



# Tunel Praha-Beroun

Milík Tichý

ČVUT Stavební fakulta

Katedra ekonomiky a řízení  
ve stavebnictví

ÚTIA, 6. IV. 2010

# Milík Tichý, 1929

*milik.tichy@volny.cz*

- betonové konstrukce – zatížení stavebních konstrukcí (fortologie) – spolehlivost – rizikologie – jakost – expertologie
- znalec v oboru stavebnictví
- rozhodce při RS HK/AK ČR
- projektový manažer
- profesor ČVUT (rizikové inženýrství apod.)

**Monografie z posledních let:**

*"Applied Methods of Structural Reliability"* (1994)

*"Ovládání rizika"* (2006)

*"Projekty a zakázky ve výstavbě"* (2008)

# Monografie z posledních let

*"Applied Methods of Structural Reliability"*  
(1994)

*"Ovládání rizika"* (2006)

*"Projekty a zakázky ve výstavbě"* (2008)

**"Experti a expertízy"** (2010?) – s Ing. Miluší  
Valjentovou

# W–stránky

- [www.fsv.cvut.cz/~tichy](http://www.fsv.cvut.cz/~tichy)
- [www.sweb.cz/tirisk](http://www.sweb.cz/tirisk)
- [www.volny.cz/milik.tichy](http://www.volny.cz/milik.tichy)
- [www.praha-beroun.cz](http://www.praha-beroun.cz)
- <http://domaci.ihned.cz/c1-38856430-projekt-obriho-tunelu-praha-beroun-je-v-ohrozeni-stoji-prilis-mnoho>

# Názvosloví

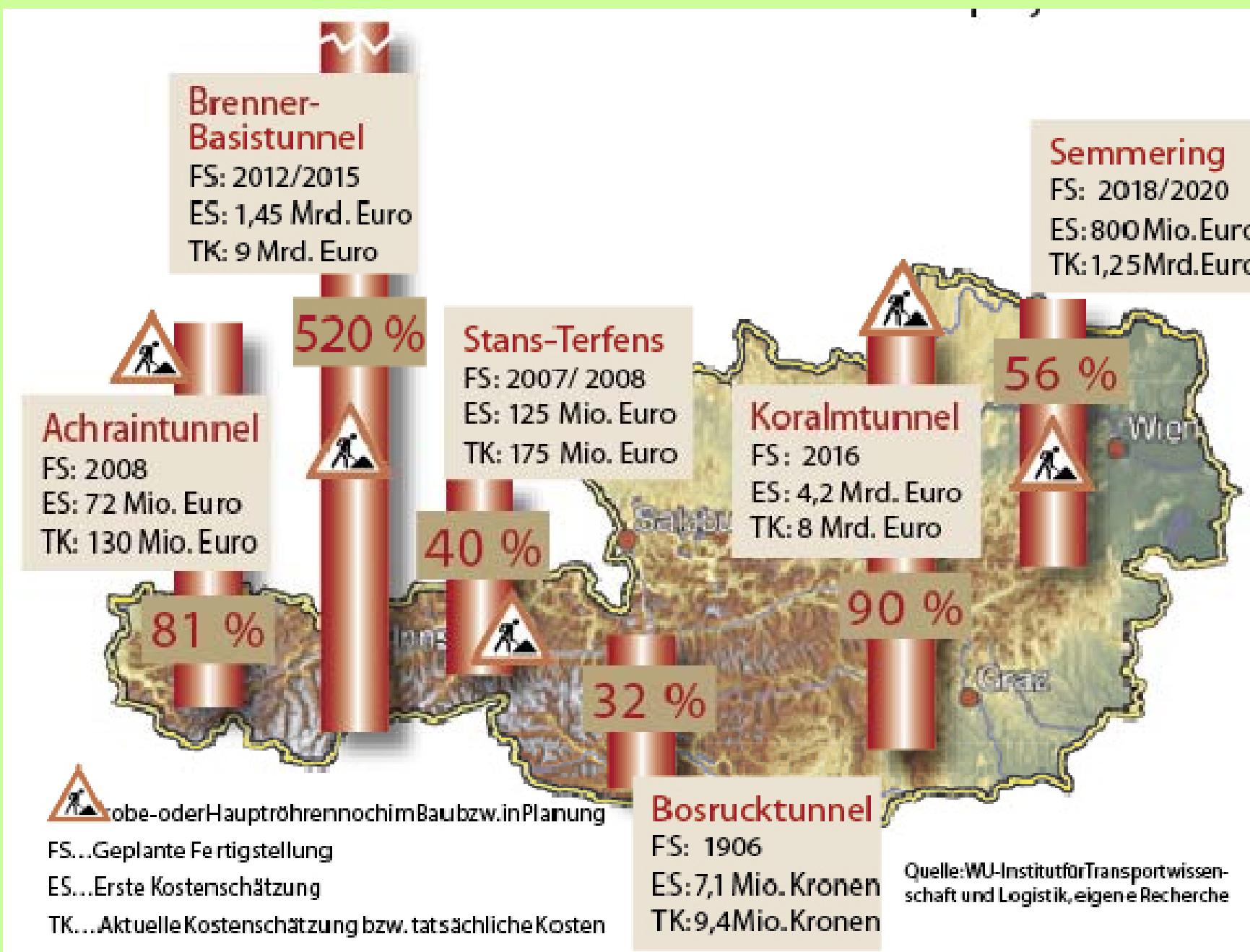
## Kaplan–Garrick (1981)

