

JAK ZABRÁNIT CHYBÁM PŘI INŽENÝRSKÉM ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ

Dana PROCHÁZKOVÁ

HOW TO PREVENT ERRORS IN ENGINEERING PROBLEM SOLVING



Sustainability - Environment - Safety '2018

ABSTRAKT: CÍLEM INŽENÝRSKÝCH DISCIPLÍN JE ŘEŠIT ÚKOLY PRAXE TAK, ABY PODPOROVYLY ROZVOJ LIDSKÉ SPOLEČNOSTI, COŽ ZNAMENÁ ZAJIŠTĚNÍ OCHRANY A ROZVOJE VEŘEJNÝCH AKTIV, KTERÝMI JSOU ŽIVOTY, ZDRAVÍ A BEZPEČÍ LIDÍ, ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ, MAJETEK, VEŘEJNÉ BLAHO, ŽIVOTODÁRNÉ INFRASTRUKTURY A TECHNOLOGIE. PROTO SE PŘEDMĚTNÉ DISCIPLÍNY ZABÝVAJÍ NEJENOM PROVOZEM STÁVAJÍCÍCH TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ, ALE I ZLEPŠOVÁNÍM A TVORBOU NOVÝCH TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ A TECHNOLOGICKÝCH OBJEKTŮ. PŘITOM ŘEŠÍ OTÁZKY ZMNOHA OBLASTÍ, TJ. TECHNICKÉ, FUNKČNÍ, ŘÍZENÍ, LEGISLATIVY, FINANČNÍ, PERSONÁLNÍ A POPŘÍPADĚ DALŠÍ. ČLÁNEK SE ZABÝVÁ PŘÍČINAMI CHYB PŘI INŽENÝRSKÝCH ŘEŠENÍCH A SHRNUJE NEJNOVĚJŠÍ POZNATKY HLUBOKÉHO STUDIA PŘÍČIN HAVÁRIE JADERNÉ ELEKTRÁRNY FUKUSHIMA. PRO SPLNĚNÍ LIDSKÝCH CÍLŮ ČLÁNEK UVÁDÍ ZÁSADY POKROKOVÝCH INŽENÝRSKÝCH ŘEŠENÍ.

Klíčová slova: inženýrství; řešení problémů; role dat; příklady inženýrských chyb; zásady pokrokových inženýrských řešení.

ABSTRACT: THE AIM OF THE ENGINEERING DISCIPLINES IS TO SOLVE THE TASKS OF PRACTICE SO THEY MIGHT PROMOTE THE DEVELOPMENT OF HUMAN SOCIETY, WHICH MEANS ENSURING THE PROTECTION AND THE DEVELOPMENT OF PUBLIC ASSETS, WHICH ARE THE LIVES, HEALTH AND SECURITY OF HUMANS, THE ENVIRONMENT, PROPERTY, PUBLIC GOOD, VITAL INFRASTRUCTURE AND TECHNOLOGY. THEREFORE, THESE DISCIPLINES CONCERNED WITH NOT ONLY THE OPERATION OF THE EXISTING TECHNOLOGICAL FACILITIES, BUT ALSO THE IMPROVEMENT AND CREATION OF NEW TECHNOLOGICAL FACILITIES AND TECHNOLOGICAL OBJECTS. IN DOING SO, THEY ADDRESS THE QUESTIONS FROM MANY AREAS, FOR EXAMPLE TECHNICAL, FUNCTIONAL, MANAGEMENT, LEGISLATION, FINANCIAL, PERSONNEL AND, WHERE APPROPRIATE, FOR MORE. THE ARTICLE DEALS WITH CAUSES OF ERRORS IN ENGINEERING SOLUTIONS AND SUMMARIZES THE LATEST FINDINGS OF A DEEP STUDY OF THE CAUSES OF THE ACCIDENT OF THE NUCLEAR POWER PLANT IN FUKUSHIMA. TO MEET THE HUMAN OBJECTIVES, THE PAPER GIVES THE PRINCIPLES OF ADVANCED ENGINEERING SOLUTIONS.

KEYWORDS: ENGINEERING; SOLUTIONS TO PROBLEMS; THE ROLE OF THE DATA; EXAMPLES OF ENGINEERING ERRORS; THE PRINCIPLES OF ADVANCED ENGINEERING SOLUTIONS.

1. Úvod

Inženýrství je široká disciplína, která řeší problémy od jejich pochopení, přes návrh řešení až po realizaci v daných podmínkách. Je hnací silou lidského vývoje, protože se zabývá i problémy, které je obtížné přesně řešit. K dosažení cíle používá kreativitu lidských jedinců a přístupy označované jako dobrá praxe. V současné době vychází ze systémového přístupu a pro zajištění současných cílů, kterými jsou bezpečný podnik, bezpečná komunita, bezpečný region atd. používá specifické disciplíny, které jsou charakterizované v pracích [1-4].

