



Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.  
Interreg V A / 2014–2020

# Ošetřování rizik

údržbou, zálohováním a pasivní/aktivní ochranou

**Jaroslav Zajíček**

Technická univerzita v Liberci  
Oddělení spolehlivosti a rizik

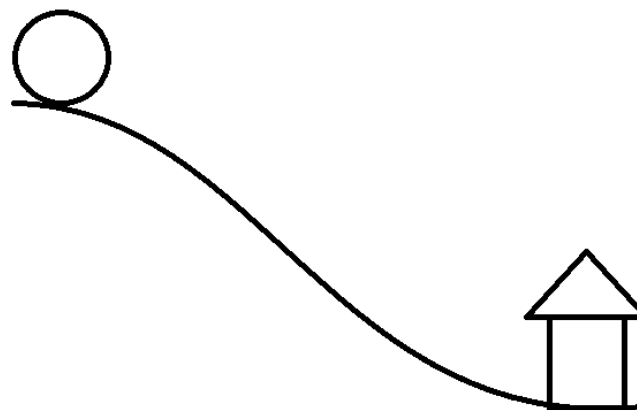
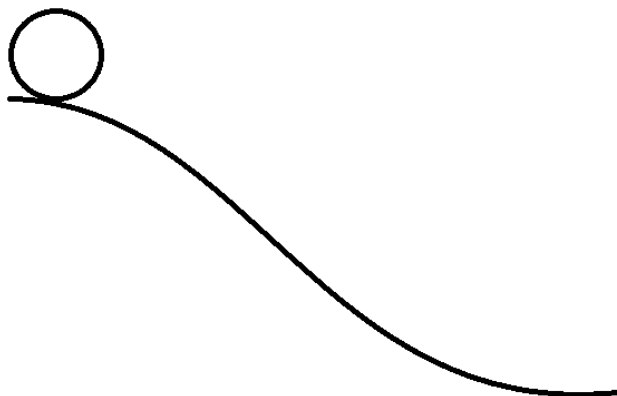
[jaroslav.zajicek@tul.cz](mailto:jaroslav.zajicek@tul.cz)

+420 606 121 168



# Nebezpečí, riziko

- nebezpečí
- příjemce
- výskyt
- újma
- riziko





# Co znamená pojem „riziko“

- Vyhlídka na špatné následky.
- Pravděpodobnost či možnost vzniku ztráty.
- Variabilita možných výsledků nebo nejistota jejich dosažení.
- Matematické očekávání peněžní hodnoty poškození způsobených nebezpečným zdrojem.
- Jakákoli možnost způsobit škodu, jestliže existuje nejistota, zda tyto škody budou realizovány.
- Událost, která může negativně ovlivnit výkonost organizace a zapříčinit nejrůznější ztráty.
- Pravděpodobnost jakéhokoliv výsledku, odlišného od výsledku očekávaného.
- Součin pravděpodobnosti výskytu havárie a jejích potenciálních radiačních následků.
- Možnost, že specifická hrozba využije specifickou zranitelnost systému.
- Možnost, že s určitou pravděpodobností vznikne událost, kterou považujeme z bezpečnostního hlediska za nežádoucí.
- Pravděpodobnost specifických účinků nastávajících během specifického období nebo za specifických podmínek.

**Terminologie rizik není jednotná, existuje řada definic lišících se podle oboru lidské činnosti.**





# Výskyt rizik a jejich výměna

- Všude kolem nás
- Riziko nás provází celý život. Neustále jej podstupujeme a intuitivně optimalizujeme vzhledem k očekávaným přínosům.
- Dobrovolně vs. nedobrovolně přijímané riziko
- Riziko v soukromém vs. profesním životě
- Co je individuální a společenské riziko?
- Eliminace/snížení jednoho rizika zpravidla vyvolá výskyt jiných rizik
- „Safety first“ vs. „Sem tam nějakéj mrtvej nevadí“
- Vnímání rizika je z pohledu jednotlivce vždy subjektivní



Think Safety First!



