

# IDENTIFIKÁCIA A MODELY REŤAZCOV UDALOSTÍ

&

BANSKÁ BYSTRICA  
2015

FAKULTA PRÍRODNÝCH  
VIED UNIVERZITY  
MATEJA BELA

JÁN ZELENÝ

**UNIVERZITA MATEJA BELA V BANSKEJ BYSTRICI  
FAKULTA PRÍRODNÝCH VIED**

**Ján ZELENÝ**

**IDENTIFIKÁCIA A MODELY REŤAZCOV UDALOSTÍ**

Vedecká monografia

**2015**

 **BELIANUM**

© prof. Ing. Ján Zelený, CSc.

**Recenzenti :** prof. Ing. Anton Osvald, CSc.  
prof. Ing. Karol Balog, CSc.  
Ing. Marián Lovič

Vydavateľ: © Belianum. Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici

Edícia: Fakulta prírodných vied

Vydanie: prvé

Vydané: 2015

Rozsah: 124 strán

Formát: CD

Náklad: 100 kusov

Tlač: Equilibria, s.r.o., Košice

*Táto monografia je určená študentom študijného odboru Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci a študijného odboru Environmentálny manažment. Môžu ju však využiť aj odborníci zaoberajúci sa problematikou manažérstva rizika v spoločenskej praxi.*

*Monografia bola schválená edičnou komisiou Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici*

*Všetky práva vyhradené. Žiadna časť tejto publikácie nesmie byť reprodukováaná a/alebo distribuovaná v akejkoľvek forme a akýmkoľvek prostriedkami či uchovávaná v databáze alebo systéme vyhľadávania bez predchádzajúceho súhlasu vydavateľa a autora.*

ISBN 978-80-557-0639-9

## PREDHOVOR

---

V spoločenskej praxi sa veľmi často vyskytujú dva zaujímavé typy situácií.

Prvou z nich je situácia, ktorá od subjektu (človeka, združenia, organizácie, ...) vyžaduje rozhodnutie či, a keď, tak ako vojsť do interakcie s potenciálne nebezpečným procesom alebo objektom. Napríklad či sa má použiť tá alebo oná technológia, ten alebo onen postup, či sa má zakúpiť to alebo iné zariadenie, či sa vzhľadom na možné environmentálne ohrozenia „má alebo nemá vydať povolenie“ na ten alebo onen zámer, či vzhľadom na možné riziká organizovať alebo neorganizovať určité podujatie a pod.

Druhou z nich je situácia, v ktorej subjekt už je v interakcii s potenciálne nebezpečným procesom alebo objektom a teda už je istým spôsobom jeho súčasťou. V tomto prípade subjekt musí hľadať a nájsť taký spôsob koexistencie s rizikom vyplývajúcim z daného procesu alebo objektu, ktorý by jemu a ne-zriedka aj jeho okoliu garantoval istú všeobecne akceptovanú mieru bezpečnosti. Napríklad vytvorenie a implementácia bezpečného spôsobu obsluhy zariadenia predstavujúceho istý potenciál ohrozenia zdravia človeka, vytvorenie a implementácia systému ochrany pred únikom nebezpečných látok do okolia organizácie, výber spôsobu organizovania a zabezpečenia určitého podujatia a pod.

Či v prvom, alebo v druhom type uvedených situácií sa môžu ako „sprievodné javy“ objaviť náhle a neplánovane vznikajúce udalosti zvyčajne generujúce negatívne dopady a vplyvy. Identifikácia týchto udalostí, predchádzanie ich vzniku, ale aj ich komplexné zvládanie keď už nastanú, zvyčajne predstavuje zložitý, mnohovýrovňový problém.

Manažérstvo rizika, ako komplexný systém, ktorý je v organizáciách najrôznejších typov a veľkostí, alebo pri organizovaní rôznych podujatí reprezentovaný navzájom prepojenými systémami prevencie a havarijnej pripravenosti v podstate „stojí“ na troch hlavných pilieroch:

- **legislatíva,**  
vytvárajúca pre celý proces systémové a špecifické „pravidlá“,
- **ochrana,**  
predstavujúca systém „garantovania“ všeobecne akceptovateľnej miery ohrozenia zdravia a životov ľudí, majetku organizácie a okolitých subjektov a životného prostredia, vrátane pracovného prostredia,
- **ekonomika,**  
zameraná na dosiahnutie efektívnosti, účelnosti a hospodárnosti celého systému manažérstva rizika.

Lenže v spoločenskej praxi sa analýza rizika v kontexte pojmu **ochrana** veľmi často vykonáva len preto, lebo tak stanovil zákon a proces realizácie analýzy rizika sa (na škodu veci) skôr považuje za úlohu, ktorú je v duchu zákona potrebné splniť, než za prostriedok dosiahnutia iného, významnejšieho cieľa. Tým v každej organizácii, alebo pri organizovaní akéhokoľvek podujatia musí byť vytvorenie takých komplexných podmienok, ktoré by garantovali všeobecne prijateľnú mieru ohrozenia. Proces analýzy rizika vytvára pre dosiahnutie tohto cieľa neoceniteľnú východiskovú platformu. Je teda zrejmé, že komplexný proces analýzy, posudzovania a hodnotenia závažnosti rizika musí byť plánovaný, realizovaný a riadený vždy v súlade s účelom, pre ktorý bude uskutočnený. Pokiaľ tento proces bude len samoúčelným splnením istej úlohy, bez znalosti toho, k čomu jeho výsledky budú slúžiť, nemôže v podstate poskytnúť garanciu toho, že bude komplexný a kompletný. A ak na báze takejto platformy bude následne vytvorený systém „garantovania“ všeobecne akceptovateľnej miery ohrozenia zdravia a životov ľudí, majetku organizácie a okolitých subjektov a životného prostredia, vrátane pracovného prostredia, je s vysokou pravdepodobnosťou možné predpokladať, že bude obsahovať slabé miesta a čo je horšie „neriešené“ miesta, pretože nekomplexná analýza rizika ich nepostrehla, alebo jednoducho nezobrala do úvahy.

Pohnútky, ktoré viedli autora k vytvoreniu vedeckých monografií

## **IDENTIFIKÁCIA A MODELY REŤAZCOV UDALOSTÍ**

a

## **MODELOVANIE REŤAZCOV UDALOSTÍ**

vychádzali z rokmi v praxi overenej skúsenosti:

**S DOSTATOČNOU PRAVDEPODOBNOŠŤOU VEDIEŤ ODKIAL' A KEDY  
JE MOŽNÉ OČAKÁVAŤ ISTÉ OHROZENIA, POZNAŤ ICH PODSTATU  
A POZNAŤ MIERU TÝCHTO OHROZENÍ JE PRVÝM PREDPOKLADOM  
VEDIEŤ, AKO SA IM ÚČINNE A EFEKTÍVNE BRÁNIŤ**

V tomto kontexte si však autor bol vedomý aj faktu, že žiadna publikácia, nech už by mala akýkoľvek rozsah, sa nemôže v potrebnej hĺbke a šírke zaoberať takou zložitou, rozsiahlou a komplexnou problematikou, akú predstavuje spoznávanie rizík súvisiacich s realizáciou ľudských činností a hľadanie spôsobov koexistencie s nimi na úrovni všeobecne akceptovateľnej miery ohrozenia.

Pri koncipovaní monografií bol preto vytýčený užší, ale splniteľnejší cieľ. Stala sa ním snaha podať určitý systémový pohľad na problematiku identifikácie, analýzy, posudzovania a hodnotenia závažnosti rizík vychádzajúci z princípov modelovania. Monografie boli pritom koncipované tak, aby ich mohli využívať nielen poslucháči vysokoškolského štúdia v študijných programoch orientovaných na manažérstvo rizika, ale aby v nich mohli nájsť inšpirujúce podnety aj pracovníci odbornej praxe.

<b>ZOZNAM OBRÁZKOV.....</b>	<b>7</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1. PREDSTAVENIE PROBLEMATIKY.....</b>	<b>14</b>
<b>2. MANAŽÉRSTVO RIZIKA .....</b>	<b>26</b>
2.1 ZÁKLADNÉ POJMY.....	26
2.2 STN ISO 31000: 2011 .....	28
2.2.1 Zásady.....	29
2.2.2 Štruktúra.....	30
2.2.3 Proces.....	34
2.2.4 Zaobchádzanie s rizikom.....	38
<b>3. REŤAZCE UDALOSTÍ – VŠEOBECNÝ TVAR.....</b>	<b>47</b>
<b>4. REŤAZCE UDALOSTÍ VEDÚCE KU VZNIKU VRCHOLOVEJ UDALOSTI.....</b>	<b>52</b>
4.1 VZNIK VRCHOLOVEJ UDALOSTI.....	52
4.2 PRIEBEH VRCHOLOVEJ UDALOSTI A JEJ NÁSLEDKOV.....	55
4.3 IDENTIFIKÁCIA REŤAZCOV UDALOSTÍ – PRINCÍP.....	58
4.4 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – OBJEKT A PROCES.....	60
<b>5. TECHNICKÝ SYSTÉM.....</b>	<b>62</b>
5.1 TECHNICKÝ SYSTÉM.....	62
5.2 ŠTRUKTÚRA A VLASTNOSTI TECHNICKÉHO SYSTÉMU.....	65
5.2.1 Princíp relativity, princíp dekompozície a princíp subsystém je tiež systém.....	66
5.2.2 Princíp optimality, suboptimalizácie a neaditívnosti vlastností.....	71
5.2.3 Princíp stability a adaptability.....	72
5.3 SPOĽAHLIVOSŤ PRVKU.....	72
5.4 SPOĽAHLIVOSŤ TECHNICKÉHO SYSTÉMU, BLOKOVÉ MODELY SPOĽAHLIVOSTI.....	77

<b>6. PROCES.....</b>	<b>86</b>
<b>7. PRIEBEH VRCHOLOVEJ UDALOSTI A VZNIK DOPADOV.....</b>	<b>90</b>
7.1 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – DOPADY.....	90
7.2 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – JEDEN KONKRÉTNY DOPAD.....	92
7.3 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – NIEKOĽKO DOPADOV.....	93
7.3.1 vrcholová udalosť – niekoľko paralelných dopadov.....	93
7.3.1.1 nezlučiteľné dopady.....	94
7.3.1.2 zlučiteľné dopady.....	97
7.3.2 vrcholová udalosť – niekoľko sériových dopadov.....	100
7.4 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – VZNIK DOPADU A REŤAZCA UDALOSTÍ.....	101
7.4.1 paralelný vznik dopadu a reťazca udalostí.....	101
7.4.2 paralenno-sériový vznik dopadu a reťazca udalostí.....	102
7.5 VIAC VRCHOLOVÝCH UDALOSTÍ – DOPAD.....	105
7.5.1 zložený tvar – logický súčet.....	105
7.5.2 zložený tvar – logický súčin.....	107
<b>8. VRCHOLOVÁ UDALOSŤ AKO VÝSLEDOK REŤAZCA UDALOSTÍ.....</b>	<b>109</b>
8.1 JEDNODUCHÁ REŤAZ UDALOSTÍ.....	109
8.2 ROZVETVENÁ REŤAZ UDALOSTÍ.....	111
8.3 ZLOŽENÁ REŤAZ UDALOSTÍ POSTAVENÁ NA PRINCÍPE LOGICKÉHO SÚČTU.....	111
8.4 ZLOŽENÁ REŤAZ UDALOSTÍ POSTAVENÁ NA PRINCÍPE LOGICKÉHO SÚČINU.....	112
<b>9. PRAVDEPODOBNOŠŤ VZNIKU UDALOSTI.....</b>	<b>114</b>
9.1 VYJADRENIE PRAVDEPODOBNOŠTI.....	114
9.2 STANOVENIE PRAVDEPODOBNOŠTI.....	121
<b>ZÁVER.....</b>	<b>123</b>
<b>LITERATÚRA.....</b>	<b>124</b>



## ZOZNAM OBRÁZKOV

---

- Obr. 1.1** Úraz – reťazce udalostí
- Obr. 1.2** Procesná schéma
- Obr. 1.3** Základná schéma
- Obr. 2.1** Manažerstvo rizika, základná štruktúra.
- Obr. 2.2** Zložky štruktúry manažerstva rizika.
- Obr. 2.3** Štruktúra prvkov a vzťahov bloku Proces
- Obr. 2.4a** Zaobchádzanie s rizikom - programy
- Obr. 2.4b** Zaobchádzanie s rizikom - programy
- Obr. 2.5** Zaobchádzanie s rizikom – monetárne vyjadrenie
- Obr. 3.1** Reťazec udalostí – základné časti
- Obr. 3.2** Reťazec udalostí – časový priebeh
- Obr. 4.1** Modelová situácia pracoviska
- Obr. 4.2** Rizikový faktor, iniciačný impulz a podmienka
- Obr. 4.3** Expozičný proces – šírenie úniku
- Obr. 4.4** Hlavné časti reťazca udalostí
- Obr. 5.1** Štruktúra technického systému
- Obr. 5.2** Hierarchia systémov
- Obr. 5.3** Ohraničenie systému
- Obr. 5.4** Funkcia intenzity porúch Exponenciálneho rozdelenia
- Obr. 5.5** Funkcia intenzity porúch Weibullovoho rozdelenia.
- Obr. 5.6** Normálne rozdelenie - grafy funkcií  $F(t)$ ,  $R(t)$   $F(t)$  a  $\lambda(t)$
- Obr. 5.7** Sústava  $M_k$  so sériou štruktúrou  $\varphi_s - M_k\varphi_s$
- Obr. 5.8** Sústava  $M_k$  s paralelnou štruktúrou  $\varphi_p - M_k\varphi_p$
- Obr. 5.9** Sústava  $M_k$  so sériovo paralelnou štruktúrou  $\varphi_{sp} - M_k\varphi_{sp}$
- Obr. 5.10** Sústava  $M_k$  s paralelno sériovou štruktúrou  $\varphi_{ps} - M_k\varphi_{ps}$
- Obr. 5.11** Sústava  $M_k$  s kombinovanou štruktúrou
- Obr. 5.12** Blokový model spoľahlivosti - sériový
- Obr. 5.13** Blokový model spoľahlivosti - zmiešaný

- Obr. 5.14** Blokový model spoľahlivosti - paralený
- Obr. 6.1** Procesná mapa - princíp
- Obr. 7.1** Modelová situácia
- Obr. 7.2** Vrcholová udalosť – dopad, jednoduchý tvar
- Obr. 7.3** Vrcholová udalosť – niekoľko paralelných dopadov
- Obr. 7.4** Vrcholová udalosť – niekoľko dopadov
- Obr. 7.5** Vrcholová udalosť – sériové dopady
- Obr. 7.6** Nehoda – dopad a udalosť
- Obr. 7.7** Sériovo-paralelný model
- Obr. 7.8** Zložený model
- Obr. 7.8a** Sekvencia a
- Obr. 7.8b** Sekvencia b
- Obr. 7.8c** Sekvencie c a d
- Obr. 7.9** Vrcholová udalosť – dopad, logický súčet
- Obr. 7.10** Vrcholová udalosť – dopad, logický súčin
- Obr. 8.1** Jednoduchá reťaz udalostí – Domino efekt
- Obr. 8.2** Jednoduchá reťaz udalostí
- Obr. 8.3** Rozvetvená reťaz udalostí
- Obr. 8.4** Zložená reťaz udalostí – logický súčet
- Obr. 8.5** Zložená reťaz udalostí – logický súčin
- Obr. 9.1** Vzťahové väzby pravdepodobnosť/následok
- Obr. 9.2** Škála pravdepodobnosti
- Obr. 9.3** Reťazec udalostí

Riziko sa v našich životoch v rôznych súvislostiach objavuje a aj sa bude objavovať, pretože neexistuje žiadny systém, o ktorom by sa dalo povedať, že je 100% bezpečný. S rizikom je v živote treba jednoducho rátať. Rátať s ním však neznamená ho len pasívne prijímať a nechávať ho neriadene sa prejavovať a na nás pôsobiť. Rátať s ním predovšetkým znamená spoznávať ho, aktívne s ním zaobchádzať a riadiť ho, jednoducho hľadať spôsoby bezpečnej koexistencie s ním. Lenže v kontexte procesov riadenia rizík sa v minulosti veľmi často objavoval a bohužiaľ sa nezriedka ešte stále objavuje zvláštny paradox.

Na strane posudzovania toho, čo je bezpečné a čo nie je bezpečné, resp. do akej miery je to bezpečné alebo nebezpečné sa pomerne často akceptovala a neraz aj akceptuje vysoká miera subjektivity.

Naproti tomu na strane tvorby a implementácie reálnych spôsobov a postupov, ako nebezpečenstvu predchádzať a keď už niečo negatívne spôsobí, ako sa vtedy správať, ako minimalizovať dopady, ako celú vec analyzovať a ako si z toho zobrať ponaučenie pre budúcnosť sa už priam vyžadovala a aj vyžaduje vysoká miera objektivity.

Je teda namieste otázka: Nemala by byť vyžadovaná rovnako vysoká miera objektivity na oboch stranách mince?

Jednoznačnú odpoveď ÁNO podporuje aj staré manažérske pravidlo, ktoré trochu nadnesene hovorí:

**ČO VIEŠ ZMERAŤ, VIEŠ AJ RIADIŤ.**

A je v tom veľký kus pravdy, lebo ak „niečo nevieme zmerať“, na základe čoho vieme posúdiť, či je „toho“ veľa, málo, tak akurát, či treba ubrať, alebo naopak pridať a pod. V prenesenom zmysle slova to platí aj pre riziko. Ak bude riziko „zle

zamerané", teda ak bude nedostatočne a neobjektívne identifikované a posúdené a ak bude neadekvátne zhodnotená jeho závažnosť, je jasné, že len ťažko bude môcť byť spoľahlivým spôsobom riadené. Ak riziko nebude spoľahlivým spôsobom riadené, teda ak bude obmedzená možnosť patričným spôsobom s rizikom zaobchádzať a ovplyvňovať ho, alebo ak táto možnosť bude úplne absentovať, riziko sa veľmi ľahko môže vymknúť spod kontroly. A ak dôjde k vymknutiu sa rizika spod kontroly, môže spôsobiť až nečakane veľké problémy a neželané negatívne dopady.

A naopak. Ak má byť naplnená požiadavka eliminácie, resp. minimalizácie negatívnych dopadov, ako následkov rizika, toto jednoznačne „musí byť pod kontrolou“. Lenže mať riziko pod kontrolou si vyžaduje schopnosti a možnosti riziko spoľahlivým spôsobom riadiť a ovplyvňovať. A spoľahlivo fungujúci systém zaobchádzania s rizikom musí vychádzať z detailného poznania všetkých jeho aspektov.

V kontexte s uvedeným sa **platformou** monografie, ktorej sa práve teraz venujete sa stalo racionálne jadro jedného z Murphyho zákonov

**AK CHCEŠ NIEČO RIADIŤ, JE VEĽKOU VÝHODOU,  
AK O TOM ČO RIADIŠ NIEČO AJ VIEŠ.**

A je to fakt, pretože riziko dokážeme dosť ťažko - ak vôbec riadiť, ak o ňom nebudeme mať potrebné množstvo kvalitných informácií.

Následne sa **hlavným zameraním** monografie úplne prirodzene stala problematika modelov a modelovania reťazcov udalostí, ktoré ale monografia nepovažuje za cieľ, ktorý má byť dosiahnutý, ale za prostriedok pre dosiahnutia cieľa. A tým je spoľahlivo fungujúci systém riadenia rizika a zaobchádzania sním. A výstupy procesov identifikácie a modelovania reťazcov udalostí potenciálne možných generovať negatívne dopady predstavujú jeden z kľúčových vstupov procesov kreovania a implementácie programov zaobchádzania s rizikom.

**Cieľom** monografie sa stalo predovšetkým predstavenie hlavných princípov vzniku a reťazenia udalostí generujúcich hlavne environmentálne a humánne, čiastočne aj vecné negatívne dopady a nie predstavenie „kompletného aktuálneho systému“ už či modelov reťazcov udalostí, alebo metód a postupov ich modelovania. Tie sa neustále vyvíjajú a menia. No v procese ich vývoja a zmien sú stále uplatňované tie isté základné princípy.

## 1. kapitola

### PREDSTAVENIE PROBLEMATIKY

---

Takmer všetky činnosti, ktoré v rámci akýchkoľvek aktivít, alebo na pôde akéhokoľvek typu a veľkosti organizácie vykonávajú jednotlivci, alebo väčšie, či menšie skupiny ľudí generujú, alebo môžu generovať určité riziko. Organizácie, resp. poverené osoby toto riziko riadia tým, že ho identifikujú, analyzujú a posudzujú, či a ako je potrebné ho modifikovať, aby vyhovovalo vopred stanoveným kritériám (9). Ak má byť riadenie rizík efektívne, musia byť splnené minimálne tri základné predpoklady:

- **riziko musí byť spoľahlivo identifikované, kvalifikované a kvantifikované,**
- **klúčovým princípom riadenia rizika musí byť princíp proaktivity, nie reaktivity,**
- **systém riadenia rizika musí tvoriť neoddeliteľnú súčasť systému riadenia celej organizácie.**

Po pomerne náročnom procese vývoja uzrela svetlo sveta medzinárodná norma **ISO 31000: 2009 Risk Management. Principles and guideneles**. Následne bola v apríli roku 2011 táto norma zavedená aj v sústave slovenských technických noriem ako **STN ISO 31000: 2011 Manažérstvo rizika. Zásady a návody**. Týmto počínom sa vytvorila všeobecne platná platforma pre vytváranie, implementáciu a udržiavanie manažérstva rizika v rôznych typoch organizácií, resp. pri realizácii rôznych typov a druhov činností, pri ktorých je možné sa stretnúť s rozličnými vonkajšími faktormi a vplyvmi vytvárajúcimi neistotu, či a kedy budú stanovené ciele aj dosiahnuté. Norma je teda určená pre akúkoľvek verejnú, súkromnú alebo spoločenskú organizáciu, asociáciu, skupinu alebo jednotlivca. Keďže nie je špecifická ani pre žiadny typ priemyslu, ani pre

žiadne odvetvie, je postavená tak, aby brala do úvahy rozličné potreby konkrétnej organizácie, združenia, skupiny osôb a pod., ich špecifické ciele, kultúru, súvislosti, štruktúru, prevádzku, procesy, funkcie, projekty, používané postupy, produkty, služby, alebo majetok.

Ak sa máme zaoberať problematikou analýzy, posudzovania a hodnotenia závažnosti rizík, ako kľúčového fundamentu pre kreovanie programov ich eliminácie, alebo znižovania a programov bezpečnej koexistencie s nimi, predstavme si aspoň niektoré základné pojmy a definície platné v manažérstve rizika kreovanom v zmysle normy ISO 31000.

### **RIZIKO**

- účinok neistoty zámerov, pričom:
  - účinnok** je odchýlka od očakávania – kladná alebo záporná;
  - zámer** môžu mať rozličné aspekty (ako sú finančné, zdravotné, bezpečnostné a environmentálne) a môžu sa uplatňovať na rozličných úrovniach (ako je strategická úroveň, v rámci celej organizácie, v rámci projektu, produktu alebo procesu);
  - neistota** je stav, aj keď čiastočný, nedostatku informácií týkajúcich sa chápania alebo vedomostí o udalosti, jej následkoch alebo možnostiach.
- sa vyjadruje kombináciou následkov udalosti a súvisiacej pravdepodobnosti výskytu.

### **ZDROJ RIZIKA**

prvok, ktorý sám osebe alebo v kombinácii má vnútorný potenciál vyvolať riziko.

### **UDALOSŤ**

výskyt alebo zmena konkrétnej množiny okolností, pričom udalosť:

- sa môže vyskytnúť raz alebo viackrát a môže mať niekoľko príčin;
- sa môže skladať z niečoho, čo nenastane;
- môže niekedy znamenať len príhodu alebo nešťastnú udalosť;
- bez následkov predstavuje udalosť, o ktorej je možné hovoriť aj ako o takmer strate, príhode, šťastnej náhode alebo o dôvernom upozornení, (v staršej literatúre bola uvádzaná pod pojmom – skoronehoda.

## **PRAVDEPODOBNOŠŤ**

možnosť, že sa niečo stane vyjadrená číslom medzi 0 a 1.

## **NÁSLEDOK**

výsledok udalosti ovplyvňujúci zámery, pričom:

- udalosť môže viesť k množstvu následkov;
- následok môže byť istý alebo neistý a môže mať kladný alebo záporný účinok na zámery;
- následky možno vyjadriť kvalitatívne alebo kvantitatívne;
- začiatkové následky sa môžu zvýšiť vyvolanými účinkami.

## **ZAOBCHÁDZANIE S RIZIKOM**

proces modifikujúci riziko zahŕňajúci:

- vyvarovanie sa riziku rozhodnutím nezačínať činnosť alebo nepokračovať v činnosti, ktorá vytvára riziko;
- akceptovanie alebo zvýšenie rizika s cieľom využiť príležitosť;
- odstránenie zdroja rizika;
- zmenu pravdepodobnosti;
- zmenu následkov;
- podieľanie sa na riziku s ďalšou stranou alebo s ďalšími stranami (vrátane zmlúv a financovania rizika);
- zachovanie rizika na základe informovaného rozhodnutia.

**Zaobchádzanie s rizikom**, ktoré sa zaoberá jeho zápornými následkami, sa niekedy označuje ako **zmiernenie rizika**, **eliminácia rizika**, **prevencia rizika** a **zníženie rizika**, pričom zaobchádzanie s rizikom môže vytvoriť nové riziko alebo modifikovať existujúce riziko.

Je všeobecne známy fakt, že „nič zlé (rozumej následok) sa nezjaví naraz a len tak, samo od seba“, ale takmer vždy sa „ono zlé“ objaví až na konci celého reťazca, nezriedka viacerých reťazcov zväčša neplánovaných, ale logicky na seba nadväzujúcich udalostí. Ak teda má byť vytvorený a implementovaný efektívne fungujúci proces zaobchádzania s rizikom, nestačí len poznať pravdepodobnosť, s akou „sa ono zlé aj stane“, ale nemenej dôležitým musí byť aj poznanie



mechanizmu a okolností vzniku a priebehu spomínaných reťazcov udalostí. Prax už neraz potvrdila platnosť známych výrokov:

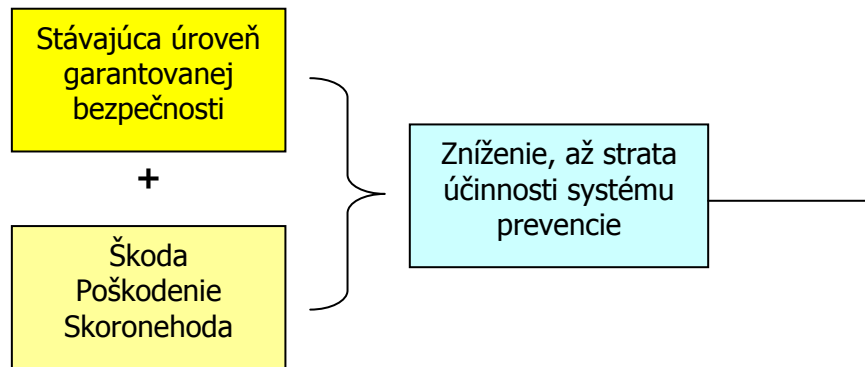
**Nehoda nie je náhoda, ale príhoda, pretože má svoj dej – začiatok, priebeh a koniec, ibaže nie každá príhoda nutne musí byť nehodou!!!**

**Každý úraz je následkom nehody, no nie každá nehoda nutne musí skončiť úrazom!!!**

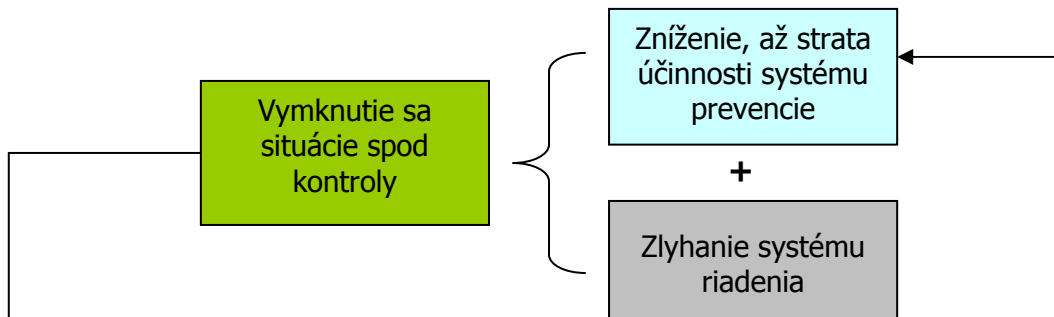
A ono je to naozaj tak. Veď ani jeden úraz, choroba z povolania, neželaný únik nebezpečnej látky do prostredia, alebo iný negatívny následok ešte nikdy nevznikli len tak, sami od seba, ale vždy len ako následok určitej udalosti, resp. celého reťazca udalostí. Nech je tento fakt demonštrovaný na nasledovných prípadoch.

Prvý prípad predstavujú scenáre vývoja účinnosti a funkčnosti systému riadenia rizík a „garantovania“ určitej bezpečnosti v určitej organizácii. V akejkoľvek organizácii, alebo združení existuje určitý stupeň bezpečnosti. Je odvodený od charakteru a stavu používaných budov a iných stavebných častí, strojov a zariadení, materiálov, postupov, pracovného prostredia, ale aj kvality, zručnosti a disciplíny ľudí, a mnohých ďalších faktorov. V neposlednej rade aj od kvality komplexného systému riadenia organizácie. Celý tento systém určitým spôsobom garantuje, že ak budú v tejto organizácii vykonávané stanovené činnosti stanoveným spôsobom, tak s istou pravdepodobnosťou ani v nej, ani v jej okolí nedôjde ku vzniku udalostí s negatívnymi dopadmi.

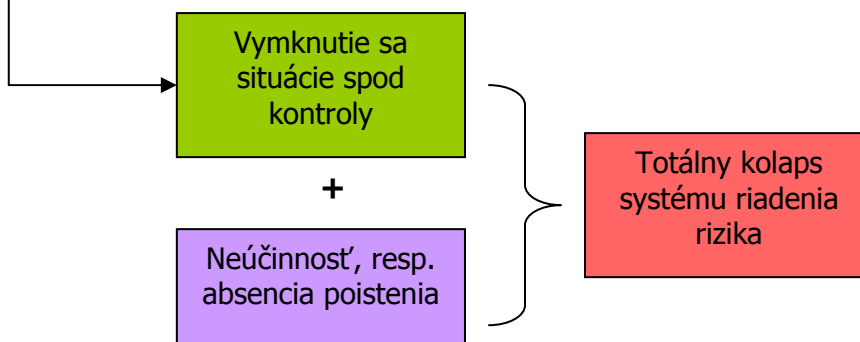
Ak sa aj napriek existencii tohto systému začnú v organizácii čoraz častejšie vyskytovať udalosti, dôsledkom ktorých budú vznikať menšie škody alebo poškodenia, alebo sa začnú objavovať nebezpečné situácie (skoronehody), ide o veľmi silný náznak toho, že systém garantovania istej úrovne bezpečnosti aplikovaný v organizácii stráca svoju účinnosť a začínajú sa v ňom prejavovať výrazné nedostatky.



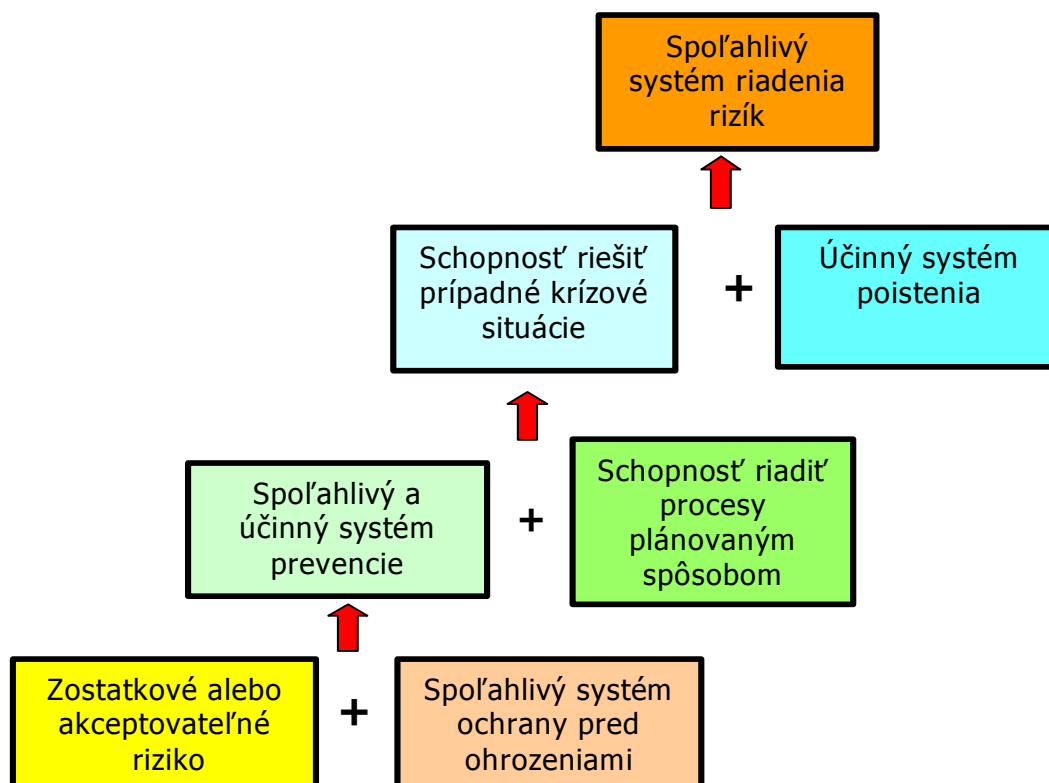
Zníženie, resp. strata účinnosti systému prevencie môže veľmi ľahko vyústiť do situácie, v ktorej skoronehoda prerastie do skutočnej nehody, skrátka do stavu, v ktorom dôjde ku strate schopnosti situáciu akýmkoľvek spôsobom riadiť a ovplyvňovať.



Strata kontroly nad situáciou zvyčajne privodí neželané negatívne dopady a neúnosné straty vyčíslené tak v ekonomických, ako aj spoločenských a iných kategóriách. Ak sa k tejto situácii ešte pridruží absencia alebo slabá účinnosť systému náhrady škôd (napr. poistenie), potom takúto situáciu je možné označiť za úplné zlyhanie systému riadenia rizika.



Pozrime sa teraz na tento scenár z opačného konca. Ak organizácia veľmi dobre pozná zdroje ohrozenia a zároveň má implementované opatrenia ich eliminácie, resp. minimalizácie, spĺňa najzákladnejšie predpoklady pre vytvorenie spoľahlivo fungujúceho systému prevencie. Ak k tomuto systému organizácia pripojí aj schopnosť udržania riadenia procesov stanoveným spôsobom v každom reálne možnom režime práce, spĺňa predpoklady úspešného zvládnutia aj prípadne vzniknutých krízových situácií. Ak k tejto schopnosti ešte organizácia pridruží adekvátny systém náhrady škôd, má vytvorené predpoklady pre fungovanie spoľahlivého systému riadenia rizík.



Z uvedeného prípadu je zrejmé, že už či pozitívna, alebo negatívna zmena účinnosti a funkčnosti systému riadenia rizík a „garantovania“ určitej bezpečnosti predstavuje postupnú a nie skokovú zmenu v čase a vzniká len „vdďaka“ tomu, že v určitej následnosti vznikli alebo nevznikli určité udalosti, resp. boli alebo neboli realizované určité aktivity, resp. činnosti.