- nebezpečí (*hazard*)
- scénář nebezpečí (*hazard scenario*)
- riziko (*risk*)
- škoda (*damage*)
- pravděpodobnost Pr a pravděpodobná možnost Lk (*likelihood*)
- zdroj nebezpečí
- segment vystavený nebezpečí

# Cíle analýzy rizika ve výstavbových projektech

- minimalizovat škody
  - na zdraví / životech
  - na majetku
- usnadnit
  - projektování
  - výstavbu
  - provoz
  - nákladový dozor
- minimalizovat **finanční rizika**:
  - vést k dodržení předpokládaných **peněžních toků**, rozpočtů a harmonogramů
  - dát podklady pro tvorbu a čerpání **rozpočtových rezerv**
  - dát podklad pro **pojištění/zajištění**
- zviditelnit rizika  
**Rozhodovatelům**





# Ceny za realizaci tunelů

- jednokolejný tunel: 14-32-40 mln. €/km
- dva jednokolejné: ... – 78-91 mln. €/km
- dvoukolejný: ...– 52-65 mln. €/km
- **tunel Ceneri** (~15,4 km, dva jednokolejné tunely bez multifunkční stanice) – realizace: 42 mln. €/km jednoho tunelu

Tyto údaje jsou pouze orientační!



# Skladba pořizovací ceny

- projektování a management 10 až 20%
- realizace ~ 60%
- železniční technika ~ 16 až 20%
- **AR pro realizaci a provoz: ~ 2% až 3%**  
ceny za projektování
- QA/QC: ~ 0,5 až 1% projektování
- RM/RA za realizace: ~ 2% pořizovací ceny

# Popis

# Dr. Miroslav Matoušek, CH:

- V každém případě musí být tunel jako výchozí systém **jednoznačně popsáný** dříve, než se začne s rizikovou analýzou s projektováním a s posouzením opatření proti riziku.
- Analýza rizika musí odpovídat **stupni projektování**.

# Okrajové podmínky AR TPB

- délka úseku
- provozní požadavky (návrhová rychlost)
- lokalita (geologie...)
- lhůty
- CHKO Český kras
- pojišťovny a zajišťovny
- banky
- peněžní toky

**Bez vstupních údajů se nedá žádná AR provést!**

# Předmět analýzy rizika

pohled "objekt/proces"

## Objekt

---

- tunel TPB
- smíchovský portál
- železniční svršek
- osvětlení

...

## Proces

---

- doprava  $P \Rightarrow B$
- doprava  $B \Rightarrow P$
- údržba, opravy

...

**objekt ↔ proces**

# Předmět analýzy rizika

pohled "projekt"

## Projekt

---

- tunel TPB
- realizace TPB
- provoz TPB
- ...

## Aspekt projektu

---

- financování
- údržba
- bezpečnost
  - dopravní
  - osob a majetku
  - ...
- ...



# Projekt a aspekt

- Projekt – tunel Praha- Beroun
- Aspekty:
  - realizace TPB
  - provoz TPB
  - financování TPB
  - smlouvy
  - pojištění
    - projektování
    - výstavby
    - provozu