Safety First



# Riziko v technickém pojetí

- Riziko se intuitivně chápe jako očekávání něčeho nepříznivého. Obsahuje dva oddělené aspekty:
  - výskyt nepříznivé události,
  - výše újmy z nepříznivé události.
- Událost **vzniká náhodně v čase a prostoru**. Výše újmy může být známa předem (je **determinována**) nebo je **náhodného** charakteru

Symbolická rovnice:

**riziko = výskyt x následek**

- Obě složky rizika lze vyčíslit (kvantifikovat).
- Výskyt: pravděpodobnost nebo frekvence?  $R=P \cdot N$      $R=F \cdot N$      $R=F \cdot N^2$



# Kvantifikace následků

- ekonomické dopady
- vliv na bezpečnost práce nebo životní prostředí

Při finančním oceňování lidského života a zdraví se lze inspirovat např. v běžně dostupných studiích, cenou pojištění.

Cena života v ČR (stanovil Nejvyšší soud + Univerzita Karlova): 10 051 200 Kč

*Wikipedia:*

## **Life Value in the US**

The following estimates have been applied to the value of life. The estimates are either for *one year* of additional life or for the statistical value of a *single* life.

\$50,000 per year of quality life (international standard most private and government-run health insurance plans worldwide use to determine whether to cover a new medical procedure)

\$129,000 per year of quality life (based on analysis of kidney dialysis procedures by Stefanos Zenios and colleagues at Stanford Graduate School of Business)

\$9.1 million (Environmental Protection Agency, 2010)

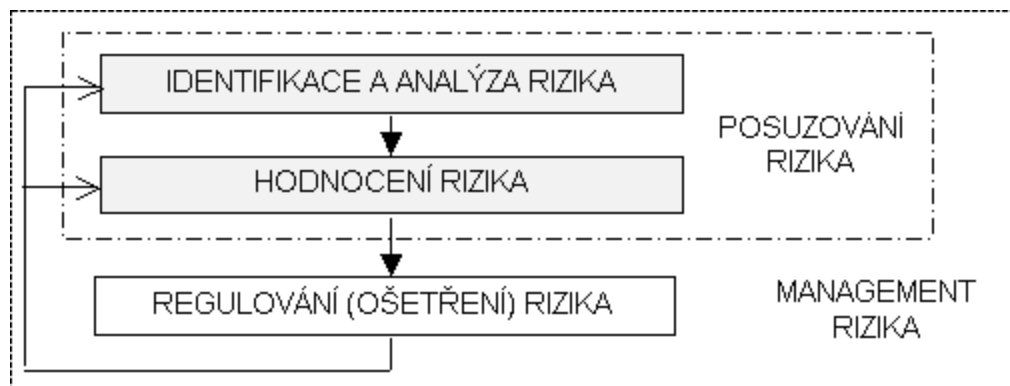
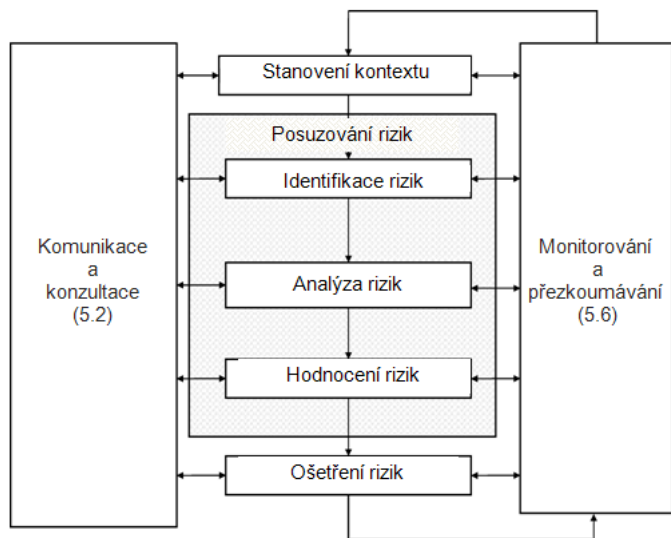
\$7.9 million (Food and Drug Administration, 2010)

