

---

# DISSOLVER

THE SOFTWARE PACKAGE AS A  
PRACTICAL AID ENHANCING  
THE SAFETY OF BRIGADES MEN  
IN OPERATION

*Zdenek Pavelek, 2007*



---

# History

**1897**

The Mine Rescue District Executive in Vienna issued the special Regulation No. 692/1897 "aimed at protection of persons and property in the event of explosion of explosive gases of coal dust".

**1947**

The Central Mine Rescue Service (HBZS – ÚBZS) as a three-level organization was established (in 1961, the name changed to the District Mine Rescue Service (OBZS – ZBZS)).

**1957**

Professional mine rescue brigades were established, at first the Central Mine Rescue Service in Ostrava, later the Central Mine Rescue Service in Most and later for uranium mines.

**1988**

For the first time in the history, the Mine Law sets out the requirement for establishing mine rescue services and their major tasks.

**2002**

The mine rescue service has become one of mining activities defined in the Mine Law.

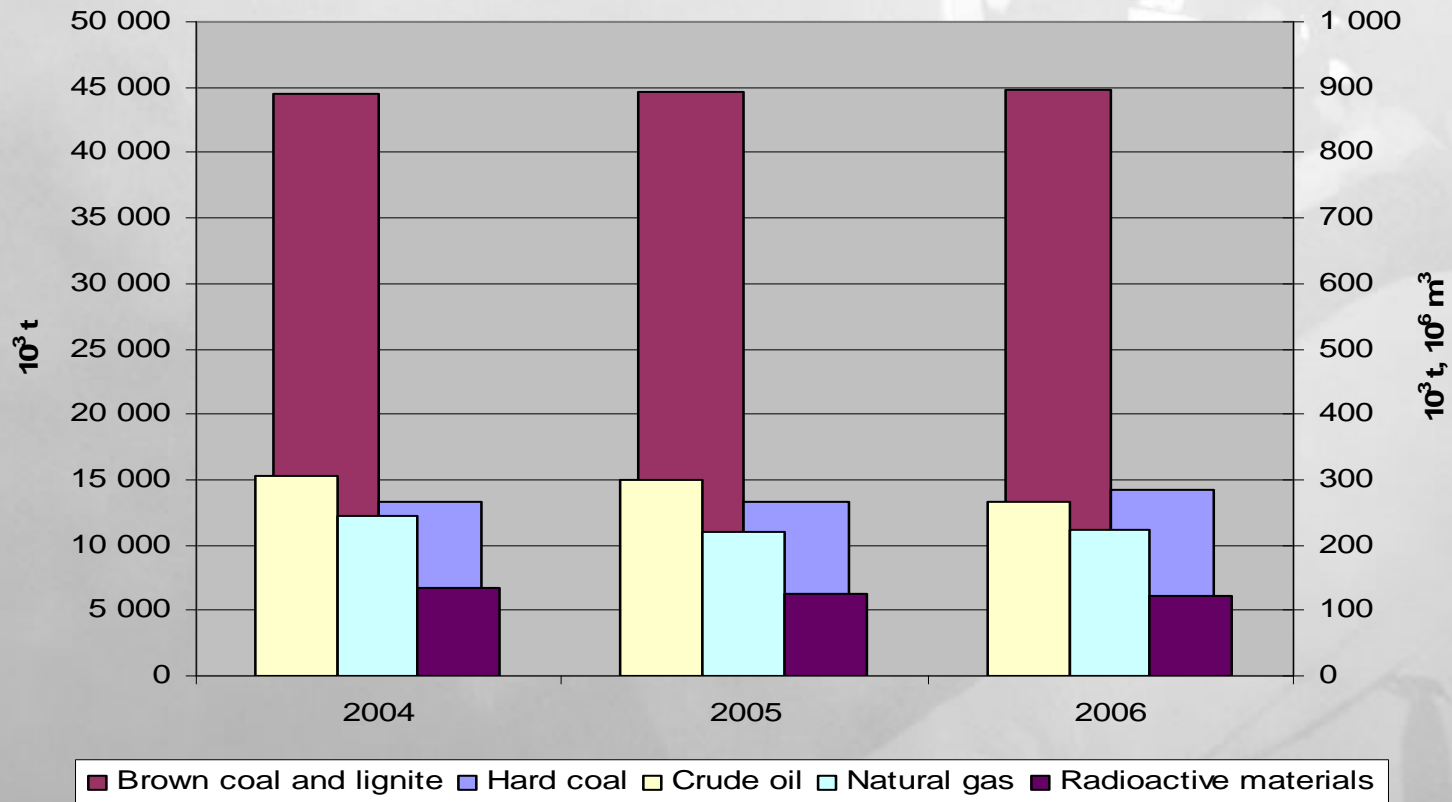




# Central mine rescue services



# Total extraction in Czech Republic



---

# Number of members of M.R.S

HBZS Ostrava	HBZS Most	HBZS Hodonín	HBZS Prague
80	72	33	31
1049	200	56	46

- Number of members of M.R.S as at December 31, 2006
- The data above relate to the central M.R.S.
- The data below are extended to their geographical areas, incl. M.R.S



# Summary of interventions of the Mine Rescue Service Ostrava in Ostrava in 2006

		Endogenous fires	Exogenous fires	Roof falls and rockbursts	Outbursts and exhalation of gases	Paramedical interventions	Other
2004	In mines	5		2	1	233	3
	On surface					50	
2005	In mines	1	2	2		239	2
	On surface					63	
2006	In mines	2	3	3		155	1
	On surface					138	



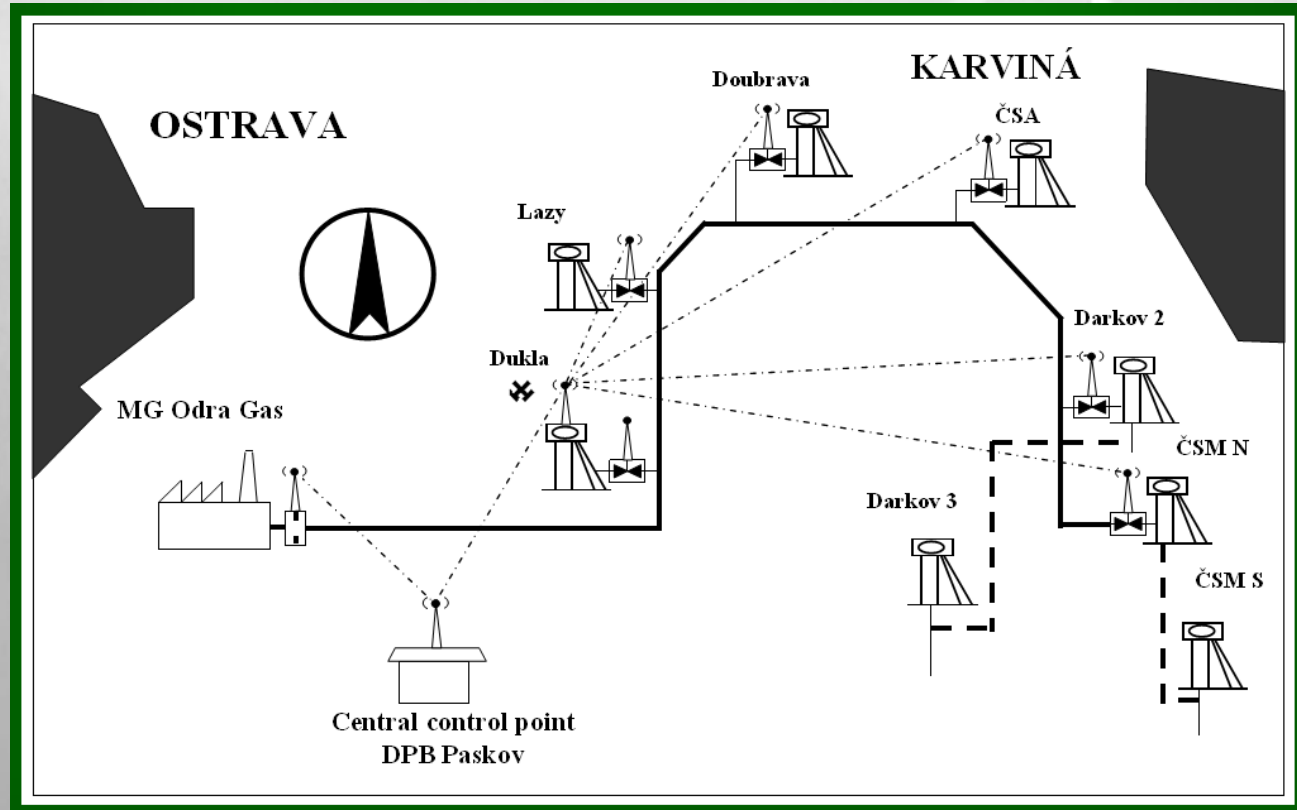
---

# Central nitrogen plant in the Ostrava-Karviná Coalfield

- Gaseous nitrogen – waste product from oxygen production in metallurgy
- Prevention and suppression of endogenous mine fires
- Elimination of formation of explosive methane-air mixtures
- Replaces steam-gas generators
- Total length of piping 30 km
- Operation in preventive mode  $11\,700\text{ m}^3 \cdot \text{hr}^{-1}$
- Operation in emergency mode  $18\,000\text{ m}^3 \cdot \text{hr}^{-1}$