# Segmenty projektu

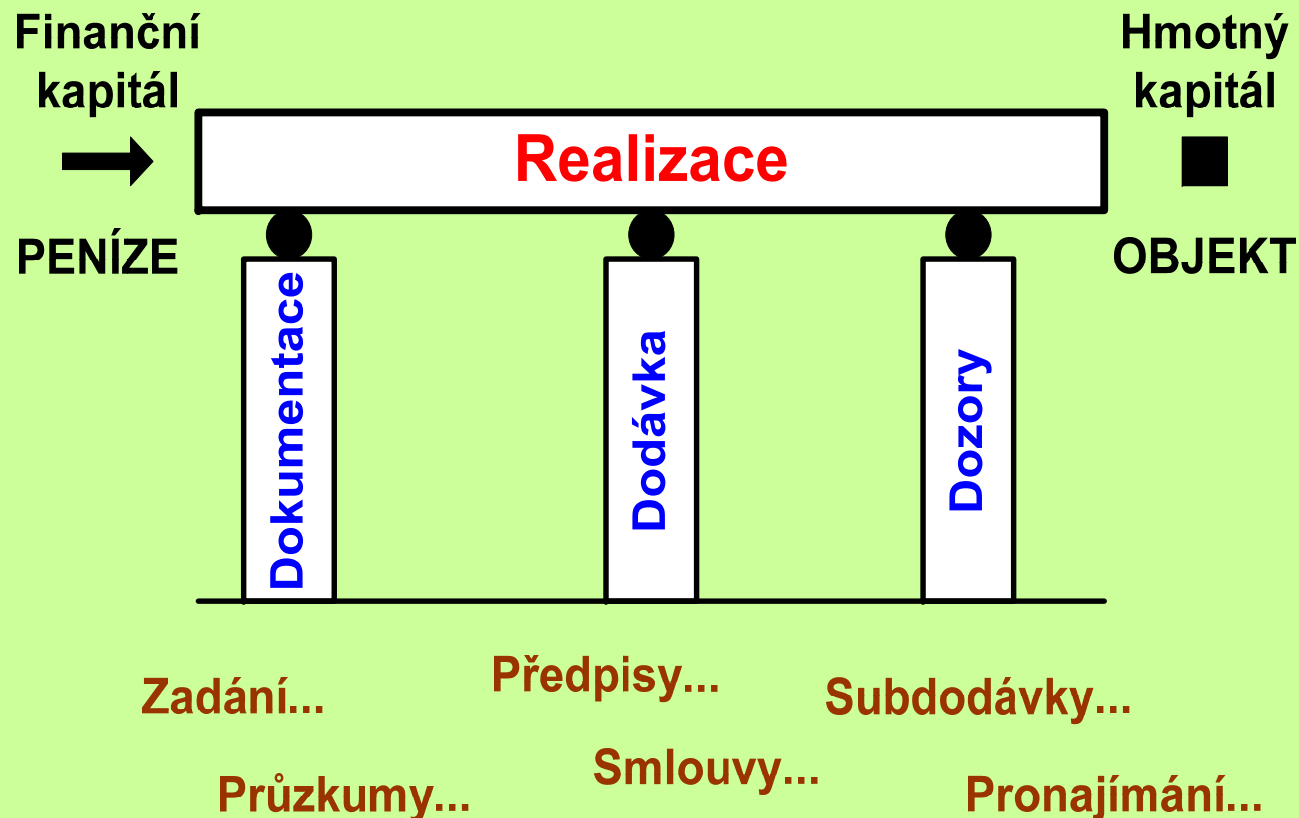
**Segment projektu** = fyzická, organizační nebo jinak definovaná **jednotka**, např.:

- *fáze* realizace
- *pole* objektu
- *prvek* sítě (uzel, hrana)
- *organizační prvek* projektu

...