\$9.4 million (Transportation Department, 2015)

\$9.1 million (Prof. W. Kip Viscusi, Vanderbilt University, 2013)



# Management rizika







# Přijatelnost rizika

- **Jaderná energetika**

Zákon č. 18/1997 Sb. (atomový zákon) nestanovuje přijatelnou úroveň rizika. Mezinárodně doporučené bezpečnostní cíle:

- četnost tavení aktivní zóny reaktoru menší než  $1 \cdot 10^{-5}$  rok<sup>-1</sup>
- četnost úniků radioaktivity mimo tlak. okruh reaktoru menší než  $1 \cdot 10^{-6}$  rok<sup>-1</sup>

Nařízení vlády č. 11/1999 Sb. (o zóně havarijního plánování). Zóna je stanovena tam, kde je pravděpodobnost radiační havárie větší nebo rovné  $1 \cdot 10^{-7}$  rok<sup>-1</sup>

- **Chemický a petrochemický průmysl včetně výrob a skladů nebezpečných látek**

Zákon č. 59/2006 Sb. (o prevenci závažných havárií) nestanovuje přijatelnou úroveň rizika.

Přijatelná hodnota rizika je v rámci jistého konsensu odborníků určována prostřednictvím přijatelné frekvence (roční četnosti) ohrožení života osob podle kritéria