# The central control of flow capacity 2003



---

# Dissolver program package

- Program **EXPLOSION TRIANGLE** solves the explosiveness of mine air at coal extraction underground
- Program **CONSEQUENCES** solves accidents at exploitation of crude oil and natural gas on the surface
- Program **WATER STOPPERS** solves the computation of water stoppers as the method for explosion-proof closure of the scene of fire



---

# Program EXPLOSION TRIANGLE

contains three general branches of solution:

- On-line transmission of composition of fire gases from mine gas laboratory
- Manual keying the composition of fire gases
- ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$  a  $\text{H}_2$ , final computation of  $\text{N}_2$  is automatically carried out)
- Manual keying all explosive components of mine air (fire gases are supplemented with ethane, ethylene, propane, acetylene, isobutene, butane and propylene)



---

# Three modules

can be applied in each of the general branches:

- Analysis of explosion triangle  
(Methodology by A.J. Hughes – W.E. Raubould)
- Thermo-dynamic core of program
- Gas-air mixture inertization



---




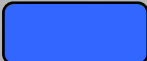
# Analysis of explosion triangle

- Continuous assessment at entering or change of individual gaseous components
- Thermo-dynamic properties and explosiveness limits are calculated for explosive and combustible mixtures
- Colour point specified the chemical composition of mixture of fire gases



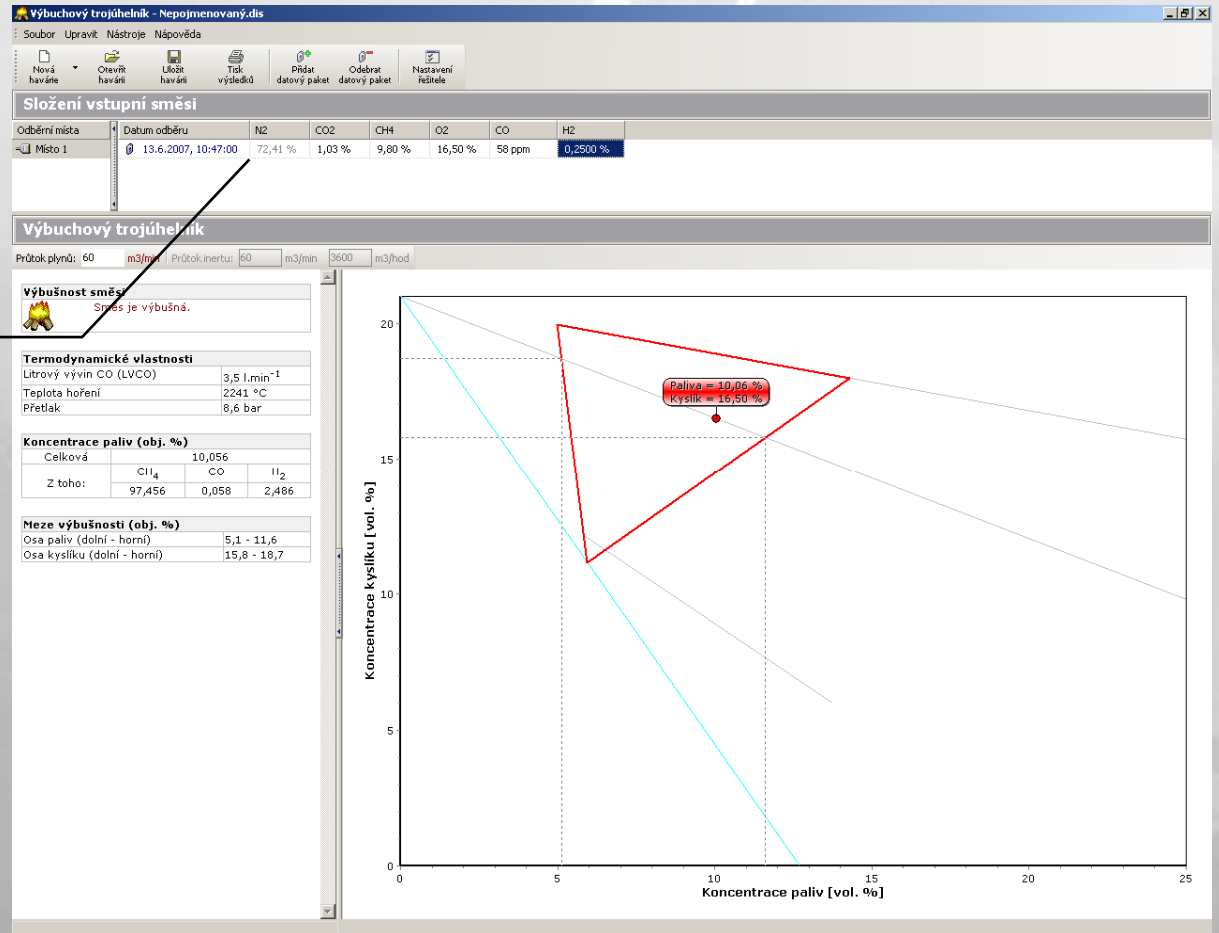
---

# Analysis of explosion triangle

-  Mixture is explosive
-  Mixture is non-explosive, but it can explode when the content of oxygen increases and the content of combustible matter is reduced
-  Mixture is non-explosive, but it can explode when the content of oxygen is reduced and the content of combustible matter is increased
-  Mixture is inertized