Cílem inženýrských disciplín je řešit úkoly praxe tak, aby podporovaly rozvoj lidské společnosti, což znamená zajištění ochrany a rozvoje veřejných aktiv, kterými jsou životy, zdraví a bezpečí lidí, životní prostředí, majetek, veřejné blaho, životodárné infrastruktury a technologie [1,2]. Proto se předmětné disciplíny zabývají nejenom provozem stávajících technologických zařízení, ale i zlepšováním a tvorbou nových technologických zařízení a technologických objektů. Přitom řeší otázky z mnoha oblastí, tj. technické, funkční, řízení, legislativy, finanční, personální a popřípadě další.

Proto platí, že inženýr řeší problémy praxe spojené s určitým objektem v jistých konkrétních podmínkách tak, aby řešení problémů plnilo požadované úkoly po celou dobu životnosti objektu či zařízení a přitom neohrožovalo objekt či zařízení ani jejich okolí. Přitom využívá existující znalosti a zkušenosti a dbá, aby nakládání se zdroji, silami a prostředky bylo hospodárné a podporovalo koexistenci základních systémů, které člověk potřebuje ke svému životu, tj. systému environmentálního, sociálního a technologického. K danému cíli používá znalosti, dovednosti, zkušenosti a schopnosti vytvořit koncept řešení problému a realizovat ho v daných podmínkách tak, aby objekt či jiná entita byly bezpečné, tj. spolehlivé a funkční po dobu své životnosti a při svých kritických podmínkách neohrožovaly sebe, ani své okolí. K vědomé metodice řešení problémů se člověk dostal vývojem během své existence.

Vědecká metodologie pro řešení problémů vznikala již v raných kulturách. V naučných encyklopediích se obvykle dává počátek vědecké metodologie do starého Řecka; uvádí se díla Sokrata a Platóna; zdůrazňuje se, že Aristoteles vyvinul kompletní normativní přístup k vědeckému bádání. V raném středověku: došlo k propojení pozorování, experimentů a výpočtů; byl pochopen význam opakovaných měření; Avicena jako první popsal metodu shody, metodu rozdílu a metodu sdružených změn, které jsou rozhodující pro induktivní přístup. Poté Isaac Newton ve svém díle *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* sepsal čtyři pravidla pro úsudek:

- Nesmíme připustit více příčin přírodních jevů, než ty, které jsou pravdivé a dostačující k vysvětlení jevů.
- Stejným účinkům přírodních sil musíme pokud možno přiřadit stejné příčiny.
- Vlastnosti těles, o kterých se domníváme, že náleží všem tělesům v našem experimentu, jsou všeobecnými vlastnostmi všech těles.
- Při experimentování nahlížíme na návrhy získané indukcí jako na téměř pravdivé, teprve když daný jev nenastane, můžeme jej vyvrátit, anebo když nastane, považovat jej za ještě pravděpodobnější.

Dnes je skutečností, že věda a technologie nás provázejí všude, překvapují nás stále novými objevy, vynálezy a aplikacemi a pronikají do stále dalších oblastí našich životů; tempo vědeckotechnického pokroku se stále zrychluje. Technologickými inovacemi jsou vytvářeny nové produkty a procesy a významné technologické změny produktů a procesů. Inovaci pokládáme za uskutečněnou, pokud byla uvedena na trh (inovace produktu) nebo použita v produkčním procesu (inovace procesu). Inovace tedy zahrnuje řadu vědeckých, technologických, organizačních, finančních a komerčních činností.

Když chceme řešit jistý problém, tak ho musíme nejprve poznat a pochopit, což lze provést jedině na základě:

- znalostí, které jsou založeny na sběru dat pozorováním a experimentováním a na formulování a testování hypotéz,
- aplikace správných metod, tj. metod, které jsou opakovatelné, průhledné, mají jasně definované veličiny, jednotky a terminologii.

Nejprve v každém případě je třeba shrnout dosavadní poznatky, abychom věděli, co již je známé a zabránili „znovuobjevení“, a důsledně používat zásady logického myšlení; časté chyby při formulování konceptů řešení problémů vznikají např. špatnou aplikací výrokové logiky nebo aplikací mylné či neúplné představy o realitě.