Druhým prípadom nech je nasledovná situácia. Majme elektrický kábel, na ktorom z akýchsi dôvodov došlo k poškodeniu jeho izolácie. Nech sa aj napriek jeho nevyhovujúceho technického stavu tento kábel aj naďalej používal a nech sa následne dostal pod napätie. Nech pri manipulácii s týmto káblom ho obsluha nešťastnou náhodou uchopila práve v mieste poškodenia jeho izolácie a nech kontakt „holej ruky“ so „živým vodičom“, teda vodičom pod napätím spôsobil úraz elektrickým prúdom so smrteľnými následkami. Fakt, že človek týmto spôsobom prišiel o život vo svojej podstate vlastne „skrýva“ dva významné aspekty.

Emocionálny, predstavujúci celý komplex emócií a reakcií, ktoré vyvolá každá, no najmä zbytočná strata ľudského života.

Racionálny, predstavujúci nazeranie na túto udalosť ako na aj keď tragické, ale predsa len do určitej miery logické vyvrcholenie celej rady udalostí tvoriacich dve základné skupiny. Skupinu reprezentujúcu udalosti, ktoré sa pred týmto úrazom odohrali, ale väčšinou sa buď nemali odohrať, alebo sa nemali odohrať tak, ako sa v skutočnosti odohrali a skupinu reprezentujúcu udalosti, ktoré sa neodohrali, ale naopak, sa mali odohrať a navyše sa mali odohrať presne stanoveným spôsobom.

V hore uvedenom prípade prvú skupinu udalostí tvorili udalosti definované faktom, že izolácia elektrického kábla sa „nepoškodila sama od seba“, ale jej poškodenie vzniklo ako následok udalostí, ktoré sa reálne udiali, napríklad:

- nešetrné zaobchádzanie s káblom,
- „vešanie“ kábla na ostré predmety,
- nedostatočné chránenie kábla položeného na zem pred možnosťou „prerazenia“ jeho izolácie napríklad prechádzajúcimi vysokozdvížnými vozíkmi,
- vystavovanie kábla nevhodným podmienkam príliš dlhý čas,
- neúmerné mechanické namáhanie kábla napríklad ohybom alebo ťahom,
- neadekvátne skladovanie a pod.

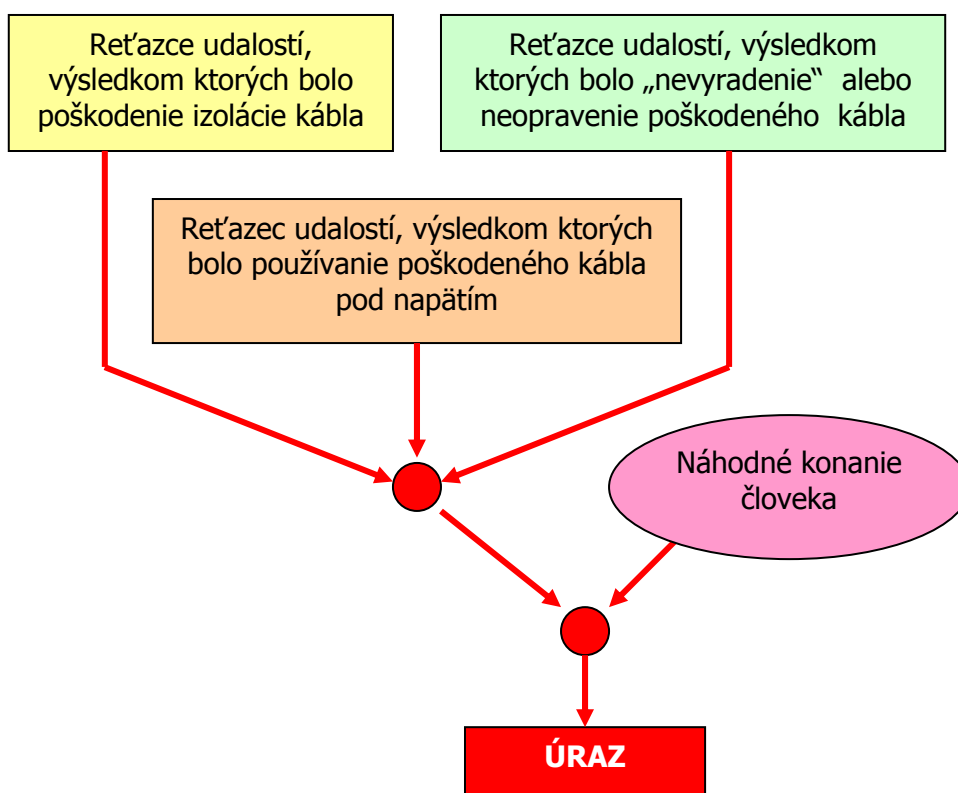
Druhú skupinu udalostí tvorili udalosti definované faktom, že vzniknuté poškodenie izolácie zostalo buď nepovšimnuté a takto poškodený kábel sa aj naďalej používal, alebo sa kábel používal aj napriek tomu, že jeho používateľ vedel

o poškodení izolácie. Druhú skupinu udalostí teda predstavovali udalosti, ktoré sa mali udiť, ale sa neudiali, alebo sa aj udiali, ale inak, než sa mali udiť; napríklad:

- pravidelná kontrola,
- predpísaná údržba a opravy,
- vyradovanie odpísaných, alebo poškodených zariadení,
- manipulácia s káblom stanoveným spôsobom a pod.

A nakoniec výraznú úlohu v tomto prípade zohral aj vplyv náhody, ktorý spôsobil, že človek uchopil elektrický kábel pod napätím práve v mieste porušenia jeho izolácie, hoci predtým s týmto káblom už mnoho ráz manipuloval a „nikdy sa nič nestalo“.

Aj keď je uvedený spôsob úrazu elektrickým prúdom so smrteľnými následkami nezriedka chápaný ako niečo, čo sa „z čista jasna“ stalo, predsa je len výsledkom súčasnej existencie a spolupôsobenia niekoľkých reťazcov udalostí.



**Obr. 1.1** Úraz – reťazce udalostí

Keby sa ktorýkoľvek z uvedených reťazcov udalostí nestal, alebo keby človek uchopil tento kábel v mieste, na ktorom by nebola porušená jeho izolácia, nestal by sa ani úraz elektrickým prúdom.

Do tretice nech je uvedený chronicky známy prípad veľkého dopravného lietadla konštrukčne vybaveného tromi hydraulickými okruhmi (hlavným a dvomi záložnými), slúžiacimi na ovládanie hlavných prvkov riadenia lietadla spôsobom zaručujúcim jeho ovládateľnosť aj v prípade poruchy jedného, až dvoch z uvedených dôležitých hydraulických okruhových. To však platilo len dovtedy, kým v dôsledku chyby a únavy materiálu, ale aj nedostatočnej kontroly a údržby nedošlo za letu k doslovnému roztrhnutiu kolesa kompresora jedného z troch motorov umiestnených v chvostovej časti lietadla, čo spôsobilo okamžité poškodenie a znefunkčenie všetkých troch hydraulických okruhových naraz a teda stratu ovládateľnosti lietadla, výsledkom ktorej bola jeho havária a smrť vyše stovky ľudí.

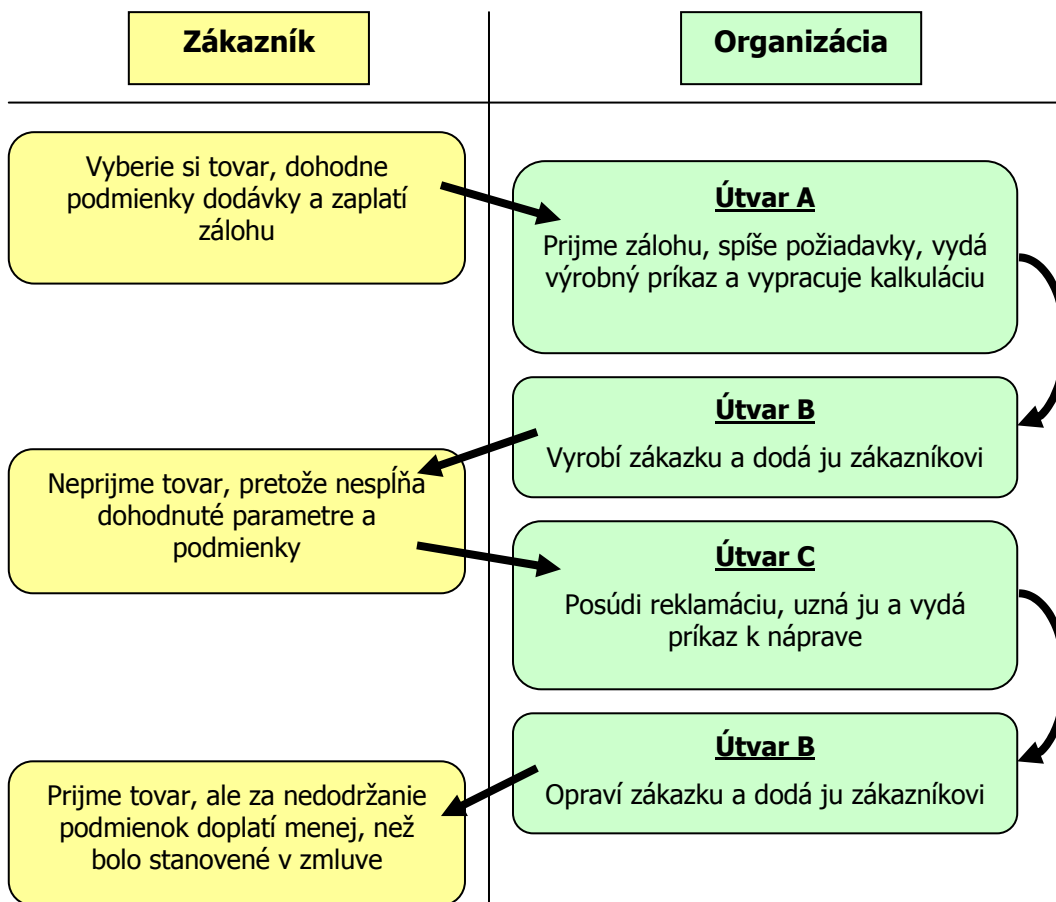
Z tohto prípadu sú zrejmé tri fakty.

Prvým faktom je poznanie, že havárii lietadla predchádzal časovo veľmi dlhý rad udalostí z rôznych oblastí činností. Od výroby materiálu, cez výrobu samotného kolesa kompresora, cez diagnostiku a zisťovanie skrytých chýb, až po činnosti prevádzkovania, kontroly a údržby samotného motora lietadla a lietadla ako takého.

Lenže samotné znefunkčenie jedného z troch motorov by nemalo spôsobiť haváriu lietadla, lebo toto je schopné letu s dvomi zostávajúcimi funkčnými motorami. Druhým faktom je poznanie že až samotný spôsob poruchy kolesa kompresora – jeho totálna deštrukcia – v konečnom dôsledku spôsobil haváriu tým, že následne spôsobil deštrukciu všetkých troch hydraulických okruhových naraz. Možno pri inom spôsobe poruchy kolesa kompresora by nebolo došlo k deštrukcii všetkých troch hydraulických obvodov a tým k havárii lietadla.

Tretím faktom je poznanie, že aj to, čo sa na prvý pohľad zdalo byť nemožné, sa predsa len za určitých podmienok stalo a spôsobilo obrovské negatívne dopady.

A nakoniec si predstavme nasledovnú, v živote vonkoncom nie zriedkavú situáciu. Popisuje vzťah zákazník – organizácia a predmetom tohto vzťahu je dodávka určitého produktu, napríklad nábytku vyrobeného v danej organizácii „na mieru“ podľa požiadaviek zákazníka. Uvedený vzťah nech je podrobnejšie znázornený nasledovnou zámerne zjednodušenou procesnou schémou.



**Obr. 1.2** Procesná schéma

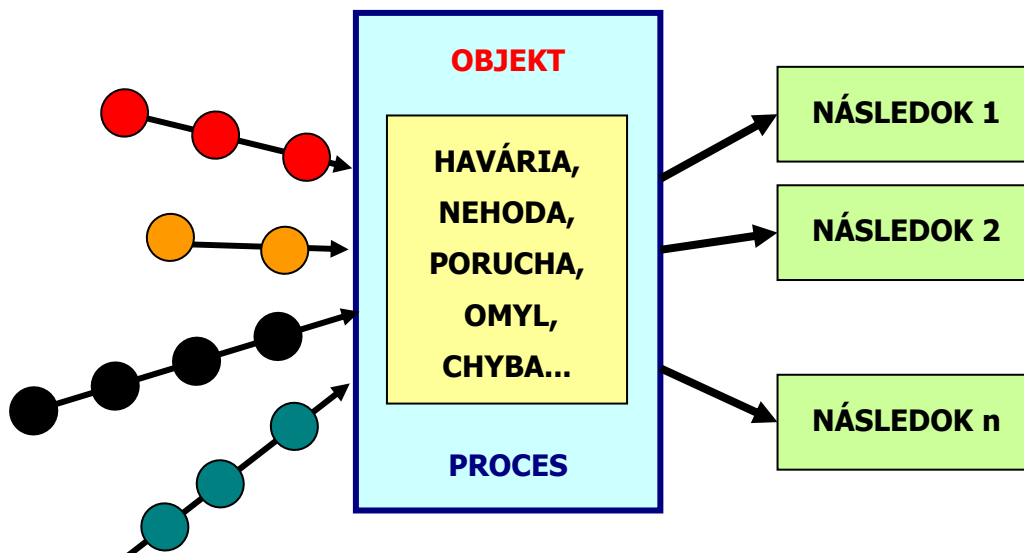
Z uvedenej procesnej schémy vyplýva, že aj napriek tomu, že nedošlo k žiadnej nehode, v organizácii vznikol negatívny dopad – ekonomická strata. Je zrejmé, že niekde v procesoch realizovaných v organizácii došlo k chybám, ktoré vyústili do nesplnenia podmienok zmluvy, ktorú uzavreli so zákazníkom, z čoho rezultovala nielen znížená platba od zákazníka, ďalšie náklady pre organizáciu súvisiace s odstraňovaním nedostatkov a s opätovnou dodávkou tovaru zákazníkovi, ale ne-

zriedka aj pošramotená povest' generujúca zníženie záujmu zákazníkov. Je zrejmé, že uvedená ekonomická strata je priamym dôsledkom nezvládnutia procesov stanoveným spôsobom.

Z uvedených, ale aj množstva podobných prípadov je možné definovať štyri spoločné zovšeobecňujúce znaky.

Prvým z nich je fakt, že neželané dopady vyvolalo zlyhanie objektu (stroj, človek, budova, výrobný systém, počítač, súčiastka a pod.) alebo zlyhanie procesu (kontakt so zákazníkom, lepenie, meranie, váženie a pod.), alebo zlyhanie oboch komponentov naraz.

Druhým z nich je fakt, že všeobecný scenár priebehu uvedených prípadov je možné znázorniť základnou schémou, centrom ktorej je blok takých neželaných, neplánovaných, náhodne vznikajúcich udalostí, ktoré na jednej strane sú výsledkom reťazca, alebo niekoľkých už či nezávislých, alebo vzájomne súvisiacich reťazcov udalostí, teda sú na ich konci, no na druhej strane sami môžu generovať reťazce udalostí, na konci ktorých sa môžu objaviť neželané, neakceptovateľné negatívne dopady, teda sú na ich začiatku.



**Obr. 1.3** Základná schéma



Tretím z nich je doslova nutnosť preferovania stochastického, t.j. pravdepodobnostného prístupu k posudzovaniu udalostí, ktorý nastanie udalosti považuje za určitých podmienok za možné, aj keď málo pravdepodobné, pred deterministickým posudzovaním nastania udalosti spôsobom stane sa/nestane sa, resp. možná/nemožná.

Štvrtým z nich je poznanie, že ak budeme chcieť kreovať a implementovať účinné, efektívne a hospodárne programy zabraňovania vzniku negatívnych dopadov a následkov nevystačíme len s poznaním pravdepodobnosti, s akou môže ten ktorý dopad vzniknúť, ale nutne budeme musieť poznať aj princípy fungovania mechanizmu a podmienok vzniku takých udalostí, ktoré by boli schopné uvedené neželané dopady „generovať“.

Ak máme niekomu poskytnúť zmysluplnú pomoc, v prvom rade by sme mali vedieť, čo sa od našej pomoci očakáva, resp. čomu má slúžiť. Inými slovami povedané, ak má byť hlavnou úlohou procesov identifikácie, poznávania, ale aj vytvárania reťazcov udalostí poskytnutie platformy tak pre procesy ochrany pred vznikom negatívnych dopadov, ako aj pre procesy minimalizácie následkov týchto dopadov, bolo by nanajvýš užitočné najprv sa zoznámiť so základnými princípmi, postupmi a ďalšími aspektmi systémov vedomého ovplyvňovania a riadenia rizík – manažérstva rizika.

## 2. kapitola

# MANAŽÉRSTVO RIZIKA

---

## 2.1 ZÁKLADNÉ POJMY

Ak sa máme zaoberať problematikou kreovania programov eliminácie, alebo znižovania rizík a programov bezpečnej koexistencie s nimi, predstavme si aspoň niektoré základné pojmy a definície platné v manažérstve rizika kreovanom v zmysle normy ISO 31000.

### **KRITÉRIÁ RIZIKA**

odkazy, vzhľadom na ktoré sa význam rizika posudzuje, pričom kritériá rizika:

- sa zakladajú na zámeroch organizácie, na externých súvislostiach a na interných súvislostiach;
- možno odvodiť z noriem, zákonov, politiky a z ďalších požiadaviek.

### **HODNOTENIE RIZIKA**

proces porovnávania výsledkov analýzy rizika s kritériami rizika s cieľom určiť, či riziko alebo jeho veľkosť sú akceptovateľné alebo sa dajú tolerovať, pričom hodnotenie rizika pomáha pri rozhodovaní o zaobchádzaní s rizikom.

### **PROFIL RIZIKA**

opis akejkoľvek množiny rizík, pričom táto môže obsahovať riziká súvisiace s celou organizáciou, s časťou organizácie alebo s objektom podľa definície.

### **ÚROVEŇ RIZIKA**

veľkosť rizika alebo kombinácie rizík vyjadrená kombináciou následkov a ich pravdepodobnosti.

### **VLASTNÍK RIZIKA**

osoba alebo zložka so zodpovednosťou a právomocou riadiť riziko.

### **POSTOJ K RIZIKU**

prístup organizácie k hodnoteniu a k vykonávaniu, zachovávaniu, akceptovaniu rizika, či odvráteniu sa od rizika.

## **RIADENIE RIZIKA**

opatrenia zahŕňajú akýkoľvek proces, politiku, zariadenie, postup alebo ďalšie činnosti modifikujúce riziko.

## **MANAŽÉRSTVO RIZIKA**

koordinované činnosti riadenia a kontroly organizácie s ohľadom na riziko.

## **ŠTRUKTÚRA MANAŽÉRSTVA RIZIKA**

množina zložiek, ktoré vytvárajú základy a organizačné usporiadanie pre navrhovanie, zavedenie, monitorovanie, preskúmavanie a trvalé zlepšovanie manažérstva rizika v celej organizácii, pričom:

- **základy** obsahujú politiku, ciele, poverenie a záväzok riadiť riziko;
- **organizačné usporiadanie** zahŕňa plány, vzťahy, zodpovednosť, zdroje, procesy a činnosti;
- **štruktúra manažérstva rizika** je súčasťou celkovej strategickej a prevádzkovej politiky a postupov organizácie.

## **POLITIKA MANAŽÉRSTVA RIZIKA**

vyhlásenie celkových zámerov a celkového smerovania organizácie týkajúce sa manažérstva rizika.

## **PLÁN MANAŽÉRSTVA RIZIKA**

schéma v rámci štruktúry manažérstva rizika špecifikujúca prístup, zložky manažérstva a zdroje, ktoré sa majú využiť v manažérstve rizika.

## **PROCES MANAŽÉRSTVA RIZIKA**

systematická aplikácia manažérskej politiky, postupov a skúseností na činnosti komunikácie, na konzultácie, na vytváranie súvislostí a na identifikáciu, analyzovanie, hodnotenie, zaobchádzanie, monitorovanie a preskúmavanie rizika.

## **URČENIE SÚVISLOSTÍ**

definovanie interných a externých parametrov, ktoré treba zohľadniť v manažérstve rizika a pri určovaní rozsahu a kritérií rizika pre politiku manažérstva rizika.

## **EXTERNÉ SÚVISLOSTI**

externé prostredie, v ktorom organizácia chce dosiahnuť svoje zámery.

## **INTERNÉ SÚVISLOSTI**

interné prostredie, v ktorom organizácia chce dosiahnuť svoje zámery.

## **ZAINTERESOVANÝ ÚČASTNÍK / STAKEHOLDER**

osoba alebo organizácia, ktorá môže ovplyvniť, byť ovplyvnená alebo sa cítiť ovplyvnená rozhodnutím alebo činnosťou.

## **KOMUNIKÁCIA A KONZULTÁCIA**

nepretržité a iteračné procesy, ktoré organizácia vykonáva s cieľom poskytnúť informácie, podieľať sa na nich alebo ich získať a zapojiť sa do dialógu so zainteresovanými účastníkmi v problematike manažérstva rizika.

## **MONITOROVANIE**

nepretržitá kontrola, dozor, kritické pozorovanie alebo určovanie stavu s cieľom zistiť zmenu požadovanej alebo očakávanej úrovne činnosti, ktoré možno aplikovať na štruktúru manažérstva rizika, na proces manažérstva rizika, na riziko alebo na riadenie.

## **PRESKÚMANIE**

činnosť vykonávaná s cieľom určiť vhodnosť, primeranosť a efektívnosť sledovanej záležitosti a dosiahnuť určené ciele, ktorú možno aplikovať na štruktúru manažérstva rizika, na proces manažérstva rizika, na riziko alebo na riadenie.

## **2.2 STN ISO 31000: 2011**

Norma STN ISO 31000: 2011 je kreovaná na báze dvoch základných pojmov – **manažérstvo rizika a riadenie rizika**.

### **MANAŽÉRSTVO RIZIKA**

sa vzťahuje na problematiku architektúry a výstavby efektívneho manažérstva rizika.

### **RIADENIE RIZIKA**

sa vzťahuje na problematiku využitia tejto architektúry pri konkrétnom riziku.

Manažérstvo rizika vychádza z nasledovnej základnej štruktúry.



**Obr. 2.1** Manažérstvo rizika, základná štruktúra.

## 2.2.1 ZÁSADY

Manažérstvo rizika vychádza z nasledovných zásad:

### **Manažérstvo rizika vytvára a ochraňuje hodnotu**

Prispieva k preukázateľnému dosahovaniu zámerov a k zlepšovaniu výkonnosti napríklad pri ochrane osôb a ich bezpečnosti, pri zárukách, pri dodržiavaní zákonov a predpisov, pri verejnom schvaľovaní, pri ochrane prostredia, v kvalite produktov, v manažérstve projektovania, v prevádzkovej účinnosti a v reputácii.

### **Manažérstvo rizika je integrálnou súčasťou všetkých organizačných procesov**

Nepredstavuje samostatnú činnosť oddelenú od hlavných činností a procesov organizácie, ale je časťou zodpovednosti manažmentu a integrálnou súčasťou všetkých procesov organizácie vrátane strategického plánovania a všetkých procesov projektovania a manažérstva zmien.

### **Manažérstvo rizika je súčasťou prijímania rozhodnutí**

Pomáha tvorcom rozhodnutí urobiť informovaný výber, uprednostniť činnosti a rozlíšiť alternatívny priebeh činnosti.

### **Manažérstvo rizika sa explicitne týka neistoty**

Explicitne berie do úvahy neistotu, charakter tejto neistoty a ako s ňou zaobchádzať.

### **Manažérstvo rizika je systematické, štruktúrované a včasné**

Systematický, včasný a štruktúrovaný prístup k manažérstvu rizika prispieva k účinnosti a ku konzistentným, porovnateľným a spoľahlivým výsledkom.

### **Manažérstvo rizika sa zakladá na najlepších dostupných informáciách**

Vstupy do procesu manažérstva rizika vychádzajú z informačných zdrojov, ako sú historické údaje, skúsenosti, spätné väzby od zainteresovaných účastníkov,

pozorovanie, predpovede a expertné posúdenie. Tvorcovia rozhodnutí sa však musia navzájom informovať a musia zohľadňovať akékoľvek obmedzenia údajov, či v rámci použitého modelu alebo v rámci možností odlišných názorov rozličných expertov.

#### **Manažérstvo rizika je šité na mieru**

Je zosúladené s vnútornými a vonkajšími súvislosťami v rámci organizácie a s profilom rizika.

#### **Manažérstvo rizika zohľadňuje ľudské a kultúrne faktory**

Uznáva spôsobilosť, vnímanie a zábery externých a interných ľudí, ktorá môže uľahčiť alebo obmedzovať dosiahnutie zámerov organizácie.

#### **Manažérstvo rizika je transparentné a zhŕňajúce**

Vhodné a včasné zapojenie zainteresovaných účastníkov a najmä tvorcov rozhodnutí na všetkých úrovniach organizácie zabezpečuje, že manažérstvo rizika zostáva relevantné a aktuálne. Zapojenie zainteresovaných účastníkov umožňuje aj ich správne zastúpenie a zvažovanie ich názorov pri určovaní kritérií rizika.

#### **Manažérstvo rizika je dynamické, opakujúce sa a citlivé na zmeny**

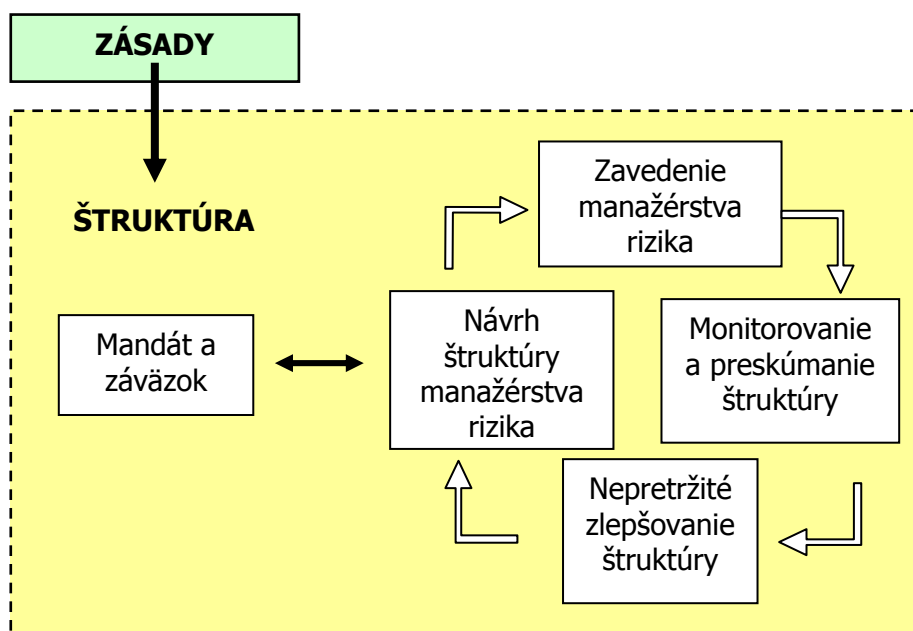
Nepretržite vníma zmeny a reaguje na ne. Keď nastanú externé a interné udalosti, menia sa súvislosti a vedomosti, nastupuje monitorovanie a preskúmavanie rizík, objavujú sa nové riziká, niektoré sa zmenia a iné sa stratia.

#### **Manažérstvo rizika uľahčuje trvalé zlepšovanie organizácie**

Organizácie musia vypracovať a zaviesť stratégiu zlepšovania zrelosti manažérstva rizika spoločne so všetkými ďalšími aspektmi organizácie.

### **2.2.2 ŠTRUKTÚRA**

Štruktúra pomáha riadiť riziká efektívne prostredníctvom aplikácie procesu manažérstva rizika na rozličných úrovniach a v rámci konkrétnych súvislostí v organizácii. Zložky manažérstva rizika a vzťahy medzi nimi sú zrejmé z obr. 2.2.



**Obr. 2.2** Zložky štruktúry manažérstva rizika.

### **Mandát a záväzok**

V zmysle uvedených zásad má vrcholový manažment:

- definovať a zaviesť politiku manažérstva rizika;
- zabezpečiť, aby kultúra organizácie a politika manažérstva rizika boli v súlade;
- určiť ukazovatele výkonnosti manažérstva rizika, ktoré sú v súlade s ukazovateľmi výkonnosti organizácie;
- zosúladiť ciele manažérstva rizika s cieľmi a stratégiou organizácie;
- zabezpečiť zhodu zákonov a predpisov;
- priradiť príslušným úrovniam v rámci organizácie zodpovednosť a právomoci;
- zabezpečiť, aby sa manažérstvu rizika prideliili potrebné zdroje;
- oznamovať klady manažérstva rizika všetkým akcionárom;
- zabezpečiť, aby rámec manažérstva rizika bol naďalej primeraný.

### **Návrh štruktúry manažérstva rizika**

Pred začatím realizácie návrhu a zavádzaním štruktúry manažérstva rizika je dôležité posúdiť a pochopiť tak externé, ako aj interné súvislosti organizácie, keďže tieto skutočnosti môžu významne ovplyvniť návrh štruktúry.

Externé súvislosti môžu predstavovať najmä:

- sociálne a kultúrne, politické, legislatívne, predpisové, finančné, technické, ekonomické, prírodné a konkurenčné prostredie a to tak medzinárodné, ako aj národné, oblastné alebo miestne;
- kľúčové motívy a trendy, ktoré ovplyvňujú ciele organizácie;
- vzťahy s externými zainteresovanými účastníkmi, na ich chápanie a hodnoty a pod.

Interné – vnútorné súvislosti môžu predstavovať najmä:

- riadenie, organizačnú štruktúru, úlohy a zodpovednosť;
- politiku, ciele a stratégiu, ktoré sa využívajú na ich dosiahnutie;
- spôsobilosť v zmysle zdrojov a vedomostí (napr. kapitálu, času, ľudí, procesov, systému a technológií);
- informačné systémy, tok informácií a procesy prijímania rozhodnutí (oficiálnych i neoficiálnych);
- vzťahy s internými zainteresovanými účastníkmi, na ich vnímanie a hodnoty;
- kultúru organizácie;
- normy, návody a modely prijaté organizáciou;
- formu a rozsah zmluvných vzťahov a pod.

Veľmi dôležitým a dá sa povedať, že kľúčovým aspektom procesu kreovania štruktúry manažérstva rizika je definovanie politiky manažérstva rizika. V nej organizácia jednoznačne stanovuje ciele a záväzky manažérstva rizika, pričom hlavný dôraz kladie najmä na:

- zdôvodnenie potrieb organizácie riadiť riziko;
- väzby medzi cieľmi organizácie a jej politikou a politikou manažérstva rizika;
- zodpovednosť a právomoci v manažérstve rizika;
- spôsoby riešenia konfliktných záujmov;
- záväzok vytvoriť a poskytnúť potrebné pre manažérstvo rizika;
- spôsoby monitorovania, merania, hodnotenia a komunikácie výkonnosti manažérstva rizika;
- spôsoby zahrnutia manažérstva rizika do všetkých praktík a procesov organizácie;



- záväzok pravidelne, alebo po vzniku udalosti či po zmene okolností preskúmať a zlepšovať politiku a rámec manažérstva rizika.

### **Zavedenie manažérstva rizika**

Obsahuje aktivity zavedenia štruktúry a procesov manažérstva rizika, pričom sa organizácia sústreďuje najmä na:

- definovanie vhodného harmonogramu a stratégie zavádzania štruktúry;
- aplikovanie politiky manažérstva rizika a súvisiacich procesov do organizačných procesov;
- dosiahnutie súladu s požiadavkami zákonov a predpisov;
- zabezpečenie prijímania rozhodnutí vrátane vývoja a určovania cieľov v súlade s výstupmi procesov manažérstva rizika;
- poskytovanie informácií a školiacich príležitostí;
- komunikovanie a konzultácie so zainteresovanými účastníkmi s cieľom zabezpečenia sa, že štruktúra manažérstva rizika je naďalej vhodná;
- realizovanie procesov manažérstva rizika na všetkých príslušných úrovniach a na všetkých funkčných miestach v organizácii ako súčasť jej praktík a procesov.

### **Monitorovanie a preskúmavanie štruktúry**

S cieľom ubezpečiť sa, že manažerstvo rizika je efektívne a naďalej podporuje výkonnosť organizácie, organizácia musí:

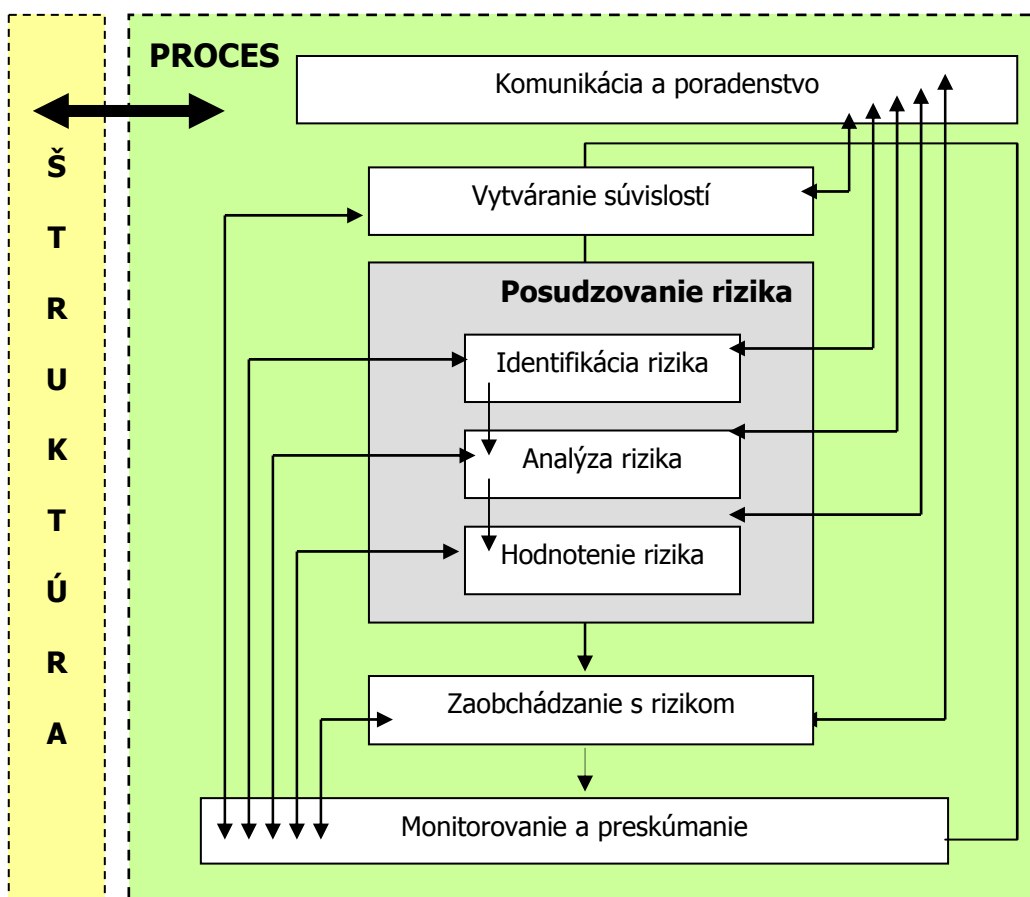
- merať výkonnosť manažérstva rizika pomocou ukazovateľov, ktorých vhodnosť sa periodicky preskúma;
- periodicky merať pokrok oproti plánu manažérstva rizika, ako aj prípadné odchýlky;
- periodicky preskúmať, či štruktúra, politika a plán manažérstva rizika sú stále v daných externých a interných súvislostiach vhodné;
- podávať správy o rizikách, pokroku v pláne manažérstva rizika a ako sa dodržiava politika manažérstva rizika;
- preskúmať efektívnosť štruktúry manažérstva rizika.