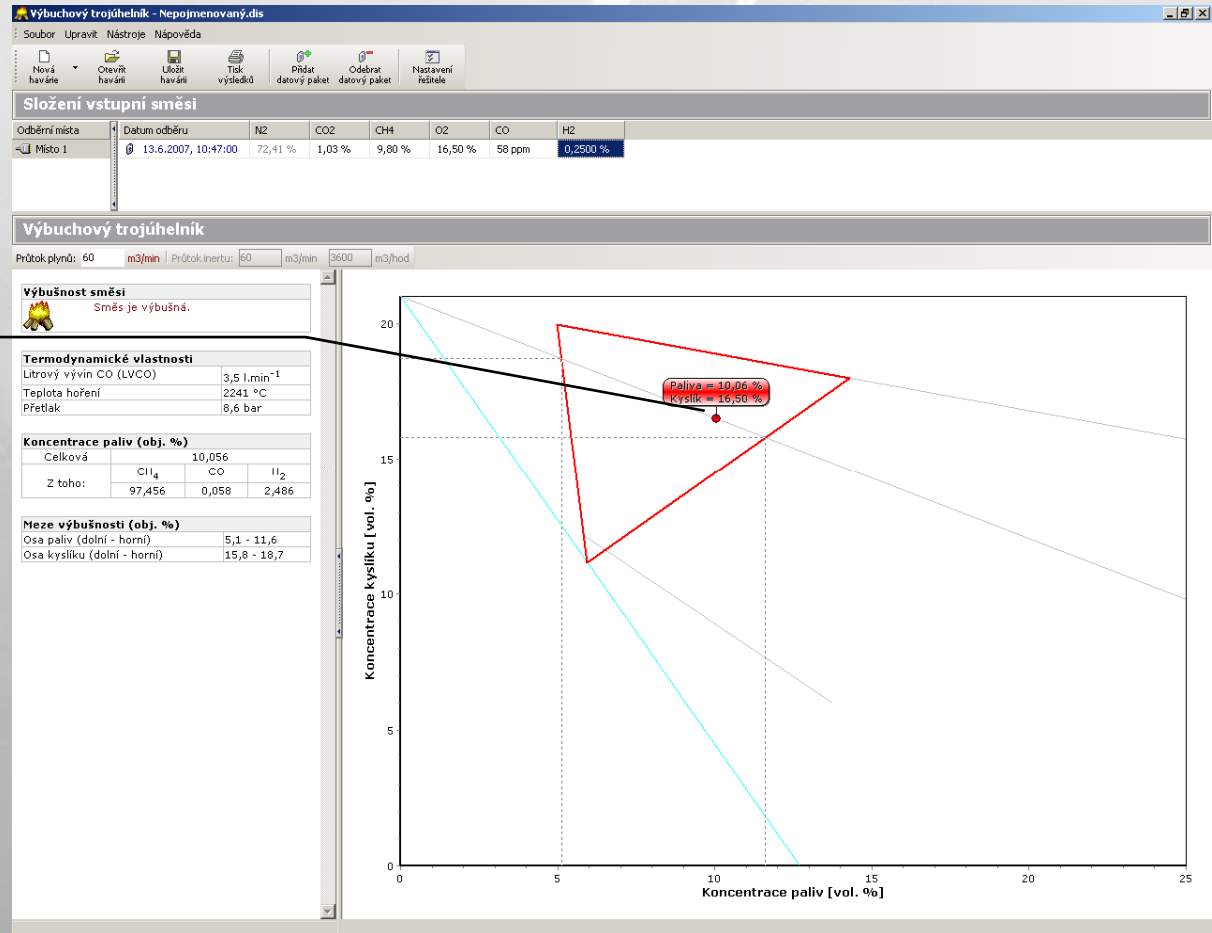
# Basic screen of program



Keyed composition of gas mixture



# Basic screen of program

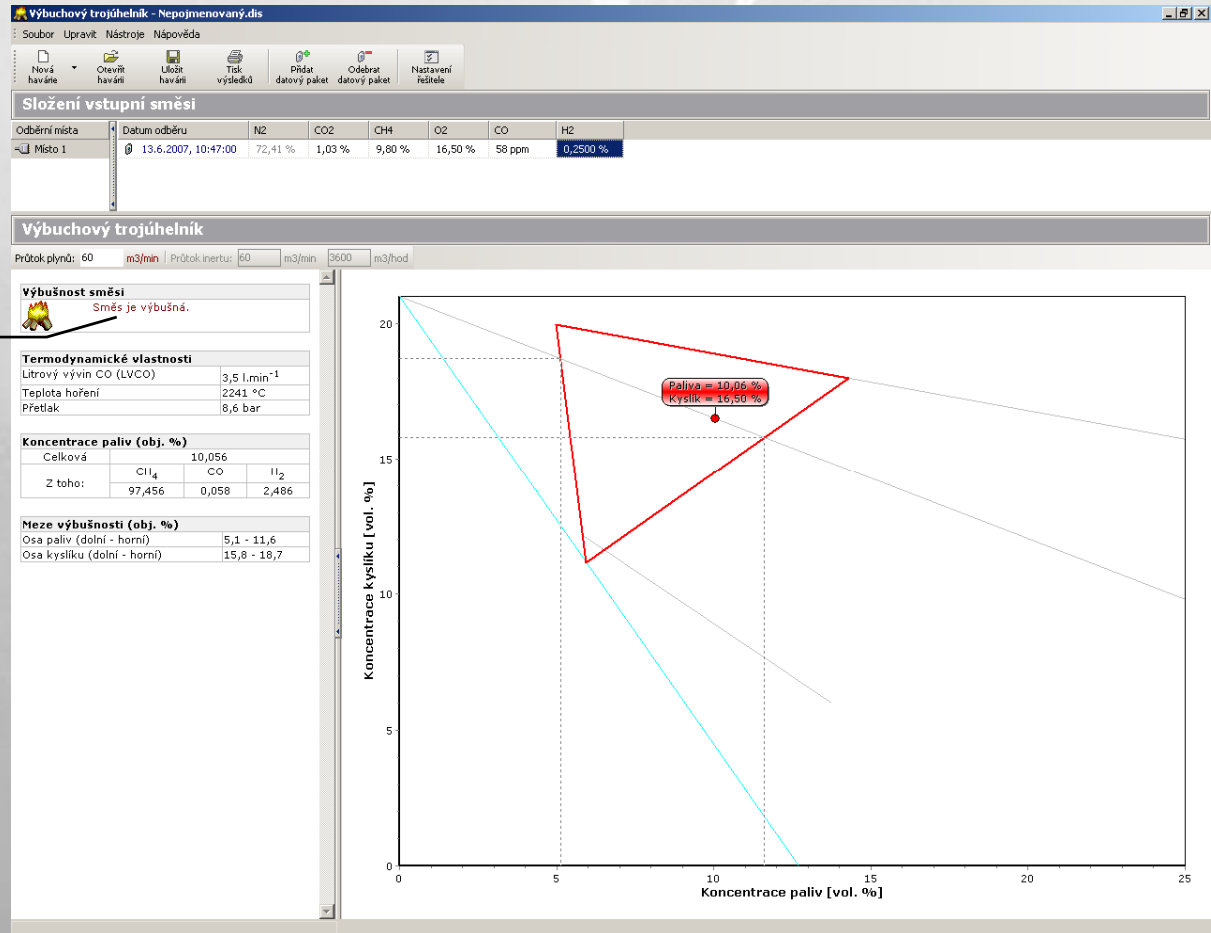


Point showing compos. of gas mixtures



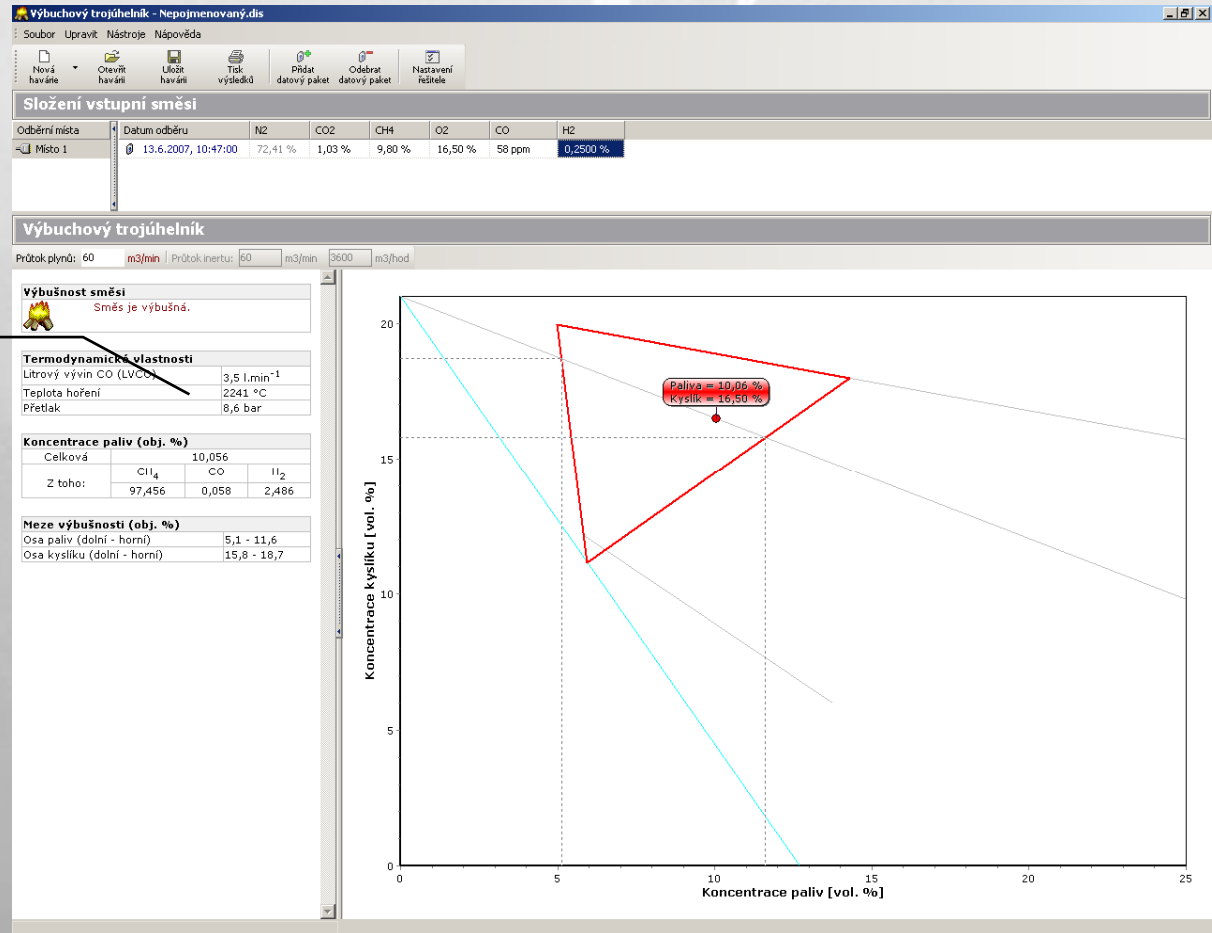
# Basic screen of program

Descr. of mixture explosiveness



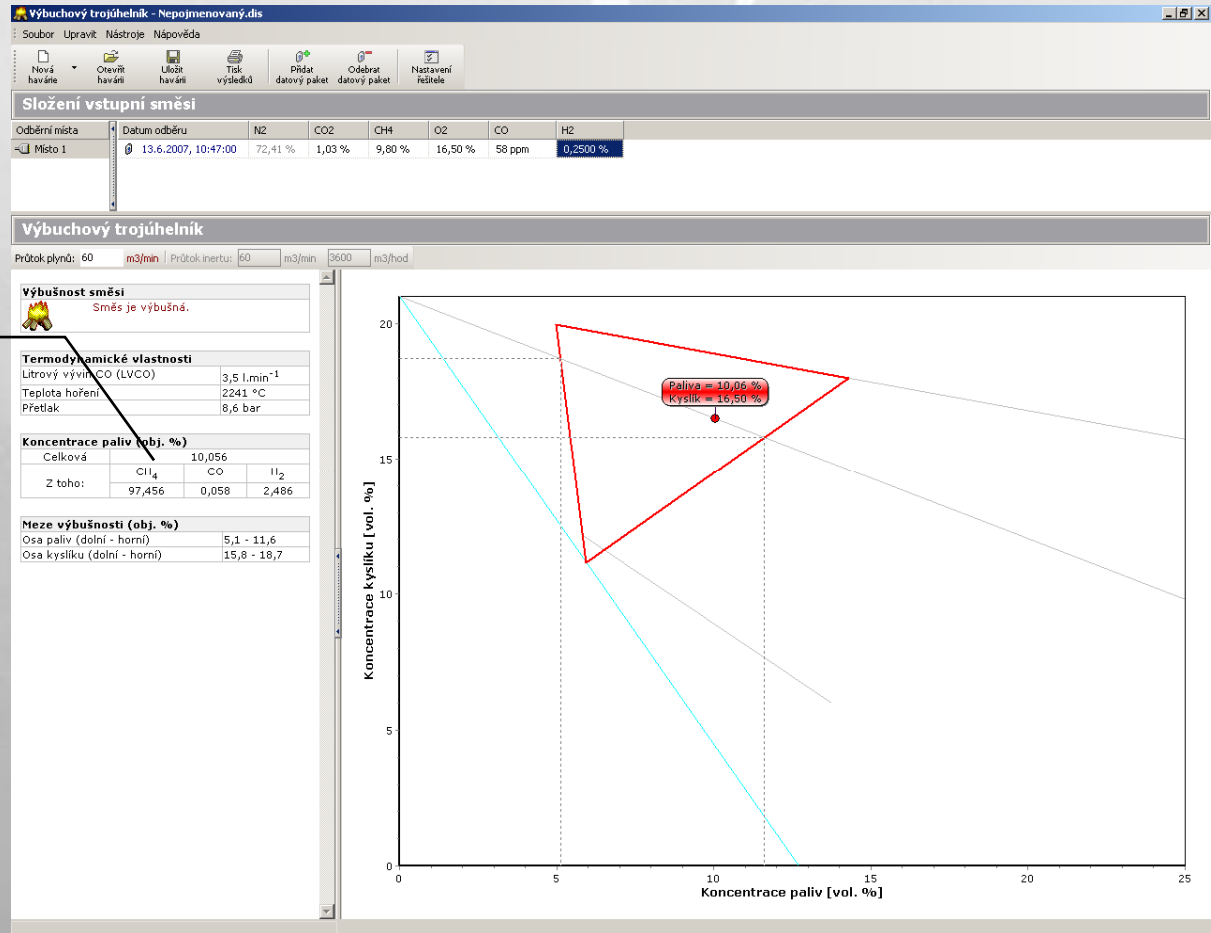
# Basic screen of program

General thermo-  
dynamic  
analysis

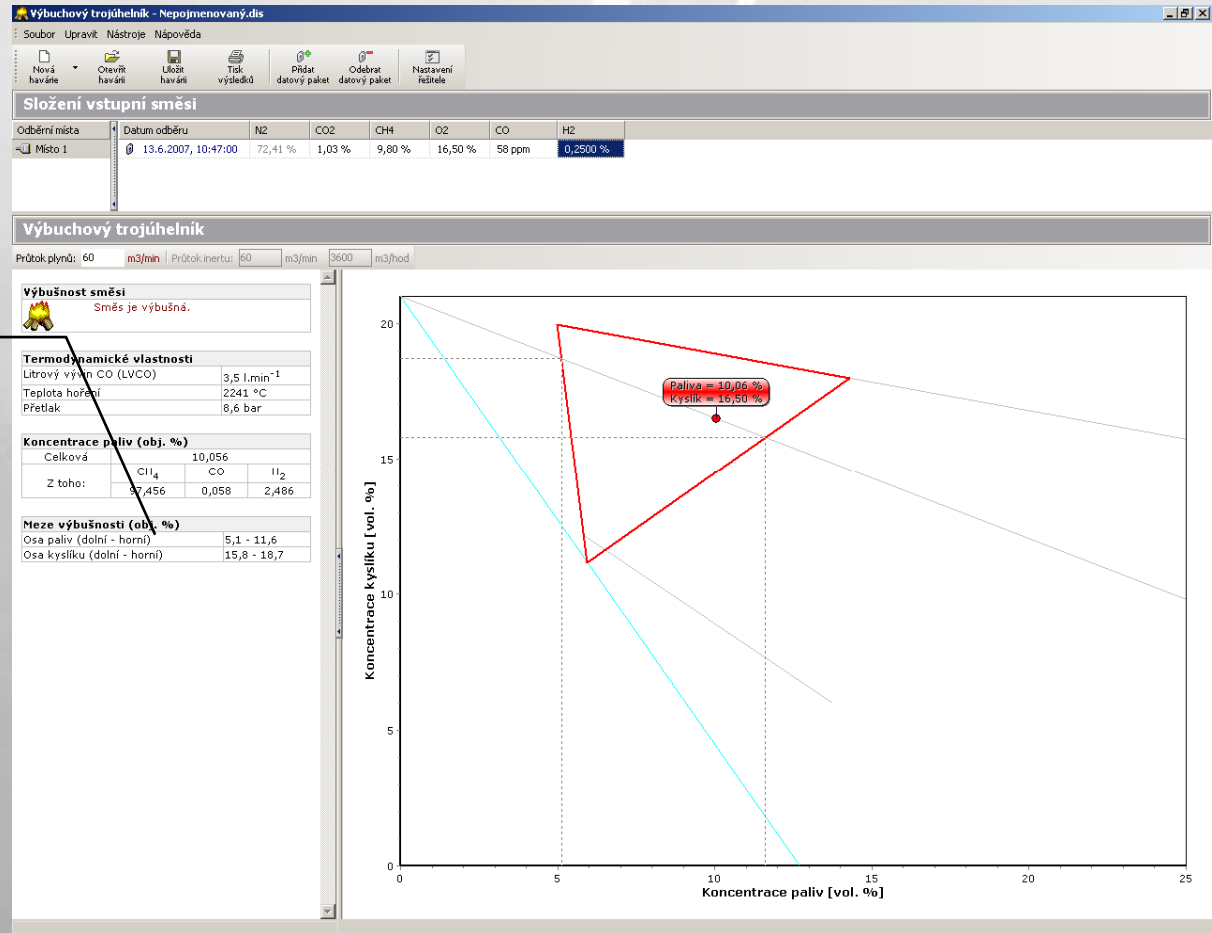


# Basic screen of program

Concentration of fuels in percents of volume



# Basic screen of program



Explosiveness limits in percents of volume



---

# Thermo-dynamic core of program

- Based on the idea of Gibbs energy and chemical balance
- Determined to detail study of physical-chemical properties of gas-air mixture