$$F \cdot N^2 \leq 10^{-4}$$

kde  $N$  je počet ohrožených osob





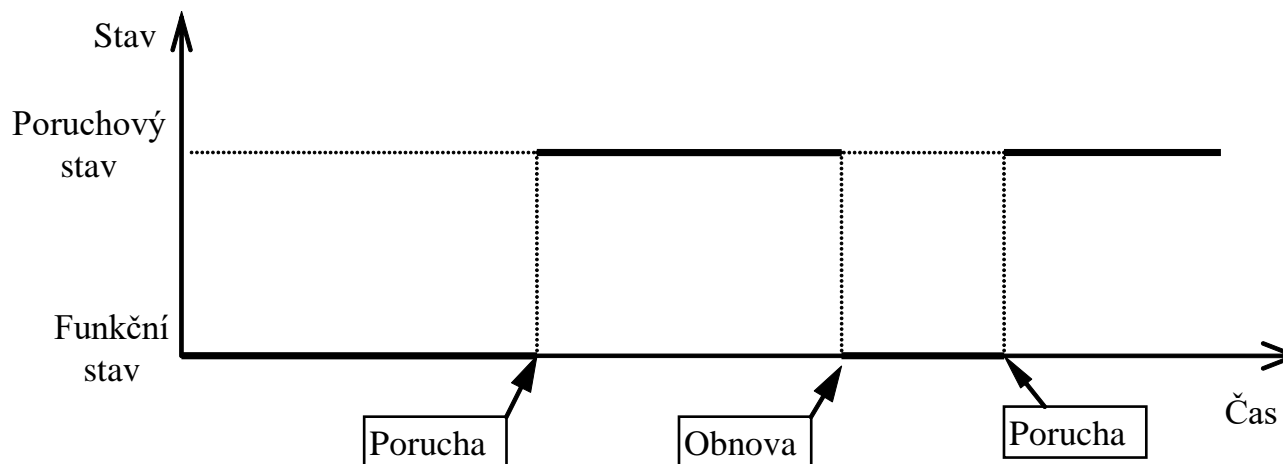
# Přijatelnost rizika a jeho východiska

PŘÍČINY ÚMRTÍ	RIZIKO [osoba <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> ]
Úmrtí ze všech příčin:	
- střední hodnota pro celou populaci	1,03 . 10 <sup>-2</sup>
- muži ve věku 35 - 44 let	1,6 . 10 <sup>-3</sup>
- ženy ve věku 35 - 44 let	1,0 . 10 <sup>-3</sup>
- chlapci 5 - 14 let	1,5 . 10 <sup>-4</sup>
- dívky 5 - 14 let	1,2 . 10 <sup>-4</sup>
Úrazy a otravy	3,2 . 10 <sup>-4</sup>
Všechny typy nehod ze všech dalších vnějších příčin	6 . 10 <sup>-5</sup>
Silniční dopravní nehoda	8 . 10 <sup>-5</sup>
Rakovina plic z radonu v obydlích	4 . 10 <sup>-5</sup>
Nehody zaviněné plynem (požár, výbuch, otrava)	7 . 10 <sup>-7</sup>
Úder blesku	5 . 10 <sup>-8</sup>



# Porucha vs. poruchový stav

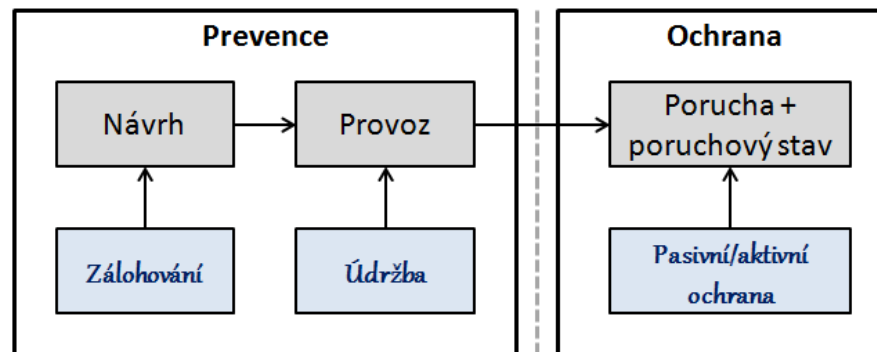
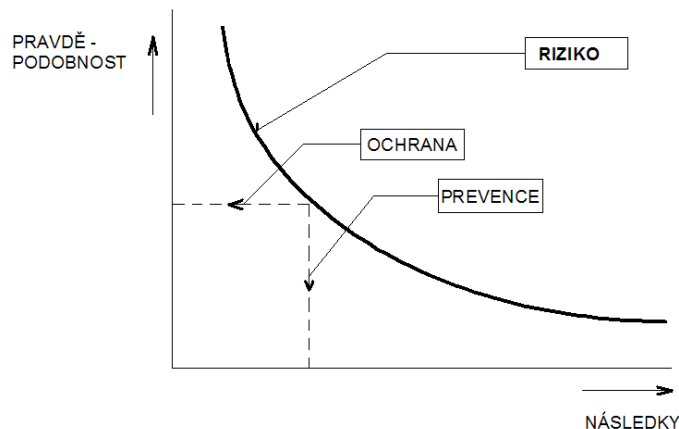
- Porucha: ztráta schopnosti fungovat tak, jak je požadováno
- Poruchový stav: neschopnost fungovat tak, jak je požadováno, v důsledku vnitřního stavu



Při zkoumání rizika a dílčích parametrů, které ovlivňují jeho velikost, je důležité, zda je riziko úměrné počtu poruch, době poruchového stavu nebo závisí na obou těchto ukazatelích. Zatímco následky poruchy vyplývají ze změny stavu objektu, tak následky poruchového stavu vyplývají z nepohotovosti objektu.