## Nepretržité zlepšovanie štruktúry

Na základe výsledkov z monitorovania a z preskúvaní sa musia prijať rozhodnutia, ako možno zlepšiť štruktúru manažérstva rizika, politiku a príslušný plán. Takéto rozhodnutia by mali vyústiť do zlepšovania manažérstva rizika organizácie a jej kultúry manažérstva rizika.

### 2.2.3 PROCES

Štruktúra prvkov a ich vzťahov v bloku „proces“ je zrejماً z obr. 2.3.



**Obr. 2.3** Štruktúra prvkov a vzťahov bloku Proces

#### Vytváranie súvislostí a definovanie kritérií rizika

Detailnejšou identifikáciou a vytváraním externých a interných súvislostí, teda aspektov a parametrov externého a interného prostredia, v ktorom organizácia

chce dosiahnuť svoje ciele organizácia identifikuje a rozčleňuje svoje ciele, ktoré treba zohľadňovať v manažérstve rizika a najmä určuje rozsah a kritériá rizika pre zostávajúci proces.

Obzvlášť významnou časťou je definovanie kritérií, ktoré bude organizácia aplikovať pri hodnotení závažnosti rizika. Tieto musia odrážať hodnoty organizácie, jej ciele a zdroje. Niektoré kritériá majú legislatívny charakter – sú vyvolané požiadavkami zákonov a predpisov alebo odvodené z nich a niektoré majú „morálny základ“ – teda predstavujú kritériá, ktoré organizácia môže ale nemusí aplikovať. Kritériá rizika však musia byť v súlade s politikou manažérstva rizika organizácie, musia sa definovať na začiatku procesu manažérstva rizika a musia sa nepretržite preskúmavať. Pri definovaní kritérií rizika sa zvažujú najmä nasledovné faktory:

- podstata a druhy príčin a následkov, ktoré môžu nastať, a spôsoby ich merania;
- spôsoby definovania pravdepodobnosti;
- časový rámec pravdepodobnosti alebo následku;
- spôsoby určovania úrovne rizika;
- názory zainteresovaných účastníkov;
- úroveň, na ktorej bude riziko prijateľné alebo tolerovateľné;
- úvahu, či treba zohľadňovať kombinácie viacnásobných rizík a ak áno, ako a ktoré kombinácie treba zvažovať.

### **Posudzovanie rizika**

Predstavuje súhrnný proces identifikácie, analýzy a vyhodnotenia rizika.

### **Identifikácia rizika**

Hlavným cieľom tohto kroku je vytvorenie komplexného, no najmä kompletného zoznamu rizík založených na udalostiach, ktoré by mohli vytvoriť, podporiť, zabrániť, znehodnotiť, urýchliť alebo pozdržať dosiahnutie zámerov. Najmä kompletnosť tohto zoznamu má mimoriadny význam, pretože riziko nezahrnuté (zabudnuté?, podcenené?, neidentifikované?, nedostatočne identifikované? .....) v tomto zozname nebude analyzované a hodnotené a teda nebude sa s ním ďalej zaoberať, čo môže mať ďalekosiahle negatívne dopady.

Identifikácia musí zahŕňať riziká bez ohľadu na to, či ich zdroj je pod kontrolou organizácie, a to dokonca aj vtedy, ak zdroj rizika alebo jeho príčina nie sú zrejmé. Identifikácia rizika musí obsahovať preskúmanie vyvolaných účinkov s osobitnými následkami vrátane kumulatívnych účinkov a Domino-efektu. Musí brať do úvahy aj široký rozsah následkov, aj keď zdroj rizika alebo jeho príčina nie sú zrejmé. Tiež treba posúdiť, čo by sa mohlo stať, a zvážiť možné príčiny a okolnosti, ktoré naznačujú, aké následky by mohli nastať. Do úvahy sa musia vziať všetky významné príčiny a následky.

Organizácia musí využiť nástroje a techniky na identifikáciu rizika, ktoré zodpovedajú jej cieľom a spôsobilosti, ako aj vyskytujúcim sa rizikám. Závažné a aktuálne informácie sú dôležité pri identifikácii rizík. Ak je to možné, musia obsahovať vhodné informácie zo spätnej väzby. Do identifikácie rizík sa musia zapájať ľudia s vhodnými vedomosťami.

### **Analýza rizika**

Tento krok poskytuje vstup do hodnotenia rizika a do rozhodnutí, či sa rizikami treba zaoberať a akú najvhodnejšiu stratégiu a metódy treba použiť. Analýza rizika môže poskytnúť aj vstup do prijímania rozhodnutí tam, kde treba urobiť výber a kde možnosti obsahujú rozličné druhy a úrovne rizika.

Analýza rizika obsahuje úvahy o príčinách a zdrojoch rizika, o ich kladných a záporných následkoch, ako aj o pravdepodobnosti, že tieto následky môžu nastať. Musia sa identifikovať faktory ovplyvňujúce následky a ich pravdepodobnosť. Riziko sa analyzuje určením následkov a ich pravdepodobnosti a ďalších vlastností rizika. Udalosť môže mať viacnásobné následky a môže ovplyvniť viacero cieľov. Do úvahy treba brať jestvujúce systémy kontroly, ich efektívnosť a účinnosť.

Spôsob, akým sa vyjadria následky a ich pravdepodobnosť výskytu, a spôsob, akým sa skombinujú pri určovaní úrovne rizika, musí odrážať druh rizika, dostupné informácie a účel, pre ktorý sa má výstup z posudzovania rizika využiť. Všetky tieto skutočnosti musia zodpovedať kritériám rizika. Takisto je dôležité zvážiť vzájomné súvislosti rozličných rizík a ich zdrojov.

Dôveryhodnosť určenia úrovne rizika a jeho citlivosť na predbežné podmienky a predpoklady sa musí v analýze brať do úvahy a musí sa efektívne oznamovať prijímateľom rozhodnutí a podľa potreby aj ďalším zainteresovaným účastníkom. Musia sa uviesť a vyjasniť také faktory ako je rozdielnosť názorov expertov, neistota, dostupnosť, kvalita, množstvo a pokračujúca závažnosť informácií alebo obmedzenia pri modelovaní.

Analýza rizika sa môže realizovať s rozličnou úrovňou podrobností v závislosti od samotného rizika, účelu analýzy, informácií, údajov a dostupných zdrojov. Analýza môže byť kvalitatívna, semikvantitatívna alebo kvantitatívna, prípadne podľa okolností ich kombinácia.

Následky a ich pravdepodobnosť sa môžu určiť modelovaním výstupov udalosti alebo množiny udalostí, alebo sa môžu extrapolovať z experimentálnych skúmaní alebo z dostupných údajov. Následky sa môžu vyjadriť v podobe hmotných alebo nehmotných následkov. V niektorých prípadoch sa na vyjadrenie následkov a ich pravdepodobnosti v rozličnom čase, v rozličných miestach a situáciách a pre rozličné skupiny vyžaduje viac ako jedna numerická hodnota.

### **Hodnotenie rizika**

Účelom hodnotenia rizika je pomôcť pri prijímaní rozhodnutí založených na analýze rizika vyžadujúcich zaobchádzanie a na prioritě jeho zavedenia. Tento krok zahŕňa porovnanie úrovne rizika zisteného procesom analýzy s kritériami rizika určenými pri hľadaní súvislostí. Na základe tohto porovnávanie možno zväžiť potrebu zaobchádzania.

Rozhodnutia musia brať do úvahy širší rámec rizika a musia zahŕňať úvahy o tolerancii rizika pre iných účastníkov ako je organizácia, ktorá má z rizika osoh. Rozhodnutia sa musia prijať v súlade s požiadavkami zákonov, predpisov a s ďalšími požiadavkami. V niektorých prípadoch vyhodnotenie rizika môže priviesť k rozhodnutiu vykonať ďalšiu analýzu. Vyhodnotenie rizika môže priviesť aj k rozhodnutiu zachovať existujúce kontroly a nezaoberať sa rizikom nijakým iným spôsobom. Takéto rozhodnutie ovplyvňuje prístup organizácie k riziku a k určeným kritériám rizika.

Prv, než našu pozornosť sústredíme na blok **Proces** a v ňom na časť **Posudzovanie rizika**, pozrime sa trochu podrobnejšie na časť **Zaobchádzanie s rizikom**.

#### 2.2.4 ZAOBCHÁDZANIE S RIZIKOM

Predstavuje výber jednej alebo viacerých možností modifikácie rizika, ich zavedenie a riadenie. Zaobchádzanie s rizikom zahŕňa opakujúci sa proces:

- posudzovania zaobchádzania s rizikom;
- rozhodovania, či zvyšková úroveň rizika je prípustná;
- vytvárania nového zaobchádzania s rizikom, ak jestvujúci proces nie je prípustný;
- posudzovania efektívnosti realizovaného zaobchádzania.

Spôsoby zaobchádzania môžu zahŕňať tieto možnosti:

- vyvarovanie sa riziku na základe rozhodnutia nezačínať činnosť alebo nepokračovať v činnosti, ktorá vytvára riziko;
- akceptovanie alebo zvýšenie rizika s cieľom využiť príležitosť;
- odstránenie zdroja rizika;
- zmenu pravdepodobnosti rizika;
- zmenu následkov rizika;
- podieľanie sa na riziku s ďalšou stranou (na základe zmlúv a financovania rizika);
- zachovanie rizika na základe kvalifikovaného rozhodnutia.

Výber najvhodnejšej možnosti zaobchádzania s rizikom zahŕňa porovnanie nákladov a úsilia na zavedenie opatrení a dosiahnutého úžitku s ohľadom na požiadavky zákonov, predpisov a na ďalšie požiadavky, ako je sociálna zodpovednosť a ochrana životného prostredia. Rozhodnutia musia tiež brať do úvahy riziká, ktorým môže zabrániť zaobchádzanie neospravedlňiteľné z ekonomických dôvodov, napr. závažné (so závažnými zápornými následkami), ale zriedkavé riziká (s nízkou pravdepodobnosťou výskytu).

Pri výbere možností zaobchádzania s rizikom organizácia musí zvážiť význam a chápanie zainteresovaných účastníkov a najvhodnejšie spôsoby, ako s nimi komunikovať. Ak možnosti zaobchádzania s rizikom môžu ovplyvniť riziko na inom mieste v organizácii alebo u zainteresovaných účastníkov, musí sa to zohľadniť v rozhodnutí. Aj keď niektoré zaobchádzanie s rizikom môže byť rovnako efektívne, pre niektorých zainteresovaných účastníkov môže byť prijateľnejšie ako pre iných účastníkov.

Plán zaobchádzania s rizikom musí jasne identifikovať poradie priorít, v akom sa jednotlivé spôsoby zaobchádzania budú zavádzať.

Samotné zaobchádzanie s rizikom môže vyvolať ďalšie riziká. Významným rizikom môže byť zlyhanie alebo neefektívnosť opatrení pri zaobchádzaní s rizikom. Preto integrálnou súčasťou plánu zaobchádzania s rizikom musí byť monitorovanie, ktoré poskytuje garanciu, že opatrenia boli efektívne.

Zaobchádzanie s rizikom môže vyvolať aj sekundárne riziko, ktoré treba posúdiť, venovať mu pozornosť, monitorovať a preskúmať. Toto sekundárne riziko sa musí zahrnúť do rovnakého plánu zaobchádzania s rizikom ako je originálny plán a nezaoberať sa ním ako s novým rizikom. Väzba medzi týmito dvoma druhmi rizík sa musí zistiť a udržiavať.

Plány zaobchádzania sa musia stať súčasťou manažérskych procesov organizácie a musia sa prediskutovať s príslušnými zainteresovanými účastníkmi. Zvyškové riziko sa musí zdokumentovať, monitorovať, preskúmať a ak treba, organizácia sa musí ním naďalej zaoberať.

Monitorovanie a preskúmavanie musia tvoriť plánovanú súčasť procesu manažérstva rizika a musia obsahovať pravidelné kontroly alebo pravidelný dozor. Tie môžu byť periodické alebo náhodné. Výsledky monitorovania a preskúmavania sa musia zaznamenať, podľa potreby interne a externe oznamovať a aj využívať ako vstupy do preskúmania štruktúry manažérstva rizika.

### **Ako tento proces vyzerá, resp. by mal vyzerat' v praxi?**

**Riziko je potrebné buď** úplne odstrániť – **eliminovať, alebo** aspoň znížiť – **redukovať**. V princípe existujú štyri základné možnosti.

### **Redukovanie rizík prehodnotením súčasného stavu**

Ide o detailné prehodnotenie technologických postupov; postupov a organizácie práce; používaných materiálov, prípravkov, nástrojov; používanej techniky; využívaných druhov energie; podmienok pracovného prostredia; používaných OOP a pod. Stručne je tento spôsob možné označiť ako hľadanie a odkrývanie vnútorných nedostatkov. Veľmi dôležitým nástrojom je prehodnotenie, aktualizovanie a jednoznačné definovanie postupov, pokynov, limitov, opatrení a odporúčaní najmä pre:

- uvádzanie nových zariadení do prevádzky,
- normálne prerušenie a nábeh prevádzky,
- normálnu prevádzku,
- práce spojené s čistením údržbou, testovaním, odberom vzoriek, kontrolou a pod.,
- zoradovanie a nastavovanie parametrov pri zistení ich odchýlok mimo stanovenú toleranciu,
- kritické operácie; t.j. operácie a činnosti, ktoré musia byť zabezpečované aj v krízových situáciách,
- stand by režim a pod.

Druhou časťou je jednoznačné definovanie spôsobu riadenia zmien. Znamená to definovanie postupov, zodpovedností, kompetencií ale aj dokumentácie a komunikácie pri iniciovaní, schvaľovaní, implementácii a vyhodnotení trvalých, dočasných, resp. urgentných zmien v organizácii, jej vybavení a aktivitách.

### **Zabudovanie dodatočných systémov zvyšujúcich bezpečnosť**

Dodatočne zabudované systémy sa stávajú súčasťou posudzovaného objektu. Pri aplikácii tohto spôsobu musia byť splnené určité podmienky:

- systémy musia byť so stávajúcimi zariadeniami kompatibilné,
- nesmú znižovať výkonnosť,
- musia byť vyvážené, napr. systém zabraňujúci vzniku neželanej emisie nesmie zvýšiť ohrozenie človeka a pod.,
- mali by pracovať v automatickom režime bez časovej viazanosti človeka,



- ich prevádzka a údržba by mali byť nenáročné a nesmú zvyšovať poruchovosť celého zariadenia,
- nemali by vyžadovať dodatočné zvyšovanie kvalifikácie alebo zručnosti obsluhy a pod.

Do tejto skupiny patrí aj výber a používanie osobných ochranných pracovných pomôcok (OOPP), systémov zabraňujúcich vstup človeka do nebezpečných priestorov, systémov nútiacich človeka používať len bezpečné postupy, systémov blokovania a pod.

### **Zabudovanie systémov monitoringu, výstrahy a varovania**

Úlohou týchto dodatočne zabudovaných systémov je permanentné sledovanie toho, či sa riadený objekt, resp. proces nedostávajú mimo predpísaného stavu, resp. mimo dovolených tolerancií. V prípade, že takýto stav je zistený, ďalšou úlohou týchto systémov je okamžité vydávanie varovných signálov (zvukových, svetelných a pod.) a v prípade možnosti aj automatické vypnutie sledovaného objektu alebo prerušenie sledovaného procesu. Toto opatrenie je však nie vždy možné použiť. Aplikácia systémov výstrahy a varovania vždy prináša aj zvýšenie nárokov na zaškolenie a výcvik obsluhy.

### **Výchova, výcvik, zvyšovanie kvalifikácie a riadenie ľudských zdrojov**

Ide o širokú škálu možností od výberu pracovníkov požadovaných zručností a daností, cez zvyšovanie kvalifikácie a zručností vzdelávaním a výcvikom, až po preskúšanie schopností človeka správne reagovať prostredníctvom simulovaných krízových situácií. Tento prístup vychádza z rokmi overeného poznania, že človek je vo všeobecnosti „istejší a spoľahlivejší“, keď má dostatok informácií o tom, s akým ohrozením a nebezpečenstvom sa môže vo svojich činnostiach stretnúť a keď má dostatok vedomostí a praktických zručností, ako tomuto ohrozeniu čeliť.

Na druhej strane ani najlepšie opatrenia, prijaté rozhodnutia, pridelené ochranné pomôcky, nariadené postupy a pod. nebudú účinné, keď sa nebudú dodržiavať, používať, alebo sa budú vedome obchádzajú, ba až ignorovať. V systéme riadenia rizík má preto princíp prevencie kontrolou a sankcií za nedodržiavanie pravidiel nezastupiteľné miesto.

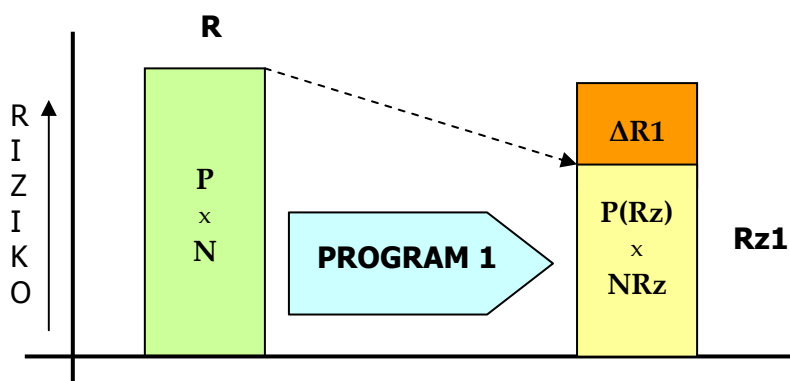
V praxi sa zvyčajne využívajú kombinácie uvedených spôsobov a uprednostňujú sa systémy kolektívnej ochrany pred ochranou jednotlivca a systémy čo možno najmenej závislé na človeku.

Nech bol v posudzovanom systéme vykonaný súpis všetkých potenciálne nebezpečných činností, materiálov, zariadení, postupov a pod. a nech bolo pre každú položku tohto súpisu identifikované relevantné riziko. Následne nech bola celá sústava takto identifikovaných rizík rozdelená na dve skupiny:

- riziká akceptovateľné
- riziká neakceptovateľné.

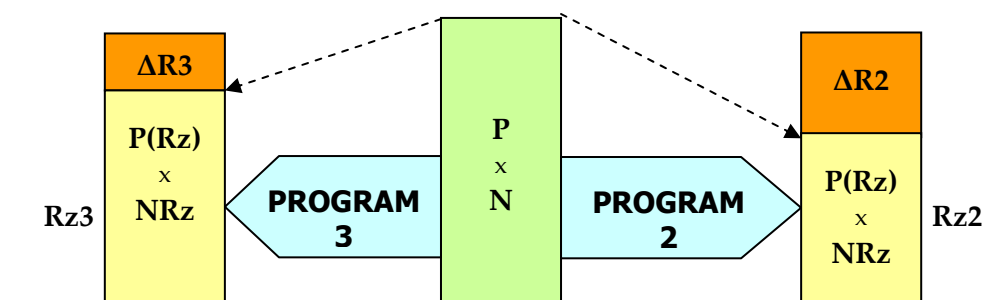
Nech boli pre akceptovateľné riziká vypracované programy bezpečnej koexistencie s nimi. Pre neakceptovateľné riziká nech sa majú vypracovať programy ich úplného odstránenia, alebo aspoň určitého zníženia. V praxi sa veľmi často stáva, že identifikované neakceptovateľné riziko je možné znižovať aplikovaním rôznych programov kreovaných na báze rôznych organizačných, technických, technologických, ekonomických, sociálnych a pod. opatrení. A je len logické, že rôzne programy znižovania toho istého rizika môžu vykazovať rôzny stupeň znižovania rizika o hodnotu  $\Delta R$ .

Sústredíme na určité neakceptovateľné riziko  $R$  vyjadrené kvantifikovanou pravdepodobnosťou  $P$  a jeho následkami  $N$ . Nech je realizáciou programu číslo 1 možné dané riziko  $R$  znížiť o hodnotu  $\Delta R_1$ . Tento počin nám síce na jednej strane prinesie zníženie rizika  $R$  o hodnotu  $\Delta R_1$ , no na druhej strane spôsobí, že sa namiesto pôvodného rizika  $R$  objaví zostávajúce rezidentné riziko  $Rz_1$  reprezentované kvantifikovanou pravdepodobnosťou  $PRz_1$  a následkami  $NRz_1$  (obr. 2.4a), (6).



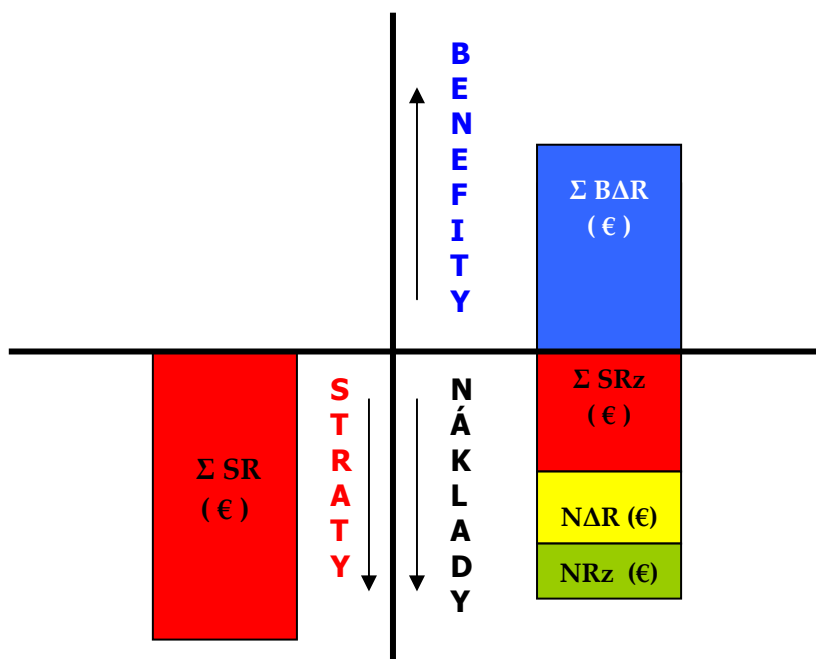
**Obr. 2.4a** Zaobchádzanie s rizikom - programy

Lenže iným spôsobom kreované programy číslo 2 a 3 môžu priniesť úplne iné efekty, vid' obr. 2.4b.



**Obr. 2.4b** Zaobchádzanie s rizikom - programy

Aby bolo možné definovať konečnú podobu programu znižovania daného rizika je užitočné efekty jednotlivých programov vyjadriť monetárnym spôsobom prostredníctvom identifikácie a kvantifikácie troch základných skupín ich jednotlivých položiek. Obrázok 2.5 znázorňuje podstatu a väzby týchto položiek.



**Obr. 2.5** Zaobchádzanie s rizikom – monetárne vyjadrenie

### Náklady

V tejto skupine je potrebné kvantifikovať dve základné položky:

- celkové náklady **NΔR** potrebné na realizáciu zníženia rizika **R** o hodnotu **ΔR**;
- celkové náklady **NRz**, ktoré bude potrebné vynaložiť a vynakladať na bezpečnú koexistenciu so zostávajúcim rezidentným rizikom **Rz**.

### Straty

V tejto skupine je potrebné kvantifikovať dve základné položky:

- riziko **R**, ako sumár potenciálnych strát **Σ SR**, ktoré by mohli vzniknúť v prípade jeho reálneho prejavu, ale aj sankcií a pokút za jeho neriešenie v zmysle požiadaviek legislatívy a noriem;
- riziko **Rz**, ako sumár potenciálnych strát **Σ SRz**, ktoré by mohli vzniknúť v prípade jeho reálneho prejavu, ale aj sankcií a pokút za jeho neriešenie v zmysle požiadaviek legislatívy a noriem.

### Benefity

V tejto skupine je potrebné kvantifikovať riziko **ΔR**, buď ako sumár benefitov **Σ BΔR**, ktoré môže zníženie rizika **R** o hodnotu **ΔR** priniesť, alebo ako sumár strát

**$\Sigma \Delta R$** , o ktoré sa môžu znížiť potenciálne straty  **$\Sigma SR$**  v prípade zníženia rizika  **$R$**  o hodnotu  **$\Delta R$** .

Existuje niekoľko spôsobov hodnotenia potenciálnych programov a výberu programu, ktorý bude v konečnom dôsledku realizovaný. V zásade môže ísť o spôsob hodnotenia prostredníctvom jedného parametra, alebo pomerový spôsob, v ktorom sa berie do úvahy súčasne niekoľko parametrov a ich vzájomné vzťahy. Samozrejme sa predpokladá, že každý z generovaných programov je za určitý čas komplexne realizovateľný.

Prvá časť hodnotenia sa sústreďuje na to, či a do akej miery boli rozhodujúce, resp. vážne ohrozenia pojaté do skupiny riešených rizík, reprezentovaných parametrom  **$\Delta R$**  a na to, či niektoré z vážnych ohrození nezostali v skupine zostávajúcich rizík  **$Rz$** . Zároveň sa posudzuje, či navrhované opatrenia a riešenia sú ozajstnou garanciou zníženia rizika o deklarovanú hodnotu  **$\Delta R$** . Veľmi dôležitým je aj posúdenie časovej stránky realizácie; t.j. toho, či časový harmonogram implementácie navrhovaných opatrení „kopíruje“ urgentnosť, resp. vážnosť riešených ohrození, resp. do akej miery je fakt urgentnosti časovým harmonogramom rešpektovaný. V tejto časti hodnotenia ani tak nejde o posúdenie vzájomného pomeru parametrov  **$R = \Delta R + Rz$** , hoci aj to je zaujímavý ukazovateľ, ale hlavne ide o posúdenie obsahu skrývajúceho sa pod parametrami  **$\Delta R$**  a  **$Rz$** .

V ďalšej časti hodnotenia sa pozornosť sústreďuje na hodnotenie efektívnosti a hospodárnosti navrhovaných riešení, teda na vzájomnú vyváženosť parametrov  **$\Sigma SR \leftrightarrow \Sigma \Delta R \leftrightarrow \Sigma Rz \leftrightarrow N\Delta R \leftrightarrow NRz$** . Toto hodnotenie má niekoľko navzájom súvisiacich pohľadov.

Jeden z nich predstavuje posúdenie toho, či sú predpokladané náklady  **$N\Delta R$**  na realizáciu zníženia rizika a „veľkosť“ zníženia rizika  **$\Delta R$**  reprezentovaná hodnotou  **$\Sigma \Delta R$**  v určitej rovnováhe. Je to možné urobiť napríklad posúdením toho, či by nebolo možné hodnotu  **$\Sigma \Delta R$**  dosiahnuť s nižšími nákladmi  **$N\Delta R$** , resp. toho, či vynaloženie nákladov v hodnote  **$N\Delta R$**  nemôže iným spôsobom riešenia priniest výraznejšie zníženie rizika  **$\Delta R$** , resp. zvýšenie hodnoty  **$\Sigma \Delta R$** .

Ďalší z nich predstavuje posúdenie vyváženosti medzi hodnotou možných strát zo zostávajúceho rizika  $\Sigma$  **SRz** a súčtu predpokladaných nákladov **NΔR** na zníženie rizika a nákladov **NRz** potrebných na bezpečnú koexistenciu so zostávajúcim reziduálnym rizikom. Pozornosť sa sústreďuje najmä na to, či by napríklad určitým zvýšením hodnoty **NΔR** a zmenou navrhnutých opatrení nebolo možné dosiahnuť výraznejšie zníženie hodnoty  $\Sigma$  **SRz** a hodnoty **NRz**. Môže ísť aj o opačný prípad, kedy sa pre požadovanú hodnotu zníženia strát  $\Sigma$  **SRz** reprezentujúcu zostávajúce riziko hľadá optimálna kombinácia hodnôt **NΔR** a **NRz** a spôsoby jej dosiahnutia.

Nemenej nezaujímavý je aj pohľad prostredníctvom hľadania určitého „bodu zlomu“, t.j. stavu, v ktorom ďalšie zvyšovanie hodnoty **NΔR** už nebude znamenať výraznejšie znižovanie hodnoty  $\Sigma$  **SRz** a pod.

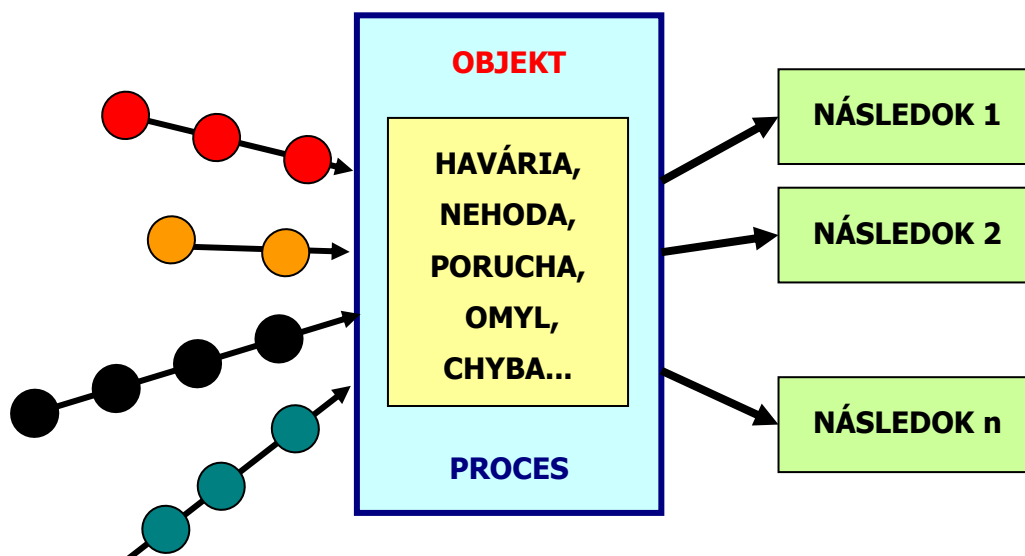
Existuje množstvo iných pohľadov a spôsobov kreovania programov znižovania rizika, ich hodnotenia a výberu konečného tvaru programu. Nebolo však našou prioritou poskytnúť ich ucelený prehľad. Prioritou bolo aspoň stručne načrtnúť podstatu časti **Zaobchádzanie s rizikom**, pre ktorú musí časť **Posudzovanie rizika** poskytnúť spoľahlivé, korektné a vyčerpávajúce podklady.

### 3. kapitola

## REŤAZCE UDALOSTÍ – VŠEOBECNÝ TVAR

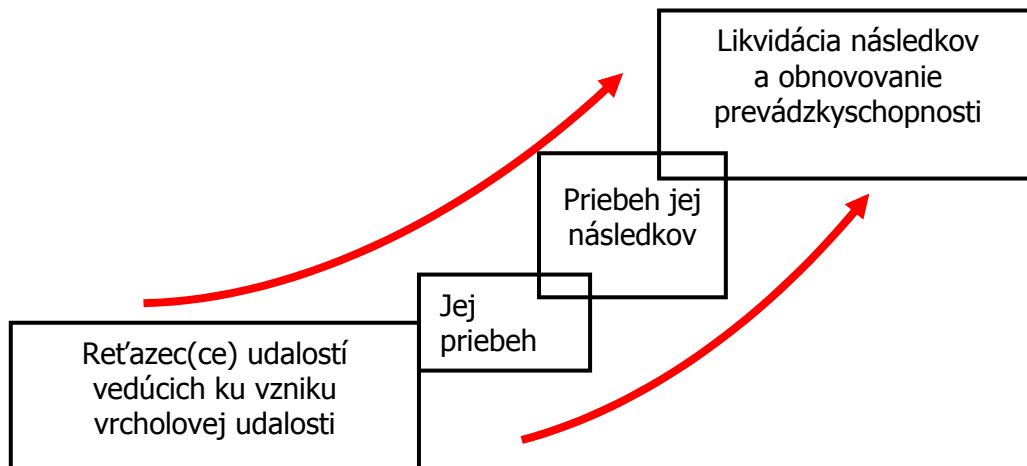
---

Ešte raz si pripomeňme vo všeobecnom tvare postavenú schému použitú v prvej kapitole.



Havária, nehoda, porucha, omyl, chyba, zlyhanie a podobné pojmy tvoriace centrálnu časť schémy predstavujú udalosti, ktoré sú už svojou podstatou „predurčené“ na to, aby keď už vzniknú, generovali negatívne následky. Sú známe prípady aj pozitívnych následkov, ale tie nie sú stredom nášho záujmu. V záujme technického, ale nie obsahového zjednodušenia budeme v ďalšom v kontexte centrálnej časti schémy narábať len s pojmom **VRCHOLOVÁ UDALOSŤ**, ktorá bude reprezentovať všetky uvedené pojmy.

Aj keď príklady z praxe dokazujú, že skutočné reťazce udalostí generujúce tak niektorý z typov vrcholovej udalosti centrálnej časti schémy, ako aj niektorý z konkrétnych následkov/dopadov môžu mať rôzny tvar, štruktúru, počet prvkov, či dĺžku trvania, predsa je možné identifikovať štyri základné bloky, resp. časti, ktoré obsahoval každý z reálne sa objavených reťazcov udalostí.



**Obr. 3.1** Reťazec udalostí – základné časti

V súvislosti s uvedenými schémami sa vynára niekoľko zaujímavých otázok, napríklad:

- Čo môže spustiť reťazenie udalostí vedúcich ku vzniku vrcholovej udalosti, čo tento dej môže naštartovať?
- Aký bude mať reťazenie priebeh?
- Sú v ňom určité zákonitosti?
- Ak áno, tak aké? – Ak nie, tak prečo?
- Ak nehoda nie je náhoda, čo potom spôsobí, že aj ťažká autonehoda niekedy neskončí žiadnym negatívnym dopadom na zdraví jeho pasažierov a nevinne vyzerajúci pád z bicykla skončí smrťou cyklistu?
- Je vrcholová udalosť predvídateľná, resp. existujú objektívne indikátory naznačujúce, že sa „niečo zlé“ stane? Alebo je predvídanie týchto javov len vecou inštinktu a intuície? A pod.

Je zrejmé, že podobných otázok by mohlo byť položených ešte niekoľko. Je však zrejmé aj to, že ak chceme na tieto a ďalšie otázky nájsť odpovede, musíme sa podrobnejšie zoznámiť najmä s mechanizmom vzniku a priebehu vrcholovej uda-



losti a jej negatívnych dopadov. Teda pokúsiť sa vniknúť do problematiky vzniku a reťazenia udalostí.

Na úvod nech je uvedených niekoľko úvah.

Ak vrcholová udalosť nie je imaginárny pojem existujúci sám o sebe, ale vždy je to udalosť, ktorá sa v čase sa viaže s konkrétnym systémom alebo procesom, potom sú na mieste nasledovné otázky: **Nehoda koho? Havária čoho? Porucha čoho? Omyl koho? Chyba koho, resp. čoho? Zlyhanie koho, resp. čoho?** A pod.