- Defines the general thermo-dynamic analysis (burning temperature, overpressure at explosion in constant volume), expanded thermo-dynamic analysis (released heat, specific volume of waste products, oxygen balance of mixture, concentration of flammable waste products, ratio of specific heats of waste products from burning and velocity of sound in waste products)
- Composition of waste products from burning is displayed separately



---

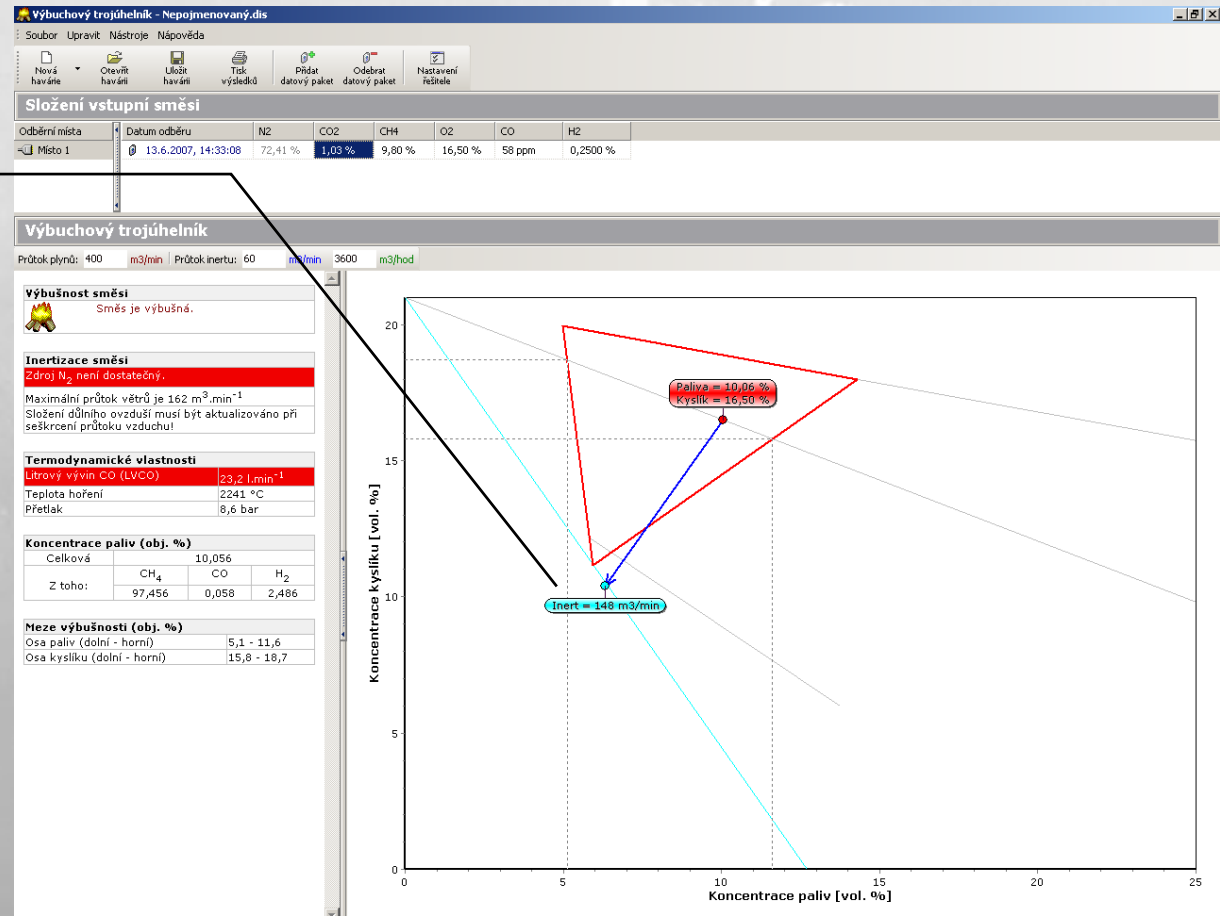
# Inertization of gas-air mixture

- Principle of iteration procedure of adding 1% of gaseous nitrogen to the mixture of fire gases
- Inertization is correlated to volume flow of air in the mine working
- The result is the assessment of efficiency of inertization
- Defines the minimum quantity of gaseous nitrogen for efficient inertization of the relevant mixture of fire gases
- Defines the maximum volume flow of air in the mine working, which the given (insufficient) source of nitrogen is capable to inertize



