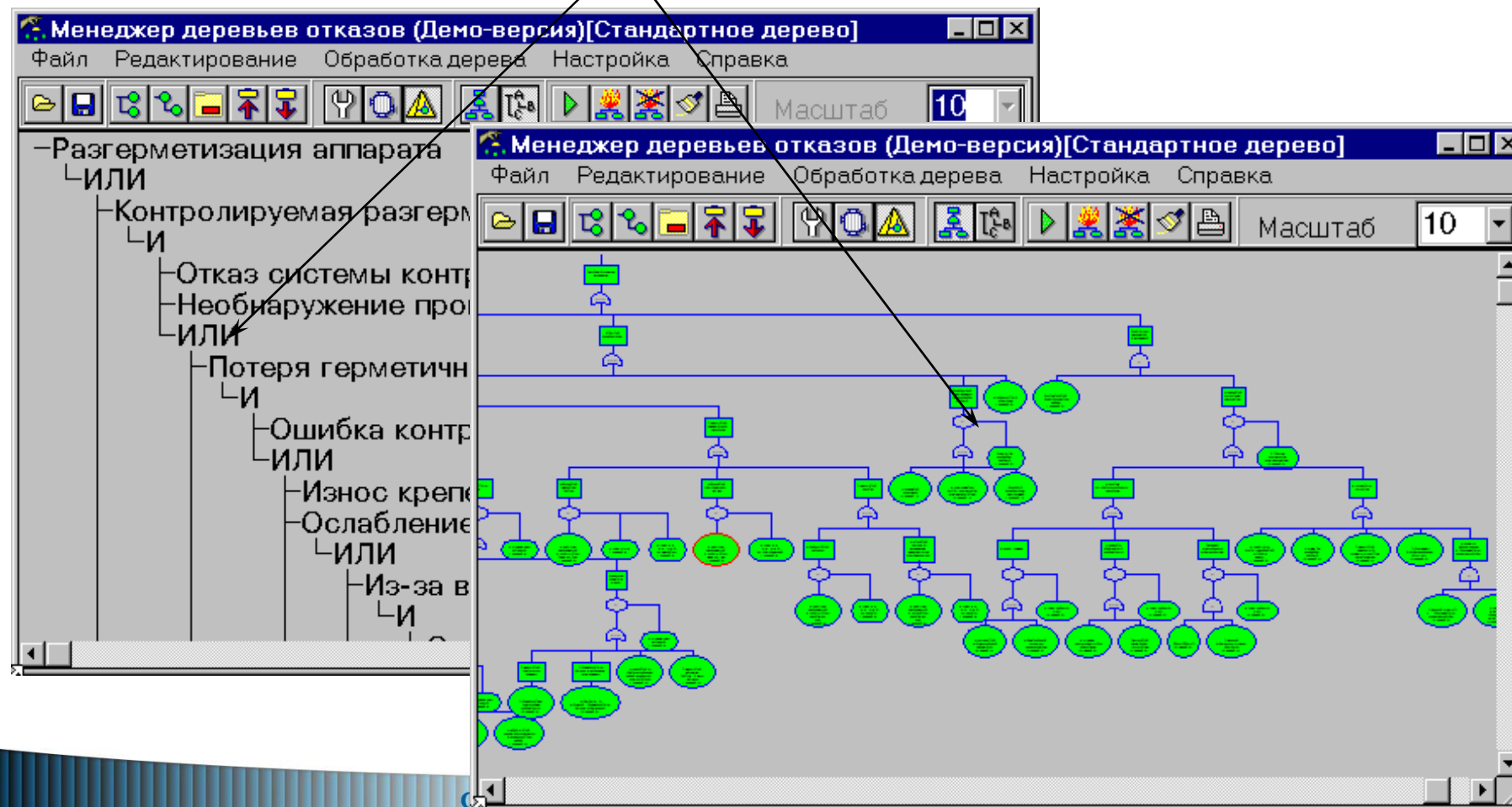
DRZEWO BŁĘDÓW

Istnieje możliwość tworzenia standardowych „drzew błędów” i zapisywania ich w bazie danych



DRZEWO BŁĘDÓW

„Drzewo błędów” w formie tekstowej i graficznej



**ANALIZA WARUNKÓW POWSTANIA AWARII METODĄ „DRZEWA
BŁĘDÓW” Z WYKORZYSTANIEM MODUŁU „BAZA DANYCH”
UMOŻLIWIA REALIZACJĘ POSZUKIWAŃ OPTYMALNYCH
ROZWIĄZAŃ DLA ZAPEWNIENIA AKCEPTOWALNEGO POZIOMU
BEZPIECZEŃSTWA**

**JEŻELI KOSZTY PONIESIONE NA OBNIŻENIE
PRAWDOPODOBIENSTWA WYSTĄPIENIA AWARII SĄ WYSOKIE I NIE
DO PRZYJĘCIA DLA PROWADZĄCEGO ZAKŁAD, PRZEPROWADZA
SIĘ MODELOWANIE PRZEBIEGU AWARII ORAZ DOBÓR ROZWIĄZAŃ
ZMNIEJSZAJĄCYCH SKALĘ SKUTKÓW AWARII**

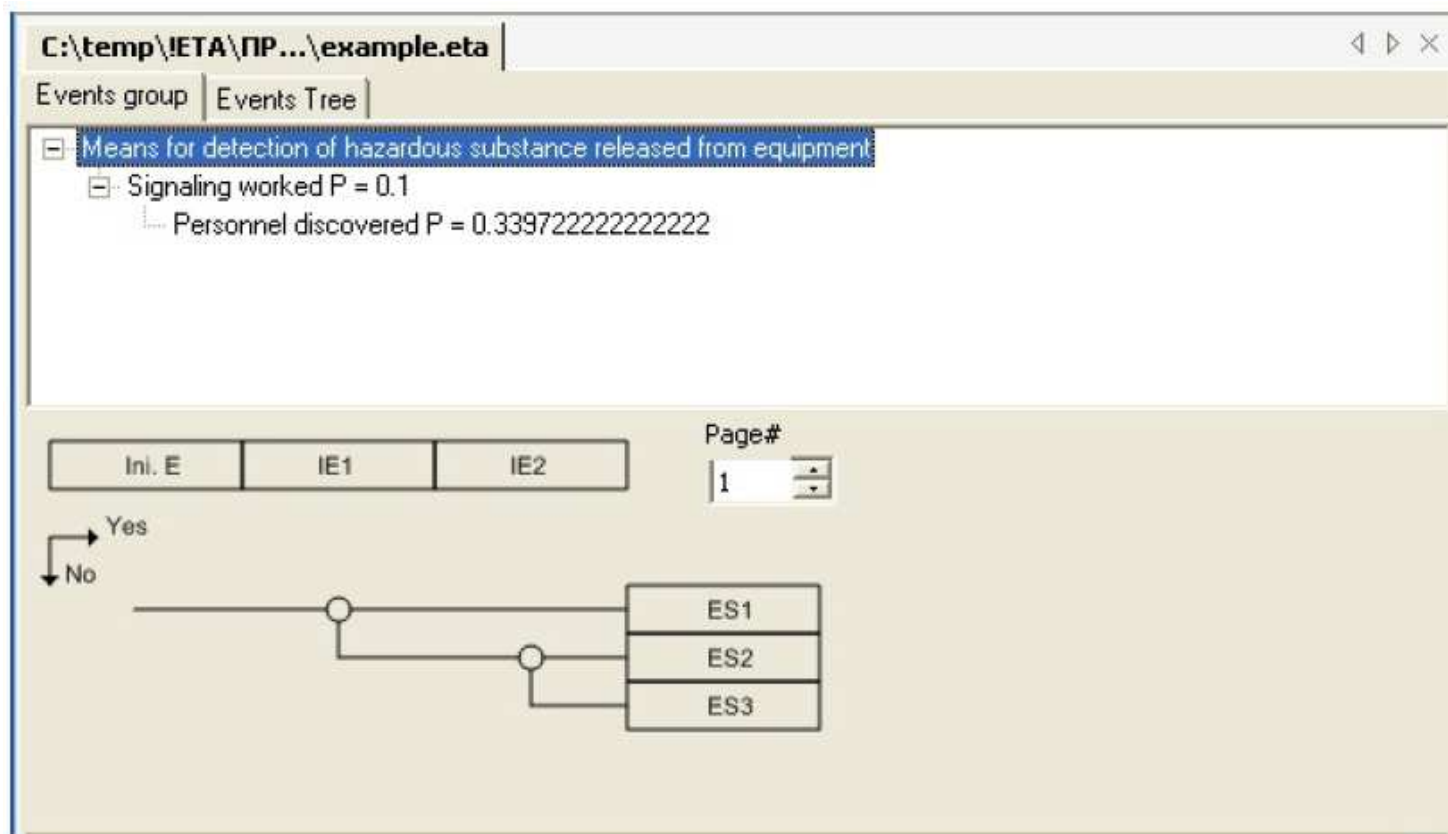
BAZA DANYCH

W skład pakietu wchodzi bazy danych właściwości substancji niebezpiecznych, materiałów palnych, wytrzymałości budynków i obiektów od działania fali nadciśnienia i inne.