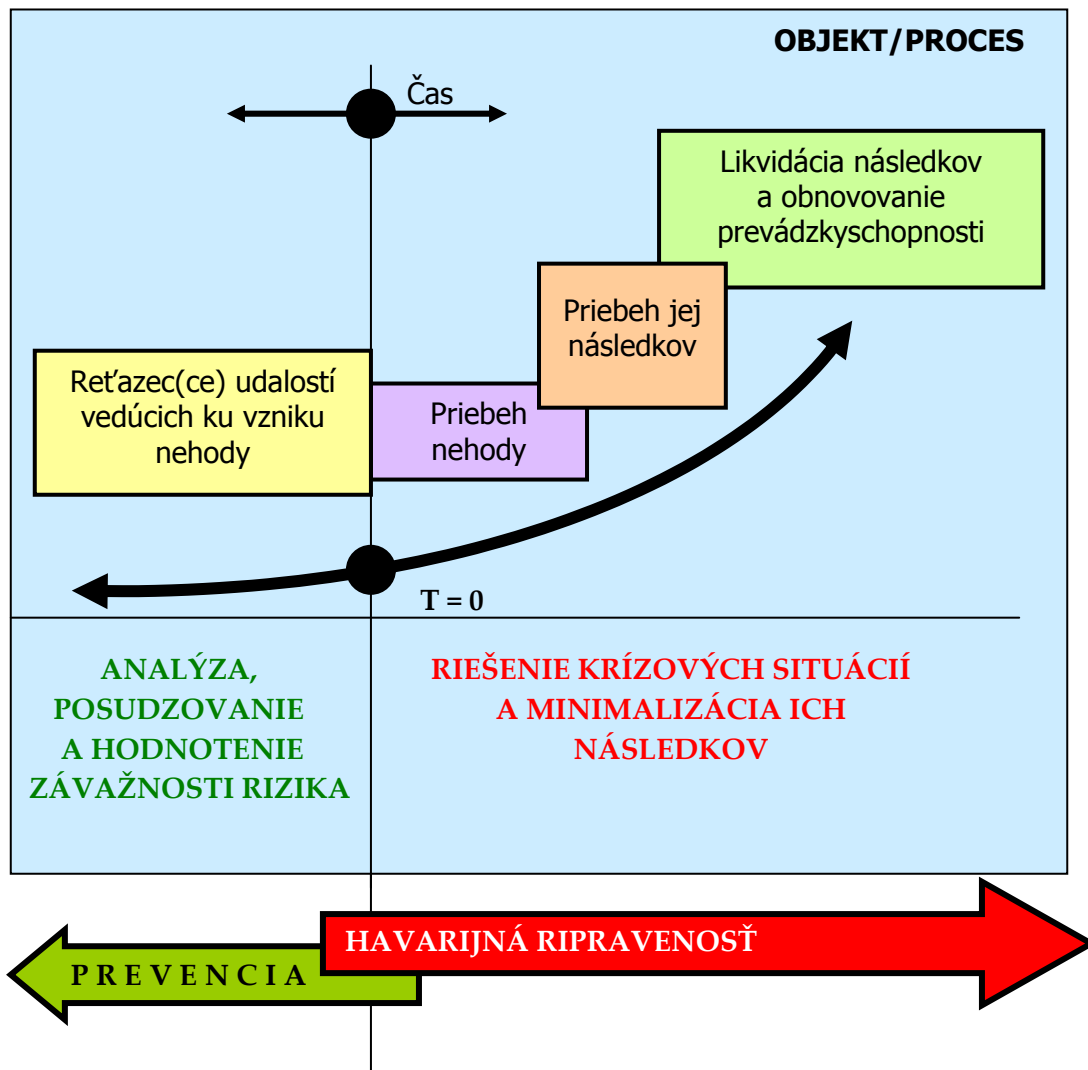
Kedže vrcholová udalosť sama od seba nevznikne, jej vznik niečo musí vyvolať. Musia ho iniciovať určité, logickým spôsobom prepojené, náhodne (neplánovane) vzniknulé udalosti a faktory. **Ktoré to sú a v akom sú vzájomnom vzťahu?**

Ak je nehoda príhoda, potom musí mať svoj dej a ten dej musí mať svoj časový priebeh. **Ako vyzerá? Aké má trvanie?**

Vrcholová udalosť môže, ale tiež nemusí spôsobiť negatívny dopad. **Aký, resp. aké dopady môžu vzniknúť? Za akých podmienok? Koho, resp. čoho sa budú týkať? Aký budú mať priebeh?**

Ked' už sa niečo také, ako nehoda s negatívnymi následkami stane, obyčajne je vo všeobecnom záujme urýchlene odstrániť následky a uviesť dotknutý systém, resp. objekt do prevádzky schopného stavu (pokiaľ je to možné a ekonomicky, či spoločensky prospešné a účelné), vyšetriť príčiny, ktoré spôsobili vznik tejto nehody a jej následkov, poučiť sa z nich a zabezpečiť, aby sa nič podobné už viac nestalo. **Aký by mali mať tieto procesy priebeh? A pod.**

Ak by sme bloky uvedené na obr. 3.1 umiestnili na časovú os, pričom jej začiatok, teda čas  $T = 0$  umiestnili na začiatok priebehu nehody, získali by sme nielen predstavu o časovom priebehu tohto reťazca blokov udalostí, ale zároveň aj základnú platformu pre znázornenie významu dvoch relatívne samostatných, ale navzájom veľmi úzko prepojených systémov - **systemu prevencie a systemu havarijnej pripravenosti** (obr. 3.2), (2).



**Obr. 3.2** Ret'azec udalostí – časový priebeh

### **SYSTÉM PREVENCIE**

jeho stavba musí vychádzať z identifikácie a poznania podstaty vzniku a priebehu vrcholovej udalosti, u ktorej existuje istá pravdepodobnosť, že v posudzovanom systéme a za určených podmienok jeho prevádzkovania nastane a spôsobí neželané dopady,

### **SYSTÉM HAVARIJNEJ PRIPRAVENOSTI**

jeho stavba musí vychádzať z identifikácie a poznania podstaty priebehu spomínanej vrcholovej udalosti, podstaty a priebehu jej možných negatívnych dopadov a plánu účinného spôsobu zmierňovania a likvidácie jej následkov.

Ak by sme boli vybavení vhodným teoretickým aparátom a praktickými skúsenosťami a zručnosťami, získali by sme základný predpoklad na to, aby sme boli schopní základné bloky udalostí znázornené na obrázku 3.2 „rozmeniť na drobné“ v podobe reťazca, resp. reťazcov logicky po sebe nasledujúcich neplánovaných udalostí, ktoré prebehnú, alebo prebehli od počiatočného momentu, t.j. momentu naštartovania a vzniku, cez priebeh, až po koncovú – vrcholovú udalosť reťazca, resp. reťazcov udalostí, ktorá by mohla generovať, alebo už generovala negatívny dopad(y).

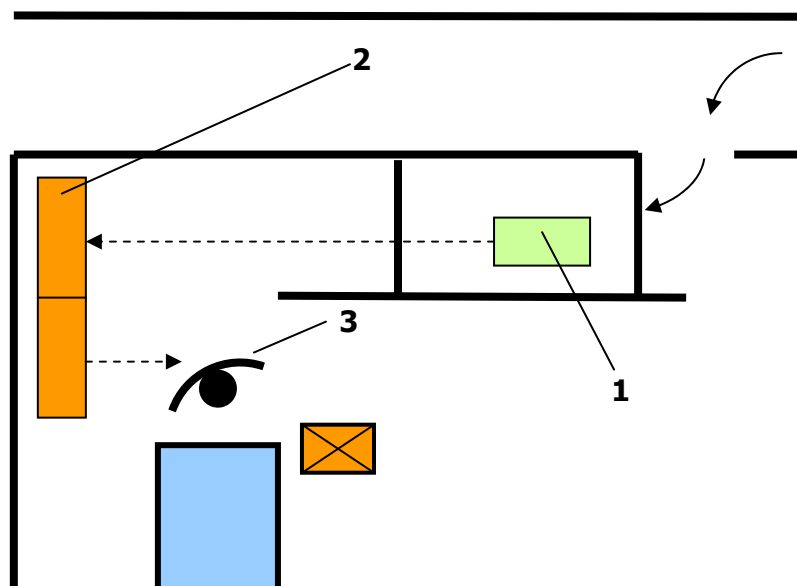
Nie je žiadnou náhodou, že sa v manažérstve rizika udomácnil pojem reťazec, reťazenie udalostí a nie napríklad sústava udalostí. Poznanie toho, aké udalosti môžu nastať, resp. už nastali, dôvody a príčiny ich vzniku, ako aj ich následnosť a dôsledky nám poskytuje možnosť vytvoriť a prijať také opatrenia, ktoré by v budúcnosti buď úplne eliminovali možnosti ich vzniku, alebo aby aspoň minimalizovali negatívne následky v prípade ich vzniku.

## 4. kapitola

# REŤAZCE UDALOSTÍ VEDÚCE KU VZNIKU VRCHOLOVEJ UDALOSTI

## 4.1 VZNIK VRCHOLOVEJ UDALOSTI

Nech je daná modelová situácia podľa obrázku 4.1. Z chodby bol pomocou nízko zdvižného vozíka privezený predmet (1), bol položený na naklonenú rovinu a zaistený proti zosunutiu. Nech z nejakého, zatiaľ neznámeho dôvodu zaistenie predmetu zlyhalo a predmet sa dal do pohybu po naklonenej rovine. Pri svojom pohybe predmet narazil do regála (2) a spôsobil narušenie jeho konštrukcie. Následkom toho sa regál zrútil a jeho trosky zasiahli obsluhu stroja (3) a spôsobili jej zranenie. Ako je z príkladu zrejmé, úraz zamestnanca, ako neželaný negatívny dopad sa nachádzal na konci celého reťazca logicky po sebe nasledujúcich, neplánovaných a neriadených udalostí.



**Obr. 4.1** Modelová situácia pracoviska

Vznik uvedeného reťazca udalostí bol podmienený interakciou troch základných aspektov. Sú nimi **rizikový faktor, iniciačný impulz a podmienky**.

### **RIZIKOVÉ FAKTORY**

sú vecné, environmentálne alebo humánne parametre analyzovaných systémov, ktoré za určitých podmienok môžu byť s určitou pravdepodobnosťou zdrojmi vzniku neželaného dopadu(ov). Rizikové faktory môžu byť merateľné (definované v technických jednotkách) a nemerateľné (napr. zaškolenie obsluhy, dodržiavanie predpísaných postupov a pod.).

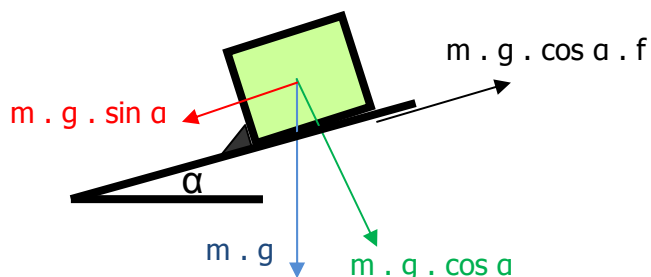
### **INICIAČNÉ IMPULZY**

predstavujú všetky možné spôsoby aktivácie rizikových faktorov; sú to prostriedky a spôsoby „odštartovania“ procesu vzniku reťazca(ov) udalostí.

### **PODMIENKY**

predstavujú nevyhnutné podmienky toho, že k interakcii rizikový faktor – iniciačný impulz nielenže dôjde a táto prebehne, ale aj toho, že touto interakciou vyvolaná reťaz logicky po sebe nasledujúcich, neplánovaných a neriadených udalostí prebehne.

Pretože zaistené bremeno umiestnené na naklonenej rovine predstavuje zdroj možných negatívnych dopadov, predstavuje rizikový faktor. Impulz, ktorý by mohol „naštartovať“ rizikový faktor spôsobom, ktorým by generoval negatívne dopady logicky bude predstavovať zlyhanie, resp. odstránenie istenia tohto bremena.

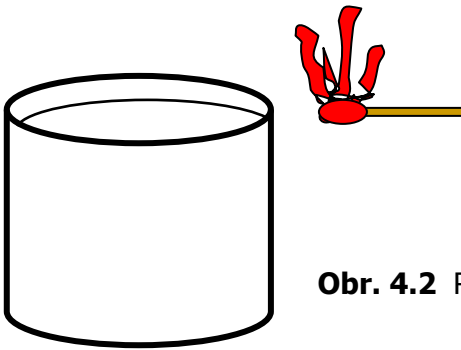


Fakt, že istenie bremena prestalo plniť svoju funkciu však ešte nemusí znamenať, že sa bremeno automaticky začne kĺzať po naklonenej rovine. Ak by v danom prípade platilo

$$m \cdot g \cdot \cos \alpha \cdot f > m \cdot g \cdot \sin \alpha,$$

kde **f** predstavuje koeficient trenia, bremeno by aj napriek odstráneniu istenia zostalo na svojom mieste. Ak by však platil opačný pomer uvedených síl, potom by sa bremeno po odstránení istenia skĺzlo po naklonenej rovine. Vzájomný pomer uvedených síl je preto možné označiť ako podmienku potrebnú pre naštartovanie reťazca udalostí.

Situácia na obrázku 4.2 predstavuje otvorenú nádobu s horľavou kvapalinou. Analogicky môžu byť v tomto prípade identifikované nasledovné prvky:



**Obr. 4.2** Rizikový faktor, iniciačný impulz a podmienka

**rizikový faktor:** horľavá kvapalina v otvorenej nádobe,

**iniciačný impulz:** otvorený oheň,

**podmienka:** prítomnosť oxidovadla.

Interakcia týchto aspektov môže spôsobiť vznietenie kvapaliny a „naštartovanie“ procesu vzniku požiaru.

Iným prípadom nech je podzemná šachta, v ktorej je uložené určité zariadenie, ktoré si z času na čas vyžaduje kontrolu, resp. opravu. Ďalším faktorom, o ktorom sa vie, nech je občasný výskyt istého plynu v šachte v koncentráciách, ktoré neohrozujú život človeka, môžu mu však spôsobiť nevoľnosť a u niektorých jedincov až krátkodobú stratu vedomia. Zdalo by sa, že neželaným dopadom v tomto prípade bude „prietrvávanie“ človeka pracujúceho v šachte. Existuje však reálna možnosť logickej postupnosti takých udalostí, ktoré môžu viesť až k usmrteniu tohto človeka. Tento reťazec udalostí sa bude odvíjať od v podstate skrytého rizikového faktora, ktorým je umiestnenie šachty. Jej podzemná lokalizácia môže v niektorých obdobiach roka spôsobiť, že sa na

jej dne prechodne objaví 10 – 15 cm vody. Táto vrstva vody neohrozí ani strojné zariadenie, ani človeka. Človeka však len dovtedy, pokiaľ v dôsledku pôsobenia spomínaného plynu nestratí na krátku dobu vedomie. Potom tých 10 –15 cm vody môže paradoxne spôsobiť smrť utopením. Veľmi dôležitým momentom sa v tomto prípade ukazuje posúdenie fenoménu – prítomnosť plynu v šachte. Povaha tohto fenoménu priam navádza zaradiť ho medzi rizikové faktory. Pri dobre vedenej analýze a hlavne pri dobre stanovených možných dopadoch je však zrejmé, že prítomnosť plynu v šachte nie je len rizikovým faktorom, ale môže byť aj iniciačným impulzom. Prítomnosť plynu je tým štartérom, ktorý môže spustiť logickú postupnosť udalostí končiacich sa až smrťou človeka.

## **4.2 PRIEBEH VRCHOLOVEJ UDALOSTI A JEJ NÁSLEDKOV**

Nech človek manipuluje s elektrickým káblom, ktorý je pod napätím, a ktorý má v jednej časti porušenú izoláciu. Nech sa človek „holou rukou“ dotkne tohto kábla práve v mieste porušenia izolácie. Vrcholová udalosť – kontakt nekrytej, nechránenej ruky s neizolovaným vodičom pod napätím – a následok tejto udalosti – úraz elektrickým prúdom so smrteľnými následkami je v tomto prípade otázkou zlomkov sekundy.

Nech z istých dôvodov v procese vypisovania príkazu na výrobu skrinkovej zostavy došlo k omylu príslušného pracovníka a tento vydal výrobný príkaz na výrobu skrinkovej zostavy v prevedení buk, namiesto v zákazníkom požadovanom prevedení dub. Nech tento omyl neodhalil žiadny z kontrolných mechanizmov a nech bola takto vyrobená skrinková zostava dodaná zákazníkovi. Keďže dodávka nebola v súlade s potvrdenou objednávkou, zákazník dodávku neprijal a požadoval jej plnenie v súlade s platnou objednávkou. Nech organizácia nakoniec svoje záväzky splnila a požadovanú skrinkovú zostavu zákazníkovi dodala. Aj v tomto prípade vrcholová udalosť – omyl zamestnanca trval pár sekúnd. Ale priebeh následkov tohto omylu – od „ťahanice“ so zákazníkom, cez zvýšené náklady v podobe vyrobenej, ale nepredanej skrinkovej zostavy, zníženie platby

od zákazníka z titulu nesplnenia podmienok zmluvy, až po zosobnenie škôd, ktoré spôsobil uvedený zamestnanec je možné merať v týždňoch, až mesiacoch.

Nech je rizikovým faktorom potrubie, cez ktoré pod tlakom prúdi nebezpečný plyn. Zlý technický stav potrubia (opotrebované stenčené steny potrubia) nech je označený ako podmienka. Nech je náhle stúpnutie tlaku v potrubí iniciálnym impulzom. Interakcia týchto troch aspektov nech vyvolá haváriu – roztrhnutie steny potrubia, čo spôsobí náhly a nekontrolovaný únik určitého množstva plynu do prostredia. Samotné roztrhnutie potrubia, teda jeho havária má spravidla veľmi krátke trvanie, no vo svojej podstate vlastne predstavuje len začiatok priebehu nehody. Samotná nehoda bude ďalej pokračovať procesom šírenia tohto plynu v prostredí. Priebeh takéhoto typu nehôd sa nazýva expozičný proces.

### **EXPOZIČNÝ PROCES**

predstavuje reťazec neplánovaných, nekontrolovaných, logicky po sebe nasledujúcich udalostí, ktoré sa udejú od časového okamžiku začiatku priebehu nehody, až po časový okamžik, v ktorom účinky tejto nehody zasiahnu objekt, ktorý im „stojí v ceste“.

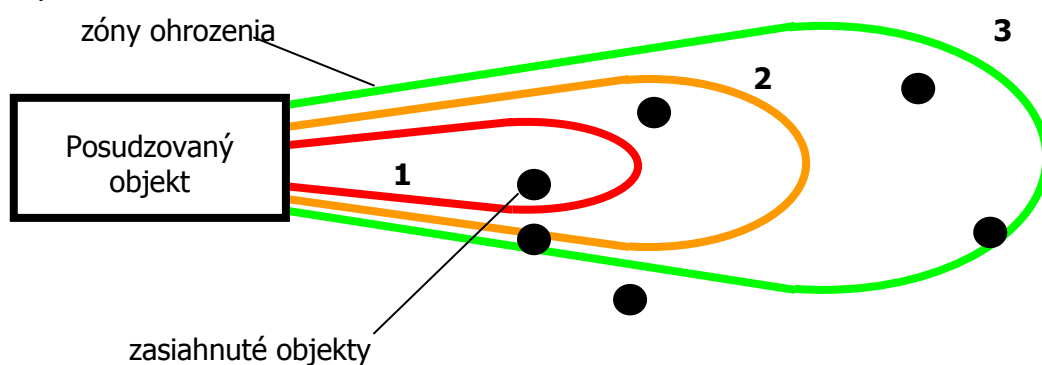
V našom prípade bude predstavovať časový a priestorový popis šírenia sa uniknutého plynu v prostredí, popis postupného znižovania koncentrácie uniknutého plynu, popis možných postupných zmien jeho fyzikálnych alebo chemických vlastností a pod. Je zrejmé, že v tomto prípade bude expozičný proces trvať dlhšie. Dĺžku jeho trvania bude ovplyvňovať množstvo faktorov, napríklad vlastnosti a množstvo uniknutého plynu, spôsob, miesto úniku a jeho priebeh, parametre horizontálneho a vertikálneho prúdenia vzduchu, počasie, zrážky, geografická poloha a pod. Popis vývoja a priebehu tejto udalosti – popis expozičného procesu bude predstavovať stanovenie:

- predpokladaného časového vývoja:
  - smeru, resp. smerov šírenia uniknutej látky,
  - zmien koncentrácie uniknutej látky,
  - zmien jej ostatných vlastností, napr. reakciou so vzduchom, resp. zrážkami a pod.;



- predpokladaných možných oblastí, v ktorých by uniknutá látka mohla spôsobiť negatívne dopady;
- objektov, ktorým by uniknutá látka mohla spôsobiť negatívne dopady;
- presnú lokalizáciu a spôsob umiestnenia možných zasiahnutých objektov;
- nebezpečenstva, či sa uniknutý plyn nemôže stať iniciačným impulzom - štartérom inej negatívnej udalosti.

Na základe týchto, analýzou získaných skutočností je možné stanoviť jednotlivé priestorové zóny ohrozenia, v ktorých sa môžu prejaviť negatívne dopady úniku látky.



**Obr. 4.3** Expozičný proces – šírenie úniku

Prax potvrdzuje, že expozičný proces sa vyznačuje veľmi veľkou variabilitou nielen čo sa týka časového intervalu jeho trvania, ale aj čo sa týka štruktúry reťazcov udalostí a zložitosti subprocessov, ktoré počas neho prebiehajú.

Ak expozičný proces predstavuje etapu od okamžiku vzniku reťazca udalostí, až po okamžik, v ktorom účinky tohto reťazca zasiahnu určitý objekt, potom

### **KAUZÁLNY PROCES**

predstavuje etapu pôsobenia týchto účinkov na daný objekt.

V teórii rizík sa tieto objekty zvyčajne delia na tri základné skupiny:

1. človek, alebo istým spôsobom definovaná skupina ľudí, napríklad zamestnanec organizácie, návštevník organizácie, občan nachádzajúci sa v blízkosti organizácie, zákazník, obyvatelia určitej obytnej zóny a pod.;
2. ekologické systémy;
3. objekty hmotnej povahy, napr. strojnotechnologické zariadenia, budovy, obytná zóna, kovové konštrukcie, sochy, a pod.

## 4.3 IDENTIFIKÁCIA REŤAZCOV UDALOSTÍ - PRINCÍP

V reálnom živote môže jedna vrcholová udalosť veľmi často spôsobiť rôzne druhy dopadov, no môže skončiť aj tým, že sa jeden druh dopadov môže u rôznych na vrcholovej udalosti zúčastnených subjektov prejavíť v rôznej výške. Napríklad nehoda automobilu môže spôsobiť dopady:

- hmotnej povahy – úplné zničenie auta a poškodenie zvodidiel cesty,
- environmentálne – znečistenie pôdy a vody vytečenými ropnými látkami,
- humánne – ujma na zdraví osádky automobilu.

Lenže v prípade nehody automobilu so štvorčlennou osádkou môžu byť humánne dopady v podobe:

- jednej usmrtenej osoby,
- jednej osoby zranenej ťažko,
- jednej osoby zranenej ľahko,
- jednej osoby, ktorá z nehody „vyviazla“ bez ujmy na zdraví.

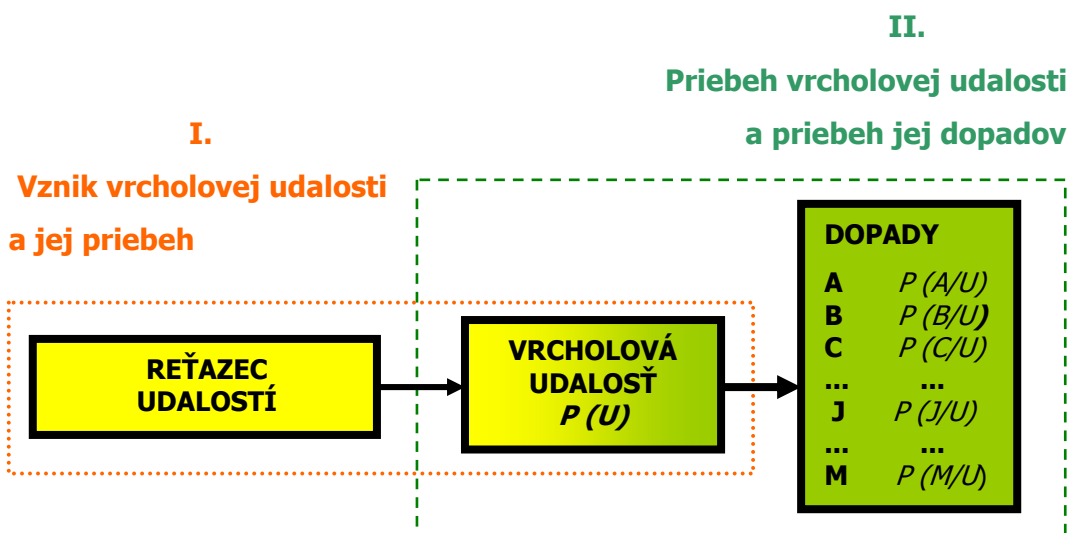
Tak isto jeden druh dopadu môže byť spôsobený rôznymi typmi vrcholovej udalosti. Napríklad úraz hlavy človeka pracujúceho na lešení môže spôsobiť pád predmetu z horných podlaží lešenia, alebo pád človeka z lešenia, alebo narazenie hlavou do konštrukcie lešenia, alebo ho do hlavy môže udrieť vedľa pracujúci kolega pri neopatrnnej manipulácii s bremenom a pod.

Uvedený fakt preto vedie k potrebe zvlášť identifikovať:

- **mechanizmus vzniku vrcholovej udalosti s pravdepodobnosťou tohto vzniku;**
- **mechanizmus vzniku dopadov vrcholovej udalosti s pravdepodobnosťou vzniku jednotlivých dopadov;**
- **súvislosti a väzby týchto dvoch navzájom previazaných mechanizmov.**

Hlavne prvé dva body vyžadujú dva rôzne pohľady, resp. prístupy k identifikácii tak prvkov, ktoré ich tvoria, ako aj vzájomných väzieb týchto prvkov.

Umiestnenie času  $T = 0$  na začiatok priebehu vrcholovej udalosti nielenže umožnilo definovať úlohy a poslanie systému prevencie a systému havarijnej pripravenosti, ale v kontexte uvedeného zároveň vytvorilo možnosť zmysluplne rozdeliť reťaz blokov udalostí na dve hlavné, navzájom prepojené časti (obr. 4.4), (3).



**Obr. 4.4** Hlavné časti reťazca udalostí

### Vznik vrcholovej udalosti a jej priebeh

Hlavnou náplňou a poslaním je identifikácia najmä:

- reálne možných vrcholových udalostí, ktoré môžu v posudzovanom systéme nastať;
- pravdepodobnosti ich nastania;
- početnosti ich výskytu;
- spôsobu ich priebehu a pod.

v rámci vopred stanoveného časového intervalu a režimu prevádzkovania posudzovaného systému.

### Priebeh vrcholovej udalosti a vznik a priebeh jej dopadov

Hlavnou náplňou je na základe odhadovaného priebehu vrcholovej udalosti stanoviť aké reálne možné dopady môže tá ktorá udalosť generovať a s akou pravdepodobnosťou môže ten ktorý dopad vzniknúť. Na základe uvedeného je potom všeobecný formálny vzťah pre stanovenie rizika

$$R = P \times D$$

potrebné transformovať do podoby

$$R_J = \left[ P(VU) \times P(J) \right] \times D_J, \text{ kde} \quad (4.1)$$

$R_J$  predstavuje kvantifikované riziko, ako mieru ohrozenia od J-teho dopadu,

$P(VU)$  predstavuje pravdepodobnosť vzniku vrcholovej udalosti,

$P(J)$  predstavuje pravdepodobnosť, s akou z celej škály dopadov udalosti vznikne práve J-ty dopad,

$D_J$  predstavuje kvalifikáciu a kvantifikáciu J-teho dopadu (3).

V prípade už spomínanej havárie auta bude:

$D_J$  – usmrtenie osoby,

$P(VU)$  – pravdepodobnosť vzniku nehody auta,

$P(J)$  – pravdepodobnosť s akou pri nehode auta dôjde k usmrtenie osoby.

## 4.4 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – OBJEKT A PROCES

Vrcholová udalosť je udalosť, ktorá vždy:

- v určitom čase,
- v určitých súvislostiach a
- určitým spôsobom

súvisí, ba doslova je „zviazaná“ s konkrétnym systémom, pričom v reálnom živote môže nastať niekoľko základných modelových situácií a ich kombinácií.

Prvú možnosť predstavuje vzťah **vrcholová udalosť – systém**. Vrcholová udalosť môže vzniknúť:

- vo vnútri systému, teda v rámci jeho vonkajších hraníc,
- mimo systému, teda za jeho vonkajšími hranicami.

Druhú možnosť predstavuje vzťah **následky vrcholovej udalosti – systém**. Následky vrcholovej udalosti sa môžu týkať:

- vnútorných prvkov systému, teda prvkov nachádzajúcich sa vo vnútri jeho vonkajších hraníc,

- vonkajších prvkov systému, teda prvkov nachádzajúcich sa za jeho vonkajšími hranicami.

V ďalšom sa budeme venovať len nasledovným trom kombináciám modelových situácií,

**vrcholová udalosť vznikla/vznikne mimo systému  
a spôsobí následky jeho vnútorným prvkom**

**vrcholová udalosť vznikla/vznikne vo vnútri systému  
a spôsobí následky jeho vnútorným prvkom**

**vrcholová udalosť vznikla/vznikne vo vnútri systému  
a spôsobí následky vonkajším prvkom**

pričom v rámci všeobecného pojmu **system** sa zameriame najmä na **objekt** v podobe:

- sústavy ľudí, postupov, procesov, aktivít, materiálov, energie, zariadení, budov a pod. integrovanej tak, že táto je schopná v špecifických podmienkach a v špecifickom prostredí vykonávať špecifické úlohy a poskytovať požadované výstupy,
  - technického systému
- a **proces**, ako základný prvok procesných máp.

## **5.** kapitola

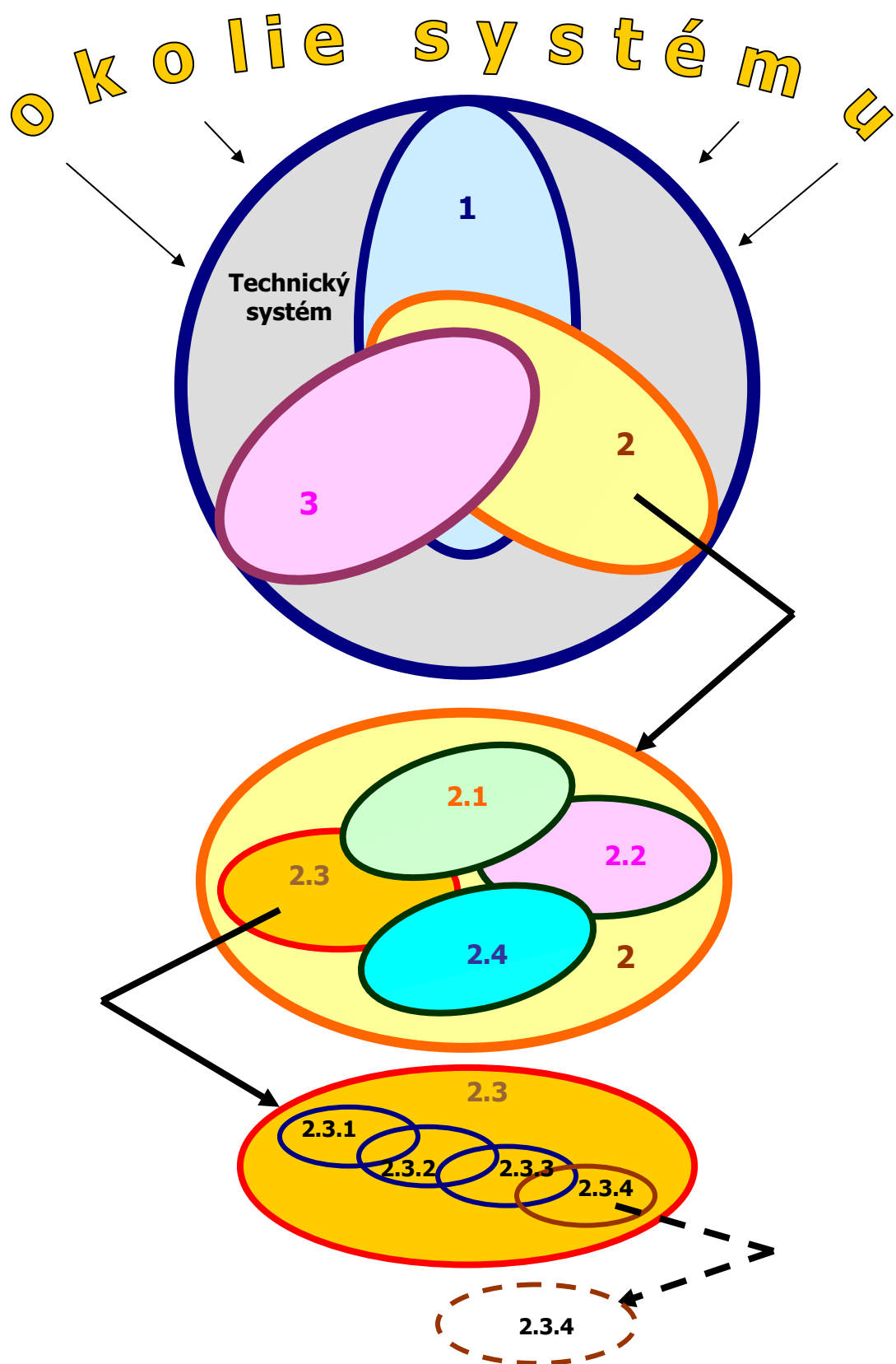
# TECHNICKÝ SYSTÉM

---

## **5.1 TECHNICKÝ SYSTÉM**

Každá technická sústava, napríklad budova, most, osobný automobil, počítač, fotoaparát, ručná reťazová píla, výtah a pod. predstavujú technický systém tvorený viac či menej zložitou štruktúrou zloženou z jednotlivých mechanických, elektrických a iných prvkov. Prvky majú v systéme jasné štruktúralno-funkčné usporiadanie. Znamená to, že systém je definovaný takou hierarchickou štruktúrou prvkov a ich vzájomných vzťahov, ktorá bude zaručovať, že technický systém bude mať vopred stanovené správanie a v špecifických podmienkach bude poskytovať požadované výstupy. Výstupy, ktoré ani jeden z jeho prvkov nie je sám o sebe schopný poskytnúť.

Riziko, ako miera ohrozenia je vo všeobecnosti vyjadrené kombináciou pravdepodobnosti výskytu udalosti a následkov tejto udalosti. V prípade technických systémov je potrebné túto definíciu mierne upraviť, ale hlavne „skonkrétňiť“. V každom technickom systéme je možné vyčleniť jeho základné zložky. Každú takto vyčlenenú zložku je možné následne rozčleniť na zložky, z ktorých sa skladá. Tento postup je možné opakovať až dotedy, pokiaľ sa nedostaneme až na úroveň základných prvkov, z ktorých sa tá ktorá zložka skladá a ďalšie delenie ktorých už nemá ďalej význam alebo zmysel (obrázok 5.1).