# Ošetřování rizika

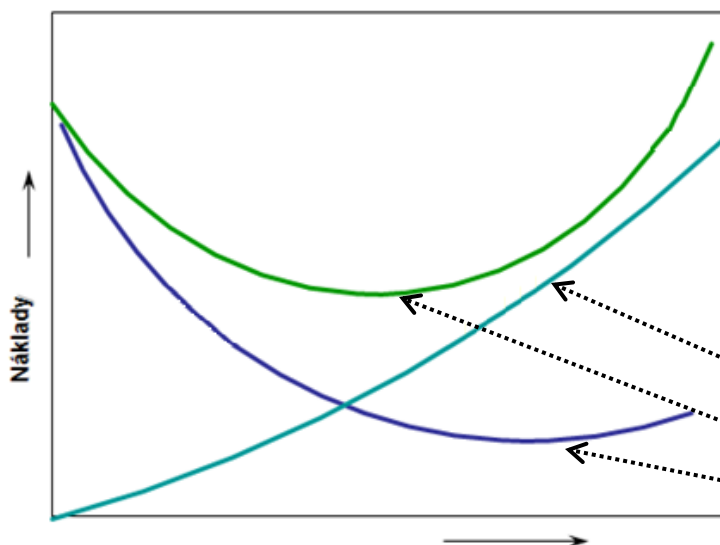


- Je použití brzdových a stabilizačních asistentů v automobilech preventivním nebo ochranným opatřením?



# Ošetřování rizika

- Bez ohledu na způsob ošetřování rizik bychom měli respektovat základní optimalizační princip, kdy investice vložená do prevence či ochrany nemá převyšovat získaný benefit ve formě snížení rizika. To nemusí striktně platit u zařízení s vlivem na bezpečnost práce nebo životní prostředí, kde je v první řadě nutné splnit kritéria požadovaná legislativně.



## Co si dáme na vodorovnou osu?

- míra zálohování
- stupeň preventivní údržby
- úroveň integrity bezpečnosti bezpečnostních systémů
- ...

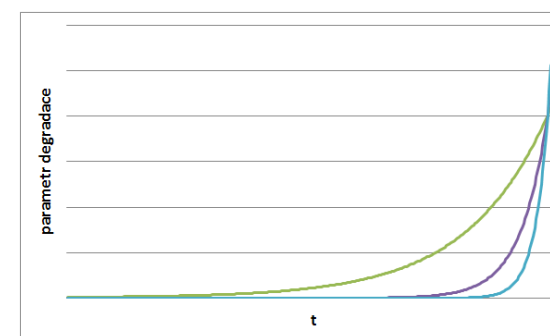
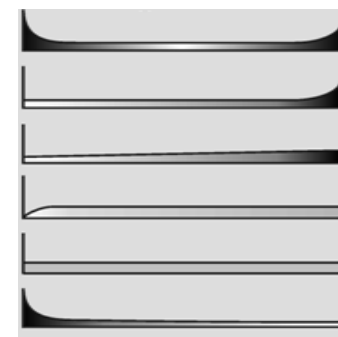
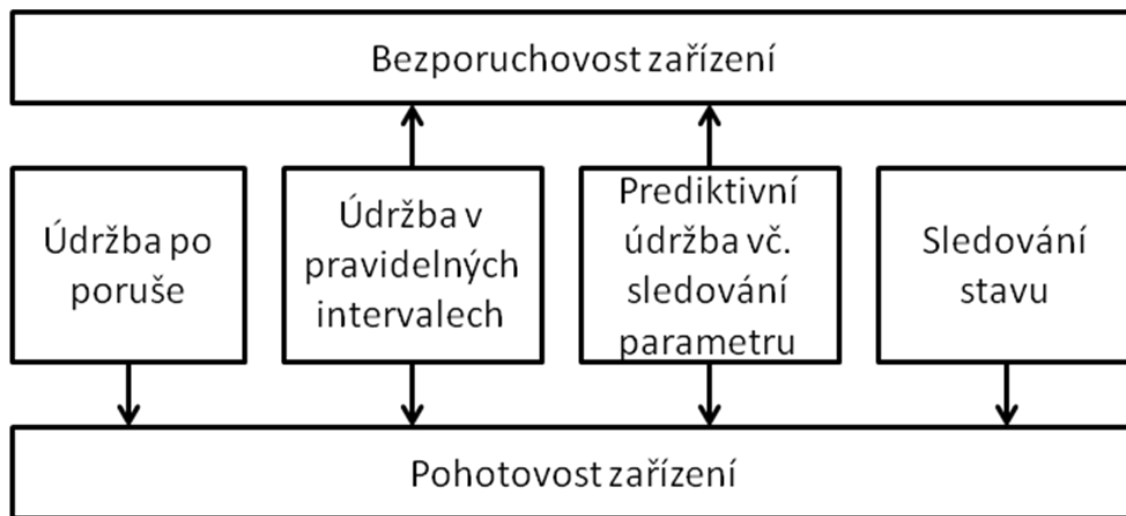
## Co jsou jednotlivé křivky?