Struktura pakietu oraz konstrukcja plików i baz danych umożliwia w stopniu nieograniczonym rozbudowę modeli obliczeniowych i narzędzi obróbki informacji bez wpływu na podstawowe własności programu

DRZEWO ZDARZEŃ

Wykorzystanie „drzewa zdarzeń” pozwala na przeprowadzenie analizy efektywności zastosowanych środków ochrony, ocenę skali rozwoju różnych scenariuszy awaryjnych oraz określenie ich prawdopodobieństwa



RIZEX-2 UMOŻLIWIA MODELOWANIE FIZYCZNYCH PROCESÓW AWARII

prob.rfx - Accidents

File Calculation Service Risk Help

Substance: combustible, toxic(products of combustion non-toxic)

☒ Instantaneous release
☒ Discharge
☒ Evaporation
☒ Spillage of combustible liquid

Threat
☒ Fire ball
☒ Pool fire
☒ Explosion
☒ Exhaust
☒ HS poisoning

Parameters Substance

Mass of release, kg: 1000.0

Mass of gas phase in equipment, kg: 1000.0

Average release gas flow, kg/s: 1.00

Gas discharge duration, s: 300

Spilled liquid mass, kg: 1000.0

Average evaporation intensity from pool area, kg/s: 10.00

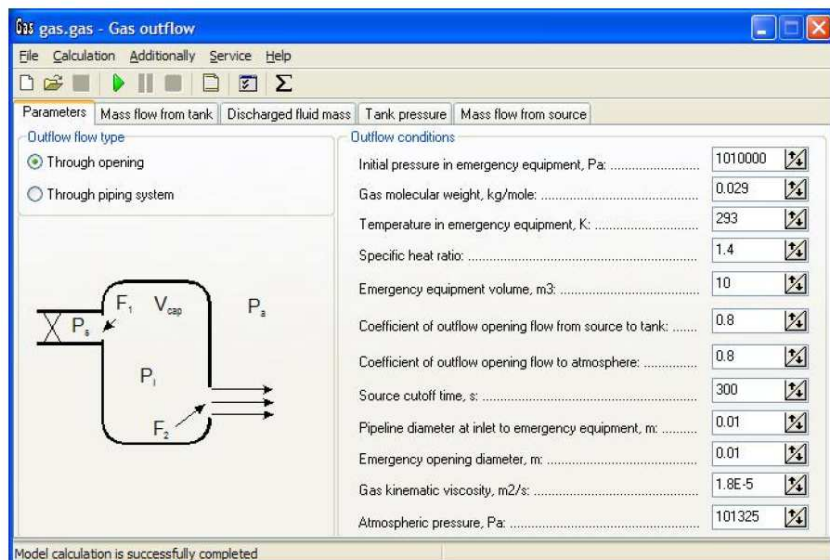
Spillage existence duration, s: 300

Pool area, m2: 100

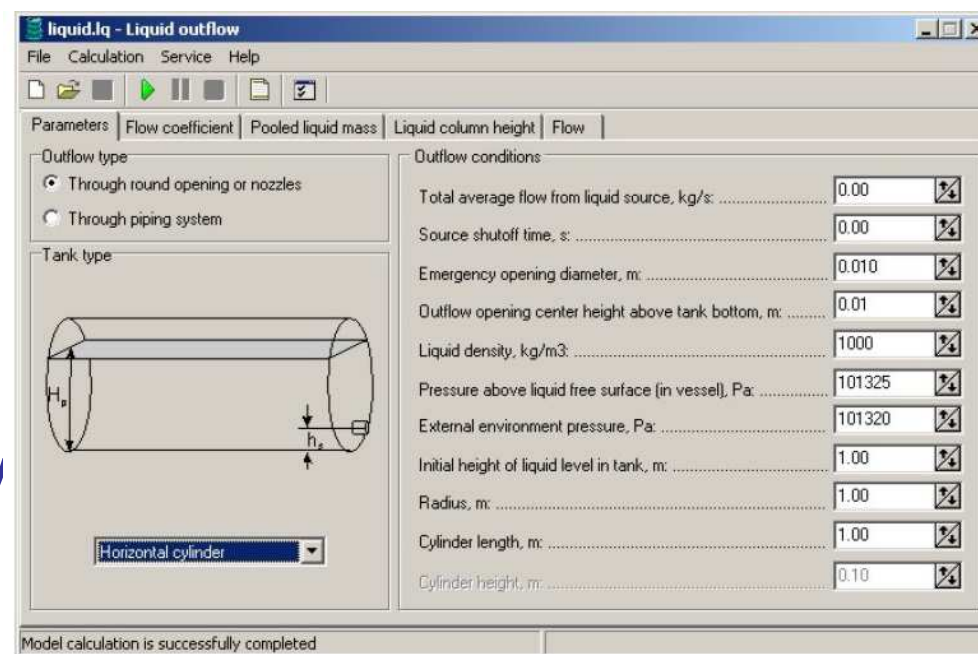
Model calculation is successfully completed Modified