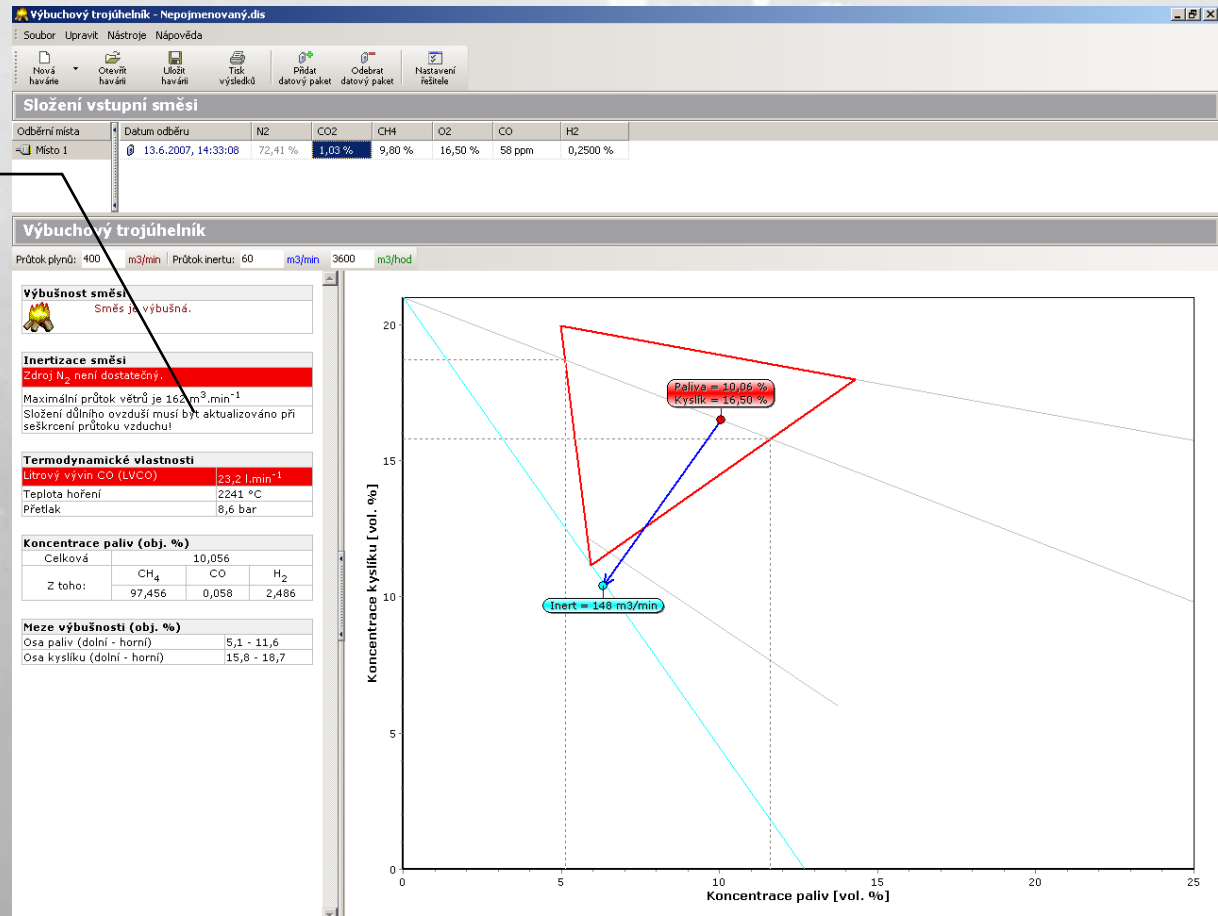
# Illustration of results

Minimum flow of nitrogen needed to efficient inertization



# Illustration of results

Maximum flow of mine air to be inertized by given flow of nitrogen



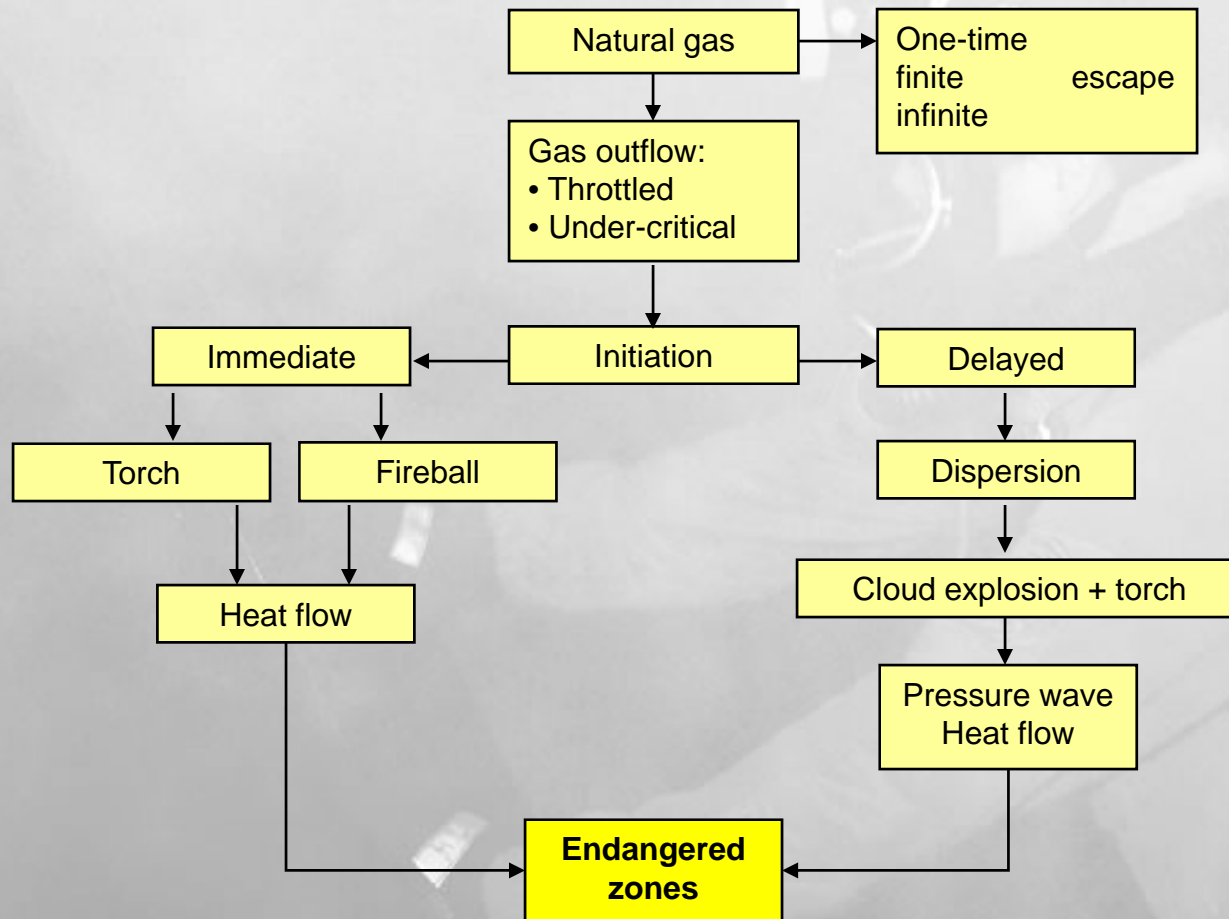
---

# Program CONSEQUENCES

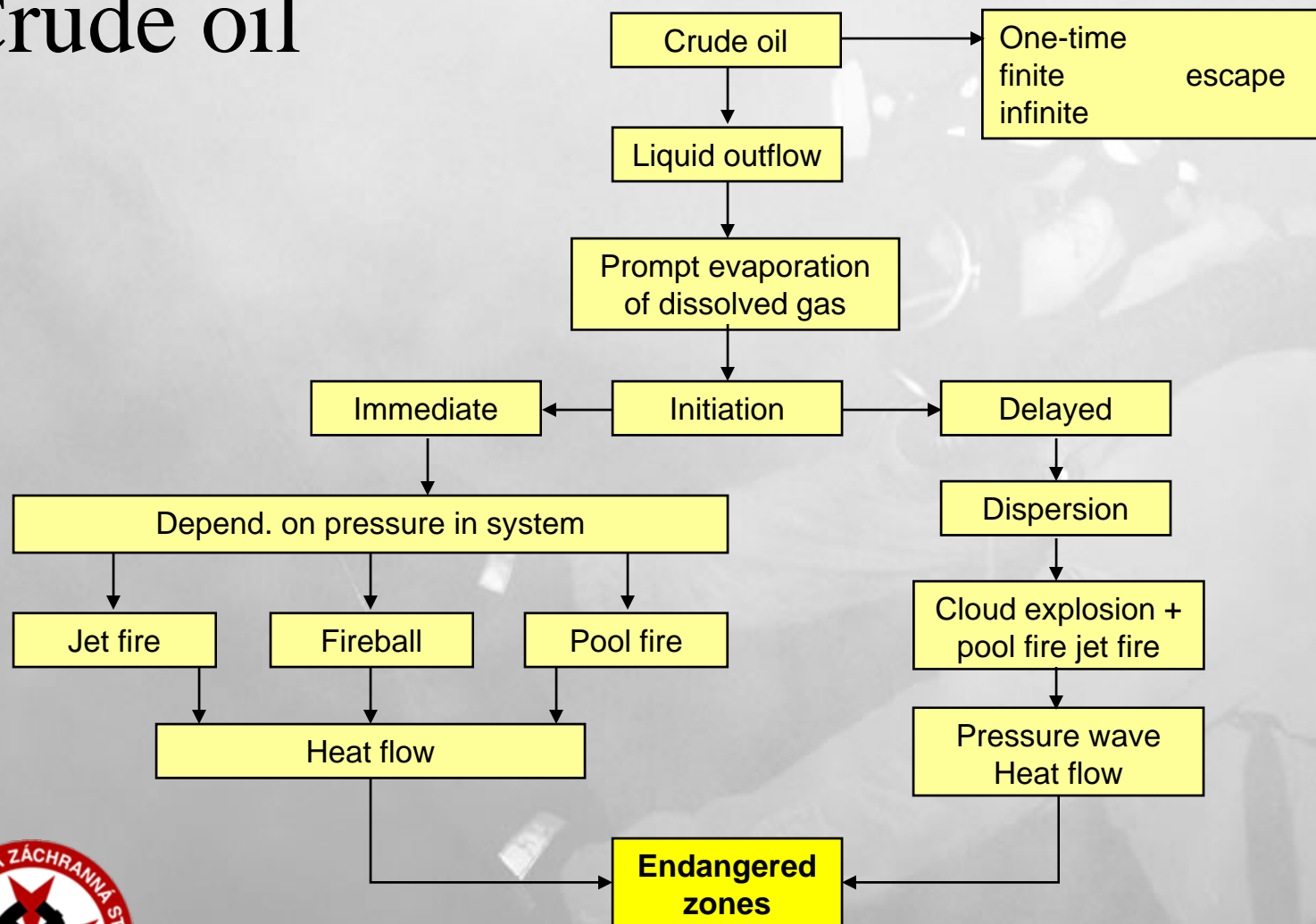
- enables to estimate physical phenomena of emergency escapes of crude oil or natural gases and their consequences that take place in the following three steps:
  - Calculation of source member
  - Description of physical phenomena
  - Estimation of consequences



# Natural gas



# Crude oil



# Basic screen of program

## Accident setting-up:

- Source type
- Piping properties
- Bunker properties
- Probe properties
- Initial conditions
- Opening type
- Outflow type

The screenshot displays the 'Následky' software interface. The left sidebar shows the 'Nastavení havárie' (Accident Settings) panel with the following configuration:

- Nastavení zdroje: **Meteorologické podmínky**
- Výbuch oblaku par: **Referenční přetlak: 30,0 kPa (výchozí hodnota)**

The main window shows the 'Výsledky řešitele: Souhrn' (Solver Results: Summary) section. Key findings include:

- Výtok zemního plynu:** Model výtoku: Výtok z potrubí; Doba trvání výtoku: Nekonečný; **K vyprázdnění zdroje dojde za 11 sekund od počátku výtoku.**; Hmotnost zemního plynu uniklá během výtoku: 3411,493 kg