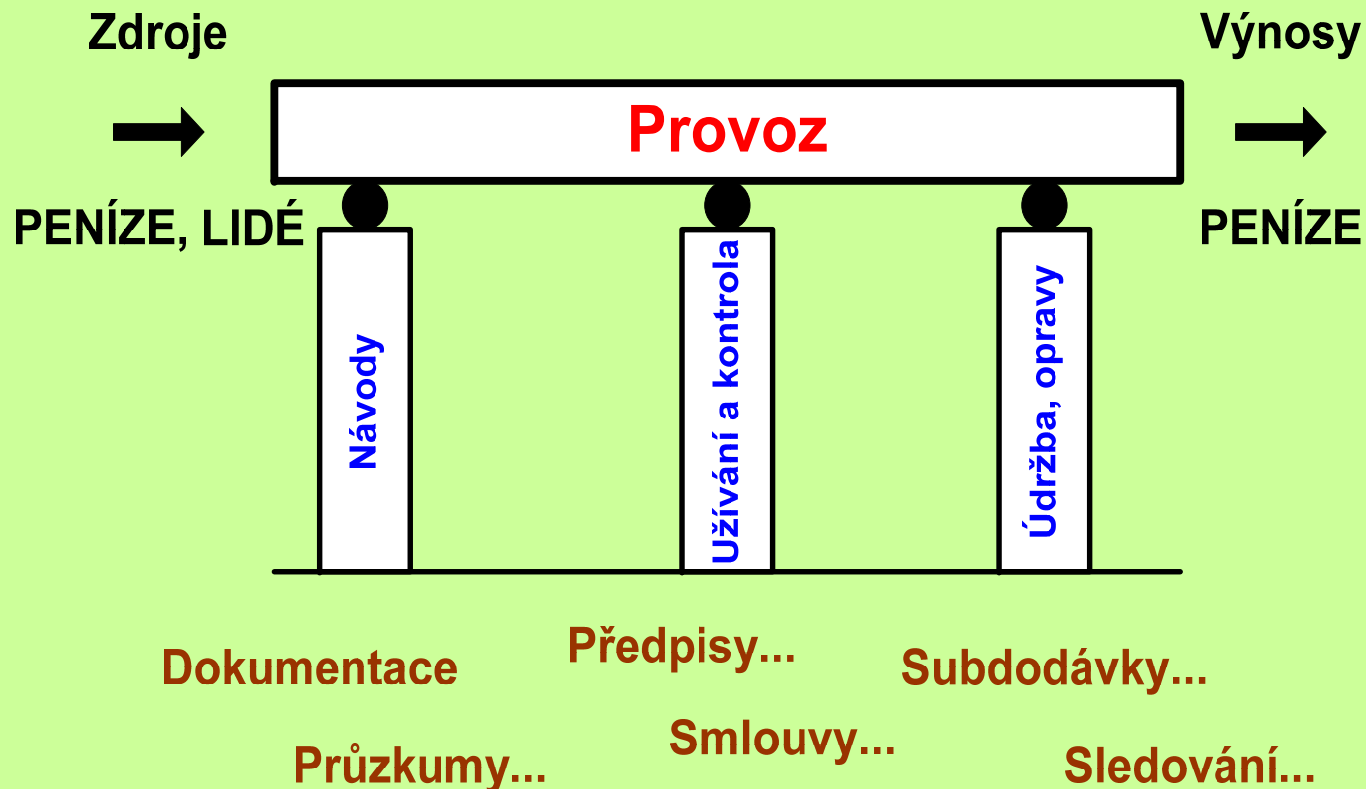
## Segment aspektu

# Tři pilíře realizace



Nebezpečím a rizikům jsou vystaveny všechny prvky realizace !

# Tři pilíře provozu



Nebezpečím a rizikům jsou vystaveny všechny prvky provozu !

# Konceptce

# PMBOK Guide 2004

(Project Management Body of Knowledge)

[www.pmi.org](http://www.pmi.org)

Devět oblastí:

...

**(8) Management rizika projektu**

...



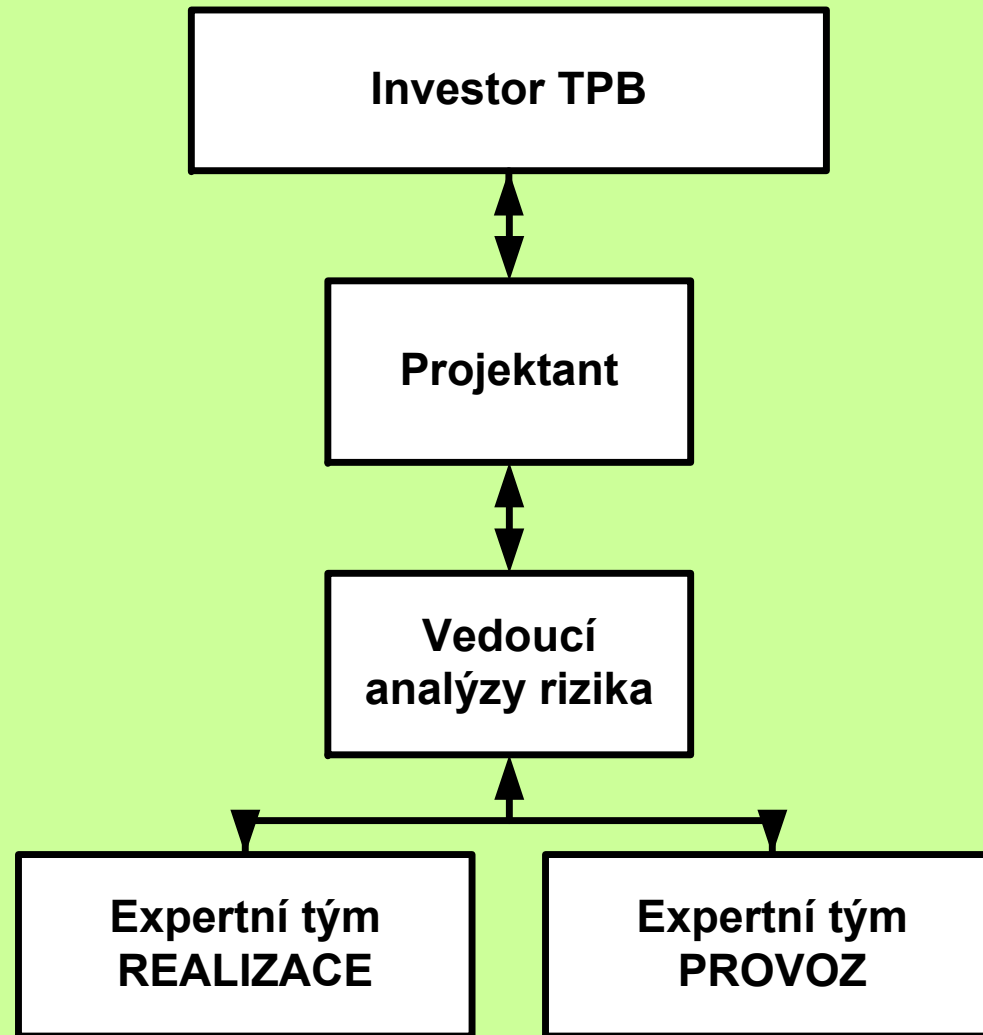
# Proč PMBOK ?