MODELE UWOLNIENIA CIECZY I GAZU

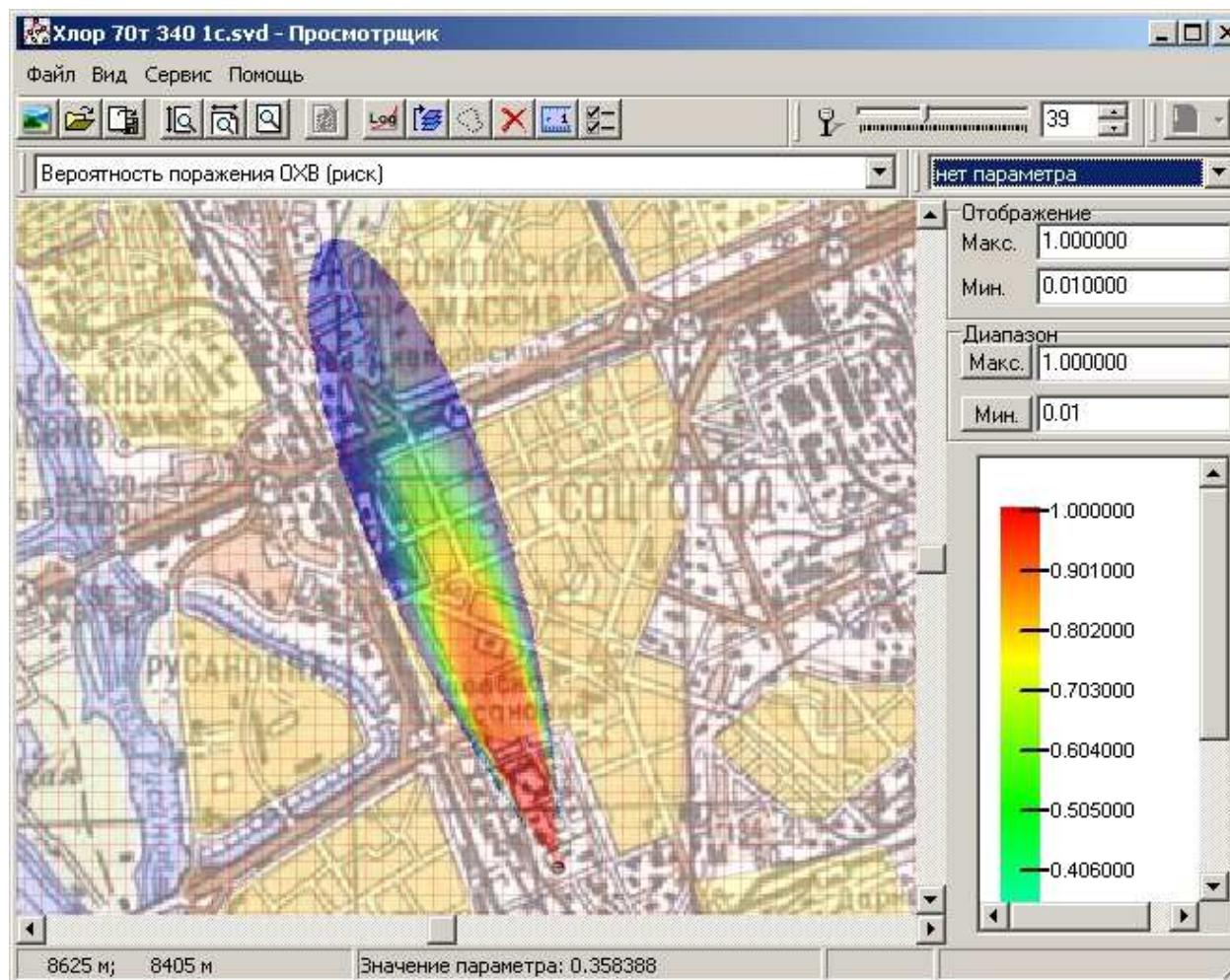
Wyciek gazu



Wyciek cieczy



MODELE DYSPERSJI GAZU W ATMOSFERZE



... oraz graficzną prezentację rezultatów obliczeń

MODELE PAROWANIA CIECZY

Parowanie mieszaniny cieczy przegrzanych

peregrev.vap - Evaporation

File Calculation Service Help

Parameters

Evaporation model

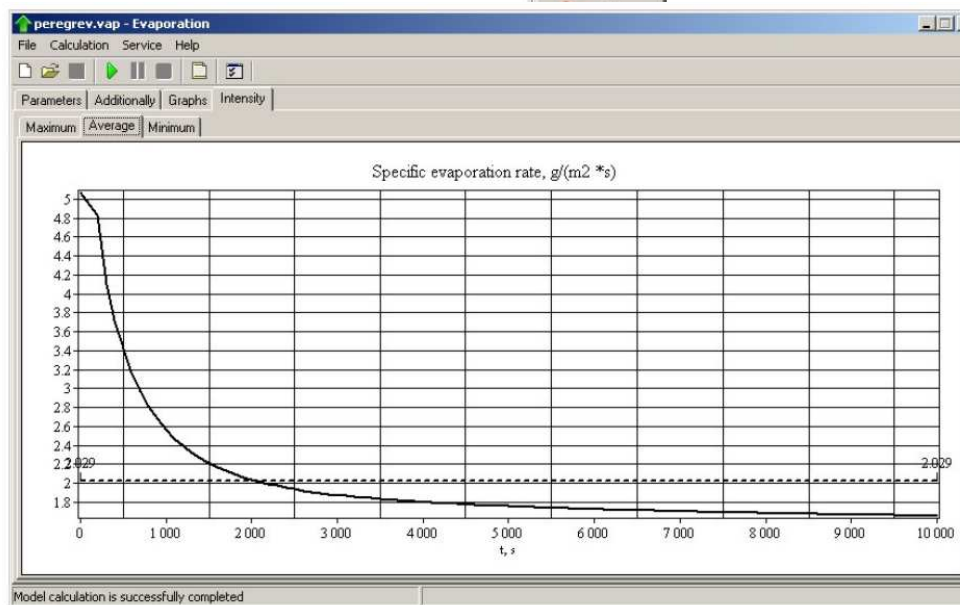
Formation of multicomponent overheated liquid vapor

Liquid parameters

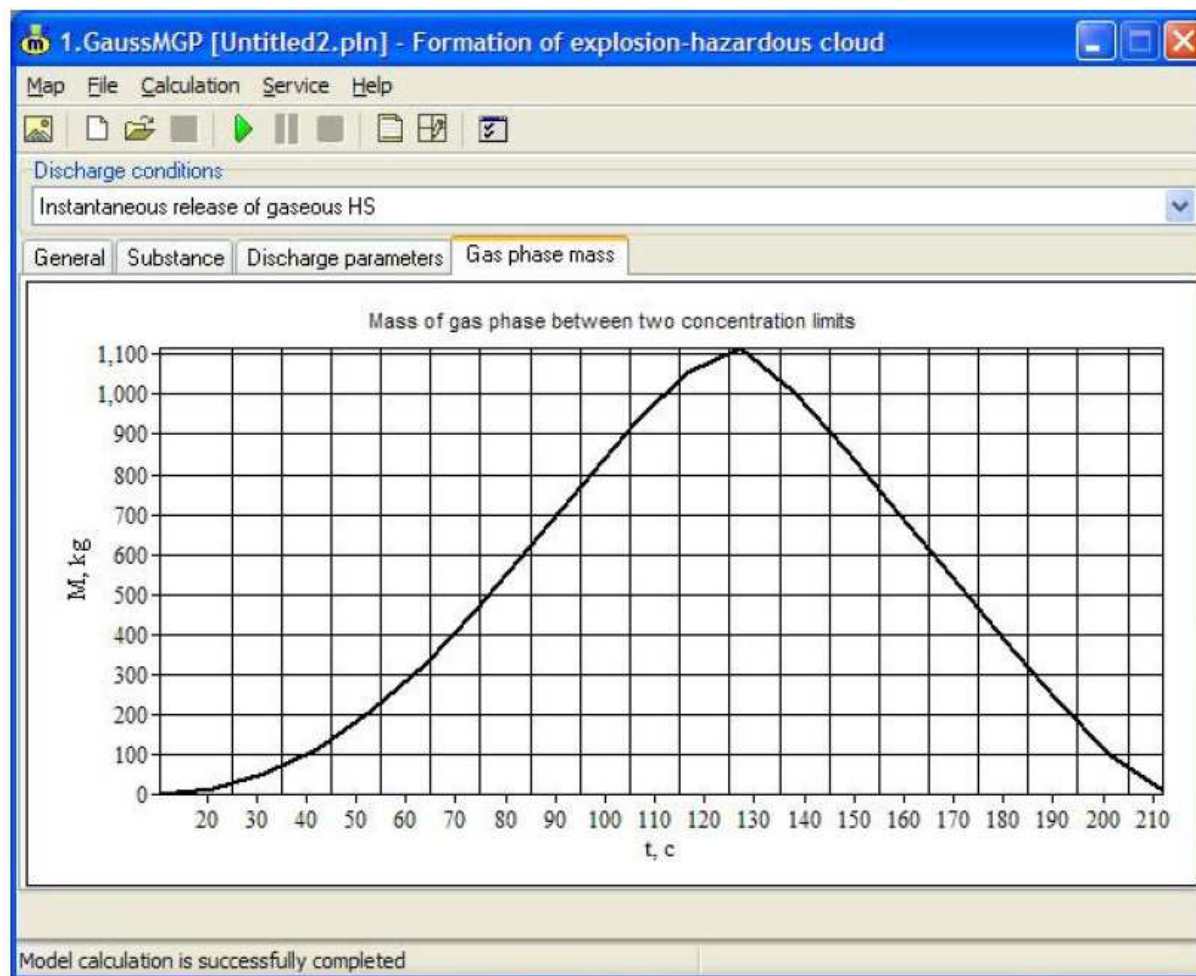
Overheated liquid temperature (°C) 37 Mixture boiling point (°C) = -22.00

No	Name	Mass composition, kg	Molecular weight, kg/mole	Tboiling, °C	Heat capacity, kJ/(kg*deg)	Heat of evaporation, kJ/kg	Vapor mass, kg	Component
1	Propane	100	0.042	-42	2.15000009536743	427	32.469	+ Add
2	Butane	100	0.058	-0.5	1.5	386.559997558594	13.213	- Delete