- Hluk při výtoku:**

Hluk (dB)	Vzdálenost (m)	Popis následku
140	≤ 18	Poškození sluchu impulzivním hlukem
115	≤ 324	Poškození sluchu stacionárním hlukem
95	≤ 3237	Nedoporučená expozice delší než 4 hodiny za den
- Okamžitá iniciace - Ohnivá koule (FIREBALL):**

Radiace (kW.m <sup>-2</sup> )	Vzdálenost (m)	Popis následku
25,0	≤ 105	Zapálení dřeva bez přiblížení plamene
14,0	≤ 138	Hrozí bezprostřední zničení budov
4,7	≤ 232	Nutnost ochranných obleků
1,5	≤ 399	Obecně nebezpečná oblast
- Okamžitá iniciace - Tryskající plamen (JET FIRE):**

Radiace (kW.m <sup>-2</sup> )	Vzdálenost (m)	Popis následku
25,0	≤ 84	Zapálení dřeva bez přiblížení plamene
14,0	≤ 111	Hrozí bezprostřední zničení budov
4,7	≤ 188	Nutnost ochranných obleků
1,5	≤ 324	Obecně nebezpečná oblast
- Opožděná iniciace - Rozptýl oblaku par (JET):**

Vzdálenost dosažení spodní meze výbušnosti	340 m
Vzdálenost dosažení 50% spodní meze výbušnosti	684 m
- Opožděná iniciace - Výbuch oblaku par (CAM):**

Přetlak (Pa)	Vzdálenost (m)	Popis následku
17000	≤ 16	Střední poškození budov

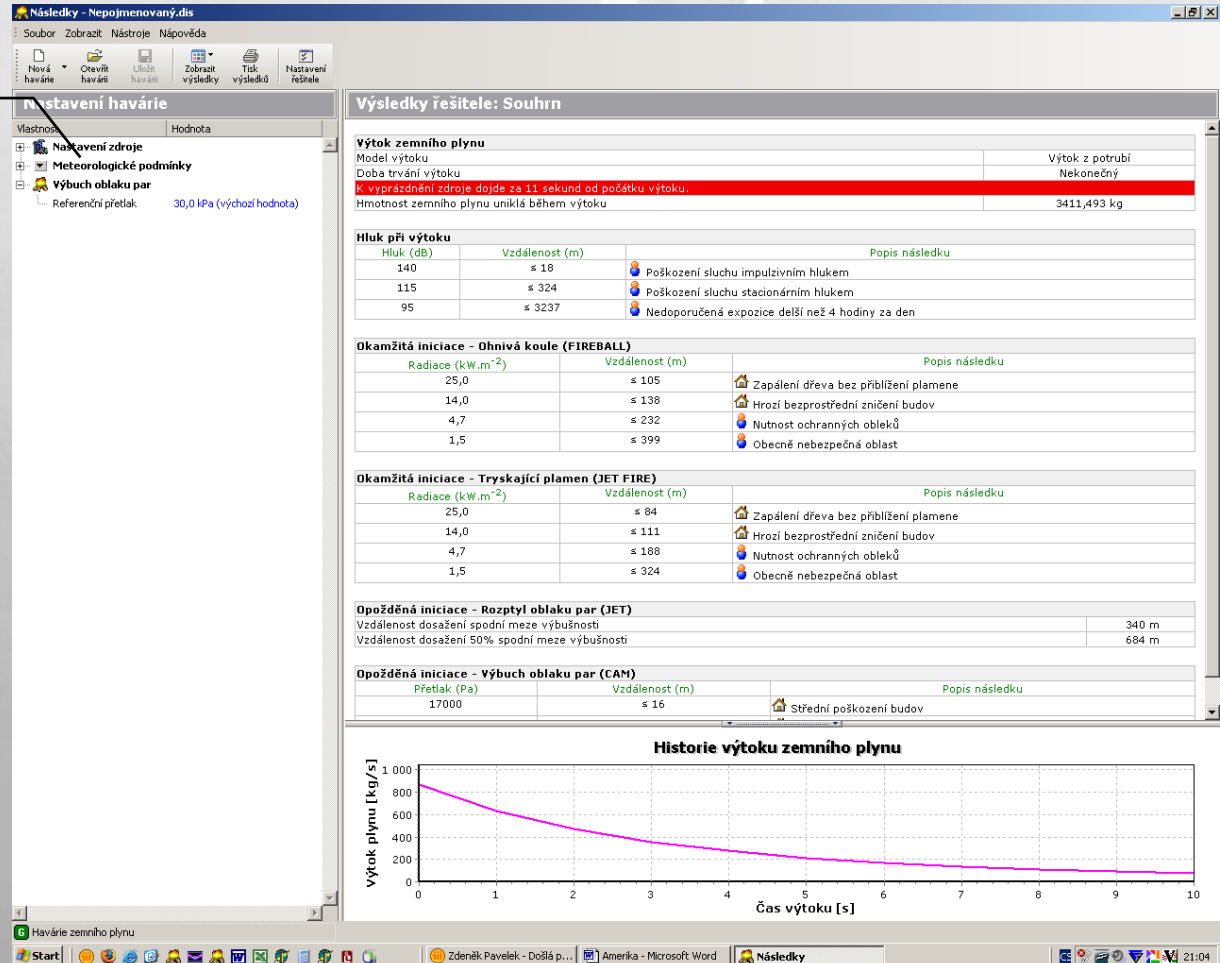
At the bottom, the 'Historie výtoku zemního plynu' (Gas Outflow History) graph shows the mass flow rate in kg/s over a 10-second period, starting at approximately 900 kg/s and decaying to about 100 kg/s.