- náklady dle významu vodorovné osy
- celkové náklady
- náklady spojené s poruchou + poruchovým stavem



# Ošetřování rizika – údržba, nejen preventivní

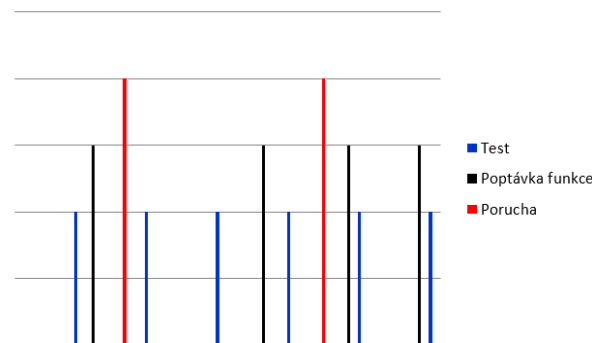
- Smyslem údržby je omezit množství poruch a zároveň snížit i dobu poruchového stavu.
- Porucha generuje náklady související s obnovou prvku (případně dalších prvků, které byly zároveň poškozeny), poruchový stav se promítá do hodnoty ztrát z nedostupnosti zařízení.





# Ošetřování rizika – údržba, nejen preventivní

- Údržbu je možné plánovat nejen na dané zařízení a jeho fyzické komponenty, ale lze ovlivňovat i parametry prostředí. Pravidelné čištění v prašném prostředí, nebo realizace filtrace vzduchu bude mít pozitivní dopad nejen na samotné zařízení, ale může snižovat i nebezpečí výbuchu při nevhodné koncentraci prachových částic.
- Ekonomické parametry údržby:
  - ceny zařízení a ND
  - sazby za jednotlivé profese, podílející se na údržbě a řešení poruch
  - výrobní ztráty
- Spolehlivostní údaje
  - způsoby poruch a jejich projevy
  - MTBF
  - MTTR
  - doba dodání ND
  - ...
- Speciální úlohy při plánování údržby
  - stanovení intervalu testování pro skryté poruchy
  - autodiagnostika není nikdy pro 100 % způsobů poruch
  - zpravidla se týká bezpečnostních systémů





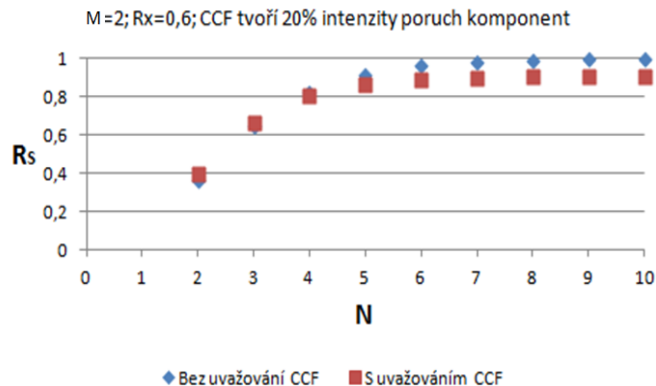
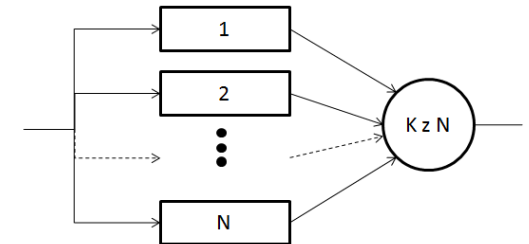
# Ošetřování rizika – problematika ND