**Obr. 5.1** Štruktúra technického systému

V zmysle definície rizika a v kontexte obrázka 5.1 sa vynára niekoľko otázok, na ktoré bude potrebné dať jasné odpovede, napríklad:

- S akou pravdepodobnosťou dôjde k poruche prvku s označením 2.3.4?
- Akým spôsobom sa tento prvok poruší?
- Spôsobí takýto spôsob porušenia prvku 2.3.4 poruchu systému s označením 2.3? Ak áno, tak akú? Stane sa tým celý technický systém menej bezpečný?
- Spôsobí takýto spôsob porušenia prvku 2.3.4, následne systému 2.3 aj zmeny v systéme s označením 2? Ak áno, tak aké? Stane sa tým celý technický systém menej bezpečný?
- Spôsobí takýto spôsob porušenia prvku 2.3.4, následne systému 2.3 a systému 2 aj zmeny v celom technickom systéme? Ak áno, tak aké? Stane sa tým celý technický systém menej bezpečný?
- Spôsobí takýto spôsob porušenia prvku 2.3.4, následne celého technického systému aj zmeny okolia technického systému? Ak áno, tak aké?

Zmysel týchto otázok nech deklaruje nasledovný príklad. Nech po diaľnici vedieme osobný automobil rýchlosťou cca 130 km za hodinu a nech v jedinom okamžiku v našom aute prestane fungovať autorádio a zároveň na prednom kolese nech dostaneme defekt. Je zrejmé, že oba technické systémy - tak pneumatika, ako aj autorádio môžu vďaka poruche stratiť svoju funkčnosť a tieto poruchy môžu nastať nezávisle na sebe, teda aj naraz. No zrejmy je aj fakt, že strata funkčnosti autorádia a predného kolesa priamo počas cesty môže mať tak pre samotné auto, jeho osádku, ako aj ďalších účastníkov cestnej premávky diametrálne odlišné následky a ich vážnosť bude predovšetkým závisieť od dvoch faktorov:

- významu toho ktorého prvku v celej štruktúre prvkov technického systému, (nefunkčné autorádio je síce nepríjemná záležitosť, ale na rozdiel od nefunkčného predného kolesa nebráni ďalšiemu používaniu auta),
- spôsobu poruchy toho ktorého prvku, (prepichnutie pneumatiky klincom za jazdy a následná postupná strata tlaku v pneumatike môže mať úplne iné následky, ako okamžitá a úplná degradácia pneumatiky priamo za jazdy).



Z uvedeného je zrejmé, že v prípade technických systémov je potrebné identifikovať najmä:

- Pravdepodobnosť poruchy prvku.
- Spôsob poruchy prvky.
- Následok identifikovaného spôsobu poruchy prvku na najbližšie okolie prvku, až na celý systém.
- Spôsob a stupeň zníženia bezpečnosti celého technického systému, ako následku identifikovaného spôsobu poruchy daného prvku.

## **5.2 ŠTRUKTÚRA A VLASTNOSTI TECHNICKÉHO SYSTÉMU**

Aby bolo možné identifikovať „reakciu“ systému, alebo jeho časti na tú ktorú poruchu toho ktorého prvku, musíme poznať štruktúralno-funkčné usporiadanie prvkov technického systému. Obrazne povedané, musíme byť schopní „mentálnym“, nie fyzickým spôsobom „rozobrať“ systém na také zmysluplné časti a následne tak popísať väzby medzi nimi, aby sme vedeli induktívnym spôsobom identifikovať – predpovedať, ako na daný spôsob poruchy toho ktorého prvku budú reagovať prvky jeho najbližšieho okolia, ďalšieho okolia, až celý technický systém. Ak sa v tomto kontexte máme zaoberať problematikou „mentálneho rozoberania“ – analýzy technických systémov, bolo by dobré poznať základné „mentálne princípy a postupy syntézy“ – tvorby systémov. Jednoducho povedané, systém sa nám bude ľahšie a efektívnejšie „rozoberať“, ak bude aspoň tušiť ako a prečo práve takto bol systém vytvorený a postavený, akú funkciu má tá ktorá jeho časť, ako tieto časti navzájom súvisia a spolupracujú, ktorá je ktorej nadriadená, resp. podriadená, ktorá od ktorej závisí a pod.

Keďže každý technický systém musí byť zostavený a prevádzkovaný tak, aby vopred stanoveným spôsobom slúžil svojmu účelu a plnil vopred stanovené úlohy, musí byť vytvorený ako systém s cieľovým správaním, ako systém spĺňajúci konkrétne kritériá stability, adaptability a optimality stanovené v rôznych úrovniach, napríklad ekonomickej, technickej, environmentálnej, ergonómie, údržby a pod. Aby bolo možné ľahšie vniknúť do podstaty štruktúralno-funkčného uspo-

riadania prvkov už existujúcich systémov, predstavme si aspoň základné systémove princípy a postuláty najčastejšie používané v procesoch ich tvorby (4).

### 5.2.1 PRINCÍP RELATIVITY, PRINCÍP DEKOMPOZÍCIE A PRINCÍP SUBSYSTÉM JE TIEŽ SYSTÉM

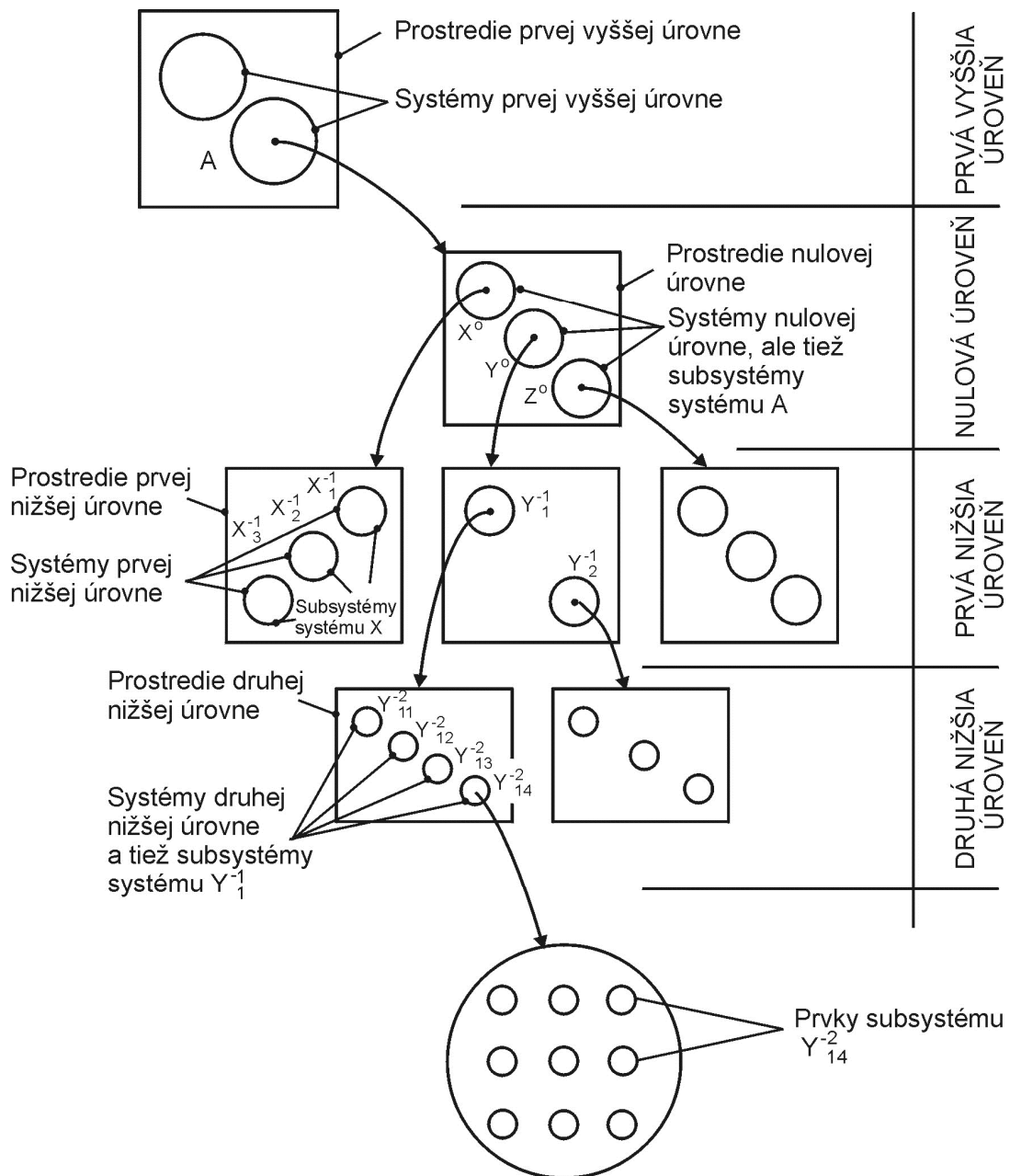
Každý systém vykonáva svoje funkcie v určitom konkrétnom prostredí, pričom toto prostredie ovplyvňuje a sám je ním ovplyvňovaný. **Každý systém, na ktorý vplýva jeho okolie je podsystemom väčšieho systému a každá časť systému je potenciálne systémom.**

Prostredie, ktoré určitým spôsobom vplýva na objekty, ktoré v ňom môžeme vydeliť a ktoré nás zaujímajú označujeme za **prostredie nulovej úrovne**. Objekty skúmané v tomto prostredí ako samostatné celky označujeme za **systémy nulovej úrovne**. Toto rozlišovanie je možné označiť za **rozlišovanie na základnej úrovni**.

Ak sa skúmané objekty - systémy nulovej úrovne - pre nás stávajú prostredím, zvýšime rozlišovaciu úroveň. Systém nulovej úrovne potom bude predstavovať **prostredie prvej hlbšej úrovne**. Objekty, ktoré sa v ňom nachádzajú a ktoré nás zaujímajú ako samostatné systémy označíme za **systémy prvej hlbšej úrovne** (obr. 5.2).

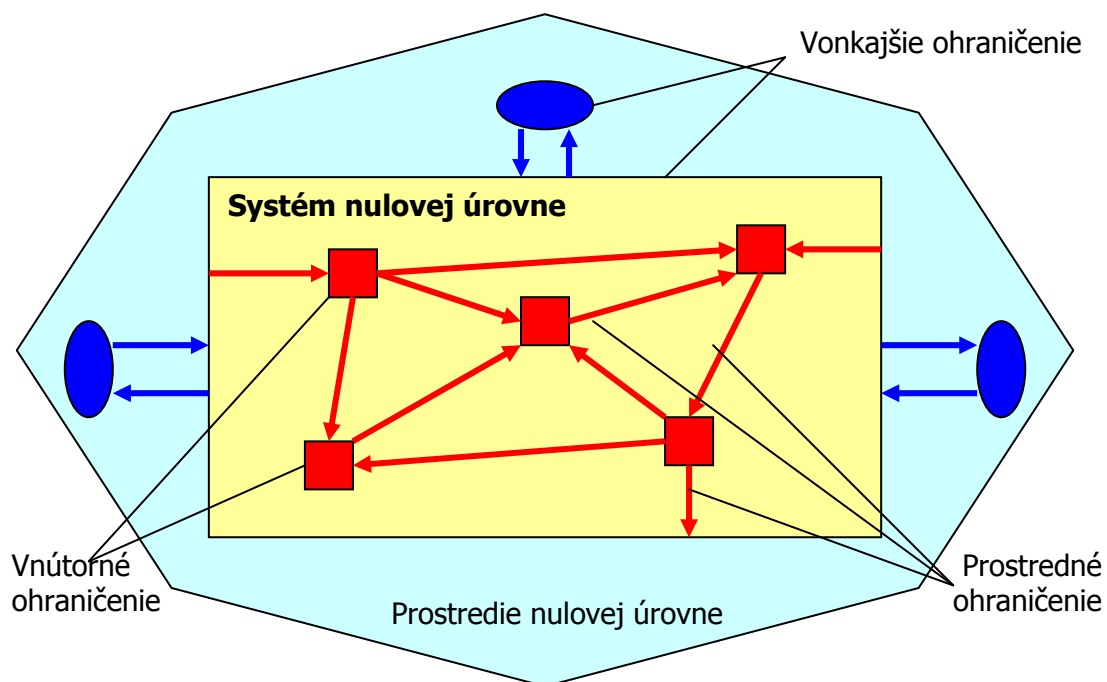
Ak ďalej zvýšime rozlišovaciu schopnosť, systém prvej hlbšej úrovne sa stane prostredím druhej hlbšej úrovne a v ňom môžu byť vyčlenené objekty druhej hlbšej úrovne a pod.

Prostredie, ktoré obklopuje a ovplyvňuje systémy nulovej úrovne môže byť samostatným systémom. Takýto systém označujeme ako **systém prvej vyššej úrovne**.



**Obr. 5.2** Hierarchia systémov (4)

Z obr. 5.2 je zrejmé, že každý systém je subsystemom nejakého vyššieho systému. Z tohto pohľadu je veľmi dôležité definovanie toho, čo pokladáme za systém, na ktorý bude sústredený náš prvotný záujem a ktorý budeme skúmať - t.j. definovanie **ohraničenia systému**. (obr. 5.3).



**Obr. 5.3** Ohraničenie systému

**Vonkajším ohraničením** sa rozumie definovanie vonkajších hraníc skúmaného systému, prvkov ležiacich za hranicami systému a vzájomných väzieb systému a vonkajších prvkov. Analogickým spôsobom je možné definovať aj **vnútorné ohraničenie systému**. Rozumie sa ním množina subsystémov, ktoré z hľadiska zamerania nášho skúmania považujeme za časti systému. Vzťahy medzi týmito subsystémami nazývame **prostredným ohraničením systému**.

**Vonkajšie ohraničenie** má výrazné špecifikum v tom, že **na základe poznania prostredia prvej vyššej úrovne ho musí definovať subjekt**. Subjektom je zvyčajne užívateľ alebo navrhovateľ predmetného systému. Naopak **vnútorné a prostredné ohraničenie** nesmú byť stanovované subjektom, ale **musia byť formálnym spôsobom odvodené z rozhodnutí, vlastností a podmienok definovaných vonkajším ohraničením**. Tento postup je považovaný za využitie systémového princípu.

Medzi základné postupy aplikácie systémového princípu patria **systémová analýza a systémová syntéza**.

**Systemová analýza** sa zvyčajne robí spôsobom **od globálu k detailu** a jej cieľ závisí od východiskovej situácie analýzy. V prípade, že je známe celkové správanie sa systému, základným cieľom je identifikácia prvkov, z ktorých sa systém skladá a hierarchie ich štruktúry. V prípade, že je známa štruktúra prvkov systému, základným cieľom je identifikácia správania sa systému. V súvislosti so systémovou analýzou je potrebné rozlišovať analýzu:

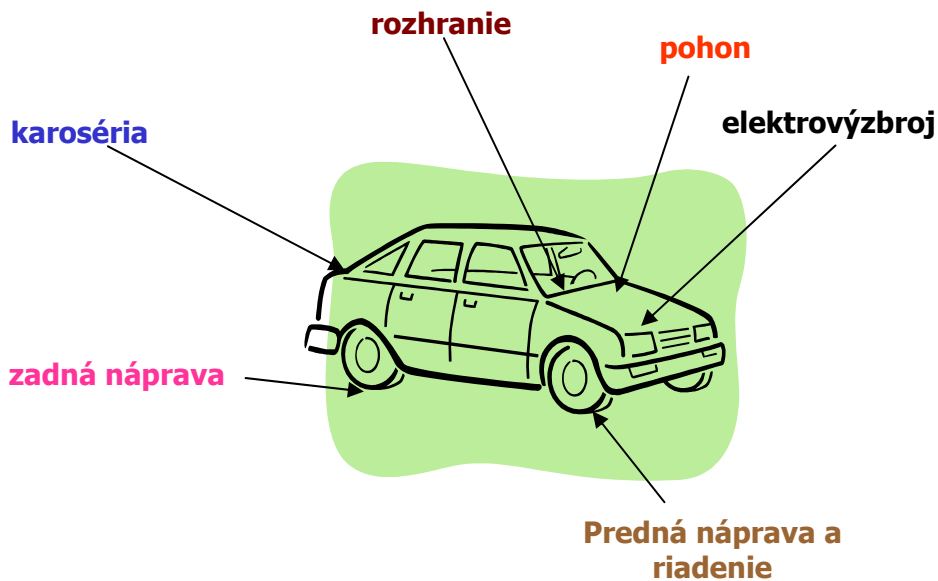
- statických systémov,
- dynamických systémov.

Pri analýze statického systému chýba faktor času. Naopak pri analýze dynamických systémov faktor času má veľmi výrazný vplyv.

**Systemová syntéza** sa zvyčajne robí spôsobom **od prvku ku globálu**. Zaoberá sa tvorbou systémov, pričom jej cieľom je navrhnutie fungujúceho systému v zmysle vopred špecifikovaných požiadaviek a kritérií. Je zrejmé, že systém požadovaných vlastností môže byť „postavený“ na báze rôznych prvkov usporiadaných v rôznych štruktúrach. Určenie výslednej štruktúry sa následne robí pomocou rôznych, vopred stanovených kritérií optimalizácie.

Technický systém je možné „mentálne rozobrať“, teda dekomponovať na jednotlivé zmysluplné časti navzájom prepojené zmysluplnými vzťahmi. Podstata tohto tvrdenia nech je vysvetlená na nasledovnom jednoduchom prípade. Stojíme pred úlohou zmysluplným spôsobom dekomponovať technický systém osobný automobil.

Ako prvý musí byť stanovený obsah slovíčka **zmysluplný**, čo vyplýva z definovania účelu, pre ktorý sa dekompozícia robí. Nech je prvým účelom spoznanie štruktúry systému auto z pohľadu jej funkčného usporiadania. V prvej úrovni je možné definovať nasledovné základné subsystemy systému auto.



Ak zvýšime rozlišovaciu úroveň a subsystém pohon označíme za systém prvej hlbšej úrovne, môžeme v ňom definovať nasledovné základné subsystémy: motor, prevody a predná náprava.

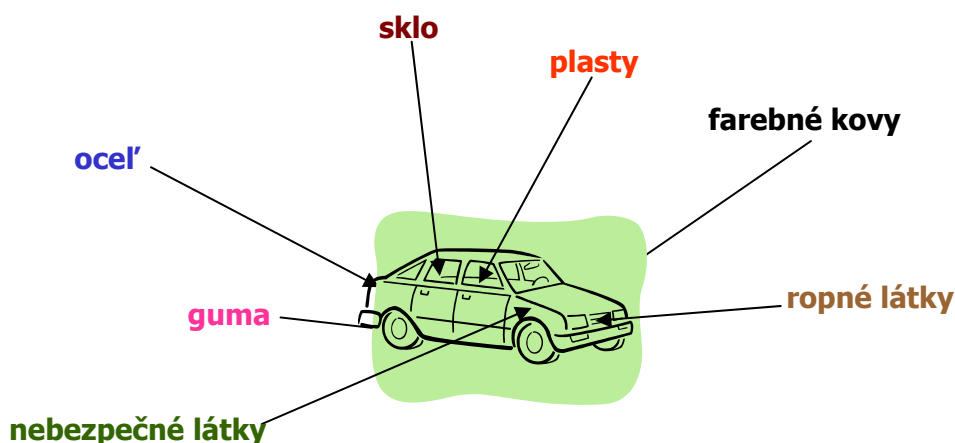
Ak zvýšime rozlišovaciu úroveň a subsystém motor označíme za systém druhej hlbšej úrovne, môžeme v ňom definovať nasledovné základné subsystémy: palivový systém, motorová jednotka, vzduchový systém, riadiaca jednotka, štartér, elektrický systém.

Ak opäť zvýšime rozlišovaciu úroveň a subsystém motorová jednotka označíme za systém tretej hlbšej úrovne, môžeme v ňom definovať nasledovné základné subsystémy: blok motora, hlava motora, rozvody, vaňa, olejový systém, chladiaci systém a pod.

Podobným spôsobom je možné pokračovať až na úroveň, ktorá má pre tento účel analýzy ešte zmysel.

Je otázne, či by pre tento účel analýzy bolo zmysluplné definovanie napríklad subsystému skrutiek, subsystému matíc, subsystému ozubených kolies a pod. Aj tento spôsob dekompozície je možný, ale pre účely spoznania štruktúry systému auto z pohľadu jej funkčného usporiadania by to nemalo zmysel.

Nech je druhým účelom spoznanie štruktúry systému auto z pohľadu realizácie poslednej etapy jeho životného cyklu – etapy likvidácie auta. V prvej úrovni pre tento účel vedenej analýzy je možné definovať nasledovné základné subsystemy systému auto.



### 5.2.2 PRINCÍP OPTIMALITY, SUBOPTIMALIZÁCIE A NEADITÍVNOSTI VLASTNOSTÍ

Princíp optimality sa uplatňuje sa najmä v procesoch hľadania optimálneho „tvaru“ syntetizovaného systému. Dôležitým prvkom sú tzv. **globálne kritériá optimality** predstavujúce sústavu vopred stanovených kritérií vymedzujúcich funkcie, ciele a účel syntetizovaného systému. Niektoré kritériá môžu byť postavené na báze „extrému“, napr. maximalizovanie podielu prínosy/náklady, zisku a pod., alebo minimalizovanie rizík, spotreby energie a pod. Niektoré kritériá môžu vychádzať z princípu dosiahnutia všeobecnej spokojnosti. Veľmi zriedkavo sa podarí stanoviť jedno globálne kritérium optimalizácie, ale je potrebné využiť postupy viackritériálnej optimalizácie a agregácie kritérií.

Ak sa vykonáva optimalizácia každého subsystemu samostatne a nezávisle od ďalších subsystemov – tzv. **suboptimalizácia**, nemusí to automaticky viesť k optimalizácii celého systému. V tomto prípade platí zásada – ak má optimálne pracovať celý systém, musia optimálne pracovať aj jeho subsystemy. Ak systém môže optimálne pracovať len za tej podmienky, že v tom čase bude musieť

niektorý z jeho podsystémov fungovať v režime plnej záťaže, tento stav je možné považovať z krátkodobého hľadiska za rizikový (krátkodobé preťaženie subsystému) a z dlhodobého hľadiska za neudržateľný.

**Princíp neaditívnosti vlastností** hovorí o tom, že výslednú vlastnosť systému nie je možné stanoviť ako súčet vlastností jeho jednotlivých prvkov. Inými slovami povedané, **navrhnuť dobrý systém nie je to isté, ako dobre navrhnuť jeho jednotlivé zložky.**

### 5.2.3 PRINCÍP STABILITY A ADAPTABILITY

Princíp stability systému vyžaduje aplikovanie takých postupov a prístupov pri syntéze systému, ktoré by zaručovali jeho stabilné fungovanie aj v prípadoch vopred stanovených predpokladaných zmien, ktoré by mohli nastať buď v okolí systému, alebo v ňom samotnom.

Princíp adaptability systému vyžaduje aplikovanie takých postupov a prístupov pri syntéze systému, ktoré by zaručovali jeho stabilné fungovanie prostredníctvom možností jeho adaptácie na zmeny, ktoré by mohli nastať buď v okolí systému, alebo v ňom samotnom.

## 5.3 SPOLÁHLIVOSŤ PRVKU

Spoločenská prax pozná množstvo prípadov, v ktorých nehody s veľkými, až katastrofálnymi následkami vznikli ako dôsledok zlyhania technického systému, pričom toto zlyhanie bolo neraz spôsobené vznikom poruchy prvku systému.

Vznik poruchy určitého prvku sústavy je vo všeobecnosti považovaný za náhodný jav a doba do vzniku poruchy  $T_p$  je považovaná za spojitú náhodnú veličinu (1).

**Spolahlivosť, resp. bezporuchovosť  $R(t)$**  je funkcia, pomocou ktorej je vyjadrená pravdepodobnosť, že v istom časovom intervale  $\langle 0; t \rangle$  nedôjde k poruche, t.j. pravdepodobnosť, že doba do vzniku poruchy  $T_p$  bude dlhšia, ako  $t$ .

$$R(t) = P(T_p \geq t) = 1 - F(t) \quad (5.1)$$



**F(t)** je distribučnou funkciou poruchovosti F(t)

$$\mathbf{F(t) = P(T_p \leq t)} \quad (5.2)$$

a vlastne **určuje nespoľahlivosť prvku**, t.j. pravdepodobnosť, s akou bude doba do vzniku poruchy  $T_p$  menšia ako čas  $t$ .

Ak má distribučná funkcia F(t) vo všetkých bodoch deriváciu, potom

$$\mathbf{F(t) = \int_{-\infty}^t f(t) dt} , \quad (5.3)$$

odkiaľ vyplýva

$$\mathbf{f(t) = \frac{dF(t)}{dt}} , \quad (5.4)$$

kde **f(t) predstavuje** hustotu pravdepodobnosti výskytu náhodnej veličiny  $T_p$ , t.j. **hustotu pravdepodobnosti výskytu poruchy** daného prvku systému.

Základnou charakteristikou technického zariadenia je **intenzita porúch  $\lambda(t)$**  definovaná vzťahom

$$\mathbf{\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}} , \quad (5.5)$$

pomocou ktorej je vyjadrená pravdepodobnosť  $P_p$ , že prvá porucha nastane v časovom intervale  $\langle t, t+\Delta t \rangle$  za podmienky, že v čase  $\langle 0, t \rangle$  ešte nenastala

$$\mathbf{P_p = \lambda(t) \Delta t}$$

Teória spoľahlivosti pracuje s niekoľkými typmi rozdelení spojitej náhodnej veličiny. Podľa tvaru funkcie  $\lambda(t)$ , predstavujúcej intenzitu porúch sa v teórii spoľahlivosti najčastejšie používajú nasledovné modely spoľahlivosti.

### **Exponenciálne rozdelenie**

Funkcia intenzity porúch má tvar

$$\mathbf{\lambda(t) = konšt} , \quad (5.6)$$



**Obr. 5.4** Funkcia intenzity porúch Exponenciálneho rozdelenia

Znamená to, že intenzita vzniku porúch je konštantná, t.j. pravdepodobnosť ich vzniku v ľubovoľnom okamžiku je rovnaká a nezávisí na dobe, počas ktorej bol systém v bezporuchovej prevádzke. Pravdepodobnosť vzniku poruchy v časovom intervale  $(t; t + \Delta t)$  za predpokladu, že porucha v intervale  $(0; t)$  nenastala je konštantná a nezávisí na čase  $t$ . Ide teda o prípad, kedy k poruche dochádza z náhodných príčin a nie v dôsledku vplyvu starnutia a opotrebovania prvkov systému. Ostatné charakteristiky sú dané nasledovnými vzťahmi.

$$\mathbf{F(t) = 1 - e^{-\lambda t}} \qquad \mathbf{R(t) = e^{-\lambda t}} \qquad \mathbf{f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}}$$

Pre strednú hodnotu a rozptyl platia vzťahy

$$\mathbf{E(t) = \frac{1}{\lambda}} \qquad \mathbf{D(t) = \frac{1}{\lambda^2}}$$

### Weibullovo rozdelenie

Niekoľkoročné skúsenosti s hodnotením spoľahlivosti zložitých mechanických systémov ukázali, že optimálnym teoretickým modelom vyhovujúcim požiadavkám prevádzky najmä strojárskych výrobkov vo všetkých fázach ich využívania je Weibullov model. Používa sa hlavne v prípadoch, keď poruchovosť výrazne závisí od doby používania zariadenia. Pokrýva prakticky väčšinu možných priebehov náhodne premenných veličín, ktoré môžu pri posudzovaní spoľahlivosti mechanických sústav nastať.

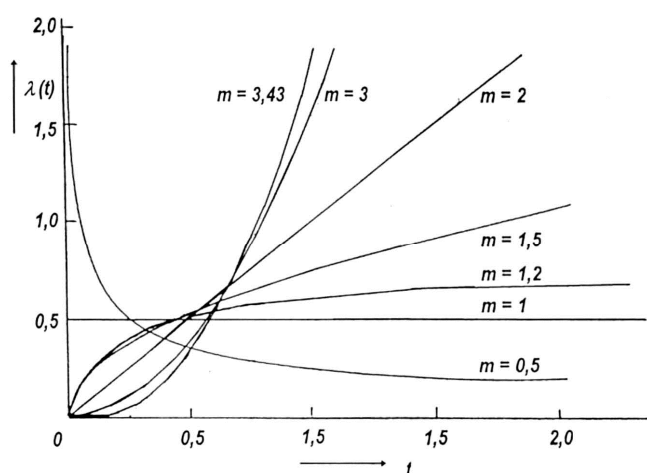
W rozdelenie vychádza z funkcie  $f(t)$  v tvare

$$\mathbf{f(t) = m \cdot d \cdot t^{(m-1)} \cdot e^{-d \cdot t^m}} \qquad (5.7)$$

a funkcia spoľahlivosti  $R(t)$  má tvar

$$R(t) = e^{-d \cdot t^m} \quad (5.8)$$

Z grafu funkcie  $\lambda(t)$  je zrejmé, aké tvary môžu mať krivky charakterizujúce intenzitu vzniku náhodného javu pre rôzne hodnoty „ $m$ “. V závislosti od hodnoty „ $m$ “ môže mať graf funkcie  $\lambda(t)$  rôzne tvary znázorňujúce buď nárast (pre  $m$  väčšie ako 1), alebo pokles (pre  $m$  menšie ako 1) intenzity vzniku porúch s časom (obr. 5.5). Pri hodnote  $m = 1$  Weibullovo rozdelenie nadobúda podobu exponenciálneho rozdelenia.



**Obr. 5.5** Funkcia intenzity porúch Weibullovoho rozdelenia. Zdroj (1)

### Normálne rozdelenie $N(\mu, \sigma^2)$

Niekedy nazývané aj Gauss-Laplaceovým rozdelením. Je používané tam, kde na kolísaní hodnôt náhodnej veličiny pôsobí veľký počet nepatrných a vzájomne nezávislých vplyvov. Z tohto dôvodu sa niekedy uvádza aj ako „zákon rozdelenia chýb“. Normálne rozdelenie je charakterizované funkciou hustoty pravdepodobnosti

$$f(t) = \frac{1}{\sigma} \cdot \varphi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right) \cdot \frac{1}{\sigma} \quad (5.9)$$

kde

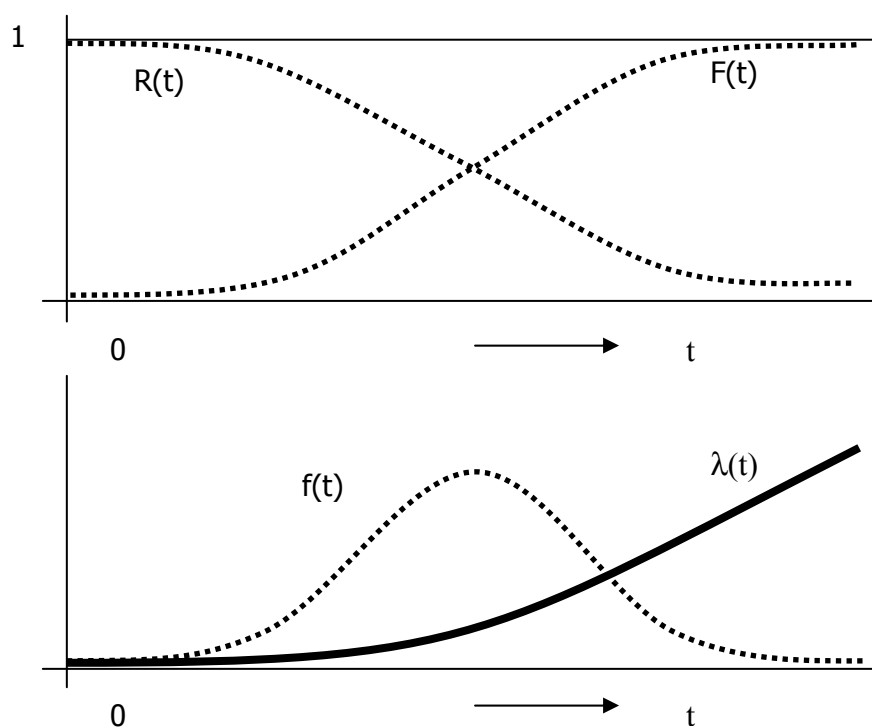
$\mu$  = stredná hodnota,

$\sigma$  = smerodajná odchýlka

$\phi(x)$  je funkcia štandardného normálneho rozdelenia

$$\phi(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\frac{x^2}{\sigma^2}}$$

Teória spoľahlivosti pracuje s časom  $t > 0$  a preto sú grafy funkcií  $F(t)$ ,  $R(t)$ ,  $f(t)$  a  $\lambda(t)$  znázornené v tzv. „useknutej“ forme.



**Obr. 5.6** Normálne rozdelenie - grafy funkcií  $F(t)$ ,  $R(t)$ ,  $f(t)$  a  $\lambda(t)$

Ak je na základe dostupných údajov možné definovať typ rozdelenia a distribučnú funkciu, potom je na jej základe možné odvodiť aj funkcie  $R(t)$ ,  $f(t)$  a  $\lambda(t)$ . Na ich základe je potom možné stanoviť strednú dobu spojitej náhodnej veličiny  $T_p$ , pre ktorú platí

$$E[T_p] = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) dt \quad (5.10)$$

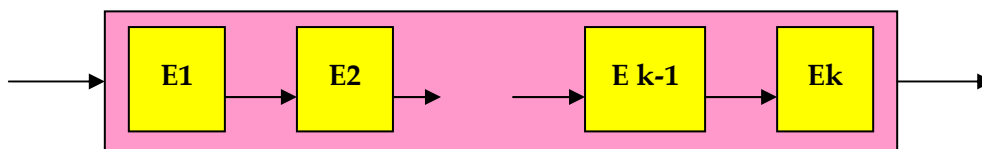
Pre rozptyl platí

$$D[T_p] = \int_0^{\infty} \{t - E[T_p]\}^2 f(t) dt \quad (5.11)$$

## 5.4 SPOLÁHLIVOSŤ TECHNICKÉHO SYSTÉMU BLOKOVÉ MODELY SPOLÁHLIVOSTI

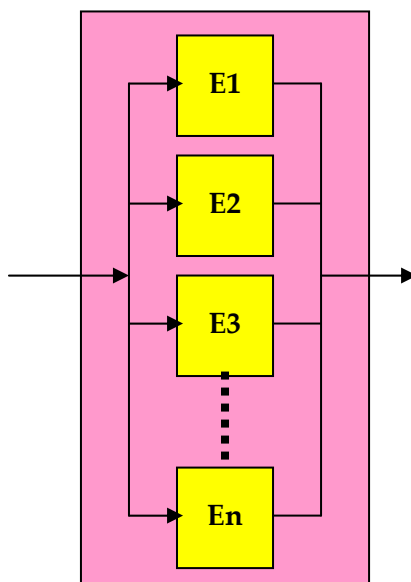
Technický systém je reprezentovaný sústavou prvkov usporiadaných v zmysle vopred stanovenej štruktúry. Majme sústavu  $M_k$  zloženú z  $k$  samostatných, navzájom nezávislých elementov/prvkov označených symbolmi  $E_1, E_2, \dots, E_k$ . Z pohľadu štruktúrálnych vzťahov je možné vyčleniť dva základné typy sústav.

Prvým typom je sústava  $M_k$  zložená z prvkov  $\{E_i\}_{i=1\dots k}$   $k \geq 1$ , ktoré sú navzájom spojené sériovým zapojením.