# Basic screen of program

## Meteorological conditions:

- Pre-defined medium case
- Pre-defined worst case
- Manual setting-up (barometric pressure, temperature, rel. humidity of air, wind speed, class of atmospheric stability and surface roughness)



# Basic screen of program

**Nastavení havárie**

Vlastnost	Hodnota
Nastavení zdroje	
Meteorologické podmínky	
Výbuch oblaku par	
Referenční tlak	30,0 kPa (výchozí hodnota)

**Výsledky řešitele: Souhrn**

**Výtok zemního plynu**

Model výtoku	Výtok z potrubí
Doba trvání výtoku	Nekonečný
<b>K vyprázdnění zdroje dojde za 11 sekund od počátku výtoku.</b>	
Hmotnost zemního plynu uniklá během výtoku	3411,493 kg

**Hluk při výtoku**

Popis následku

- Zapálení dřeva bez přiblížení plamene
- Hrozí bezprostřední zničení budov
- Nutnost ochranných obleků
- Obecně nebezpečná oblast

Popis následku

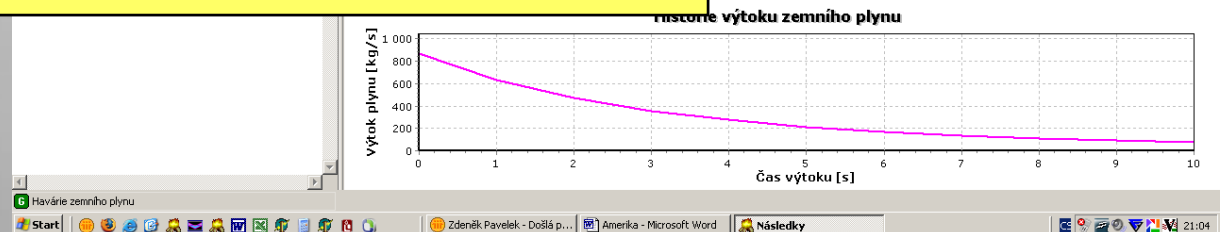
- Zapálení dřeva bez přiblížení plamene
- Hrozí bezprostřední zničení budov
- Nutnost ochranných obleků
- Obecně nebezpečná oblast

Popis následku

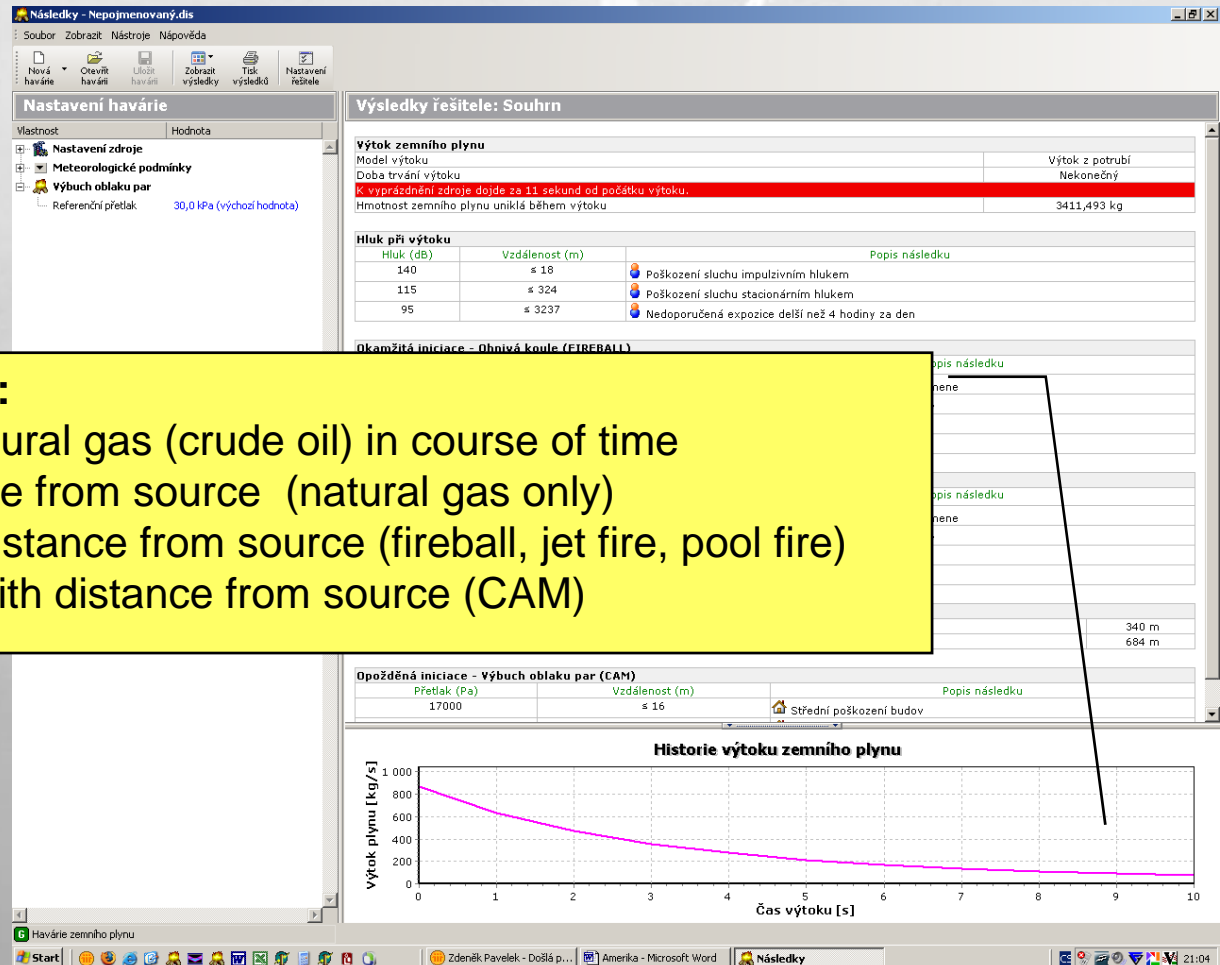
- Střední poškození budov

## Results of researcher: Summary:

- Summary of entered conditions
- Model of outflow and its results
- Noise at outflow (natural gas only)
- Pool fire (crude oil only)
- Fireball – immediate initiation
- Jet fire – immediate initiation
- Dispersion of vapour cloud (JET) – delayed initiat.
- Explosion of vapour cloud (CAM) – delayed initiation



# Basic screen of program



## Graphic representation:

- History of outflow of natural gas (crude oil) in course of time
- Drop of noise in distance from source (natural gas only)
- Drop of radiation with distance from source (fireball, jet fire, pool fire)
- Drop of overpressure with distance from source (CAM)



---

# Program WATER STOPPERS

- program solves the move of water stopper caused by one-time pressure impulse:
  - For many lengths of water stopper till its amplitude (opening the mine working)
  - Till the negative velocity of the move of each of lengths of water stopper is achieved



# Basic screen of program

**Vodní zátky - Řešení pohybu vodního sloupce**

Důl: ?  
Sloj: ?  
Chodba: ?  
Datum: 25.6.2007

Světlý průřez chodby [m<sup>2</sup>]: 10.00  
Světlá výška chodby v nejnižším místě [m]: 3.00  
Úklon ve směru předpokládaného výbuchu [deg]: 10.00  
Úklon z přístupové strany [deg]: 10.00

Norm. profil

Délka horizontální části (úšlabí) vodní zátky [m]: 0.00  
Objemové množství vody k dispozici [l/min]:

Řešení

**Závěr řešení:**

Větratelná délka měřená na počvě z přístupové strany [m]: 14.97  
Výška vody pro větratelné zatopení, hladina ① [m]: 2.60  
Množství vody pro větratelné zatopení, hladina ① [m<sup>3</sup>]: 459.03  
Čas potřebný pro větratelné zatopení, hladina ① [min]: 510.04

Výsledky pro mezní délku vodní zátky bez přístupu vody z přístupové strany [m]: 20.00

- Celková min. délka zatopení v obou směrech pod stropem [m]	40.00
- Délka zatopení na počvě z přístupové strany [m]	37.54
- Výška vody pro celkové zatopení, hladina ② [m]	6.52
- Délka výkmitu vodní zátky [m]	20.00
- Dodatečné množství vody pro celk. zatopení, hl. ①-② [m <sup>3</sup> ]	459.03
- Dodatečný čas potřebný pro celk. zatopení, hl. ①-② [min]	510.04