- Specifická unikátní zařízení mohou mít doby dodání ND v řádu měsíců
- Řešením je:
  - držení ND skladem
  - servisní smlouva
  - společné držení ND pro více subjektů
  - tzv. kanibalismus
- Je třeba určit potřebné hladiny ND, které vychází z průměrného čerpání a pojistné rezervy
  - s jakou pravděpodobností chci mít ND k dispozici?
  - kde je ekonomické minimum?
- Riziko plyne i z ukončení výroby ND – lze se předzásobit



# Ošetřování rizika – zálohování

- standardní paralelní zálohování
- zálohování pomocí výběrového systému K z N (M z N)
- zvyšuje pohotovost funkce a tím snižuje náklady z její nedostupnosti
- zvyšuje náklady na pořízení, provoz a údržbu
- Při návrhu je nutné zvážit tyto parametry jednotlivých prvků:
  - horká / studená záloha,
  - zjevnost poruch,
  - poruchy se společnou příčinou CCF,
  - možnosti údržby jednotlivých prvků vzhledem k provozuschopnosti systému





# Ošetřování rizika – aktivní / pasivní ochrana

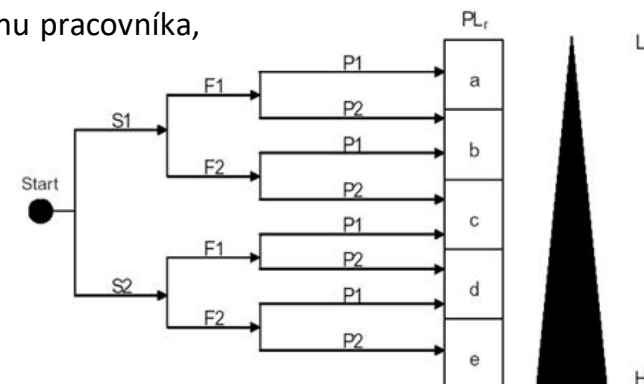
- Pokud píšeme o aktivních nebo pasivních ochranných opatřeních, máme na mysli většinou opatření z důvodu existence bezpečnostních rizik.

## Vybrané dokumenty zabývající se bezpečností:

- ČSN EN ISO 12100:2011 (83 3001) Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika
- ČSN EN ISO 13849-1:2008 (83 3205) Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Všeobecné zásady pro konstrukci
- ČSN EN 62061:2005 (33 2208) Bezpečnost strojních zařízení – Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů souvisejících s bezpečností
- ČSN EN 61508-5:2011 (18 0301) Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností – Část 5: Příklady metod určování úrovní integrity bezpečnosti