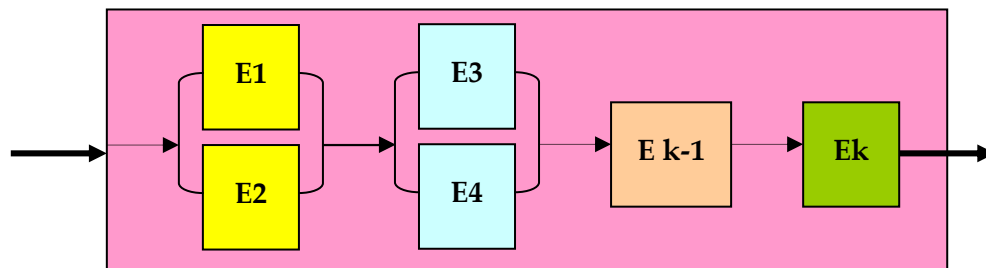
**Obr. 5.7** Sústava  $M_k$  so sériou štruktúrou  $\varphi_s - M_k\varphi_s$

Druhým typom je sústava  $M_k$  zložená z prvkov  $\{E_i\}_{i=1\dots k}$   $k \geq 1$ , ktoré sú navzájom spojené paralelným zapojením.

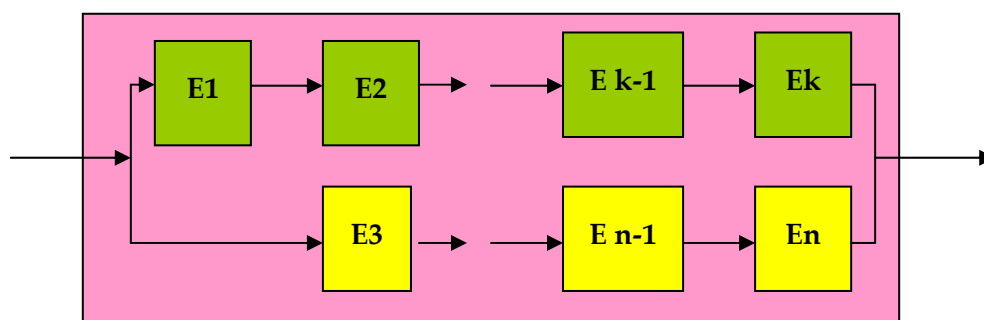


**Obr. 5.8** Sústava  $M_k$  s paralelnou štruktúrou  $\varphi_p - M_k\varphi_p$

Sústavy s čistou sériovou alebo paralelnou štruktúrou sú v praxi menej časté. Najčastejšie sa vyskytujú sústavy s kombinovanou, zmiešanou štruktúrou.

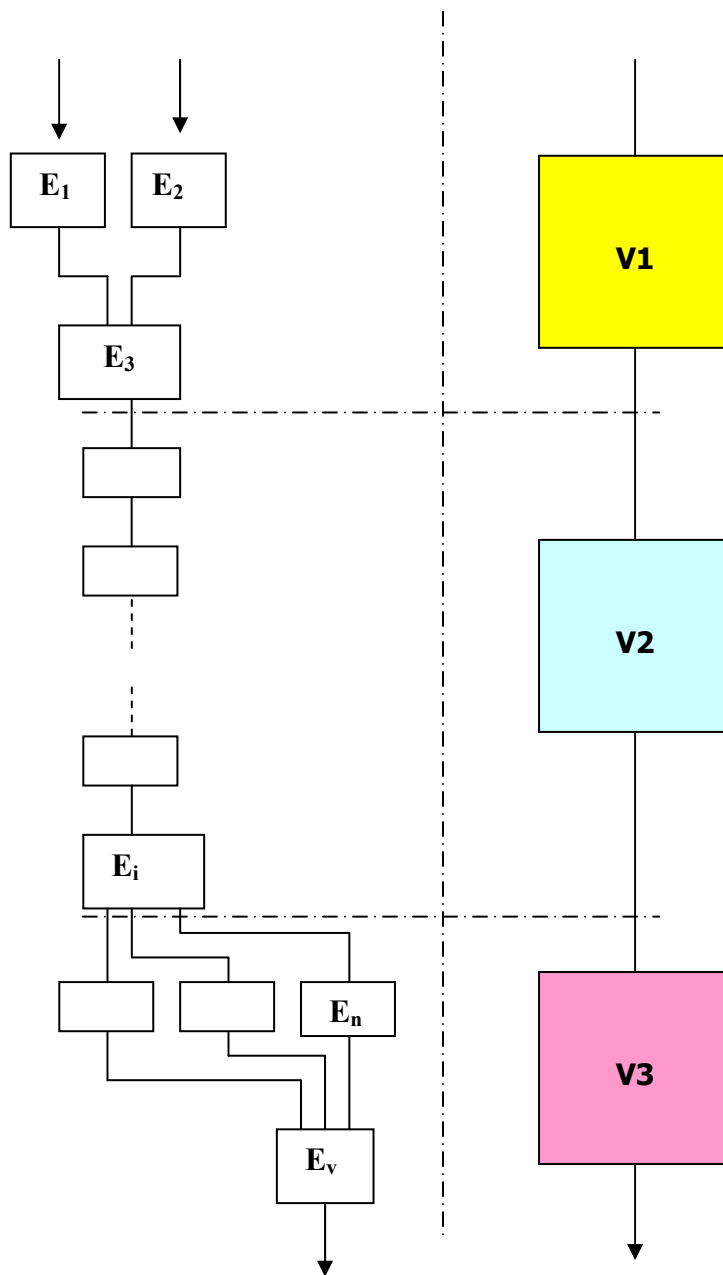


**Obr. 5.9** Sústava  $M_k$  so sériovo paralelnou štruktúrou  $\varphi_{sp} - M_k\varphi_{sp}$



**Obr. 5.10** Sústava  $M_k$  s paralelno sériovou štruktúrou  $\varphi_{ps} - M_k\varphi_{ps}$

V prípade kombinovanej štruktúry (obr. 5.11) je túto potrebné „rozložiť“ na menšie časti reprezentujúce jednoduché štruktúry, samostatne každú z nich vyriešiť a potom vyriešiť sústavu  $V_1, V_2, V_3$ .



**Obr. 5.11** Sústava  $M_k$  s kombinovanou štruktúrou

Bezporuchovú prevádzku ľubovoľnej sústavy je všeobecne možné zaistiť dvoma spôsobmi:

- navrhnúť a prevádzkovať sústavu  $M_k$ , kde  $k \geq 1$  tak, aby bezporuchová doba jej činnosti  $t_{Mk}$  zodpovedala požadovanej životnosti sústavy  $t_0$ , t.j.

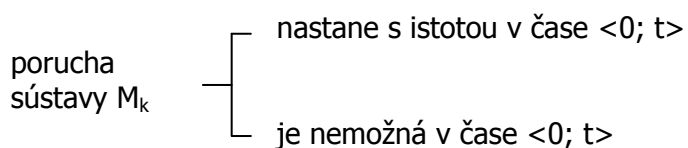
$$t_{Mk} \geq t_0.$$

Tento spôsob vyžaduje použiť také dimenzovanie únosnosti, pevnosti ale aj zálohy jednotlivých prvkov  $E_i$ , aby aj po predpokladanej dobe životnosti sústavy  $M_k$  neprekročilo riziko odstavenia sústavy z činnosti vopred stanovenú mieru  $\alpha_{Mk}$  [%], napr.  $\alpha_{Mk} \leq 5$  %.

- navrhnuť a prevádzkovať sústavu  $M_k$ , kde  $k \geq 1$  s vedomím nepredvídaných udalostí prvkov sústavy ale tak, aby v prípade poruchy ľubovoľného prvku  $E_i$  bola vždy zaistená požiadavka bezpečnosti.

Tento spôsob vyžaduje aplikáciu rôznych technologicko-organizačných opatrení v oblasti konštrukcie, prevádzkovania, prevencie a prevádzkovej údržby.

Prvý spôsob, predstavujúci deterministickú koncepciu spoľahlivosti, využíva dvojhodnotové rozhodovanie typu:



Druhý spôsob, predstavuje štatistickú koncepciu spoľahlivosti. V jej zmysle je spoľahlivosť sústavy  $M_k$  vyjadrená ako vlastnosť kvantifikovanej pravdepodobnosti, že v časovom intervale  $\langle 0; t \rangle$  nedôjde za daných podmienok pracovného režimu  $\{P(t)\}$  k poruche sústavy  $M_k$ . Spoľahlivosť je možné kvantifikovať v širokej škále, napríklad:

Pravdepodobnosť vzniku poruchy $P(p)$	Porucha:
<b>1</b>	<b>je istá</b>
<b>0.95 – 0.99</b>	<b>je prakticky istá</b>
<b>0.55 – 0.94</b>	<b>je dosť pravdepodobná</b>
<b>0.45 – 0,54</b>	<b>je rovnako pravdepodobná ako nepravdepodobná</b>
<b>0,05 – 0.44</b>	<b>je menej pravdepodobná</b>
<b>0,01 – 0,04</b>	<b>je prakticky nemožná</b>
<b>0,0</b>	<b>je nemožná</b>



Z pohľadu výskytu poruchy, každý prvok sústavy môže byť v čase t:

- alebo v stave prevádzky, t.j. v stave bezporuchovom **(1)**

- alebo v stave poruchovom **(0)**

Je zrejmé, že stavy označené (1) a (0) tvoria dva navzájom sa vylučujúce stavy, teda prvok sústavy  $M_k$  sa v čase t môže nachádzať v jednom z dvoch stavov:

$X_{i1}(t)$  - i-tý prvok sústavy  $M_{k\varphi}$  je v čase t,  $t > 0$  v správnej prevádzkyschopnej funkcii

$X_{i0}(t)$  - i-tý prvok sústavy  $M_{k\varphi}$  je v čase t, kde  $t > 0$  v poruche.

Analogicky je možné aj pre celú sústavu  $M_k$  písať:

$M_{k\varphi 1}(t)$  - sústava je v čase t, kde  $t > 0$  neporušená,  **$M_k$  je prevádzkyschopná**

$M_{k\varphi 0}(t)$  - sústava je v čase t, kde  $t > 0$  porušená,  **$M_k$  je v poruche.**

Spôľahlivosť sústavy  $M_k$  so štruktúrou  $\varphi$  je teda funkciou

$$R_{M_{k\varphi}}(t) = P(T_p \geq t), \text{ kde} \quad (5.12)$$

$$0 < t < \infty \quad 0 \leq R_{M_{k\varphi}}(t) \leq 1$$

### Sústava $M_{k\varphi S}$ – sériová sústava

O sústave  $M_{k\varphi S}$  platí, že vykonáva správnu funkciu vtedy a len vtedy, ak sú neporušené všetky jej prvky  $E_i$ . Z hľadiska teórie pravdepodobnosti ide o prienik stavov  $X_{ij}(t)$

$$X_{11}(t) \cap X_{21}(t) \cap \dots \cap X_{i1}(t) \cap \dots \cap X_{k1}(t)$$

kde  $k > 1$

$$R_{M_{k\varphi S}}(t) = P\left\{\bigcap_{i=1}^k X_{i1}(t)\right\} = R_1(t) \cdot R_2(t) \cdot \dots \cdot R_k(t) = \prod_{i=1}^k R_i(t) \quad (5.13)$$

### Sústava $M_{k\phi p}$ - paralelná sústava

O sústave  $M_{k\phi p}$  platí, že je schopná vykonávať svoju funkciu, ak aspoň jeden z prvkov  $E_i$  je schopný správnej funkcie. Poruchový stav sústavy  $M_{k\phi p}$  bude teda daný logickým súčinom stanov  $X_{i0}(t)$ .

$$\mathbf{X}_{10}(t) \cap \mathbf{X}_{20}(t) \cap \dots \cap \mathbf{X}_{i0}(t) \cap \dots \cap \mathbf{X}_{k0}(t) = \mathbf{0}$$

Ak pre poruchovosť  $i$ -teho prvku platí

$$\mathbf{F}_i(t) = \mathbf{1} - \mathbf{R}_i(t),$$

potom pre nespoľahlivosť sústavy  $M_{k\phi p}$  bude platiť

$$\mathbf{F}_{M_{k\phi p}}(t) = \prod_{i=1}^k (\mathbf{1} - \mathbf{R}_i(t)) \quad (5.14)$$

Doplňok funkcie  $M_{M_{k\phi p}}(t)$  do jednej je hľadaná funkcia bezporuchovosti sústavy  $M_{k\phi p}$ .

$$\mathbf{R}_{M_{k\phi p}}(t) = \mathbf{1} - \mathbf{F}_{M_{k\phi p}}(t) = \mathbf{1} - \prod_{i=1}^k (\mathbf{1} - \mathbf{R}_i(t)) \quad (5.15)$$

Pre sústavu zloženú z dvoch prvkov, ktoré majú funkcie spoľahlivosti  $R_1(t)$  a  $R_2(t)$  platí:

$$\begin{aligned} \mathbf{F}_{M_{2\phi p}}(t) &= \mathbf{F}_1(t) \cdot \mathbf{F}_2(t) = ((\mathbf{1} - \mathbf{R}_1(t)) \cdot (\mathbf{1} - \mathbf{R}_2(t))) = \mathbf{1} - \mathbf{R}_1(t) - \mathbf{R}_2(t) + \mathbf{R}_1(t) \cdot \mathbf{R}_2(t) \\ \mathbf{R}_{M_{2\phi p}}(t) &= \mathbf{1} - \mathbf{F}_{M_{2\phi p}}(t) = \mathbf{R}_1(t) + \mathbf{R}_2(t) - \mathbf{R}_1(t) \cdot \mathbf{R}_2(t) \end{aligned} \quad (5.16)$$

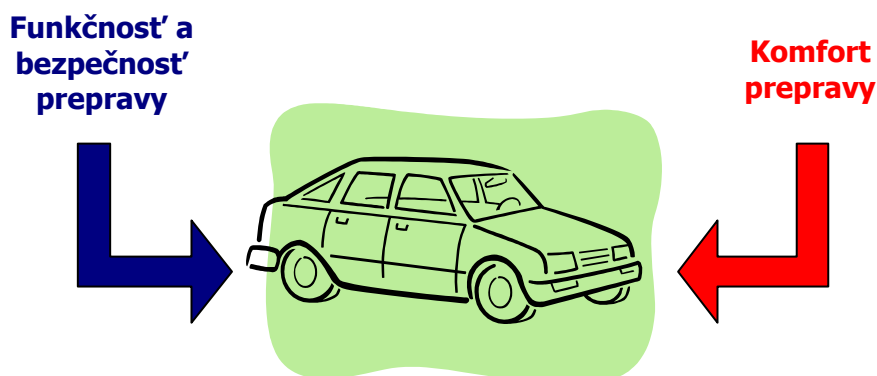
Obdobne je možné postupovať aj v prípadoch sústav zložených z viacerých prvkov.

Blokové modely, resp. diagramy spoľahlivosti (Reliability Block Diagramme) predstavujú jednoduché nástroje znázorňovania toho, ako každý jednotlivý prvok sústavy ovplyvňuje celkovú spoľahlivosť sústavy. Jednotlivé prvky sústavy sú znázornené blokom, v ktorom sú uvedené jeho parametre spoľahlivosti – najčastejšie bezporuchovosť  $R(t)$  a intenzita porúch  $\lambda(t)$  a bloky sú navzájom prepojené orientovanou cestou medzi vstupom a výstupom. Podmienkou však je, aby bloky v blokovom modeli spoľahlivosti predstavovali navzájom nezávislé prvky sústavy.

## Príklad tvorby blokových modelov spoľahlivosti

Nech je nami skúmaným technickým systémom osobný automobil. Je zrejmé, že je zostavený zo stoviek jednotlivých súčiastok a preto by bolo doslova nezmyselné vytvárať blokový model tohto systému ako sústavu zloženú z uvedených základných prvkov. Omnoho výhodnejšie bude vytváranie blokového modelu na báze podsystémov prvej, resp. druhej hlbšej úrovne ale tak, aby tieto podsystémy boli navzájom nezávislé. Ďalším zjednodušením bude voľba účelu, pre ktorý bude blokový model vytváraný. V našom prípade sa budeme na systém osobný automobil pozerat' cez prizmu dvoch základných uhlov pohľadu:

- auto, ako sústava navzájom nezávislých podsystémov, ktoré sú nevyhnutne potrebné na to, aby auto bolo technicky schopné bezpečne dopraviť pasažierov z bodu A do bodu B,
- auto, ako sústava navzájom nezávislých podsystémov podsystémov, ktoré sú nevyhnutne potrebné na to, aby pasažieri mali počas dopravy poskytnutú požadovanú úroveň komfortu.

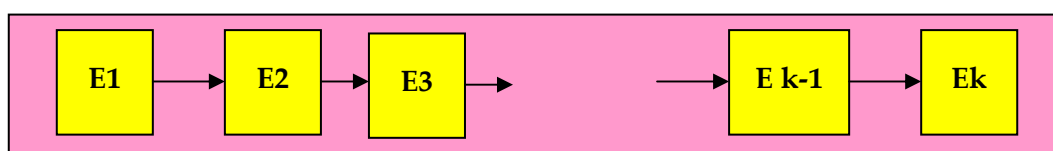


Ak sa v tomto kontexte zameriame napríklad na podsystém klimatizácia, potom je zrejmé, že z pohľadu požiadaviek na funkčnosť a bezpečnosť prepravy ne je potrebné tento podsystém zaradiť medzi bloky modelu. Ak však podsystém klimatizácia bude posudzovaný cez prizmu pohľadu komfort prepravy, bude musieť byť zaradený medzi bloky modelu.

O technickom systéme osobný automobil je z pohľadu funkčnosť a bezpečnosť dopravy vo všeobecnosti možné povedať, že je konštruovaný ako systém bez

záloh. Znamená to, že ani jeden z hlavných podsystémov sa v celom systéme nevyskytuje dva a viac krát. Napríklad v prípade poruchy riadiacej jednotky nie je možné jednoducho prepnúť na záložnú jednotku a pokračovať v jazde. To isté platí o prevodovke, motore, spojke a pod.

V zmysle uvedenej skutočnosti je potrebné technický systém osobný automobil znázorniť v podobe sústavy so sériovou štruktúrou prvkov, pretože o tejto sústave platí, že je v bezporuchovej prevádzke len vtedy, keď sú v bezporuchovej prevádzke všetky jej prvky. Prvkami tejto sústavy potom budú všetky navzájom nezávislé podsystémy nevyhnutne potrebné na to, aby auto bolo technicky schopné bezpečne dopraviť pasažierov z bodu A do bodu B, obrázok 5.12, kde bloky E1 až E<sub>n</sub> predstavujú:



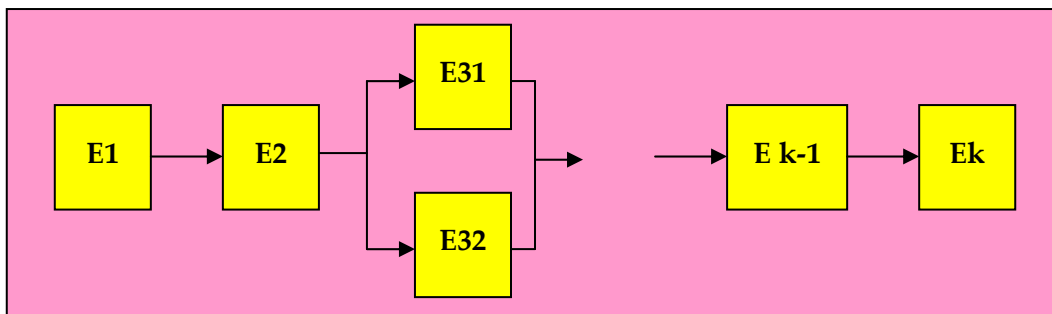
*E1 – motor, E2 – spojka, E3 – prevody, E4 – predná náprava, E5 – riadenie, .....  
 ..... Ek-1 – zadná náprava, Ek – brzdy.*

**Obr. 5.12** Blokový model spoľahlivosti - sériový

V tejto súvislosti je potrebné zdôrazniť, že usporiadanie jednotlivých blokov v modeli spoľahlivosti nezodpovedá ich skutočnému fyzickému prepojeniu, ale len znázorňujú spôsob, akým sa ten ktorý blok, v celom systéme, resp. v konkrétnom podsystéme podieľa na celkovej spoľahlivosti systému. Bloky a spôsob ich prepojenia predstavujú minimálny základ toho, že systém (*auto*) bude spoľahlivo plniť úlohy z pohľadu funkčnosti a bezpečnosti dopravy.

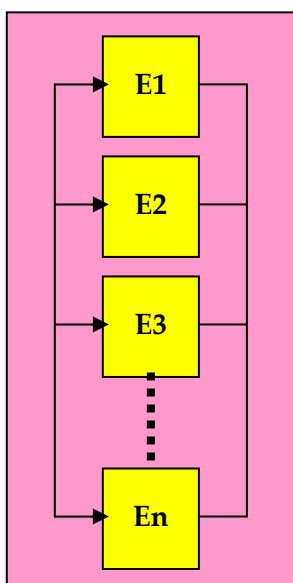
V prípade, že by niektorý z podsystémov bol konštruovaný ako duálny, alebo v podobe hlavný a záložný, bolo by potrebné použiť sústavu s paralelnou štruktúrou týchto prvkov, pretože o tejto sústave platí, že je v bezporuchovej prevádzke vtedy, keď aspoň jeden z jej prvkov je v bezporuchovom stave. Toto by bolo potrebné použiť v prípade, keby auto disponovalo dvomi palivovými sústavami – sústavou na kvapalné palivo a sústavou na plyn, kedy by v prípade

napríklad zlyhania sústavy kvapalného paliva bolo možné jednoducho „prepnúť spínač, t.j. prepnúť na plyn“ a pokračovať v jazde.



**Obr. 5.13** Blokový model spoľahlivosti - zmiešaný

Ak by sme v rámci aspektu komfort prepravy vytvárali blokový model napríklad systému vetrania v aute počas jazdy, bolo by pre tento systém potrebné zvoliť paralelné zapojenie podľa obrázka 5.13, kde bloky E1 až Ek predstavujú:



*E1 – podsystem ventilácie,*

*E2 – klimatizácia,*

*E3 – systém sťahovania okna pravých predných dverí,*

*.  
.*

*En – systém sťahovania okna ľavých zadných dverí,*

**Obr. 5.14** Blokový model spoľahlivosti - paralelný

Uvedený blokový model znázorňuje, že v aute „bude možné vetrať“, ak aspoň jeden z uvedených blokov bude funkčný.

## 6. kapitola

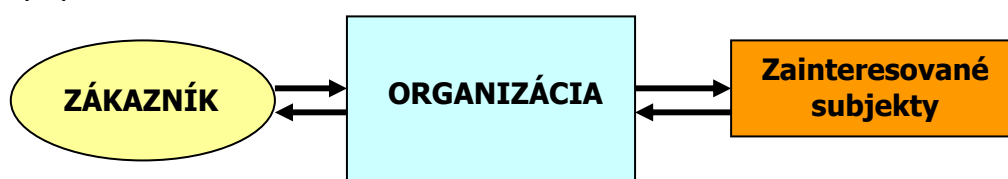
### PROCES

---

Ak máme záujem našimi produktmi (službami, výrobkami, alebo informáciami) uspokojovať potreby určitej skupiny zákazníkov a ak sa pri tom chceme držať hesla

#### **Nech sa k nám vracia zákazník a nie nami dodaný produkt**

a ak súčasne chceme, aby realizácia tohto procesu bola účelná a ekonomicky efektívna, teda aby generovala patričný objem zisku, nezostáva nám nič iné, len celý systém

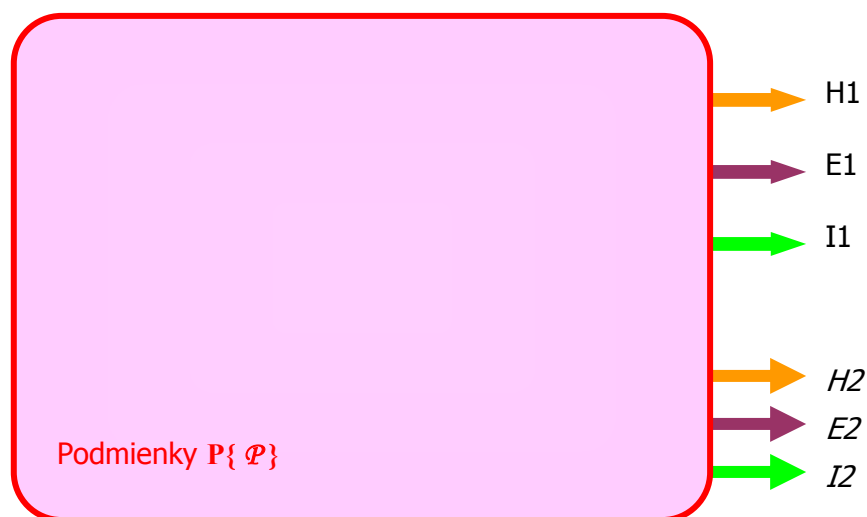


„rozmeniť“ na súbor vzájomne súvisiacich, alebo vzájomne pôsobiacich procesov, pomocou ktorých bude realizovaná transformácia vstupov na požadované výstupy, pričom musia byť rešpektované nasledovné požiadavky.

Každý proces daného súboru musí mať stanovené svoje vlastné vstupy a výstupy. Vstup procesu predstavuje stav objektu, v ktorom proces prebieha pred pôsobením procesu a výstup stav tohto objektu po pôsobení procesu. Hranica procesu je miesto, kde do procesu vchádza vstup od iného procesu, resp. subjektu (napr. dodávateľ) a miesto, kde z poslednej činnosti procesu vychádza výstup do ďalšieho procesu, resp. subjektu (napr. zákazník). Každý proces musí mať svojho vlastníka, teda subjekt zodpovedný za jeho realizáciu stanoveným spôsobom.

Proces je vo všeobecnosti definovaný v podobe sústavy zákonitých, postupne na seba nadväzujúcich a vnútorne vzájomne spojených zmien javov, vecí

a systémov. V prípadoch procesných máp v procesoch, ktoré tieto mapy obsahujú stanoveným spôsobom prebieha transformácia vstupov hmoty  $H$ , energie  $E$  a informácií  $I$  na požadované, primárne výstupy  $H1$ ,  $E1$  a  $I1$ , pričom vznikajú aj neželané, sekundárne výstupy  $H2$ ,  $E2$  a  $I2$ .



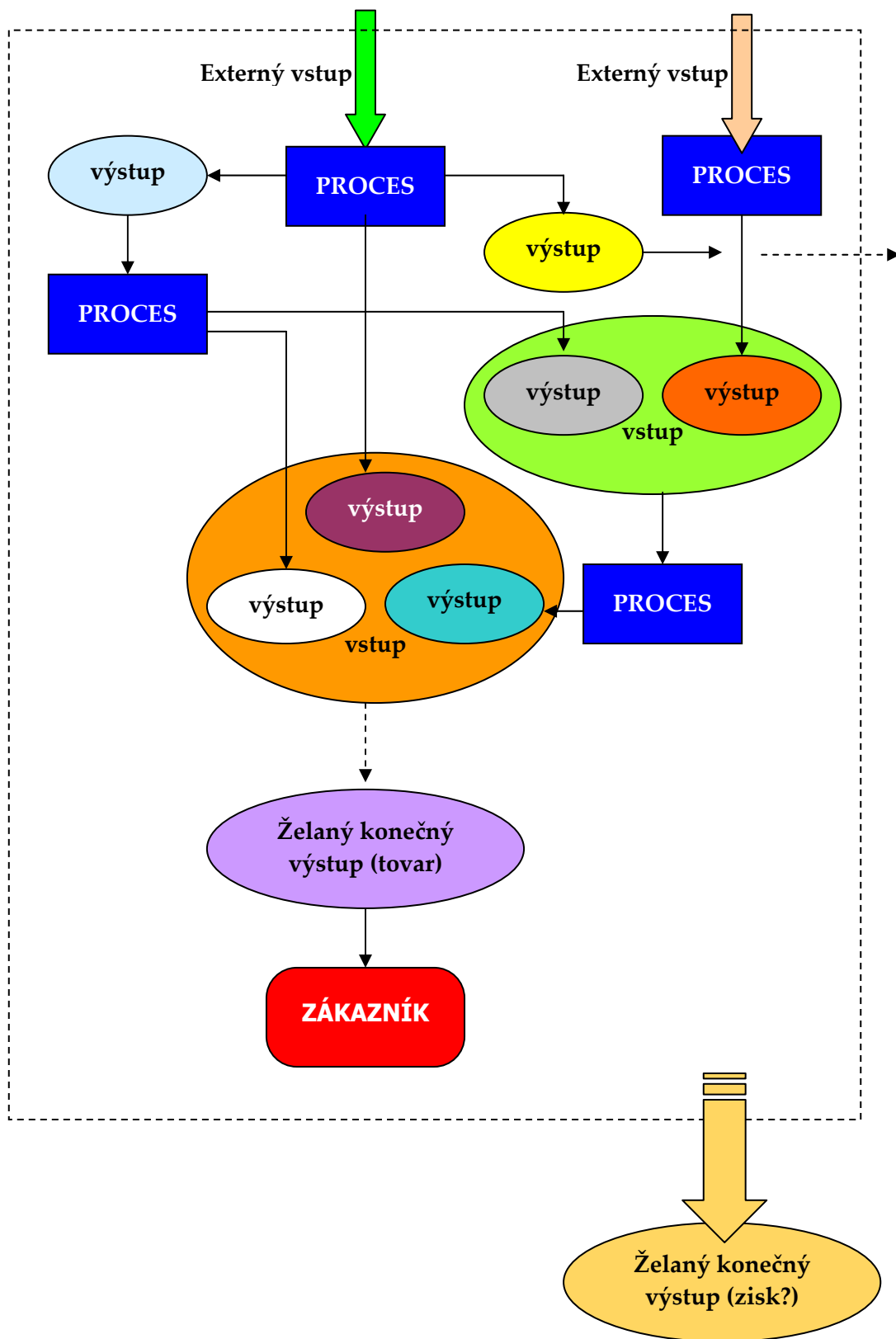
**Obr. 6.1** Proces – všeobecná schéma

Vstupy hmoty, energie a informácií predstavujú buď externé vstupy do celého súboru procesov, alebo výstupy z predchádzajúcich procesov.

Pokiaľ primárne, (želané) výstupy predstavujú buď vstupy do ďalších procesov, alebo finálne výstupy celého súboru procesov, sekundárne (neželané) výstupy predstavujú vstupy do skupiny procesov orientovaných na ich spracovanie požadovaným spôsobom (separácia, recyklácia, skladovanie, spaľovanie a pod.).

V kontexte obrázka 6.1 je možné **spol'ahlivosť konkrétneho procesu** vyjadriť pravdepodobnosťou  $P(p)$ , s akou tento bude za predpokladu dodržiavania vopred stanoveného súboru podmienok  $P\{\varnothing\}$  poskytovať tak želané, ako aj neželané výstupy stanovených parametrov kvality a kvantity v čase.

Pre grafickú podobu štruktúry procesov, počet ktorých je zvyčajne nemenný a väzieb medzi nimi sa vžil názov procesná mapa (obr. 6.2).



**Obr. 6.2** Procesná mapa - princíp



Je zrejmé, že ak nebude spoľahlivým spôsobom fungovať celý súbor procesov, nebude možné plniť požiadavku dosahovania stanovených ukazovateľov výkonu celého súboru procesov. Nespoľahlivosť fungovania celého súboru procesov môžu spôsobiť dva základné faktory:

- nevhodne zvolená štruktúra procesov (ich druh, počet a vzájomné väzby),
- nespoľahlivo fungujúce procesy.

## 7. kapitola

# PRIEBEH VRCHOLOVEJ UDALOSTI A VZNIK DOPADOV

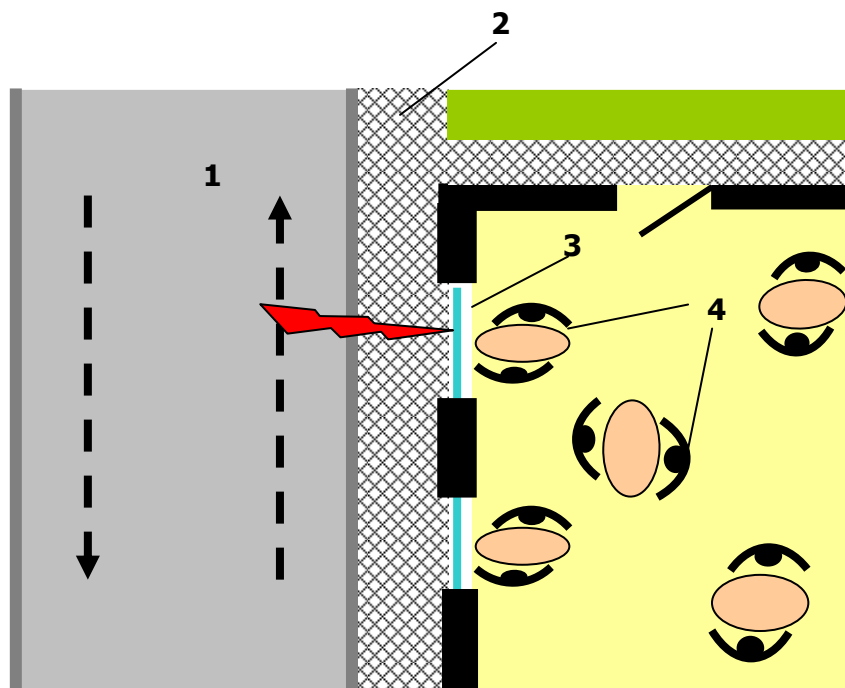
---

## 7.1 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – DOPADY

V našich ďalších úvahách sa budeme prioritne orientovať na tri druhy neželaných negatívnych dopadov:

- na zdravie a životy ľudí,
- na jednotlivé parametre životného alebo pracovného prostredia,
- na majetok (organizácie, resp. jej okolia).

V prvom rade začneme vyjasnením podstaty prvkov systému vrcholová udalosť – dopady a ich vzájomných vzťahov. K tomuto účelu použijeme nasledovnú modelovú situáciu (obr. 7.1).



**Obr. 7.1** Modelová situácia

Majme obojsmernú cestu (1) s pomerne frekventovanou cestnou dopravou, po ktorej sa okrem iného dopravuje aj kamenná drvina na skládku. Práve z toho dôvodu sa na ceste pomerne často objavujú z nákladných áut spadnuté kamene. Súbežne s cestou vedie 2 metre široký chodník (2) a vedľa neho je cukráreň (3) s veľkými, výkladom podobnými oknami. Hneď vedľa okien sú stoly so stoličkami, na ktorých sedia zákazníci cukrárne (4). Štartovacím bodom ďalších úvah nech je zhoda okolností, ktorá spôsobí, že spod kolies prechádzajúceho auta bude vymrštený na ceste sa nachádzajúci kameň priamo do okna cukrárne, za ktorým sedia spomínaní zákazníci. Vrcholovou udalosťou, ktorá odštartuje celú reťaz ďalších udalostí bude náraz vymršteného kameňa do okna cukrárne.

V zmysle takto definovanej vrcholovej udalosti je potrebné nájsť odpoveď na nasledujúcu veľmi dôležitú otázku:

**U ktorých prvkov analyzovanej sústavy sa následkom vrcholovej udalosti prejavi, alebo môže prejaviť poškodenie a aké?**

V tomto prípade je možné očakávať poškodenie vecných prvkov sústavy (zariadenie cukrárne a osobný majetok zákazníkov) a zdravia ľudí (možný úraz osôb sediacich pri okne).

Náraz kameňa do okna môže vyvolať jednu z troch možných situácií:

1. sklenená výplň zostane neporušená;
2. sklenená výplň popraská, ale zostane v ráme okna;
3. sklenená výplň popraská a vypadne z rámu okna v smere pohybu kameňa, teda do vnútra cukrárne.