Parowanie cieczy z uwzględnieniem prędkości w czasie

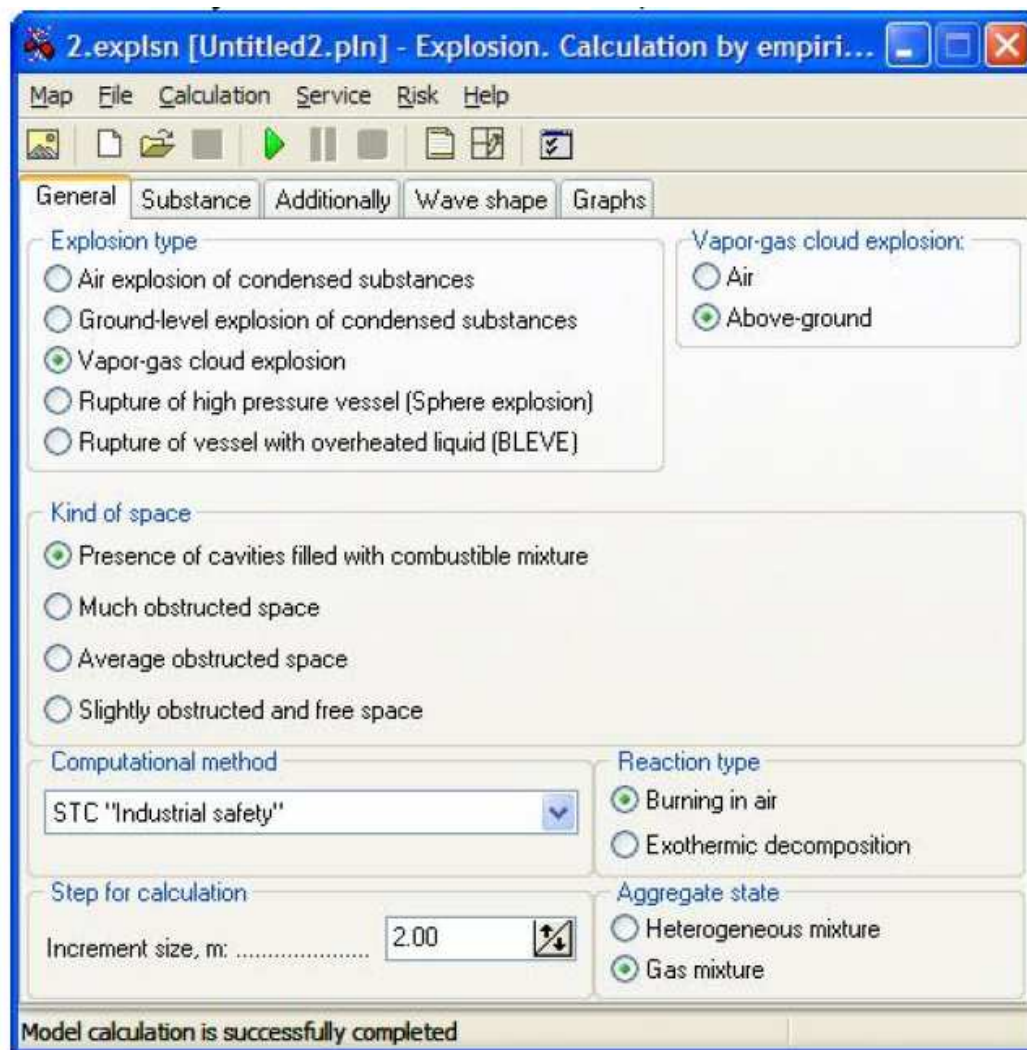


TWORZENIE ATMOSFER WYBUCHOWYCH



Określenie masy
substancji palnej
między górną i dolną
granicą wybuchowości

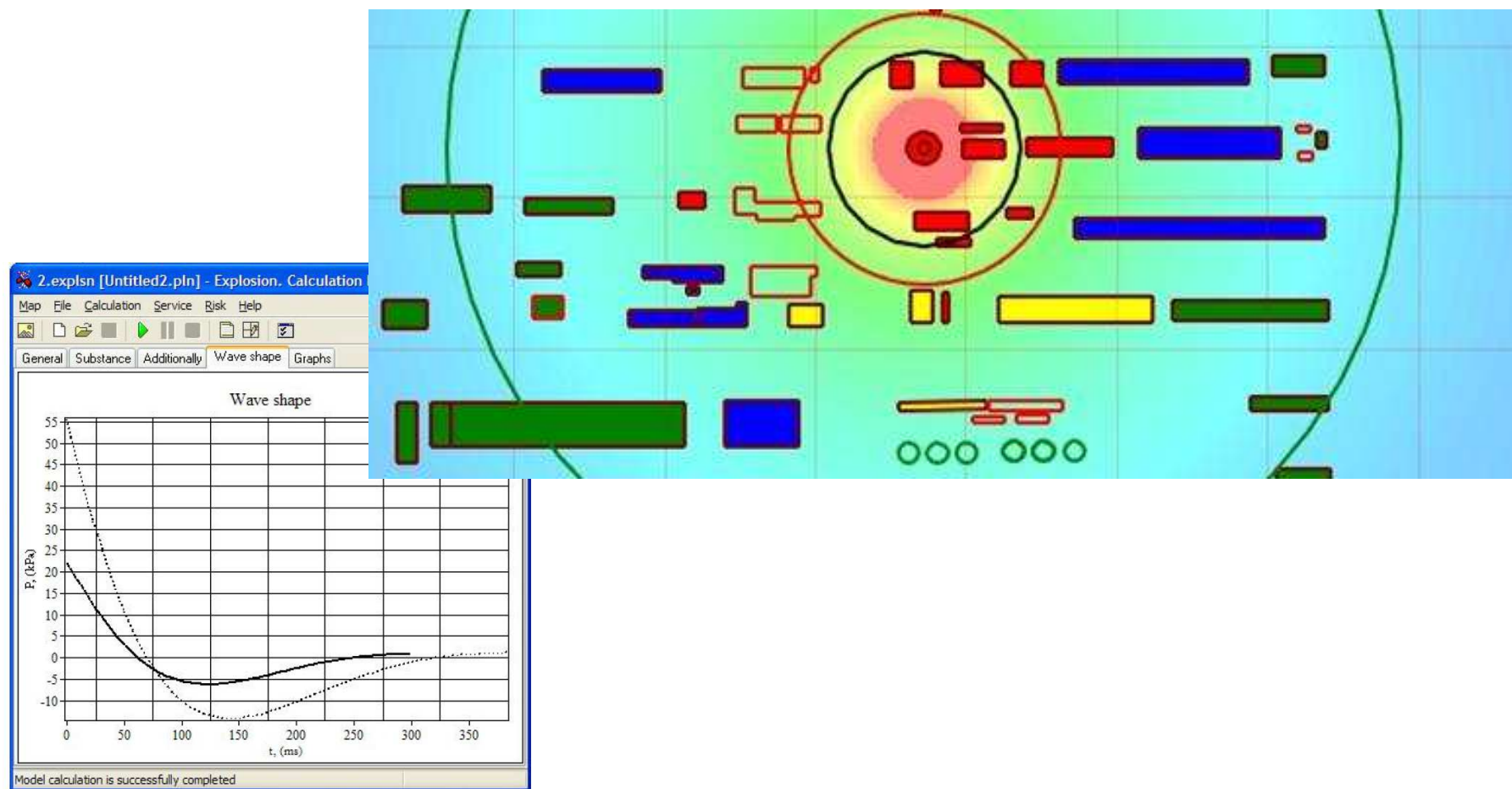
MODELE OBLICZENIOWE WYBUCHÓW



Modelowanie różnych
typów wybuchów,
określanie rozkładu
i wielkości nadciśnienia
w przestrzeni oraz
szacowanie
prawdopodobieństwa
obrażeń ludzi i stopnia
zniszczenia obiektów

MODELE OBLICZENIOWE WYBUCHÓW

Graficzna wizualizacja wyników obliczeń wybuchów....