2. Příklady inženýrských chyb

Nelze zastírat skutečnost, že inženýři nedělají chyby; skutečností je, že k chybám s velkými následky dochází všude na světě. Pro ilustraci uvedeme údaje publikované BBC v r. 2014[5]:

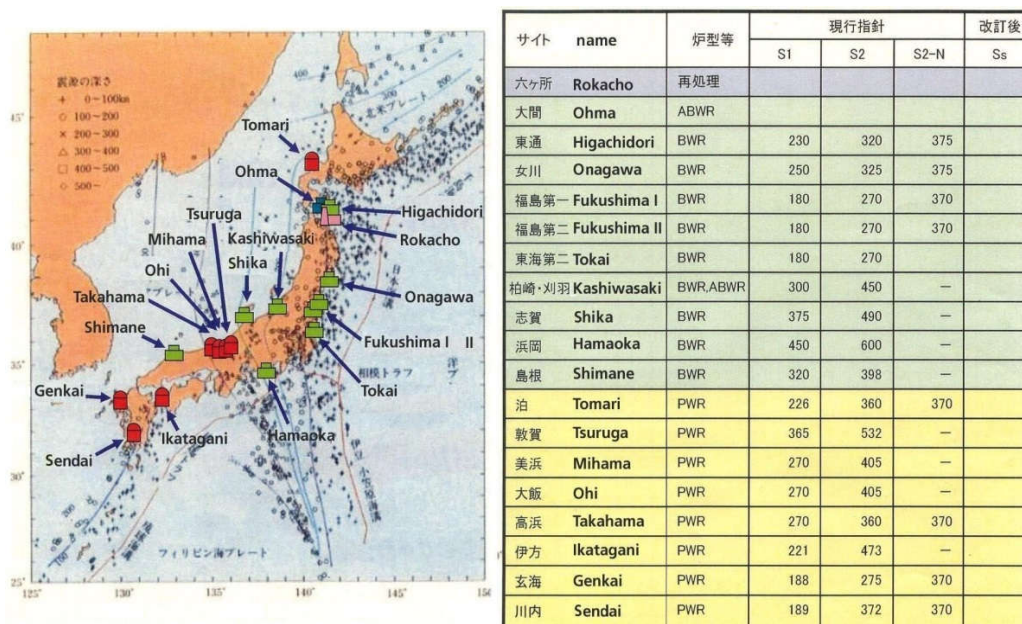
- Francouzské dráhy SNCF si pro regionální tratě objednaly 2000 vlaků, které byly pro mnoho nástupišť příliš široké,
- NASA v r. 1999 přišla o sondu Mars Climate Orbiter tím, že řídicí středisko odesílalo instrukce s anglickými mírami a sonda je očekávala v metrické soustavě (protože byly blízko povrchu planety, tak shořela),
- v r. 1628 více než tisíc Švédů sledovalo ve Stockholmu, jak se zbrusu nová válečná loď Vasa potápí několik minut po vyplutí z přístavu (zahynula celá posádka). Po vyzvednutí v r. 1961 bylo zjištěno, že plavidlo bylo postaveno asymetricky - mělo silnější levobok než pravobok). Existuje domněnka, že dělníci používali různé systémy měření, protože archeologové našla měřítko nakalibrovaná jak na švédské stopy, tak na stopy amsterodamské, které nebyly stejné,
- v Londýně v r. 1859 veřejnost, politici i soudy řešili prasknutí Velkého zvonu na Westminsteru na věži Big Ben. Zvon praskl během zkoušek v r. 1857, byl roztaven, znovu odlit, usazen a po necelém měsíci znovu praskl. Podle jedné z teorií, kladivo bylo těžké na slitinu zlomu, a proto bylo vyměněno za lehčí s tím, že prasklý zvon ve věži zůstal, a jen byl pootočen o 90°,
- v r. 2003 ve švýcarském pohraničním městě Laufenburg most stavěný z obou břehů měl uprostřed výškový rozdíl 54 cm. Příčina – Němci používali za základ geodetických měření bod v Severním moři, Švýcaři ve Středozemním moři (Terst), mezi nimiž je rozdíl 27 cm, který někdo z výpočtářů místo odečtu zdvojnásobil. Pro provoz Němci svou polovinu museli snížit,
- britský polární průzkumník Robert Falcon Scott před výpravou na jižní pól 1910-1912 udělal chybu. Počítal jen 4500 kalorií na den, což je v podmínkách Antarktidy polovina požadovaného. Všichni zahynuli 18 km od velkého skladu potravin.