Prvú situáciu predstavuje udalosť s nulovým negatívnym dopadom. Tento jav nesmie byť chápaný spôsobom „nič sa nestalo“. Stalo sa, lebo reťazec udalostí prebehol. To, že sa práve teraz na jeho konci sa objavil nulový negatívny dopad môže byť len zhoda okolností, ktorá sa v budúcnosti už nemusí opakovať. Podstatným teda nie je fakt, že nevznikol negatívny dopad, ale fakt, že vznikli podmienky, ktoré spôsobili prebehnutie uvedeného reťazca udalostí.

Druhá situácia generuje poškodenie okna.

Pokiaľ prvé dve situácie predstavujú konečný stav okna – okno nepoškodené a okno poškodené, tretia situácia generuje tak vecný dopad (poškodenie okna), ako aj udalosť (rozlet a pád sklenených črepín). Rozlet a pád črepín, klasifikovaný ako udalosť môže spôsobiť ďalšie vecné dopady, napríklad poškodenie stola, stoličiek a vecí na stole, teda vyčísliteľnú škodu na zariadení cukrárne a vyčísliteľnú škodu vyplývajúcu z poškodenia odevov osôb, ktoré črepiny zasiahnu. Lenže rozletené a padajúce črepiny sklenej výplne okna a samotný kameň môžu tiež generovať negatívny dopad na zdravie za stolom sediacich osôb.

Uvedený príklad nielenže demonštruje postup identifikácie udalostí, vrcholovej udalosti a z nej rezultujúcich dopadov, ale tiež naznačuje, že jedna a tá istá udalosť môže byť v kontexte rôznych typov dopadov chápaná rôznym spôsobom. Napríklad rozbitie okna bolo pri identifikácii dopadov na zdravie ľudí klasifikované ako udalosť, resp. jedna z udalostí, ale pri identifikácii vecných dopadov bolo klasifikované ako jeden z dopadov (vyčísliteľná škoda na stavebnom prvku cukrárne).

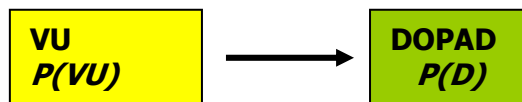
Sústavu **VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – DOPADY** je preto potrebné analyzovať z pohľadu oboch jej prvkov, pričom teoreticky ale aj prakticky môžu vzniknúť štyri modelové situácie a ich kombinácie (3).

- 1. jedna vrcholová udalosť môže spôsobiť len jeden konkrétny dopad;**
- 2. jedna vrcholová udalosť môže spôsobiť niekoľko dopadov;**
- 3. jedna vrcholová udalosť môže spôsobiť vznik dopadu(ov) aj ďalšieho reťazca(ov) udalostí;**
- 4. konkrétny dopad môže vzniknúť následkom niekoľkých vrcholových udalostí.**

## **7.2 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ– JEDEN KONKRÉTNY DOPAD**

V tomto prípade jedna konkrétna VU priamo determinuje vznik jedného konkrétneho dopadu. Znamená to, že ak dôjde k danej vrcholovej udalosti,

potom s pravdepodobnosťou rovnajúcou sa jednej nastane daný konkrétny dopad (obr. 7.2).



**Obr. 7.2** Vrcholová udalosť – dopad, jednoduchý tvar

Aj keď v praxi ide o pomerne zriedkavý jav, pretože v drvivej väčšine prípadov jedna VU môže spôsobiť niekoľko možných dopadov, predsa sa tento tvar reťazca udalostí vyskytuje. V tomto prípade platí, že s akou pravdepodobnosťou vznikne VU, s takou pravdepodobnosťou vznikne aj relevantný dopad.

$$P(D) = P(VU) \quad (7.1)$$

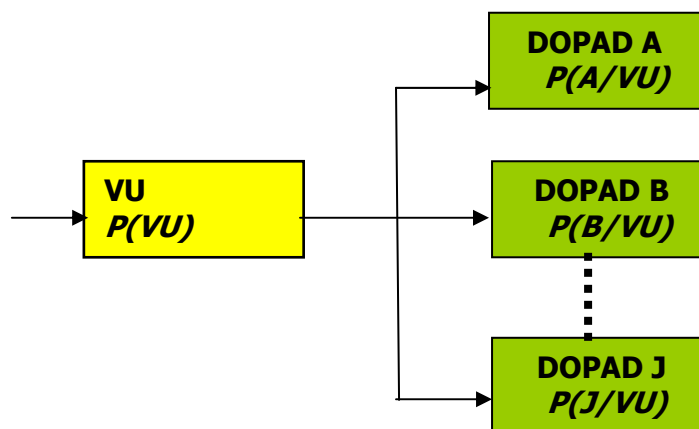
#### **Príklad**

*Nech je spáľňa chaty vybavená starším typom vykurovacieho telesa, v ktorom sa spaľuje uhlie. Nech technický stav vykurovacieho telesa a dymovodu, ale aj nastavenie ovládacích prvkov pece spôsobia, že v peci bude prebiehať nedokonalé spaľovanie uhlia, následkom ktorého sa do priestoru začne uvoľňovať oxid uhoľnatý – vrcholová udalosť. Nech je počas celej noci tomuto prostrediu vystavený užívateľ chaty. Je zrejmé, že táto situácia vyvolá len jeden dopad – otravu oxidom uhoľnatým.*

## **7.3 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – NIEKOĽKO DOPADOV**

### **7.3.1 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – NIEKOĽKO PARALELNÝCH DOPADOV**

Ide o prípady, v ktorých jedna VU môže spôsobiť niekoľko paralelných dopadov, pričom vznik každého konkrétneho dopadu tejto sústavy je považovaný za pravdepodobný jav (obr. 7.3).



**Obr. 7.3** Vrcholová udalosť – niekoľko paralelných dopadov

V praxi ide o pomerne rozšírený fenomén, pretože v drvivej väčšine prípadov jedna vu môže spôsobiť a aj spôsobuje niekoľko možných dopadov. V tomto type sústavy je veľmi dôležitá identifikácia vzájomných vzťahov vzniknutých dopadov.

### 7.3.1.1 Nezlučiteľné dopady

Pre sústavu tohto typu platí

$$\mathbf{A \cup B \cup C \cup \dots \cup J = E} \quad (7.2)$$

Znamená to, že vznik jedného z množiny možných dopadov A až J rezultujúcich z danej nehody je istý jav. Dopady A až J v tomto prípade predstavujú množinu navzájom nezlučiteľných javov, teda je vylúčené, aby z danej nehody vzniklo niekoľko dopadov naraz – vždy vznikne len jeden z nich. Takto definované dopady tvoria úplný systém javov. Vzhľadom na tento fakt platí

$$\mathbf{P(A) + P(B) + P(C) + \dots + P(J) = 1} \quad (7.3)$$

Pre pravdepodobnosť vzniku jednotlivých dopadov platí:

$$P(A_v) = P(VU) \cdot P(A/VU), \quad (7.4)$$

$P(B_v) = P(VU) \cdot P(B/VU)$  a podobne.

Špecifickým druhom dopadu, ktorý sa môže vyskytnúť v uvedenej škále dopadov je prípad, v ktorom po prebehnutí VU môže s istou pravdepodobnosťou vzniknúť dopad nulovej hodnoty. Ak je možné na jednej strane skonštatovať, že k VU došlo, ale na druhej strane, že táto nespôsobilá žiadnu škodu, je možné tento fenomén označiť pojmom **NEBEZPEČNÁ UDALOSŤ**. V minulosti bola, ale aj v súčasnosti je takáto udalosť veľmi často označovaná pojmom **SRORONEHODA**. Tento model umožňuje podchytiť výskyt udalosti tohto typu, čo je veľmi dôležité ani nie tak pre ne samotné, ale najmä z dôvodu indikácie, že reťazec udalostí dospel k svojmu naplneniu. Ak v tomto prípade skončil našťastie bez akéhokoľvek negatívneho dopadu, nabudúce sa môže prejaviť úplne iným, ďaleko vážnejším dopadom.

Vzťah 7.2 definujúci množinu navzájom nezlučiteľných javov poskytuje ideálnu platformu pre identifikáciu humánných dopadov VU. Na jeho základe je možné predpokladať, že VU musí „skončiť“ len jedným (otázkou je ktorým?) z možných dopadov. Sústava možných humánných dopadov VU na človeka však musí byť zostavená ako úplný systém javov, pravdepodobnosti vzniku ktorých budú spĺňať vzťah 7.3, čím sa podstatným spôsobom zjednoduší, sprehľadní a skvalitní identifikácia humánných dopadov VU. V tejto sústave však musí byť akceptovaný významný fakt – nie každá nehoda musí skončiť úrazom. Tomuto faktoru je možné vyhovieť tým, že jeden z možných dopadov VU musí byť kvalifikovaný ako narušenie pohody s nulovým dopadom na zdravie človeka. Na základe uvedených úvah je možné zostaviť nasledovnú sústavu humánných dopadov nehody na človeka v podobe úplného systému navzájom nezlučiteľných javov (3).

- a) narušenie pohody;
- b) nutnosť ošetrovania bez následnej práceneschopnosti;
- c) nutnosť ošetrovania s následnou práceneschopnosťou, ale bez trvalých následkov na jeho zdraví;
- d) nutnosť ošetrovania s následnou práceneschopnosťou, s trvalými následkami na zdraví človeka, ale bez jeho vyradenia z ďalšej pracovnej činnosti;

e) úraz, následkom ktorého dôjde k vyradeniu človeka z pracovnej činnosti;

f) smrť.

Ak sa teda človek stane priamym účastníkom nehody, potom táto mu môže spôsobiť len jeden – otázka je ktorý? z uvedených dopadov. Nie je možné, aby jedna nehoda spôsobila jednému človeku naraz dva a viac z týchto dopadov.

### **Príklad**

*Nech bol vykopaný 1,8 metra hlboký výkop, do ktorého má byť vložené potrubie. Nech povaha zeminy a dažde spôsobili existenciu cca 35% pravdepodobnosti zosuvu bokov výkopu, čo by mohlo spôsobiť zasypanie montéra montujúceho potrubie vo výkope. Je potrebné stanoviť pravdepodobnosť možných dopadov na zdravie tohto človeka spôsobených jeho zasypaním vo výkope.*

*Zasypanie môže spôsobiť nasledovné negatívne dopady na zdraví montéra:*

- a) narušenie pohody;*
- b) nutnosť ošetrovania bez následnej práceneschopnosti;*
- c) nutnosť ošetrovania s následnou práceneschopnosťou, ale bez trvalých následkov na jeho zdraví;*
- d) nutnosť ošetrovania s následnou práceneschopnosťou, s trvalými následkami na jeho zdraví, ale bez jeho vyradenia z ďalšej pracovnej činnosti;*
- e) úraz, následkom ktorého dôjde k vyradeniu zamestnanca z pracovnej činnosti;*
- f) smrť.*

*Nech sú vzhľadom na podmienky a charakter práce stanovené nasledovné pravdepodobnosti vzniku jednotlivých dopadov:*

$$P(A) = 0,25; P(B) = 0,35; P(C) = 0,20; P(D) = 0,12$$

$$P(E) = 0,05 P(F) = 0,03$$

$$P(A) + P(B) + P(C) + P(D) + P(E) + P(F) = 1.$$

*Pre stanovenie výslednej pravdepodobnosti vzniku konkrétnych dopadov na zdravie montéra platí:*



$$P(Av) = 0,35 \times 0,25 = 0,0875 \text{ obdobne}$$

$$P(Bv) = 0,1225; \quad P(Cv) = 0,07; \quad P(Dv) = 0,042;$$

$$P(Ev) = 0,0175; \quad P(Fv) = 0,0105$$

### 7.3.1.2 Zlučiteľné dopady

Pre sústavu tohto typu platí

$$\mathbf{A \cap B \cap C \cap \dots \cap J \neq \emptyset} \quad (7.5)$$

Znamená to, že súčasný vznik niekoľkých dopadov z možnej množiny dopadov A až J nie je nemožný jav. Dopady A až J v tomto prípade predstavujú množinu navzájom zlučiteľných javov, teda nie je vylúčené, že z danej nehody paralelne vznikne aj niekoľko dopadov naraz, nie však jeden za druhým.

Pre stanovenie výslednej pravdepodobnosti vzniku napríklad dopadu A v tomto prípade platí

$$P(Av) = P(VU) \cdot P(A/VU), \text{ obdobne} \quad (7.6)$$

$$P(Bv) = P(VU) \cdot P(B/VU) \quad (7.7)$$

Pre stanovenie výslednej pravdepodobnosti súčasného vzniku navzájom zlučiteľných dopadov A a B je potrebné poznať vzťah ich vzájomnej závislosti.

**Ak navzájom zlučiteľné dopady A a B môžu vzniknúť nezávisle na sebe, potom platí**

$$\mathbf{P(ABv) = P(VU) \cdot P(AB/VU) = P(N) \cdot P(A/VU) \cdot P(B/VU)} \quad (7.8)$$

### **Príklad**

Nech je v prístavku budovy umiestnený kompresor a tlaková nádoba na vzduch. Nech existuje pravdepodobnosť  $P(N) = 0,005$ , s ktorou môže dôjsť k nehode – výbuchu tlakovej nádoby. Vzhľadom na prevádzkové podmienky a konštrukciu stavebnej časti nech existuje pravdepodobnosť  $P(A) = 0,45$ , s ktorou výbuch môže spôsobiť poškodenie kompresora a pravdepodobnosť  $P(B) = 0,90$ , s ktorou výbuch môže spôsobiť poškodenie prístavku. Je zrejmé, že oba dopady spôsobí jedna nehoda, pričom dopady môžu vzniknúť nezávisle na sebe, t.j. jeden dopad nepodmieňuje vznik iného dopadu.

Pre stanovenie jednotlivých pravdepodobností vzniku dopadov platí:

$$P(Av) = P(N) \times P(A) = 0,005 \times 0,45 = 0,00225$$

$$P(Bv) = 0,0045$$

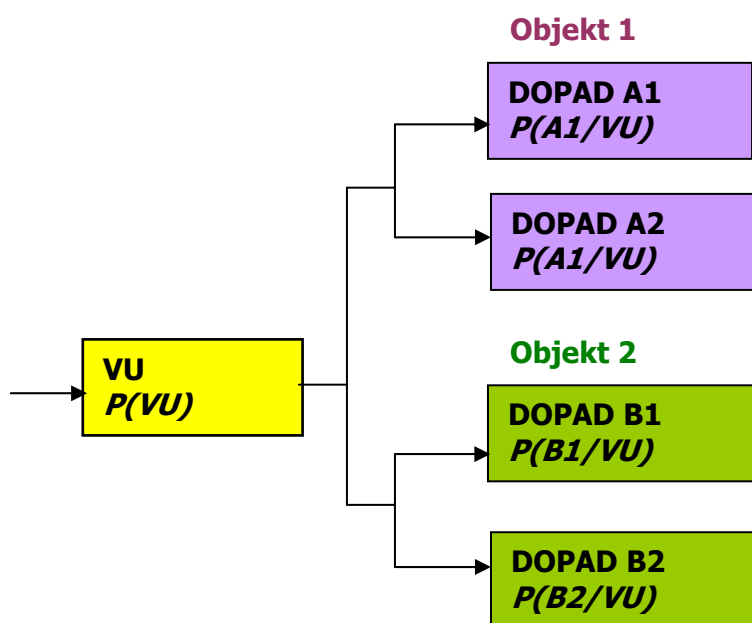
$$P(ABv) = 0,005 \times 0,45 \times 0,9 = 0,002025$$

**Ak je dopad A podmienený predchádzajúcim vznikom napríklad dopadu B, potom platí**

$$\mathbf{P(ABv) = P(VU) \cdot P(B) \cdot P(A/B)} \quad (7.9)$$

Príkladom môže byť človek pracujúci na rebríku s ručnou vrtačkou. Vrcholovou udalosťou je zasiahnutie tohto človeka elektrickým prúdom. Dopadom B nech je chvíľková strata koncentrácie a jeho stability. Dopad A – ťažký úraz v dôsledku pádu z rebríka je v podstate podmienený, resp. vyvolaný zmieneným dopadom B. Pravdepodobnosť súčasného výskytu týchto javov je možné stanoviť podľa vzťahu (6.9).

V praxi je pomerne rozšíreným fenoménom nasledovná modifikácia tohto modelu (obr. 7.4).



**Obr. 7.4** Vrcholová udalosť – niekoľko dopadov

Príkladom tohto prípadu môže byť porušenie celistvosti lešenia (napríklad zlomenie podlahy, zlyhanie zábradlia, zlyhanie ukotvenia lešenia a pod.) s následnými dopadmi tak na človeka, ktorý v čase havárie pracoval na lešení – objekt 1, ako aj na človeka, ktorý v tom istom čase pracoval na zemi tesne pri lešení – objekt 2. V tomto prípade naraz dôjde ku vzniku toľkých dopadov, koľko bude postihnutých ľudí, pričom nie je vylúčené ani to, že charakter dopadov – druh úrazu viacerých ľudí bude rovnaký. Zrejme je však to, že uvedené dopady vzniknú nezávisle na sebe, teda nebudú jeden druhým navzájom podmienené. Ak napríklad dopad A1 a B1 predstavuje úraz vyžadujúci ošetrovanie a následnú hospitalizáciu, potom pravdepodobnosť, že obaja spomínaní ľudia utrpia tento typ úrazu je

$$P(A_v) = P(VU) \cdot P(A1/VU) \cdot P(B1/VU)$$

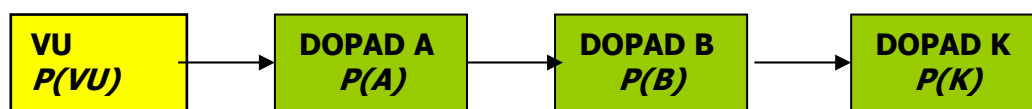
Uvedený príklad však môže slúžiť aj pre vysvetlenie inej kombinácie dopadov. Nech objekt 1 predstavuje človeka pracujúceho na lešení a objekt 2 lešenie samotné. Dopady A1 až An potom predstavujú rôzne druhy poškodenia zdravia a dopady B1 až Bn rôznu výšku škôd na lešení spôsobených porušením jeho celistvosti. Ak dopad A7 predstavuje napríklad smrť človeka a dopad B4 totálne

zničenie lešenia, potom pravdepodobnosť, že porušenie celistvosti lešenia skončí takýmito dopadmi súčasne je

$$P(\mathbf{ABv}) = P(\mathbf{VU}) \cdot P(\mathbf{A7/VU}) \cdot P(\mathbf{B4/VU})$$

### 7.3.2 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – NIEKOĽKO SÉRIOVÝCH DOPADOV

Predstaviteľom tohto modelu je model s postupne vznikajúcimi dopadmi na spôsob Domino efektu.



**Obr. 7.5** Vrcholová udalosť – sériové dopady

Použitie tohto modelu vyžaduje splnenie dvoch podmienok:

- dopad B nesmie byť podmienený vznikom dopadu A, dopad C vznikom dopadu B a pod., t.j. dopady musia vzniknúť nezávisle na sebe;
- so vznikom dopadu nesmie paralelne vzniknúť ďalší dopad alebo udalosť.

Pri splnení týchto podmienok platí

$$P(\mathbf{Av}) = P(\mathbf{VU}) \cdot P(\mathbf{A}); \quad P(\mathbf{Bv}) = P(\mathbf{VU}) \cdot P(\mathbf{B}),$$

kde  $P(A)$  je pravdepodobnosť, s akou sa môže človek objaviť v inkriminovanom čase v pôsobisku vrcholovej udalosti.

#### **Príklad**

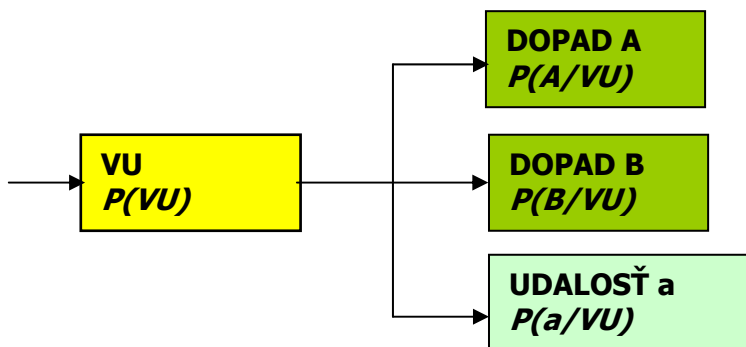
*Nech na potrubnom moste došlo k havárii potrubia prepravujúceho oxid uhoľnatý a nech v dôsledku tejto havárie začal únik tohto nebezpečného plynu do prostredia. Vzhľadom na vlastnosti unikajúceho plynu nech tento začal „natekať“ do suterénnych priestorov. Keďže plyn z týchto priestorov nemal kam unikať, naopak neustále „pritekal“ ďalší plyn, stalo sa, že aj napriek jeho*

rozširovaní sa v priestore nedochádzalo k poklesu jeho koncentrácie a plyn postupne zasahoval ľudí, nachádzajúcich sa v týchto priestoroch „plnou intenzitou“. Keďže ľudia pracovali v oddelených priestoroch a jeden na druhého nevideli a neboli schopní detegovať prítomnosť tohto plynu, postupne podliehali jeho pôsobeniu. Teda koľko ľudí sa v inkriminovanom čase nachádzalo v suterénnych priestoroch, toľko ich postupne bolo zasiahnutých unikajúcim plynom.

## 7.4 VRCHOLOVÁ UDALOSŤ – VZNIK DOPADU A REŤAZCA UDALOSTÍ

### 7.4.1 PARALELNÝ VZNIK DOPADU A REŤAZCA UDALOSTÍ

Ide o prípady, v ktorých nehoda môže paralelne spôsobiť nielen dopad, resp. dopady, ale zároveň môže vyvolať vznik ďalšej udalosti, resp. reťazca udalostí (obr. 7.6).



**Obr. 7.6** Nehoda – dopad a udalosť

Príkladom tohto prípadu môže byť regál s vyznačenou nosnosťou, na ktorom sú uskladňované chemické látky v malom balení, pričom ide tak o chemické látky v tekutom, ako aj v pevnom skupenstve. Nech nehodu – zrútenie regála spôsobilo prekročenie jeho dovoleného zaťaženia. Je zřejmé, že zrútenie regála môže

spôsobiť dva kľúčové vecné dopady, dopad A predstavujúci poškodenie regála (zrútenie bunky) a dopad B predstavujúci poškodenie uskladnených chemikálií. Dopad B však predstavuje komplex dopadov. Nech v danej bunke boli uskladnené 4 druhy chemikálií, každá vo svojom balení. Komplexný dopad B sa potom pretransformuje na sústavu zlučiteľných ale navzájom nezávislých paralelných javov:

Dopad B11 – pád chemikálie číslo 1, ale bez porušenia celistvosti jej obalu

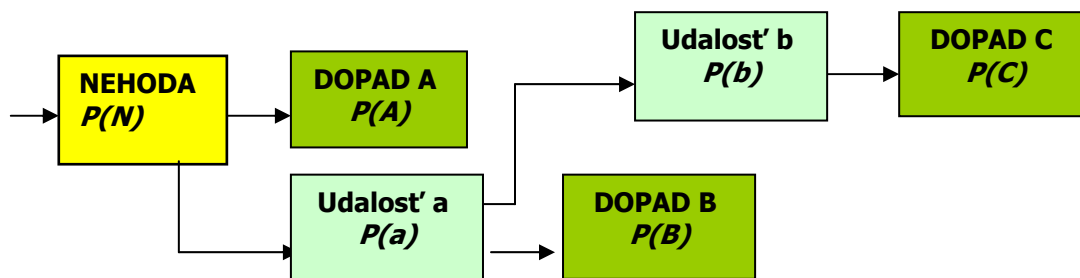
Dopad B12 – pád chemikálie číslo 1, pričom došlo k porušeniu celistvosti jej obalu a rozptýleniu chemikálie po zemi a pod.

Dopad B21 - ...

Nech v prípade, že dôjde k zmiešaniu chemikálií číslo 2 a 3, tieto začnú spolu reagovať, pričom výsledkom ich reakcie nech je vývoj dusivého hustého dymu, nebezpečného pre človeka. Reakciu uvedených chemikálií označme pojmom Udalosť a. Je zrejmé, že ide o podmienený jav. Pre stanovenie výsledných pravdepodobností vzniku jednotlivých dopadov a udalosti je možné použiť adekvátne vzťahy z predchádzajúcich modelov.

#### 7.4.2 PARALELNO-SÉRIOVÝ VZNIK DOPADU A REŤAZCA UDALOSTÍ

Typickým prípadom tohto modelu je model s postupne vznikajúcimi dopadmi a v čase sa vyvíjajúcim reťazcom udalostí (obr. 7.7).



**Obr. 7.7** Sériovo-paralelný model

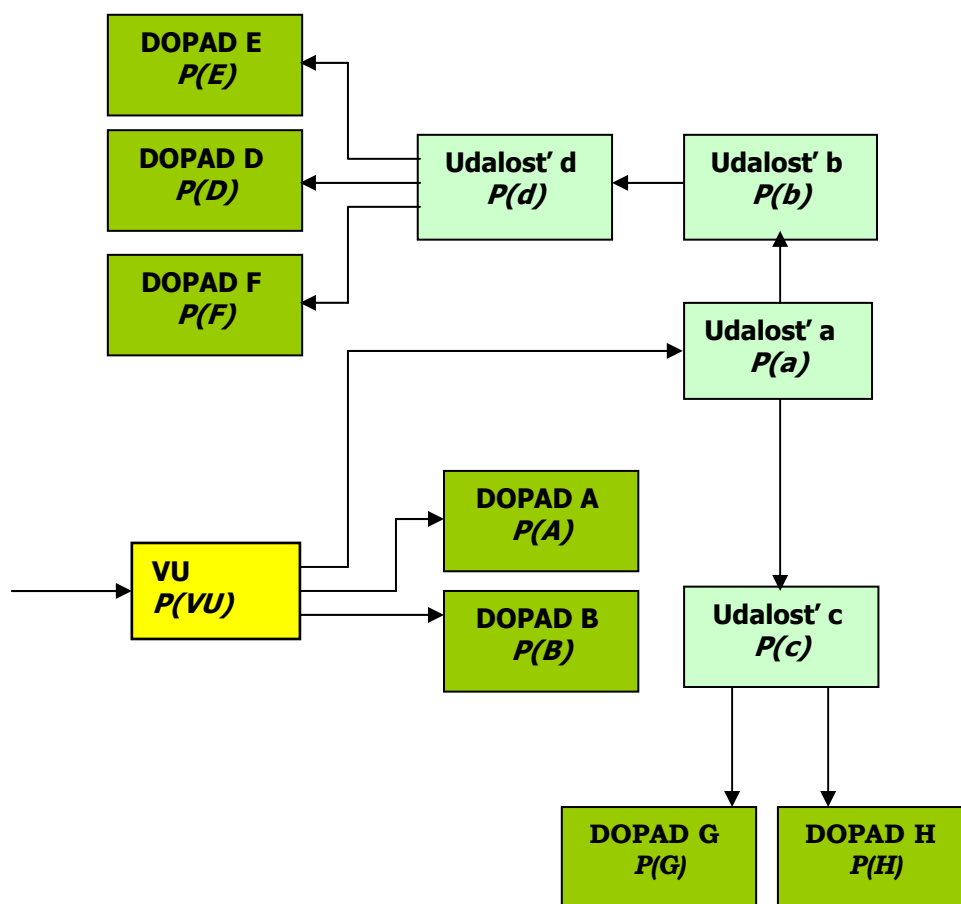
V prípadoch, v ktorých **Dopad A** a **Udalosť a**, resp. **Dopad B** a **Udalosť b** predstavujú úplnú sústavu javov platí:

$$\begin{aligned} \text{Dopad A aj Udalosť a} &= \emptyset, \\ P(A) + P(a) &= 1, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dopad B aj Udalosť b} &= \emptyset, \\ P(B) + P(b) &= 1 \end{aligned}$$

V prípadoch, v ktorých **Dopad A** a **Udalosť a**, resp. **Dopad B** a **Udalosť b** predstavujú javy zlučiteľné, je potrebné postupovať podľa vzťahov (7.5) až (7.9).

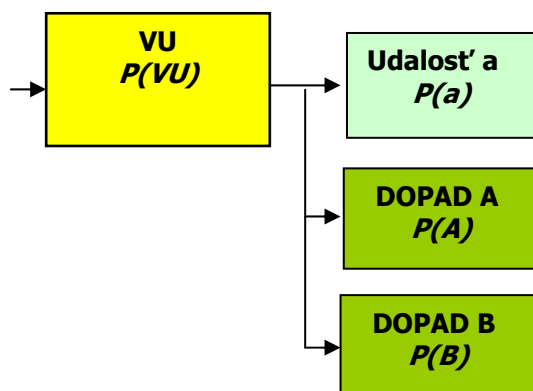
Iný typ tohto modelu je na obr. 7.8.



**Obr. 7.8** Zložený model

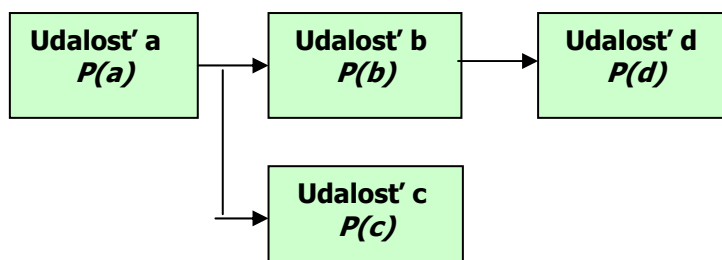
Riešenie tohto modelu vyžaduje aplikáciu sekvenčného postupu.

Ako prvú bude potrebné vyriešiť sekvenciu modelu podľa (obr.6.8a). Podľa stanovenej zlučiteľnosti, resp. nezlučiteľnosti a závislosti, resp. nezávislosti javov **Udalosť a**, **Dopad A** a **Dopad B** je možné stanoviť hodnoty pravdepodobností vzniku uvedených javov.



**Obr. 7.8a** Sekvencia a

Na základe známej hodnoty **P(a)** je potom možné pristúpiť k riešeniu ďalšej sekvencie modelu (obr. 7.8b). Jej riešenie je podobné, ako riešenie sekvencie predchádzajúcej.

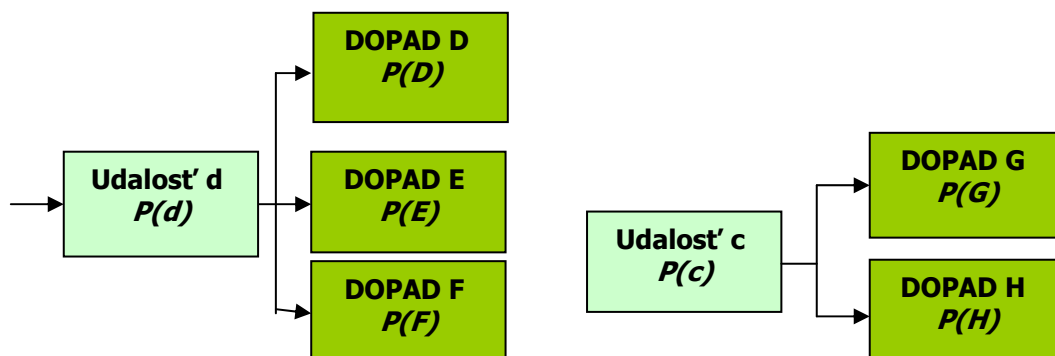


**Obr. 7.8b** Sekvencia b

Ako vyplýva z obrázku, **Udalosť d** vznikne s pravdepodobnosťou = 1 vtedy, keď vznikne **Udalosť b**.



Na základe znalostí hodnôt  $P(d)$  a  $P(c)$  je možné pristúpiť k riešeniu posledných dvoch sekvencií (obr. 7.8c). Aj pre ich riešenie v plnej miere platí doteraz uvedený postup.

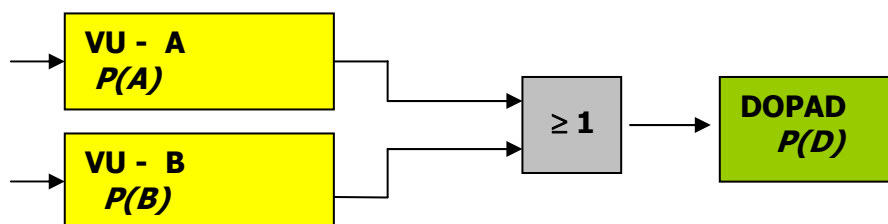


**Obr. 7.8c** Sekvencie c a d

## 7.5 VIAC VRCHOLOVÝCH UDALOSTÍ - DOPAD

### 7.5.1 ZLOŽENÝ TVAR – LOGICKÝ SÚČET

Ide o prípady, v ktorých jeden konkrétny dopad môže spôsobiť ktorákoľvek z dvoch a viacerých VU (obr. 7.9 VU - A, alebo VU - B).



**Obr. 7.9** Vrcholová udalosť – dopad, logický súčet

V prípade tohto typu modelu reťazca udalostí je potrebné poznať vzťahy zlučiteľnosti vrcholových udalostí A a B.

**Ak sú vrcholové udalosti A a B vo vzťahu vzájomnej nezlučiteľnosti**, teda ak ich súčasný vznik je považovaný za nemožný jav, (ak nastane vrcholová udalosť A, nemôže súčasne nastať vrcholová udalosť B a naopak), potom pre pravdepodobnosť vzniku dopadu tohto typu platí:

$$P(D) = P(A) + P(B) \quad (7.10)$$

**Príklad**

*Pracovník obsluhujúci linku separácie odpadu denne kontroluje a v prípade potreby aj obsluhuje tri samostatné stroje – triediaci dopravník, drvič a lis, v ktorom sa rozdrvená surovina lisuje do balov. Neželaným dopadom tejto práce nech je neželaný kontakt ruky tohto pracovníka s pohybujúcimi sa časťami triediaceho dopravníka (udalosť A), alebo drviča (udalosť B) alebo lisu (udalosť C). Keďže pracovník môže naraz obsluhovať len jeden stroj, (nemôže súbežne obsluhovať viac strojov) nie je možné, aby uvedené udalosti vznikli naraz. Pravdepodobnosť vzniku úrazu je preto daná vzťahom*

$$P(U) = P(A) + P(B) + P(C)$$

**Ak sú vrcholové udalosti A a B vo vzťahu vzájomnej zlučiteľnosti**, t.j. je možný ich súčasný vznik – vznik vrcholovej udalosti A nevylučuje, že v tom istom čase môže vyniknúť aj vrcholová udalosť B a naopak, pričom vrcholové udalosti nepodmieňujú jedna druhú, potom pre pravdepodobnosť vzniku dopadu tohto typu platí

$$P(D) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B) \quad (7.11)$$

**Príklad**

*Neželaným dopadom je znefunkčnenie triediaceho dopravníka z predchádzajúceho príkladu, pričom udalosťou A je porucha jeho mechanickej časti, udalosťou B porucha jeho elektrickej časti a udalosťou C porucha jeho riadiaceho systému. Poruchy môžu vzniknúť nezávisle na sebe a zne-*

*funkčenie môže spôsobiť ktorákoľvek z nich. Keďže nie je možné vylúčiť aj súčasný vznik týchto porúch, pravdepodobnosť znefunkčenia zariadenia stanovíme zo vzťahu*

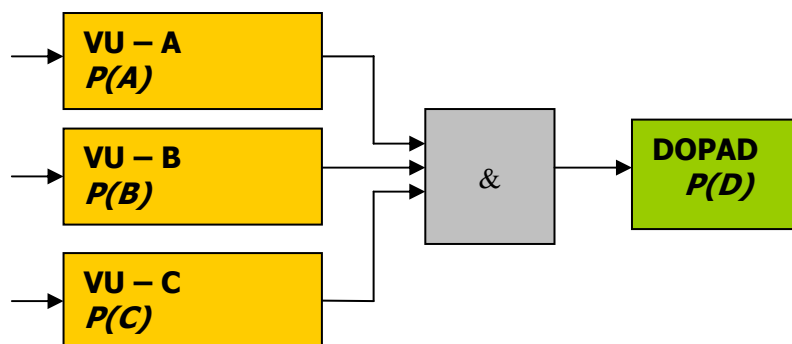
$$P(Z) = \left[ 1 - (1 - P(A)) \cdot (1 - P(B)) \cdot (1 - P(C)) \right] = P(A) + P(B) + P(C) - P(AB) - P(AC) - P(BC) + P(ABC)$$

**Ak sú vrcholové udalosti A a B vo vzťahu vzájomnej zlučiteľnosti**, t.j. ich súčasný vznik je považovaný za možný, **pričom napríklad vznik vrcholovej udalosti A je podmienený vznikom vrcholovej udalosti B**, potom pre pravdepodobnosť vzniku dopadu tohto typu platí

$$P(D) = P(A) + P(B) - P(A) \cdot P(B/A) \quad (7.12)$$

## 7.5.2 ZLOŽENÝ TVAR – LOGICKÝ SÚČIN

V tomto prípade môže jeden konkrétny dopad spôsobiť, resp. vyvolať len vzájomné spolupôsobenie minimálne dvoch a viacerých vrcholových udalostí – (obr. 7.10, udalosti A, B a C).