MODELE OBLICZENIOWE WYBUCHÓW ... i raport tekstowy w formacie html

Explosion. Calculation by empirical relationships - Microsoft Internet Explorer

File Edit View Favorites Tools Help

Back Forward Stop Reload Home Search Favorites

Address C:\TempC\Untitled2\Explosion. Calculation by empirical relationships\2\2.html Go Links

Combustion heat of substance, MJ/kg: 120.80
Heat of explosive transition of substance, MJ/kg: 1.00
Mass of released substance, kg: 200.00
Sensitivity class: 1
Concentration of stoichiometric mixture, kg/m³: 0.0589000

Explosive yield, kg: 10690.27

Explosive transition rate, m/s: 1000.00

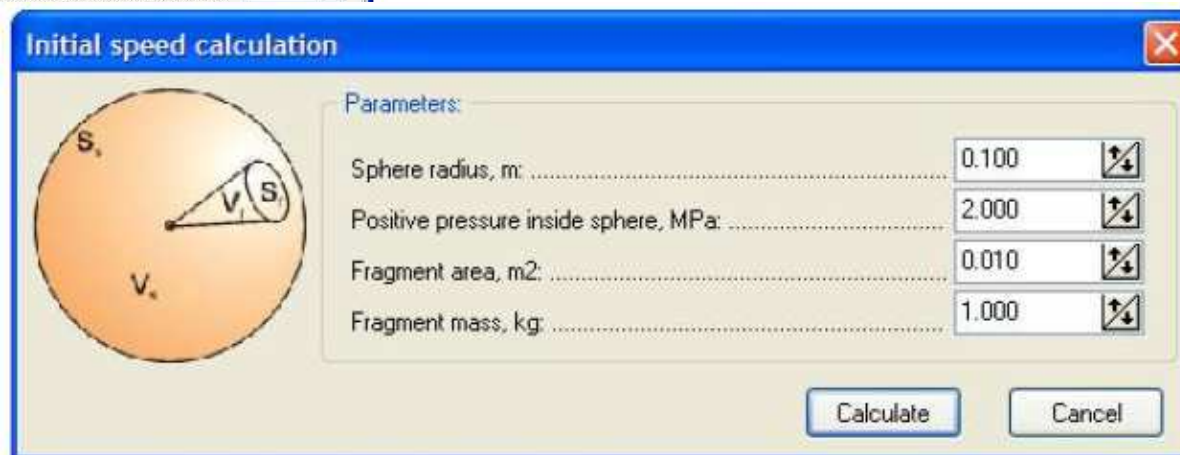
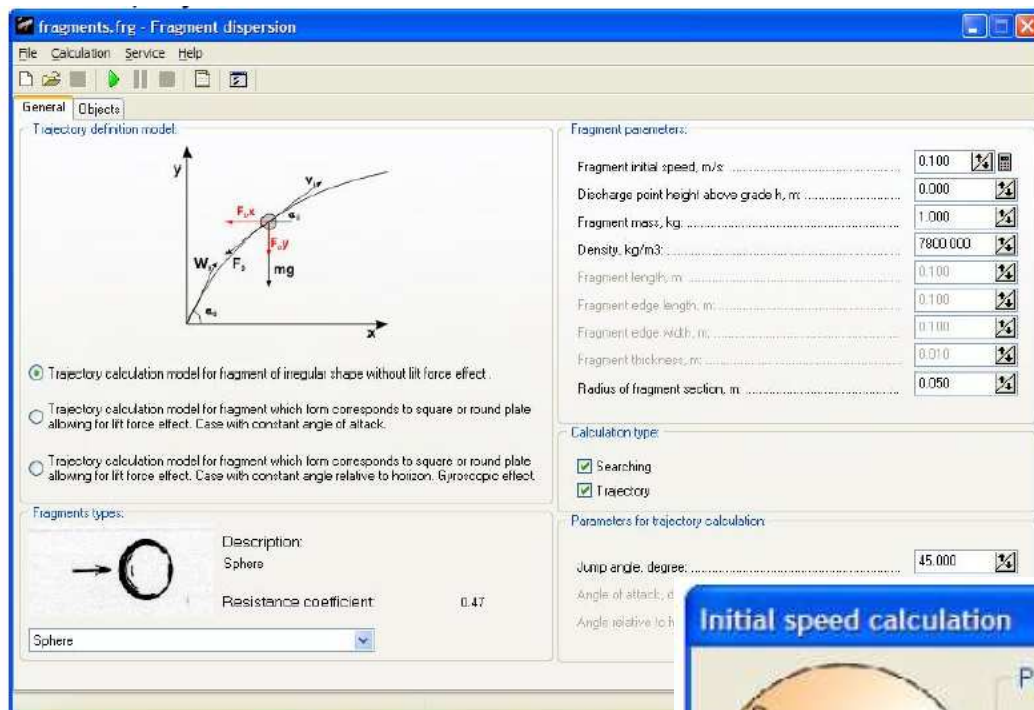
Plant facilities damage table

Identification number	Type of construction	Destruction level	Distance to epicenter, m	Front gauge pressure, kPa	Compression phase impulse, kPa*s	Number of people	Possible destruction damage,	Number of injured persons:		
								lethal	severely	lightly
1	5	light	107.1	19.98	0.57	1	204.60	2.000e-1	0.000e+0	0.000e+0

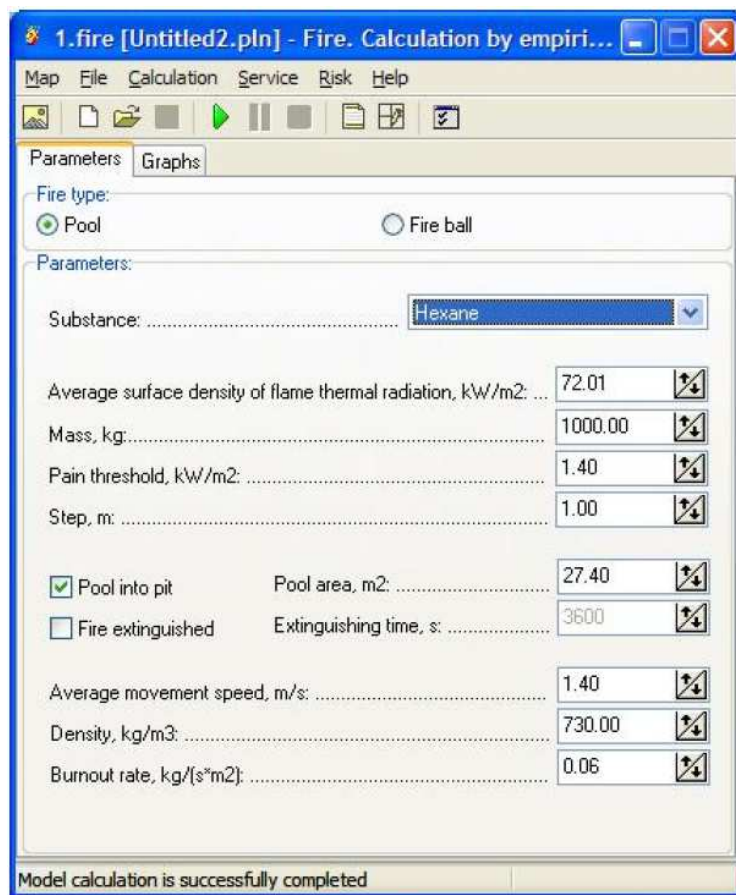
Done My Computer

MODELE OBLICZENIOWE ODŁAMKOWANIA

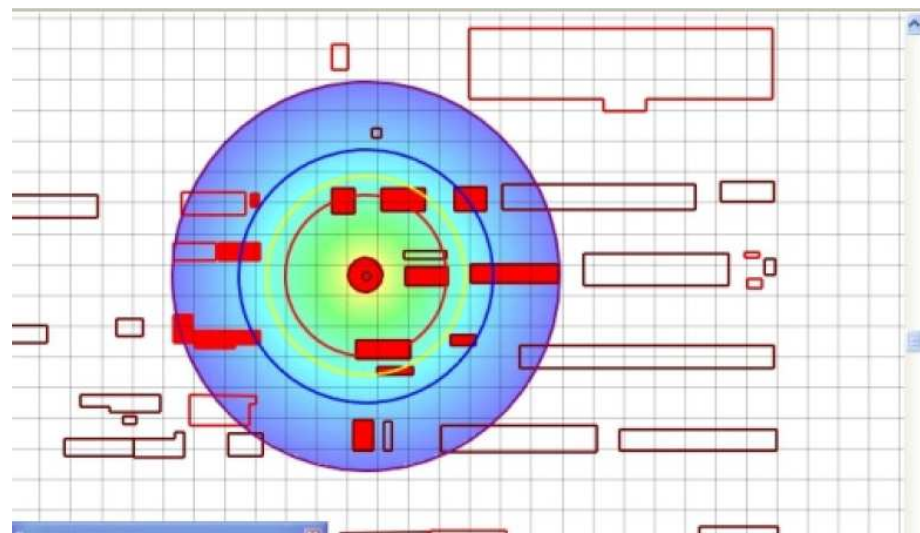
Określenie parametrów
odłamkowania podczas wybuchu,
strefy niebezpiecznej dla ludzi
i prawdopodobieństwa uderzenia
odłamków w obiekty