- světově uznávaný systém projektového managementu
- ověřený praxí (již třetí vydání)
- rozpracován pro stavebnictví
- bohatá navazující literatura
- referenční dokument pro pojišťovny a zajišťovny

# Šest kroků PMBOK

- (1) Plánování managementu rizika projektu – cíle analýzy rizika ..., podrobnosti, postupů...
- (2) Identifikace nebezpečí – identifikace segmentů a zdrojů
- (3) Kvalifikace nebezpečí – odhad závažnosti nebezpečí
- (4) Kvantifikace rizika – odhady pravděpodobností a škod, expertní analýzy...
- (5) Rozhodování o riziku – s cílem minimalizovat/optimalizovat náklady
- (6) Sledování a hodnocení realizací scénářů nebezpečí

# Organizace AR pro TPB



# Vstupy a výstupy AR

## Vstupy

- informace o vedení trasy
- informace o geologii masivu
- informace o provozních zařízeních
- ...

**Výstupy AR  
jsou vždy odhady !**

## Výstupy

- Katalog Hz
- scénáře Sc
- Karty rizik ?
- ohrožené segmenty
- závažnost zdrojů
- souběhy
- prioritizace nebezpečí/rizik
- riziková zpráva

# Expertní analýza

# Expertní týmy

- **ETR** – realizace
- **ETP** – provoz
- ...
- **ETF** – financování ?
- **ETG** – geologie ?

...

## Sestavení týmů



# Práce týmu

- spojení a vzájemné konzultace zásadně **elektronickou cestou**
- vedoucí analýzy stanovil **úkoly** v jednotlivých krocích
- experti pracovali **samostatně**
- zajištění **anonymity expertních odpovědí** (k vyloučení střetů zájmů, ostychu z názoru apod.)

# Cíle týmu

- **Riziková zpráva** obsahující konkrétní závěry, doporučení a odhady rizik
- založení **Katalogu Hz**
- expertní analýza **UMRA**
- expertní analýza **FMEA (SAFMEA)**

# Jednotlivé kroky

- Identifikace aspektů (ET)
- Identifikace segmentů a zdrojů (ET)
- Identifikace nebezpečí (ET)
- Sestavení formuláře UMRA (MT – ET – MT...)
- Stupnice nebezpečí UMRA (MT – ET – MT...)
- Vyplnění formulářů UMRA (ET)
- Zpracování UMRA (MT)
- Sestavení formuláře FMEA (MT – ET – MT...)
- Stupnice FMEA (MT – ET – MT...)
- Vyplnění formulářů FMEA (ET)
- Zpracování SAFMEA (MT)
- Riziková zpráva (MT – ET – MT ...)
- ?

# Katalog Hz

- Do Katalogu dodávají informace **účastníci projektu** (projektant, dodavatel, dozory, investor a další)
- Katalog je průběžný dokument, z něhož **účastníci projektu** čerpají informace o nebezpečích, jež ohrožují projekt.
- Z Katalogu se např. odvozuje **Soupis nebezpečí**
- Katalog Hz udržuje určená osoba **týmu analýzy rizika**

# UMRA

# Účel, cíl

- Metodou UMRA se vyšetřují a sumarizují názory **nehomogenních expertních týmů**.
- UMRA slouží k vyhledání uspořádaných posloupností (*ranking*):
  - segmentů vystavených nebezpečím
  - zdrojů nebezpečí ohrožujících segmenty
  - souběhů zdrojů se segmenty
- Metodou se dá přihlédnout k rozdílnosti odhadů expertů s různou kvalifikací

# Souběh zdroje a segmentu

- = možnost ohrožení segmentu projektu zdrojem nebezpečí
- pokud je taková možnost **logicky vyloučena**, nejde o souběh

# Stupnice UMRA

(zjednodušená ilustrace)

Logická část		
Expert považuje nebezpečí...	...za logicky nemožné	<null>
	...za logicky možné	hodnota Sv
Numerická část		
Nebezpečí je	Realizace nebezpečí	Sv
nepatrné	bez vlivu na cenu a lhůty	0
velké	vyžaduje změnu projektu	3



# UMRA

## verbální fáze

(1) Vyhledání segmentů

(2) Vyhledání zdrojů nebezpečí

(1) + (2) ... *scénáře nebezpečí*

Postup vyhledání:

- brainstorming
- writestorming
- metoda postupného odlad'ování formuláře

Výsledek: **formulář UMRA**

# Schéma formuláře UMRA

Segment		Zdroj nebezpečí							
		Antropogenní					Přírodní		
		projektant	..	investor	..	předpisy	hornina	..	voda
		b(1)	b(2)	b(3)	b(4)	b(5)	b(6)	b(7)	b(8)
portál	a(1)								
hloubený tunel	a(2)								
rozplet	a(3)								
úsek A	a(4)								
úsek B	a(5)								
...	a(6)								
...	a(7)								
most	a(8)								
úsek C	a(9)								
portál	a(10)								