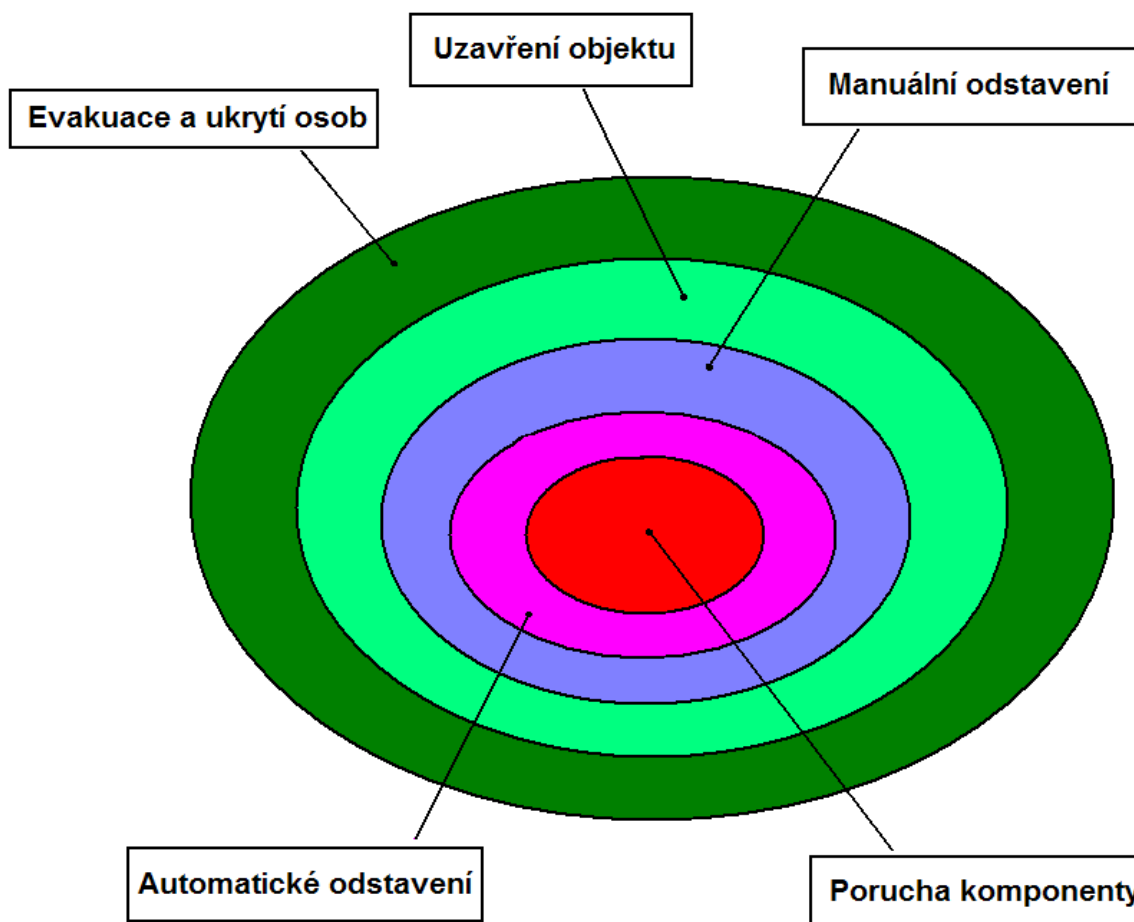
## Hledání způsobů jak ošetřit bezpečnostní rizika by mělo respektovat následující pořadí jednotlivých možností opatření:

- pevný kryt nebo jiná mechanická zábrana oddělující rizikové místo od dosahu pracovníka,
- bezpečnostní systém (čidlo-logika-akční člen),
- ochranné pomůcky, bezpečnostní školení, pracovní instrukce apod.





# Ošetřování rizika – aktivní / pasivní ochrana



Vrstvy (obálky) bezpečnosti - model cibule



# Příklady ošetřování rizik v prostředí ČR

## ČEZ

- pravidelné přezkoumání plnění projektových hodnot MTBF
- návrh počtu držených ND pro zařízení, kterým končí podpora od výrobce
- pravidelné přezkoumání spolehlivostních ukazatelů bezpečnostních funkcí

## Rafinérie

- zavedení RCM
- priorita oprav a držení ND na základě kritičnosti zařízení, poruchovosti zařízení a stupni zálohování
- analýza nákladů a rizik investice do nových rotačních strojů
- porovnání stavu provozování turbokompresorů ve variantách výběrového zálohování 5 z 6 a 5 z 7

## Letiště Kbely

- analýza pohotovosti radiokomunikačního systému letiště a návrh vhodného zálohování

## Český plynárenský svaz

- trasování nových plynovodů



Europäische Union. Europäischer  
Fonds für regionale Entwicklung.  
Evropská unie. Evropský fond pro  
regionální rozvoj.



Ahoj sousede. Hallo Nachbar.  
Interreg V A / 2014 – 2020

# Děkuji za pozornost