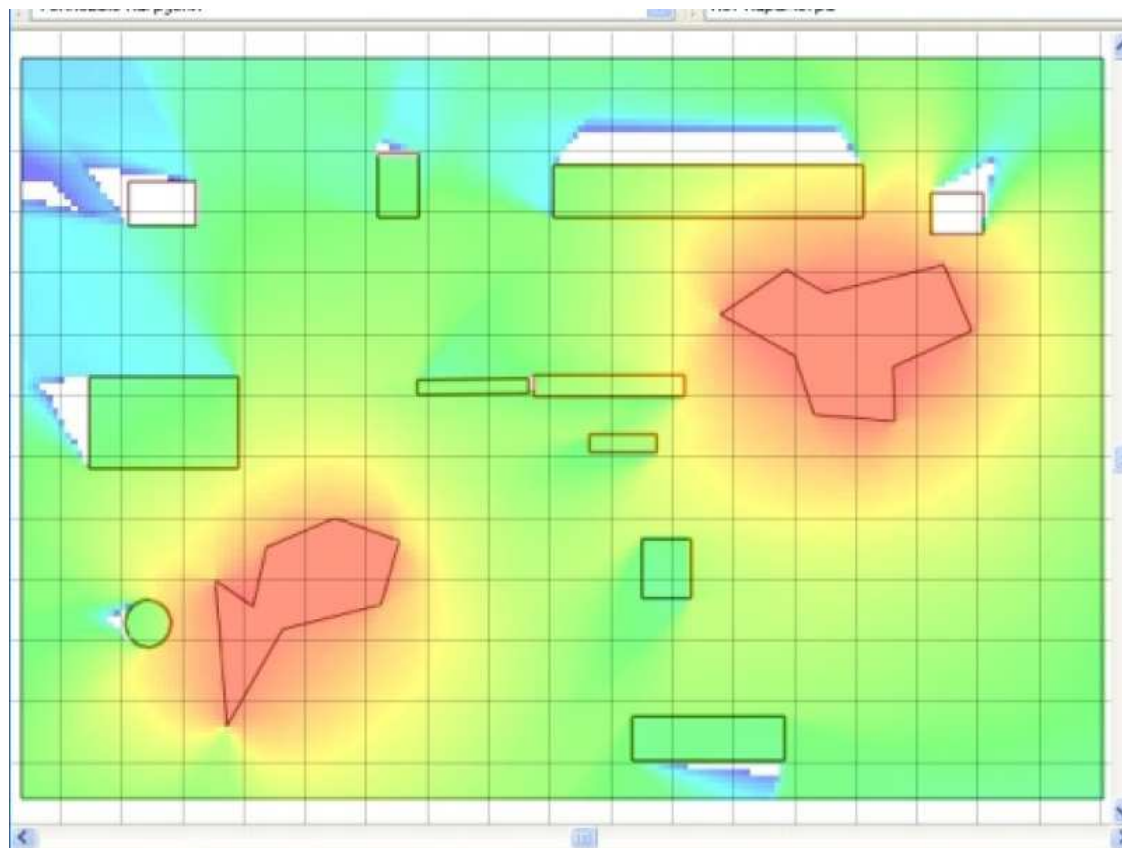
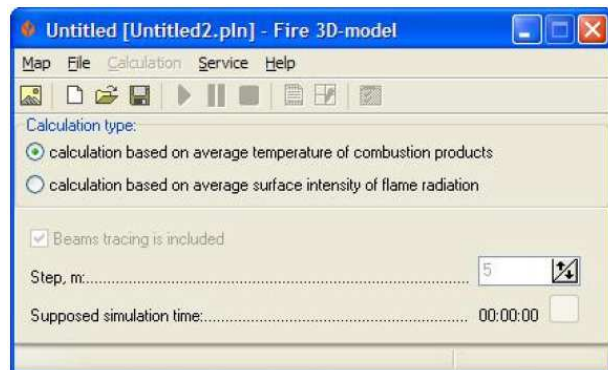
MODELE OBLICZENIOWE POŻARU



Program modeluje skutki pożarów na podstawie modeli empirycznych, określa możliwość wystąpienia obrażeń u ludzi (różne stopnie poparzeń) oraz zdolność zapalenia się materiałów palnych pod wpływem promieniowania ciepłego

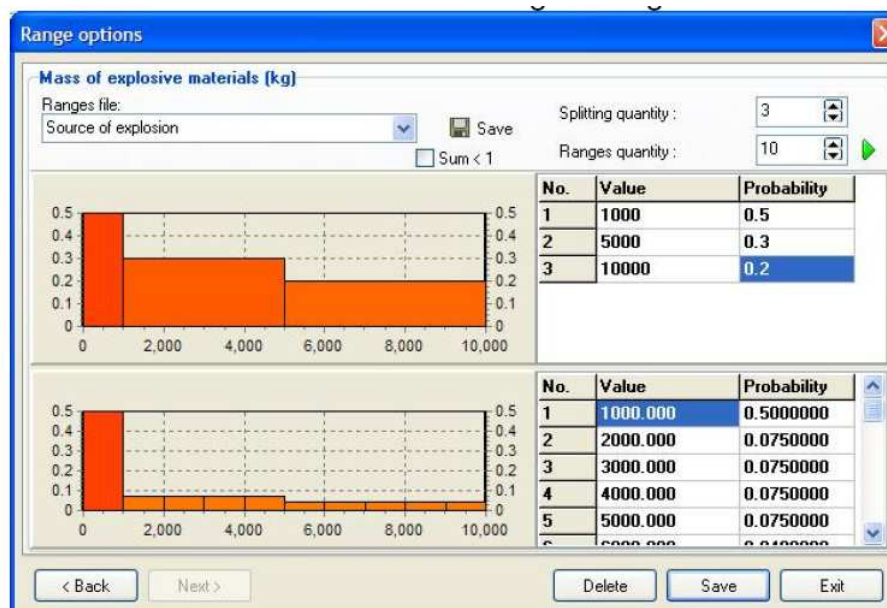
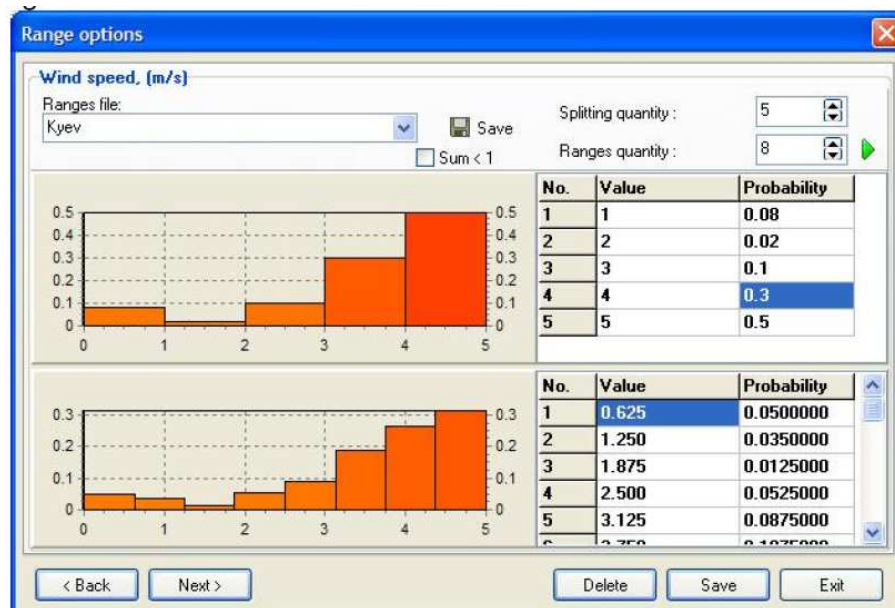


MODELE OBLICZENIOWE POŻARU



Program oblicza obciążenia cieplne i gęstość strumieni cieplnych od pożarów. Jednocześnie uwzględnia „efekt cienia” od budynków i szacuje prawdopodobne stopnie poparzeń ludzi na drogach ewakuacyjnych.