# UMRA

## ratingová fáze

Vyplnění "matice" experty

→ **expertní matice**

Vyhodnocení matice

**Redakce:** seřazení segmentů,  
zdrojů a souběhů  
podle  $S_v$  (*rating*)



Ohrožené segmenty projektu	Zdroje nebezpečí									
	Barrandien	Dodavatelé prací, materiálů, zařízení	Geotechnický průzkum	Podzemní voda	Místní úřady a aktivity	Projektanti	Investor	Technické dozory	Předpisy	Právní vztahy
Ražba TBM	3.0	1.9	2.3	2.4	0.6	1.9	1.1	1.7	1.0	1.2
Harmonogram realizace	2.0	1.9	1.9	1.5	1.5	1.2	1.5	1.1	1.5	1.6
Přípravná dokumentace	2.2	0.5	2.5	2.0	2.8	2.0	1.7	1.1	1.3	0.9
Vedení trasy	2.5	0.6	2.8	2.2	2.4	1.7	1.5	1.3	1.1	1.2
Rozpočet realizace	2.1	1.7	1.5	1.4	1.2	1.7	1.8	0.7	1.2	1.6
Realizační dokumentace	1.6	1.2	1.9	1.9	2.1	2.0	1.3	1.4	1.0	0.9
Únikové cesty	2.0	1.5	1.6	1.6	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3
Čelba TBM	3.0	2.1	2.3	2.6	0.5	1.3	0.6	1.6	0.8	0.9
Portály	2.1	1.6	1.9	1.1	2.1	1.9	1.1	1.5	0.9	0.9
Průzkum IG a HG	2.2	1.2	1.7	2.0	1.4	1.2	1.7	1.6	0.9	1.3