**Obr. 7.10** Vrcholová udalosť – dopad, logický súčin

V prípade tohto typu modelu reťazca udalostí je potrebné poznať vzťahy závislosti medzi vrcholovými udalosťami A, B a C.

**Ak sú vrcholové udalosti vo vzťahu vzájomnej nezávislosti**, teda udalosti A, B a C môžu vzniknúť nezávisle na sebe, potom pre pravdepodobnosť vzniku tohto typu dopadu platí

$$P(D) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C) \quad (7.13)$$

Ak bude napríklad vznik udalosti B podmienený vznikom udalosti A, potom pre pravdepodobnosť vzniku tohto typu dopadu platí

$$P(D) = P(A) \cdot P(B/A) \cdot P(C) \quad (7.14)$$

**Príklad**

*Analýzou sa zistilo, že ak naraz nastanú tri vrcholové udalosti – skrat na elektrickom vedení zariadenia (udalosť A), nefunkčnosť automatického hasiaceho systému (udalosť B) a neprítomnosť obsluhy (udalosť C), môže dôjsť ku vzniku požiaru s následným poškodením zariadenia. Keďže udalosti A, B a C môžu vzniknúť nezávisle na sebe, pravdepodobnosť vzniku požiaru je možné stanoviť zo vzťahu*

$$P(\text{Pož}) = P(A) \cdot P(B) \cdot P(C)$$

## 8. kapitola

# VRCHOLOVÁ UDALOSŤ, AKO VÝSLEDOK REŤAZCA UDALOSTÍ

---

Nech boli analýzou reálne existujúceho systému, alebo projektovej dokumentácie systému, realizácia ktorého sa v budúcnosti plánuje zostavené zoznamy reálne možných rizikových faktorov nachádzajúcich sa v posudzovanom systéme a zoznamy reálne možných iniciačných impulzov schopných „naštartovať“ ten ktorý rizikový faktor.

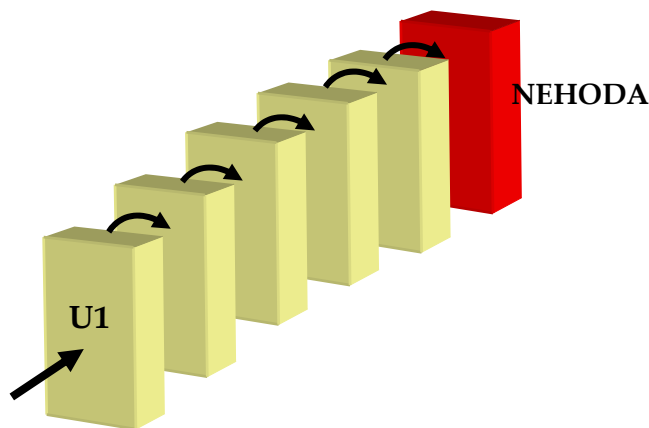
Nech boli súčasne stanovené aj podmienky, za ktorých interakcia rizikový faktor – iniciačný impulz môže reálne nastať a tým naštartovať reťazec neželaných neplánovaných a neriadených udalostí končiaci vznikom vrcholovej udalosti.

Nech bola následne stanovená pravdepodobnosť, s akou reálne môže k tejto interakcii počas stanoveného časového obdobia dôjsť. Túto interakciu budeme v reťazci udalostí označovať ako **udalosť 1**.

Komplexný reťazec udalostí vedúci ku vzniku VU môže mať rôzny tvar a štruktúru. V zásade môže nadobudnúť jeden zo štyroch základných tvarov.

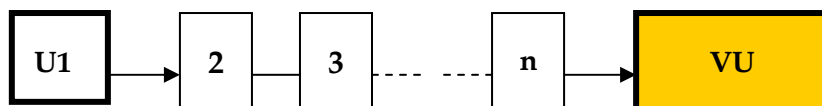
### 8.1 JEDNODUCHÁ REŤAZ UDALOSTÍ

Model jednoduchej reťaze udalostí predstavuje reťaz postavenú na klasickom Domino efekte, t.j. jedna udalosť vyvolá druhú, tá ďalšiu a tá zas ďalšiu, až po vznik nehody, ako vrcholovej udalosti (obr. 8.1).



**Obr. 8.1** Jednoduchá reťaz udalostí – Domino efekt

Hlavnou podmienkou existencie tvaru jedno vetvovej reťaze udalostí je, že vznik každej ďalšej udalosti je determinovaný pravdepodobnosťou rovnej jednej. Znamená to, že ak vznikne udalosť **U1**, tá bude generovať len udalosť 2, tá udalosť 3, až po n-tú udalosť, ktorá s pravdepodobnosťou rovnej jednej skončí nehodou. Jednoducho povedané, každý vznik udalosti **U1**, nevyhnutne musí skončiť nehodou.



**Obr. 8.2** Jednoduchá reťaz udalostí

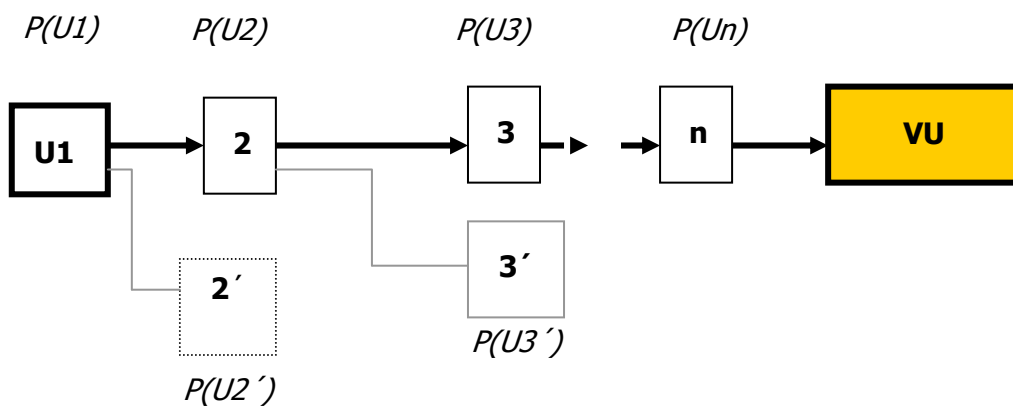
V tomto prípade platí

$$\mathbf{P(VU) = P(U_1)}, \quad (8.1)$$

t.j. s akou pravdepodobnosťou vznikne **U1**, s takou pravdepodobnosťou aj dôjde k vrcholovej udalosti.

## 8.2 ROZVETVENÁ REŤAZ UDALOSTÍ

Tvar rozvetvenej reťaze vzniká vtedy, keď nie je splnená predchádzajúca podmienka, t.j. že každá udalosť v reťazci udalostí môže generovať len jednu jedinú ďalšiu udalosť. Napríklad udalosť **U1** môže, ale aj nemusí generovať vznik udalosti 2, udalosť 2 môže okrem udalosti 3 generovať aj vznik ďalšej udalosti a pod. Reťaz potom môže nadobudnúť napríklad nasledovný tvar:



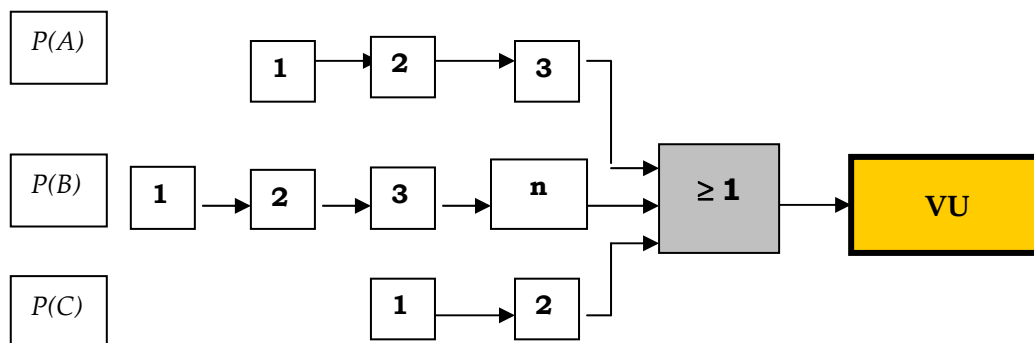
**Obr. 8.3** Rozvetvená reťaz udalostí

V tomto prípade platí

$$P(VU) = \prod_{i=1}^n P(U_i) \quad (8.2)$$

## 8.3 ZLOŽENÁ REŤAZ UDALOSTÍ POSTAVENÁ NA PRINCÍPE LOGICKÉHO SÚČTU

V tomto type reťazcov môže **VU** generovať reťazec **A**, alebo **B**, alebo **C** (obr. 8.4).

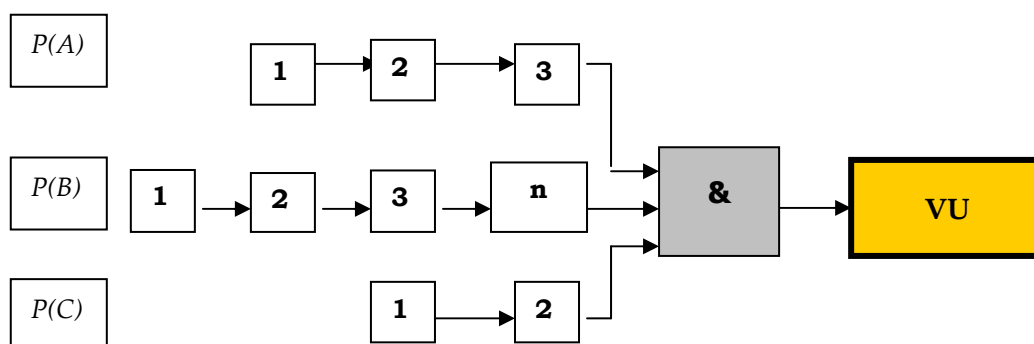


**Obr. 8.4** Zložená reťaz udalostí – logický súčet

Ak sa na základe vzťahov (8.1) alebo (8.2) stanovujú pravdepodobnosti, s akými môže ten ktorý reťazec nastať, teda hodnoty  $P(A)$ ,  $P(B)$  a  $P(C)$ , pre stanovenie celkovej pravdepodobnosti vzniku vrcholovej udalosti je potom možné použiť už spomínané vzťahy pre logický súčet.

## 8.4 ZLOŽENÁ REŤAZ UDALOSTÍ POSTAVENÁ NA PRINCÍPE LOGICKÉHO SÚČINU

V tomto type reťazcov môže VU generovať len spolupôsobenie reťazcov A, B a C. Jednotlivé reťazce sami o sebe VU generovať nemôžu (obr. 8.5).



**Obr. 8.5** Zložená reťaz udalostí – logický súčin



Ak sa na základe vzťahov (8.1) alebo (8.2) stanovia pravdepodobnosti, s akými môže ten ktorý reťazec byť skutočnosťou, teda hodnoty  $P(A)$ ,  $P(B)$  a  $P(C)$ , pre stanovenie celkovej pravdepodobnosti vzniku vrcholovej udalosti je potom možné použiť vzťahy pre logický súčin.

V prípade, že pôjde o kombináciu typov reťazcov, je možné postupovať sekvenčným spôsobom podľa postupu uvedenom pre sériovo-paralelný model.

## 9. kapitola

# PRAVDEPODOBNOŠŤ VZNIKU UDALOSTI

## 9.1 VYJADRENIE PRAVDEPODOBNOŠTI

Riziko je vo svojej základnej podobe definované kombináciou pravdepodobnosti vzniku negatívneho javu a jeho následkov, pričom oba aspekty rizika môžu byť kvantifikované objektívne a subjektívne. Ich vzťah je zrejmy z obr. 9.1.

Objektívna pravdepodobnosť stanovená na báze opakovaných a opakujúcich sa javov a udalostí	<b>OBJEKTÍVNE STANOVENÉ RIZIKO</b>
Následky, ktoré sú priamo pozorovateľné a merateľné	
Syntetizovaná pravdepodobnosť odvodená na báze hodnotenia podobných javov a udalostí - nameraná	<b>RIZIKO STANOVENÉ MODELOVANÍM</b>
Následky, ktoré sú odvodené na báze pozorovania a porovnávaní s udalosťami, ktoré už v minulosti nastali	
Pravdepodobnosť stanovená na báze kvalifikovaného odhadu alebo analýzy malého počtu udalostí, ktoré sa už stali	<b>SUBJEKTÍVNE STANOVENÉ RIZIKO</b>
Subjektívne stanovené následky	

**Obr. 9.1** Vzťahové väzby pravdepodobnosť/následok

Objektívnymi metódami kvantifikovaná a kvalifikovaná pravdepodobnosť a následky definujú objektívne stanovenú úroveň rizika. Posuv od merateľného k pozorovateľnému znamená posuv od objektívneho k modelovanému riziku – k modelovo stanovenej úrovni rizika. V tomto prípade vstupuje do hry schopnosť nájsť a aplikovať model čo možno najviac korešpondujúci s realitou. Posuv

k subjektívnemu posudzovaniu a hodnoteniu vedie k definovaniu subjektívne stanovenej úrovni rizika, kde sa môže veľmi výrazne prejaviť aj faktor emócií.

Pre vyjadrenie pravdepodobnosti vzniku udalosti sa v praxi najčastejšie používajú nasledovné štyri škály.

Prvé dve škály predstavujú pravdepodobnosť, s akou sa očakáva, že určitá udalosť v priebehu istej doby nastane. Napríklad pravdepodobnosť, s akou očakávame:

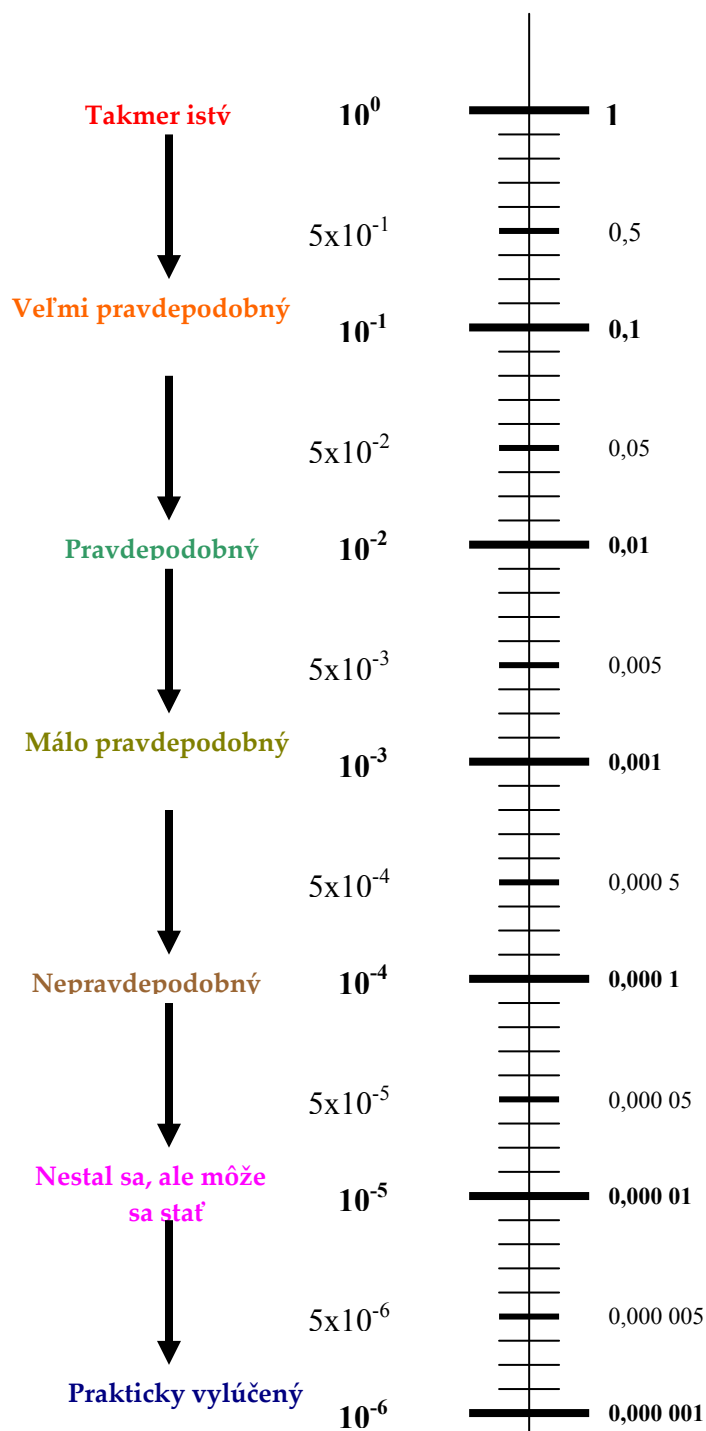
- vznik úrazu v organizácii v budúcom kalendárnom roku,
- únik nebezpečnej látky z určitého systému počas jeho využívania,
- vznik úrazu počas realizácie určitej činnosti (spil'ovanie stromu, splavovanie rieky, pozorovanie divých zvierat v prírode a pod.),
- zrútenie priehradového múru počas jeho stanovenej životnosti a pod.

Obe škály sa v podstate odlišujú len počtom úrovni rizika.

Nastanie určitého javu je:	PRAVDEPODOBNOŠŤ
isté	<b><math>P(A)</math> sa blíži k 1</b>
prakticky ísté	<b><math>0,95 &lt; P(A) &lt; 1,00</math></b>
pravdepodobné	<b><math>0,55 &lt; P(A) &lt; 0,94</math></b>
možné	<b><math>0,45 &lt; P(A) &lt; 0,54</math></b>
málo pravdepodobné	<b><math>0,05 &lt; P(A) &lt; 0,44</math></b>
možné, ale nepravdepodobné	<b><math>0,00 &lt; P(A) &lt; 0,04</math></b>
prakticky nemožné	<b><math>P(A)</math> sa blíži k 0</b>

Výskyt určitého javu je:	PRAVDEPODOBNOŠŤ
často sa opakujúci, permanentne očakávaný	<b><math>P(A)</math> sa blíži k 1</b>
pravdepodobný, očakávaný niekoľko ráz počas životnosti	<b><math>0,55 &lt; P(A) &lt; 0,95</math></b>
pravdepodobný, môže sa občas objaviť počas životnosti	<b><math>0,46 &lt; P(A) &lt; 0,54</math></b>
zriedkavý, môže sa objaviť počas životnosti	<b><math>0,05 &lt; P(A) &lt; 0,45</math></b>
možný, ale nepravdepodobný	<b><math>P(A)</math> sa blíži k 0</b>

Tretia, v praxi veľmi často využívaná a preferovaná škála predstavuje frekvenciu, s akou sa očakáva nastanie určitého javu počas istej doby. Tretiu škálu reprezentuje graf, vid' obrázok 9.2.



**Obr. 9.2** Škála pravdepodobnosti

Ak sa napríklad v kontexte s očakávaným výskytom pracovného úrazu vyžadujúceho hospitalizáciu objaví údaj  $3 \times 10^{-5}$ , znamená to, že sa predpokladá vznik troch takýchto úrazov na 100 000 odpracovaných hodín, alebo ak sa v kontexte s určitým spínacím zariadením objaví údaj  $4 \times 10^{-4}$ , znamená to, že sa predpokladá vznik jednej poruchy uvedeného zariadenia na každých 2 500 zopnutí.

### **Príklad**

*V organizácii bolo zistené, že pri manipulácii pomocou vysokozdvížneho vozíka so 160 kusmi 600 a 1000 litrových bandasiiek došlo 2 krát k porušeniu celistvosti bandasky a následnému úniku nebezpečnej látky. Porušenie celistvosti vzniklo ako následok nevhodného kontaktu bandasky a VZV, pričom každá bandaska bola manipulovaná 2 krát. Raz pri jej plnení z cisterny a ukladaní do skladu a raz pri jej vybratí zo skladu (vyskladnení) a uložení na plošinu nákladného auta. Je potrebné stanoviť pravdepodobnosť vzniku úniku nebezpečnej látky z tohto titulu a očakávaný počet únikov za predpokladu, že organizácia za rok vyskladní v priemere 2 500 bandasiiek.*

*V tomto prípade sa javí ako výhodnejšie stanoviť frekvenciu nastania únikov nebezpečnej látky*

$$f = \frac{2}{320} = 0,00625 = 6,25 \times 10^{-3}$$

*Na základe stanovenej frekvencie je možné predpokladať, že v organizácii behom roka dôjde k*

$$2\,500 \times 6,25 \times 10^{-3} = 15,625;$$

*teda k 16 únikom.*

Štvrtý spôsob, veľmi často používaný pri analýze rizík v poisťovníctve vychádza z definície rizika, ako miery ohrozenia definovanej prienikom pravdepodobnosti P,

s ktorou môže vzniknúť neželaná, neplánovaná udalosť a veľkosťou a „vážnosťou“ negatívnych dopadov D, ktoré môže spôsobiť.

$$\mathbf{R = P \times D} \quad (9.1)$$

Tento spôsob však nie je zameraný len na stanovenie „absolútnej“ hodnoty rizika, ale aj na stanovenie „rankingu“, teda na zoradenie rizík podľa ich významnosti. Pre tento účel sa používa upravený vzťah v podobe (5).

$$\mathbf{RR = F \times (MPL + P)}, \quad (9.2)$$

kde:

### **RR – Risk Rating**

predstavuje hodnotu umožňujúcu zaradiť, resp. umiestniť riziko v rebríčku rizík analyzovaných v posudzovanom systéme;

### **F - frekvencia**

predstavuje hodnotu očakávanej frekvencie, s akou sa uvažovaná neželaná udalosť môže vyskytovať, resp. vyskytnúť v posudzovanom systéme počas vopred stanoveného časového úseku, napríklad doba poistenia, doba životnosti systému, doba medzi dvomi opravami a pod. Napríklad ak je dobou hodnotenia systému 1 rok a predpoklad výskytu uvažovanej neželanej udalosti v súvislosti s režimom práce a prostredím, v ktorom systém bude pracovať nech je vyjadrený hodnotou jeden raz za 5 rokov, potom hodnota  $F = 0,2$ .

### **MPL – Maximum Potential Loss, niekedy aj**

### **PML – Probably Maximum Loss**

predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ predpokladaná najvyššia strata, resp. škoda, ktorá by v spojitosti s prevádzkou daného systému mohla v súvislosti s uvažovanou udalosťou vzniknúť;

### **P - pravdepodobnosť**

predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ predpokladaná pravdepodobnosť, s akou by uvažovaná najvyššia strata, resp. škoda mohla v kontexte s uvažovanou udalosťou vzniknúť.

Pre stanovenie bodovej hodnoty PML, resp. MPL je často používaná nasledovná bodová škála.

Počet bodov	Typ dopadu na zdravie človeka
50	usmrtenie viacerých osôb
45	usmrtenie jednej osoby
40	úplná strata pracovnej schopnosti
35	strata oka
30	strata časti dolnej končatiny
25	strata časti hornej končatiny
20	poškodenie sluchu
15	zlomenina
10	hlboké rany
5	pomliaždeniny
1	odreniny

Podobne je možné vytvoriť aj bodovú škálu pre „bodové ocenenie“ vecných, resp. environmentálnych dopadov.

Pre stanovenie bodovej hodnoty P môže byť využitá nasledovná bodová škála.

Počet bodov	Očakávaná pravdepodobnosť výskytu uvažovaného PML, resp. MPL
50	takmer okamžite
45	v priebehu 1 hodiny
40	v priebehu 1 zmeny
35	v priebehu 1 týždňa
30	v priebehu 1 mesiaca
25	v priebehu 1 štvrťroka
20	v priebehu 1 roka
15	v priebehu 4 rokov
10	v priebehu využívania systému <sup>+</sup>
5	v priebehu životnosti systému <sup>++</sup>
1	výskyt sa vôbec neočakáva

- + ak je väčšia ako 4 roky
- ++ ak je väčšia ako doba predpokladaného využívania systému

V oboch prípadoch ide o orientačné hodnoty, ktoré môžu byť interpolačne upravované.

Vzťah 9.2 je možné použiť vtedy, keď hodnotenie rizika a stanovenie hodnoty RR je vykonané cez prizmu maximálnych očakávaných negatívnych dopadov a strát. Ak platformou tohto procesu bude pravdepodobnosť, potom vzťah 9.2 môže byť použitý v podobe

$$RR = F \times (L + P_{max}), \quad (9.3)$$

kde:

**L – loss/strata**

predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ hodnota predpokladaného najpravdepodobnejšieho dopadu, resp. straty;

**P<sub>max</sub>**

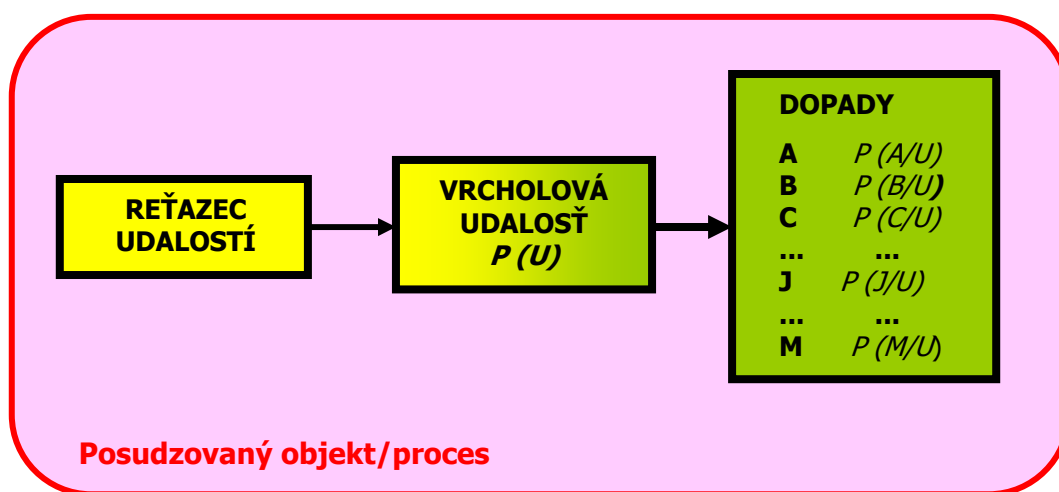
predstavuje bodovú hodnotu zo škály 1 – 50 bodov, pomocou ktorých je „ocenená“ predpokladaná pravdepodobnosť vzniku najočakávanejšieho dopadu, resp. straty, ako neželaného výstupu uvažovanej udalosti.

Výhoda a určitá prednosť uvedeného postupu je v tom, že prioritne upriamuje pozornosť na identifikáciu krízových situácií, ku ktorým by v kontexte s posudzovaným systémom mohlo dôjsť a na následky ktoré by v súvislosti s jeho prevádzkou predstavovali neakceptovateľné dopady tak na systém ako taký, jeho okolie a iné zainteresované subjekty. Krízová situácia je v tomto procese platformou, ktorá v jednom prípade predstavuje cieľovú rovinu a v druhom prípade štartovaciu rovinu analýzy.



## 9.2 STANOVENIE PRAVDEPODOBNOTI

Riziko je vo všeobecnosti definované kombináciou pravdepodobnosti vzniku určitého javu a negatívnych následkov tohto javu. Ak ale zoberieme do úvahy celý reťazec udalostí, zjednodušene znázornený na obr. 9.3, potom je zrejmé, že nás musí zaujímať nielen pravdepodobnosť, s akou môže nastať vrcholová udalosť, ale aj pravdepodobnosť, s akou táto udalosť môže spôsobiť ten ktorý negatívny dopad.



**Obr. 9.3** Reťazec udalostí

V podstate máme „na výber“ medzi dvomi základnými možnosťami.

Ak v súvislosti s posudzovaným objektom/procesom vyjdeme z konkrétneho negatívneho dopadu, napríklad úraz so smrteľnými následkami, znečistenie konkrétneho recipienta nad určitú úroveň, neopraviteľné poškodenie technického systému a pod., potom pri kvantifikácii pravdepodobnosti, s akou môže nastať relevantná vrcholová udalosť  $P(U)$ , resp. udalosti  $P(U_i)$  „schopná, resp. schopné“ vygenerovať daný dopad  $P(A/U_i)$ , je potrebné zobrať do úvahy množstvo aspektov.

Obdobne ak v súvislosti s posudzovaným objektom/procesom vyjdeme z konkrétnej vrcholovej udalosti, napríklad zasiahnutie človeka elektrickým prúdom, che-

mický, resp. fyzikálny výbuch a pod., potom pri kvantifikácii pravdepodobnosti, s akou môže nastať relevantná vrcholová udalosť  $P(U)$  a pravdepodobnosti, s akou táto udalosť môže spôsobiť konkrétny dopad  $P(A/U)$ , je tiež potrebné zobrať do úvahy množstvo aspektov.

Je zrejmé, že prípad od prípadu môže ísť nielen o inú sústavu aspektov, ale aj o „podiel“, s akým sa na danej hodnote pravdepodobnosti môže v danej sústave aspektov podieľať ten ktorý aspekt.

Medzi najvýznamnejšie aspekty, ktoré pri kvantifikácii pravdepodobnosti môžu jej hodnotu ovplyvňovať smerom nahor alebo nadol je možné zaradiť:

- náhoda typu vis major,
- rozpoznateľnosť nebezpečenstva,
- identifikovateľnosť rizikových faktorov, iniciačných impulzov a pod.,
- možnosť – nemožnosť aktívnej ochrany pred pôsobením nebezpečenstva,
- dĺžka trvania ohrozenia,
- odolnosť zasiahnutých objektov proti pôsobeniu daného nebezpečenstva,
- počet ohrozených osôb,
- zložitosť a efektívnosť bezpečnostného systému,
- celková úroveň systému riadenia rizík,
- fyzická, sensorická a mentálna záťaž človeka a režim práce,
- nebezpečnosť parametrov objektu, resp. procesu (vysoké tlaky, teploty, rýchlosti, hmotnosti a pod.),
- rýchlosť nastania udalosti,
- celková úroveň vyžadovania a kontroly používania a využívania bezpečnostných prvkov a systémov,
- celková úroveň starostlivosti o produkčné faktory,
- celková úroveň a disciplína, tak pracovná, ako aj technologická,
- úroveň pracovného prostredia a pracovnej pohody,
- nebezpečnosť materiálov vyjadrená ich nebezpečnými vlastnosťami,
- celková úroveň programov prevencie,
- celková úroveň programov havarijnej pripravenosti a pod.

## ZÁVER

---

Ak pri plánovaní, organizovaní alebo realizácii rôznych činností, aktivít, zámerov a podobných udalostí existuje čo len náznak podozrenia, resp. neistoty naznačujúcej, že zamýšľaná aktivita sa môže vyvíjať aj iným, než plánovaným a všeobecne želaným smerom, mal by človek zbystriť pozornosť.

A mal by to urobiť hlavne vtedy, ak by potenciálne možný smer vývoja mohol nabráť negatívny kurz. Buď v podobe horšieho, než plánovaného výsledku, alebo v podobe rôznych negatívnych dopadov, ktoré by mohli vzniknúť ako „sprievodné javy“ procesov dosahovania plánovaných výsledkov, alebo ako kombinácia oboch podôb.

A zrejme je aj to, že čím bude väčšia istota toho, že „niečo môže ísť horšie ako plán“ a čím horšie následky môžu v dôsledku toho vzniknúť, tým by danému problému mala byť venovaná väčšia pozornosť.

A navyše je zrejme aj to, že pozornosť by mala byť orientovaná na tri hlavné oblasti:

- Oblasť identifikácie toho, čo by „ mohlo ísť horšie ako plán“, čo by tento stav mohlo iniciovať, ako by mohol vyzeráť, resp. akú podobu by mohol mať potenciálny „horší vývoj udalostí“ a aké následky by to všetko mohlo mať.
- Oblasť kreovania a implementácie takých opatrení a programov, ktoré by zamedzili, alebo aspoň podstatnou mierou znížili možnosť nastania situácií identifikovaných v prvom bode.
- Oblasť kreovania a implementácie programov a aktivít znižovania a odstraňovania následkov situácií identifikovaných v prvom bode – v prípade, že by reálne aj nastali.

Nie schopnosť predpovedať, že „niečo zle dopadne“, ale schopnosť predvídať objavenie sa neplánovaných situácií, teda situácií „nezhodných s plánom“ a na báze modelov následne identifikovať ich potenciálne možný priebeh a negatívne dopady poskytujú veľmi silný nástroj ich zdlávania.

## LITERATÚRA

---

1. **MAIXNER, L., KOLNÍKOVÁ, Z.:** *Spolehlivost automatických výrobních systémů*. SNTL Praha, 1984, 260 s.
2. **ZELENÝ, J. a kol.:** *Riziká v priemysle*. Zvolen: TU vo Zvolene, 2006. 320 s., Príloha 279 s. ISBN 80-228-1638-8, ISBN 80-228-1369-6 (Príloha)
3. **ZELENÝ, J.:** *Analýza, posudzovanie a hodnotenie rizík, princíp duality pravdepodobnosti*. TU vo Zvolene, 2005, 81 s. ISBN 80-228-1575-6
4. **ZELENÝ, J.:** *Výrobné systémy*. TU Zvolen, 2000, 248 s., ISBN 80-228-0893-8
5. **ZELENÝ, J. a kol.:** *Environmentálna politika manažérstvo organizácií. Diel štvrtý: Manažérstvo environmentálnych a bezpečnostných rizík*. UMB v Banskej Bystrici, 2010, 211 s. ISBN 978-80-8083-975-8
6. **ZELENÝ, J.:** *Aplikácia metódy ETA pri posudzovaní a analýze rizík*. In: Trendy lesníckej, drevárskej a environmentálnej techniky a jej aplikácie vo výrobnom procese – MVK Zvolen, 2001, ISBN 80-228-1060-6, s. 13-18.
7. **ZELENÝ, J.:** *Ret'azce udalostí, modely a ich tvorba*. In: Advances in Fire and Safety Engineering, 2012, MVK Zvolen.
8. **ZELENÝ, J.:** *Manažérstvo rizika*. TU Zvolen, 2000, 405 s., ISBN 80-228-0892
9. *STN ISO 31000: 2011 – Manažérstvo rizika. Zásady a návod*. SÚTN, 2011.
10. *STN IEC 01 0676 Analýza stromu poruchových javov*. SÚTN, 2002.