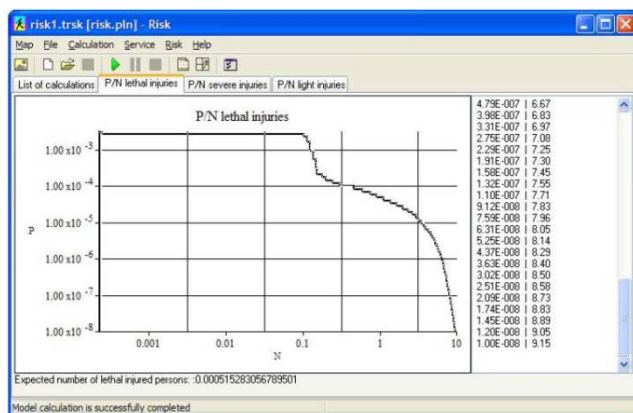
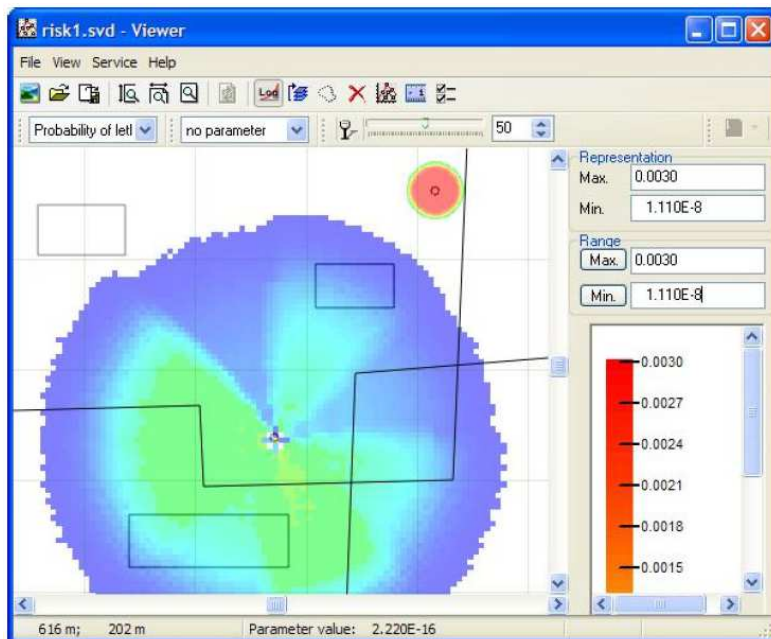
KONTURY RYZYKA



Wprowadzenie danych dotyczących róży wiatrów
i prawdopodobieństwa realizacji różnych
scenariuszy powstania i rozwinięcia awarii
pozwala określać kontury ryzyka

OCENA RYZYKA

RIZEX-2 pozwala na wizualizację graficzną i tekstową obliczeń ryzyka terytorialnego, indywidualnego, określenia możliwej liczby osób poszkodowanych, tworzenia krzywych P/N ...

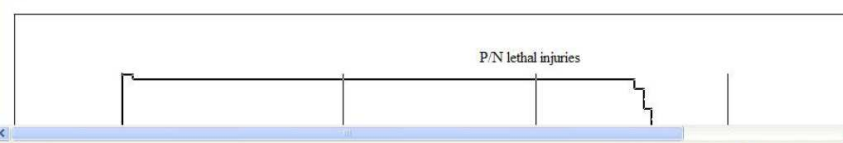


Individual risk investigation report

Injury table

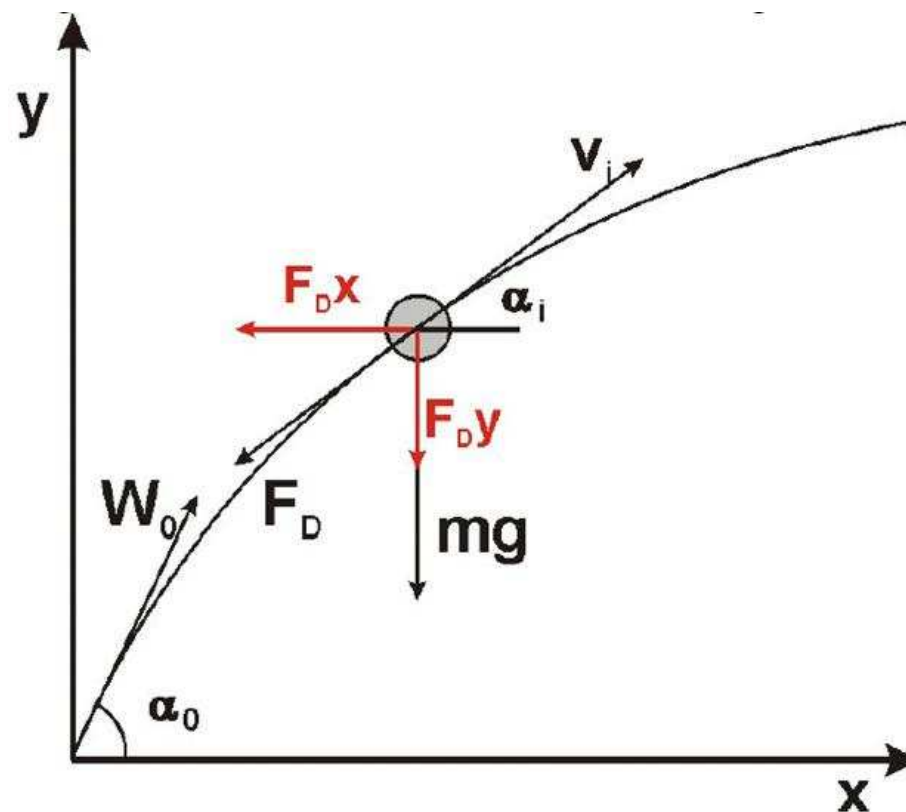
Region identification number	Region name	Population density, people/km	Lethal injuries		Severe injuries		Light injuries	
			Individual risk	Expected number of injured persons	Individual risk	Expected number of injured persons	Individual risk	Expected number of injured persons
r2	reg2	1.530e+2	1.865e-6	2.798e-5	5.020e-5	7.530e-4	5.409e-5	8.114e-4
r1	reg1	7.893e+1	4.694e-5	4.694e-4	2.256e-4	2.256e-3	4.282e-4	4.282e-3

Expected number of lethal injured persons: 5.153e-4
 Expected number of severely injured persons: 3.530e-3
 Expected number of lightly injured persons: 5.118e-3



Odłamki powstałe na skutek wybuchu i rozerwania zbiornika pracującego pod wysokim ciśnieniem podlegają działaniu:

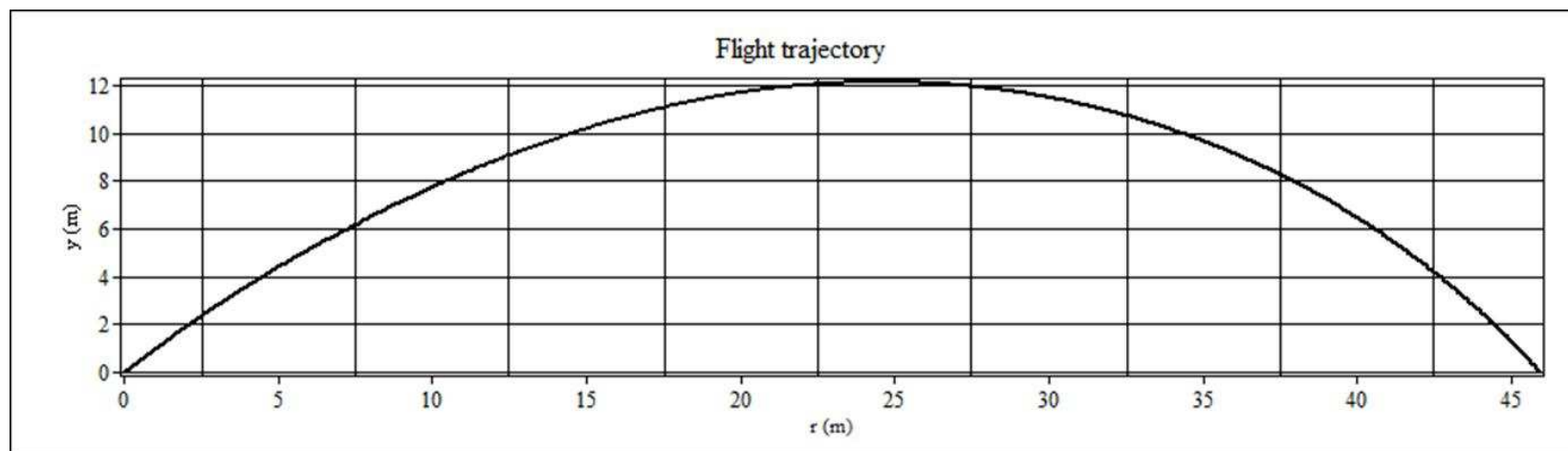
- impulsu od ciśnienia wewnętrznego zbiornika w momencie rozerwania,
- siłom grawitacji,
- siłom aerodynamicznym.