Řešení bylo úspěšně dokončeno

Tisk

Konec

**Location description:**

- Mine identification
- Seam identification
- Gateway ident.
- Date of compilation

AB+CD=L<sub>min</sub> Celková min. délka zatopení(40.00m)  
Y(1) Větratelná délka (14.97m)  
1'1' Výška větratelného zatopení (2.60m)  
Y(2) Délka zatopení z příst. strany (37.54m)  
2'2' Výška definitivního zatopení (6.52m)  
AB Délka maximálního výkmitu (20.00m)



# Basic screen of program

**Vodní zátky - Řešení pohybu vodního sloupce**

Délka horizontální části (úžlabí) vodní zátky [m]

Délka horizontální části (úžlabí) vodní zátky [m]

Díl  Světlý průřez chodby [m<sup>2</sup>]  **Norm. profil**

Sloj  Světlá výška chodby v nejnižším místě [m]

Chodba  Úklon ve směru předpokládaného výbuchu [deg]

Datum  Úklon z přístupové strany [deg]

**Směr šíření VRV**

AB+CD=L<sub>min</sub> Celková min. délka zatopení(40.00m)  
 Y(1) Větratelná délka (14.97m)  
 (1)1' Výška větratelného zatopení (2.60m)  
 Y(2) Délka zatopení z příst. strany (37.54m)  
 (2)2' Výška definitivního zatopení (6.52m)  
 AB Délka maximálního výkmitu (20.00m)

## Data for calculation:

- Net section
- Clearance height of gateway in lowest place
- Angle in direction of assumed explosion
- Angle from access side (diverted from potential explosion)
- Potential use of stand. profile of min. work.
- Potential confusion of incl. angles of mine



# Basic screen of program

**Vodní zátky - Řešení pohybu vodního sloupce**

Délka: ?  
 Svoj: ?  
 Chodba: ?  
 Datum: 25.6.2007

Světlý průřez chodby [m<sup>2</sup>]: 10.00  
 Světlá výška chodby v nejnižším místě [m]: 3.00  
 Úklon ve směru předpokládaného výbuchu [deg]: 10.00  
 Úklon z přístupové strany [deg]: 10.00

Délka horizontální části (úžlabí) vodní zátky [m]: 0.00  
 Objemové množství vody k dispozici [l/min]: 900.00

**Norm. profil**

Registrace lokality  
 Data registrované lokality

**Řešení**

**= Závěr řešení:**

Větratelná délka měřená na počvě z přístupové strany [m]	14.97
Výška vody pro větratelné zatopení, hladina ① [m]	2.60
, hladina ① [m3]	116.40
hladina ① [min]	129.33
bez překmitu	
směrech pod stropem [m]	40.00
é strany [m]	37.54
adina ② [m]	6.52
- Délka výkmitu vodní zátky [m]	20.00
- Dodatečné množství vody pro celk. zatopení, hl. ①-② [m3]	459.03
- Dodatečný čas potřebný pro celk. zatopení, hl. ①-② [min]	510.04

**Směr šíření VRV**

AB+CD=L<sub>min</sub> Celková min. délka zatopení(40.00m)  
 Y① Větratelná délka (14.97m)  
 ①1' Výška větratelného zatopení (2.60m)  
 Y② Délka zatopení z příst. strany (37.54m)  
 ②2' Výška definitivního zatopení (6.52m)  
 AB Délka maximálního výkmitu (20.00m)

Řešení bylo úspěšně dokončeno      Tisk      Konec

## Additional data:

- Length of horizontal parts (trough) of stopper
- Volume qty of available



# Basic screen of program

**Vodní zátky - Řešení pohybu vodního sloupce**

Délka: ? Světlý průřez chodby [m<sup>2</sup>]: 10.00 Norm. profil

Sloj: ? Světlá výška: ?

Chodba: ? Úklon ve směru: ?

Datum: 25.6.2007 Úklon z pr. strany: ?

Délka horizontální části (úžlabí) vodní zátky [m]:

Objemové množství vody k. dispozici [l/min]:

**= Závěr řešení:**

Větratelná délka měřená na počvě z přístupové strany [m]: 14.97

Výška vody pro větratelné zatopení, hladina ① [m]: 2.60

Množství vody pro větratelné zatopení, hladina ① [m<sup>3</sup>]: 116.40

Čas potřebný pro větratelné zatopení, hladina ① [min]: 129.33

**Výsledky pro mezní délku vodní zátky bez překmitu**

- Celková min. délka zatopení v obou směrech pod stropem [m]	40.00
- Délka zatopení na počvě z přístupové strany [m]	37.54
- Výška vody pro celkové zatopení, hladina ② [m]	6.52
- Délka výkmitu vodní zátky [m]	20.00
- Dodatečné množství vody pro celk. zatopení, hl. ①-② [m <sup>3</sup> ]	459.03
- Dodatečný čas potřebný pro celk. zatopení, hl. ①-② [min]	510.04

**Numerical solution:**

- Ventilated flooding – length from access side, height, water qty and time of flooding
- Water stopper without overshoot (mine working opening) – total length under roof, length from access side, height, amplitude length, sufficient water qty and time of flooding

AB+CD=L <sub>min</sub> Celková min. délka zatopení	40.00m
Y(1) Větratelná délka	(14.97m)
①1' Výška větratelného zatopení	(2.60m)
Y(2) Délka zatopení z příst. strany	(37.54m)
②2' Výška definitivního zatopení	(6.52m)
AB Délka maximálního výkmitu	(20.00m)

Řešení bylo úspěšně dokončeno

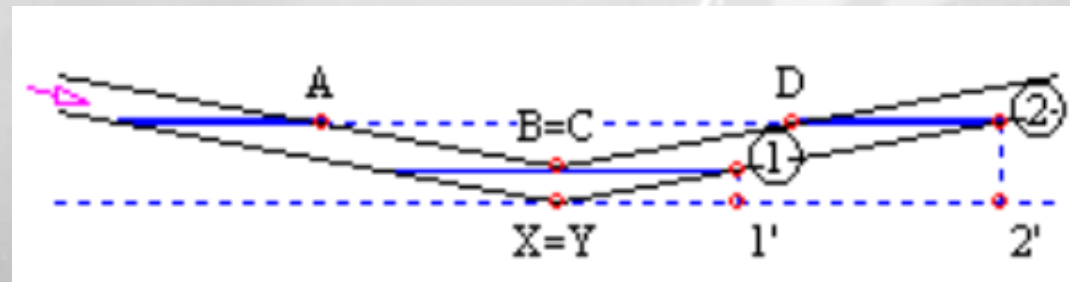
Tisk


Konec



# Graphic representation

- without horizontal part of mine working (trough)

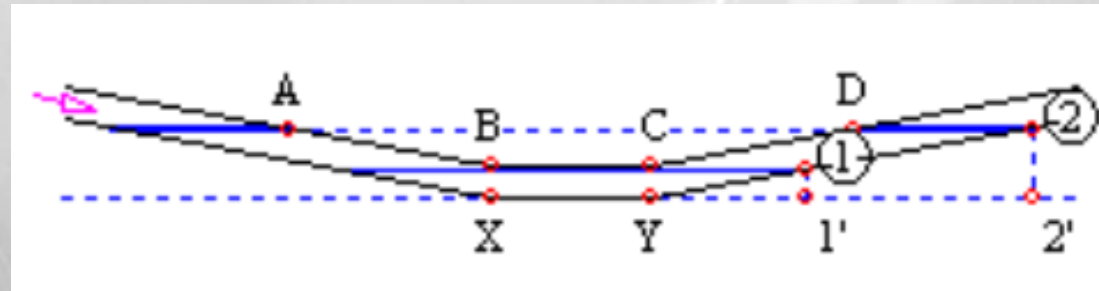



$AB+CD=L_{\min}$	Total minimum length of flooding	(40.00m)
Y①	Ventilated length	(14.97m)
①1'	Height of ventilated flooding	(2.60m)
Y②	Length of flooding from access side	(37.54m)
②2'	Height of definite flooding	(6.52m)
AB	Length of maximum amplitude	(20.00m)
	Direction of propagation of air shock wave	



# Graphic representation

- with horizontal part of mine working (trough)



$AB+CD=L_{\min}$	Total minimum length of flooding	(40.00m)
Y①	Ventilated length	(14.97m)
①1'	Height of ventilated flooding	(2.60m)
Y②	Length of flooding from access side	(37.54m)
②2'	Height of definite flooding	(6.52m)
AB	Length of maximum amplitude	(20.00m)
	Direction of propagation of air shock wave	



---

# Application of the Dissolver program package

When closing the scene of fire according to the computer program “**EXPLOSION TRIANGLE**“, there is the danger of accumulation of explosive mixture, the site for building a barrier must be chosen in a safe distance from the assumed centre of explosion, unless the technology without the presence of people on this site was chosen (for example, water stoppers designed according to the program **WATER STOPPERS**).



---

# Thank You for attention

*Zdenek Pavelek, 2007*  
*pavelek@hbzs-ov.cz*