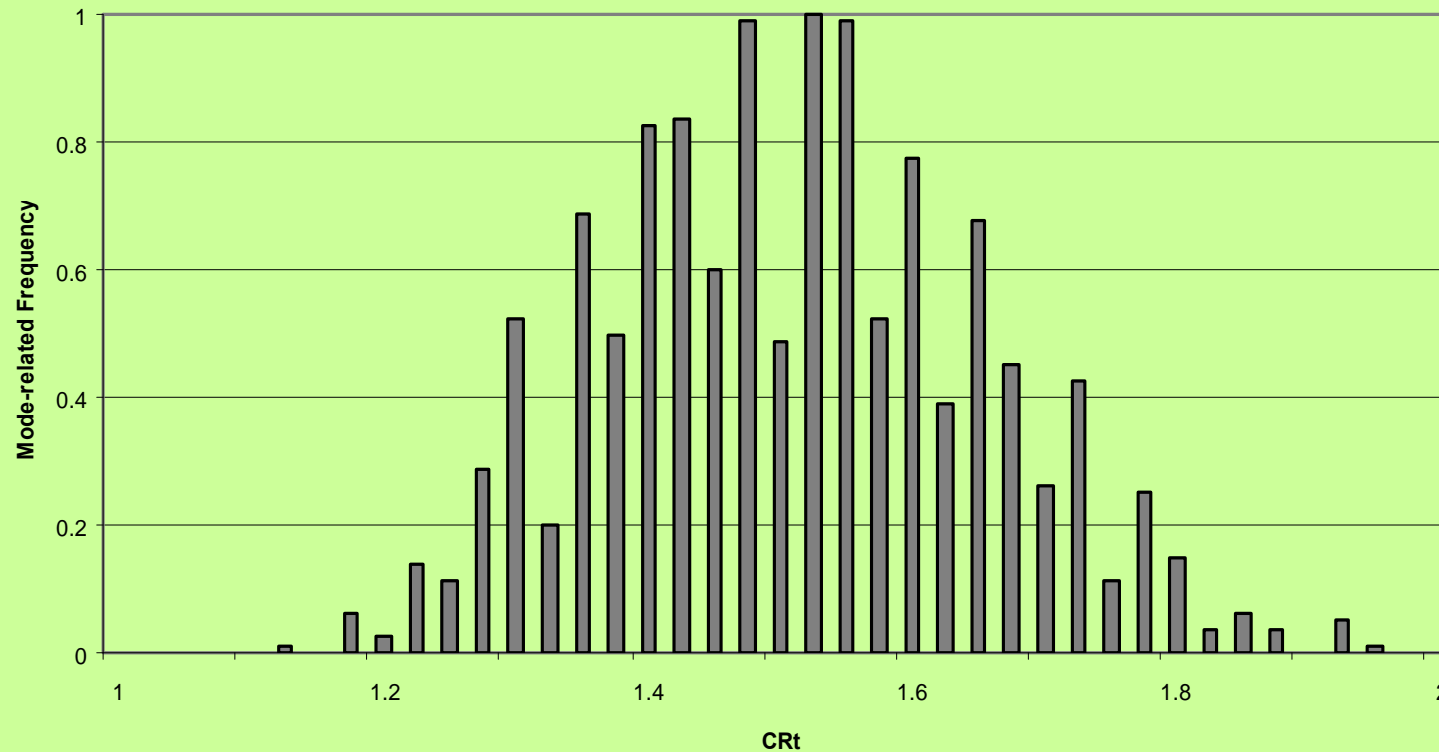




Ohrožené segmenty projektu	Zdroje nebezpečí									
	Nepovolané osoby	Údržba	Dohledací služba	Dodavatelé prací a služeb, materiálů, zařízení	Dodavatelé energie	Provozovatel dráhy	Projektanti	Záchranné služby	Předpisy	Realizace
Vlaková souprava v tunelu	2.2	2.3	0.7	1.5	0.6	1.0	1.2	1.3	0.8	1.1
Systém dodávky energie	2.6	1.7	0.6	1.5	3.0	0.7	0.6	1.0	0.4	0.5
Trakční vedení	1.7	2.5	0.6	1.8	2.3	0.6	0.4	0.7	0.4	0.8
Železniční svršek	3.0	2.6	0.9	2.0	0.1	0.6	0.9	0.7	0.1	0.8
Monitoring nebezpečných nákladů	2.5	0.5	2.0	0.3	0.3	0.8	0.4	0.4	1.3	0.5
Geometrie koleje	2.6	2.6	0.8	2.0	0.1	0.7	0.4	0.7	0.1	0.9
Monitoring provozu	1.8	1.5	0.7	0.4	0.8	0.8	0.6	0.5	0.9	0.4
Řídicí centrum	2.1	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.8	0.4	0.6	0.4
Hlásiče požáru v tunelu	1.1	1.2	0.9	0.9	0.9	0.6	0.7	1.1	0.6	0.6
Kabeláže různé	1.0	0.8	0.9	0.8	0.4	0.2	1.6	1.0	0.5	1.1

# Vyšetřování náhodnosti CRt (UMRA)

RANDOM UMRA/EXCEL – Case: 09  
DLT = 0.025 – NSize: 1000 – CRt[1;2]





# FMEA

# Účel, cíl

- analýzou **FMEA** se zjišťuje posloupnost způsobů a následků poškození co do závažnosti pro projekt (*ranking*)
- FMEA se použije k určení "*Risk Priority Number*" [**RPN**] (*rating*)
- **SAFMEA** – varianta FMEA při větším počtu expertů
- v závěrech se navíc vždy odděleně přihlíží k závažnosti nebezpečí **Sv**

# FMEA

## verbální fáze

Vyhledání trojic:

[Prvek, Modus, Efekt]

*(scénáře nebezpečí)*

Postup vyhledání:

- brainstorming
- writestorming
- metoda postupného odlad'ování formuláře

Výsledek: **formulář FMEA**

# FMEA

## ratingová fáze

- Vyplnění formuláře hodnotami **Sv, Lk, Dt**
- Výpočet:

$$\text{RPN} = \text{Sv} \times \text{Lk} \times \text{Dt}$$

$$(1) \text{ mRPN}$$

$$(2) \text{ qRPN} = \text{mRPN} + 1,65 \times \text{sRPN}$$

$$(3) \text{ Sv}$$

# Tři stupnice FMEA

(zjednodušená ilustrace)

Závažnost poruchy, Sv	Pravděpodobná možnost vzniku poruchy, Lk	Zjistitelnost poruchy, Dt	Hodnota
malá	"nemožnost"	snadná	1
střední	nejistá	nesnadná	2
velká	jistá	velmi obtížná	3
katastrofální	"jistota"	žádná	4

# Výsek výsledků FMEA

## (aspekt REALIZACE)

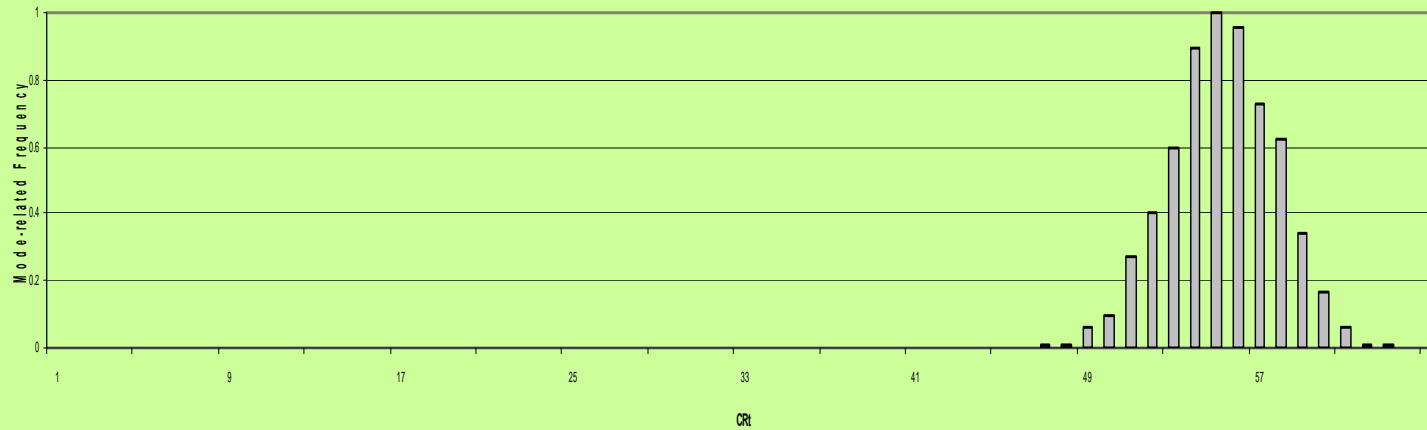
### (max RPN = 64)