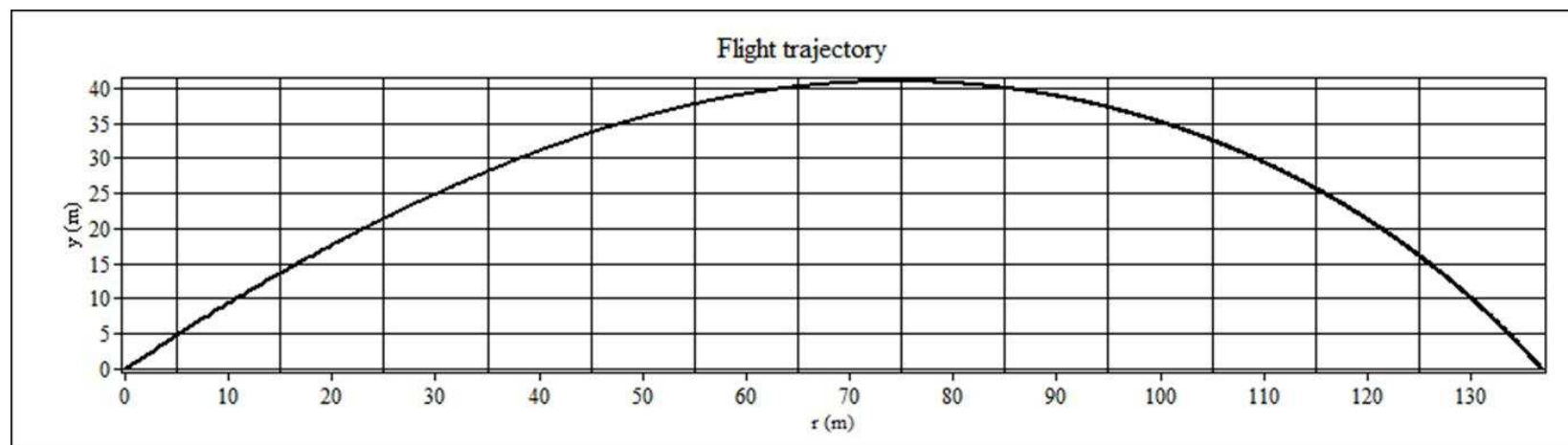
Do obliczeń numerycznych przyjęto ciśnienie rozerwania zbiornika o poj. 30 m³ równe 8 MPa. Obliczenia przeprowadzono dla 3 fragmentów zbiornika:

- 1 płaski fragment o średnicy 1 m,
- 1 płaski fragment płaszcza zbiornika o powierzchni 4 m²,
- 1 nieregularny fragment o masie 40 kg,
- początkowy kąt wyrzutu fragmentów: 45°,
- początkowe położenie nad powierzchnią gruntu 0 m,
- stały kąt natarcia podczas lotu względem powietrza 50°.

Przykład obliczeniowy

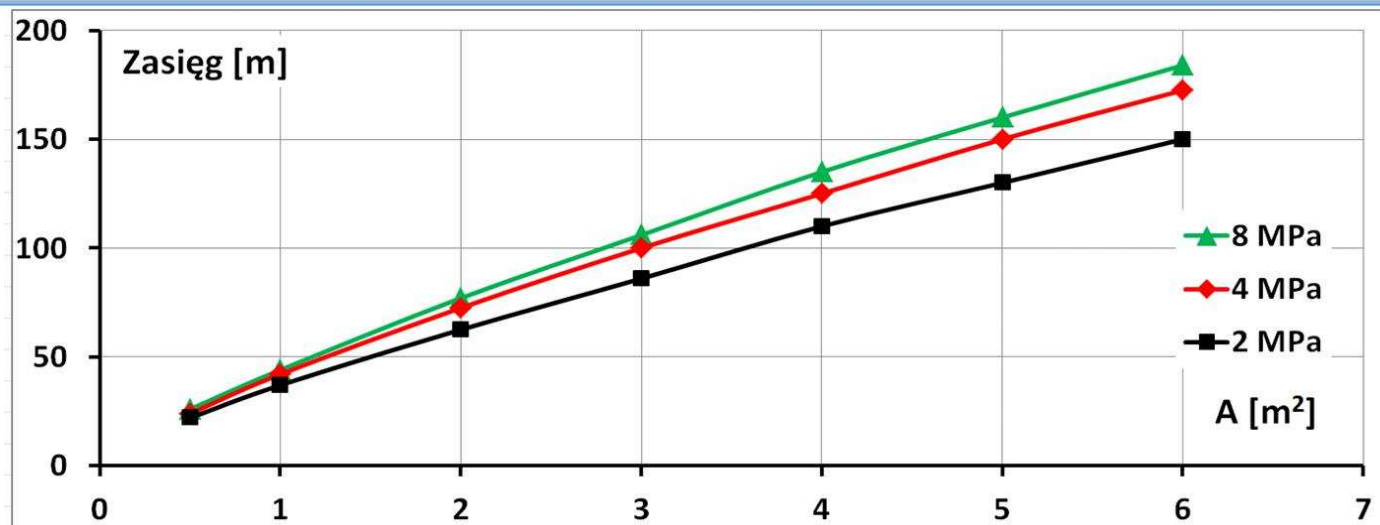


Trajektoria lotu fragmentu o średnicy 1 m – zasięg rażenia 46 m.

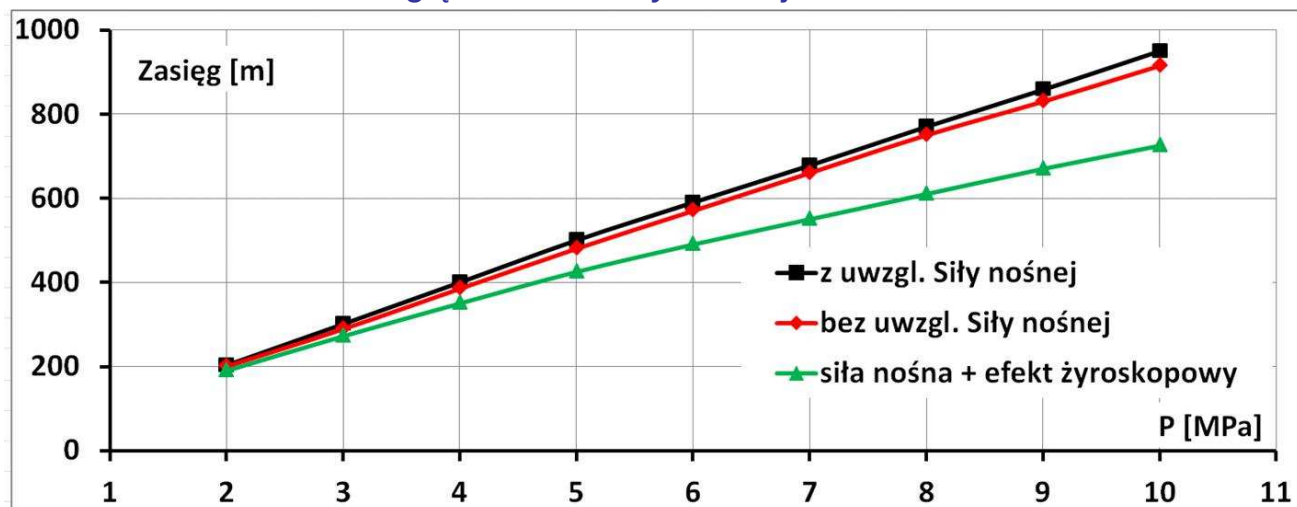


Trajektoria lotu fragmentu o powierzchni 4 m² – zasięg rażenia 138 m.

Przykład obliczeniowy



Wpływ ciśnienia rozerwania zbiornika i powierzchni fragmentu na zasięg odłamkowania, z uwzględnieniem siły nośnej i efektu wirowania.



Wpływ uwzględnianych efektów na zasięg rażenia nieregularnego fragmentu o masie 40 kg.



Modelowanie skutków awarii przemysłowych w programie **RIZEX-2**

Rafał POROWSKI, Piotr LESIAK, Martyna STRZYŻEWSKA, Wojciech RUDY

Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości
CNBOP-PIB

rporowski@cnbop.pl