Prvek projektu	Možný způsob poruchy	Možné následky vzniku poruchy	mRPN
Prostředí geologické	nepředvídané krasové jevy	snížení rychlosti postupu ražby	23.1
Financování	navýšení investic	odklad, zrušení realizace	21.7
Prostředí geologické	tektonická porucha, anomálie	zvýšené náklady realizace	20.8
Čelba	vypadnutí porušených bloků horniny (zával)	zavalení razicích mechanismů na čelbě	20.6
Prostředí geologické	tektonická porucha, anomálie	zaplavení díla	20.6

# Vyšetřování náhodnosti (FMEA)

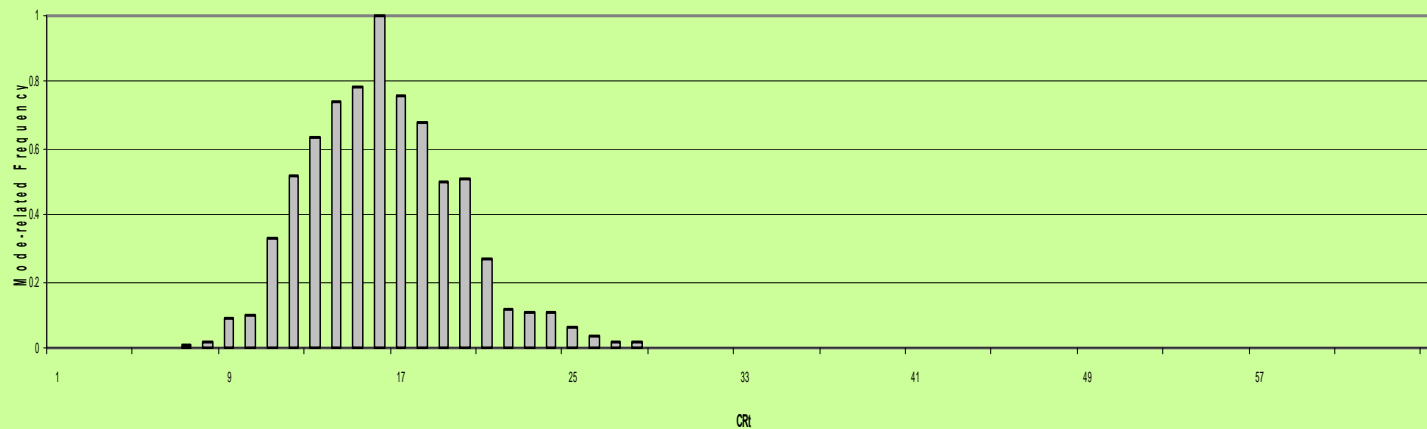
RANDOM SAFMEA/EXCEL - Case: 64.UMC

DLT = 1 - NSize: 1000 - CRPN[1;64]



RANDOM SAFMEA/EXCEL - Case: 64.BC

DLT = 1 - NSize: 1000 - CRPN[1;64]



# Doporučení objednateli



# Doporučení pro objednatele analýzy Management rizika

- Systém managementu rizika
- PMBOK Guide
- Manuál projektu
- Kontinuální analýza a management rizika
- Geologie
- Katalog rizik, Registr rizik
- Mapy nebezpečí a rizik projektu
- Náklady na riziko

# Pojištění

- Makléř
- Výluky z pojištění
- Pojištění všech účastníků projektu, ITIG Code [2006]

## Bankovní záruky

- Konzultanta v oboru bankovních záruk
- Bankovní záruky na dokončení díla a bankovní záruky na platby podzhotovitelům ve výši 100% nabídkových cen

# Prevence sporů

- Expertní řešení sporů s eventuálním následným rozhodčím řízením

## Zadávání

- Vzorové podmínky FIDIC v původním (anglickém) znění
- Vzorové smlouvy na subdodávky
- Předkvalifikační řízení

# Literatura

- Stamatis D.H.: *Failure Mode and Effect Analysis*. ASQC Quality Press, Milwaukee, Wisconsin, USA, 1995, 494 p.
- Pritchard, C. L.: *Risk Management. Concepts and Guidance*. 2nd edition. ESI International, Arlington, Virginia, USA, 2001, 340 s.
- Kendrick, T.: *Identifying and Managing Project Risk*. AMACOM (American Management Association), 2003, 354 s.
- Kendrick, T.: *The Project Management Tool Kit*. AMACOM (American Management Association), 2004, 233 s.
- *PMBOK Guide (A Guide to the Project Management Body of Knowledge), Third Edition*. Project Management Institute, USA, Newton Square PA, 2004, 388 s. – Schváleno jako norma USA ANSI/PMI 99-001-2004
- Tichý, M.: *Ovládání rizika. Analýza a management*. C. H. Beck, Praha, 2006, 420 s.
- Rozsypal, A.: *Inženýrské stavby. Řízení rizik*. Jaga, Bratislava, 2008, 1.6.2014 s.

# Děkuji za pozornost!

*[milik.tichy@volny.cz](mailto:milik.tichy@volny.cz)*