Chyby nejsou výjimečné, což ukazují skutečnosti zjištěné autorkou během praxe [6]. Např. v r. 1962 prováděl Geofyzikální ústav ČSAV měření zemětřeseného roje v Západních Čechách, kterého se účastnilo 6 týmů se 6 stanicemi. Jelikož obsluha přístrojů si neseřídila stejný čas, tak měření nebylo možné propojit, když během jedné minuty bylo zaregistrováno 8 až 10 seismických jevů. V r. 1990 podjatá skupina odpůrců Žižkovské věže „naměřila“ vysoké hodnoty záření v prokazatelné zóně stínu. Nezohlednění základových podmínek u tunelu Blanka, nedodržení požadavků na pevnost podloží komunikací apod.

3. Chyba, která přispěla k havárii jaderné elektrárny Fukushima

O velkém japonském zemětřesení, které postihlo dne 11. března 2011 východní Japonsko, a vybudilo tsunami, které vyvolalo havárii v jaderné elektrárně Fukushima, se napsalo, a asi ještě napíše, mnoho. Z analýzy mnoha odborných prací provedená v práci[7] vyplynulo, že nedaleko jaderné elektrárny Fukushima je jaderná elektrárna Onagawa (obrázek 1), která předmětné zemětřesení a hlavně následné tsunami přestála bez úhony, tj. normálně odstavila a škody na významných technologických objektech a zařízeních byly přijatelné. Z důvodů popsanych v kapitole 2 je

významné, že v zadávacích podmínkách pro jadernou elektrárnu Onagawa byly použity údaje o velkých historických tsunami.



Obr. 1 - Rozmístění jaderných elektráren v Japonsku [8].

Proto je zajímavá práce [9], ve které jsou fakta shrnuta pod názvem „Onagawa story“. Na začátek je třeba uvést, že elektrárna „Fukushima byla postavena a provozována společností Tepco, a elektrárna Onagawa společností Tohoku. Autor sledované práce, studiem a porovnáním projektové a provozní dokumentace obou elektráren zjistil, že kultura bezpečnosti byla a stále je na elektrárně Onagawa vyšší. Zavedl ji tam při navrhování, výstavbě a později i provozu v 60. letech minulého století vrchní inženýr pan Yanosake Hirai (1902-1986), kterému společnost Tohoku dala plnou důvěru.

Dle [9] pan inženýr Hirai bral svoji odpovědnost velmi vážně, a tak postupoval velmi obezřetně. Na rozdíl od zadávací dokumentace pro jadernou elektrárnu Fukushima (kde při výpočtu projektového tsunami byly vzaty údaje pouze za posledních sto let), prosadil, se při zpracování zadávací dokumentace se pro jadernou elektrárnu Onagawa v případě tsunami nebraly jen údaje o Sanriku tsunami z r. 1896 a o tsunami po Chilském zemětřesení v r. 1960, ale vzaly se v úvahu i údaje z historie o Keicho tsunami z r. 1611 a o Jogan tsunami z r. 869. Proto také výška obranného valu byla spočtena na 14.8 m a při výstavbě k ní byla připočtena ještě přiměřená bezpečnostní rezerva, zatímco u jaderné elektrárny Fukushima byla výška obranného valu vypočtena na 6.5 m a s bezpečnostní rezervou byla vybudována do výšky 10 m.

V technologii s ohledem na historická tsunami pan Hirai zavedl speciální systém vodního hospodářství naprojektovaný tak, aby i při tsunami měla elektrárna vodu pro chlazení [9]. Autor práce [9] k tomu poznamenává, že jeho prozíravost zajistila ochranu 25 let po jeho smrti. Autor sledované práce dále uvádí, že v duchu kultury bezpečnosti zavedené panem Hirai po silném zemětřesení dne 11. 3. 2011 elektrárna odstavila a dokonce pomohla ve svých prostorách přežít obyvatelům města Onagawa, které bylo kompletně tsunami zničeno.

Dle [9] provedené paleogeologické výzkumy ukázaly, že sledovanou oblast postihla velká tsunami i před naším letopočtem, a to mezi 910 BCE a 670 BCE, a druhé mezi 140 BCE a 150 CE, tj. potvrdily, že s velkými tsunami je v předemné oblasti potřeba počítat.

Práce [9] je uzavřena tvrzením „*bez standardů a legislativy bychom byli odsouzeni k opakování chyb z minula, ale bez vložení bezpečnosti do jejich vylepšení a schopnosti udržitelně odpovědět na neočekávané události nebudeme připraveni na budoucnost*“, což znamená, že je třeba stále sledovat a vyhodnocovat dynamické chování světa a připravovat se na správnou a rychlou reakci,

když se objeví nepříjemné jevy, a to v dlouhodobém časovém úseku (prevence), střednědobém (připravenost) i krátkodobém (odezva). To znamená používat logiku typu „co platilo včera, neplatí dnes, ani v budoucnu).

Z výše uvedených faktů vyplývá, že se nevyplácí zanedbávat znalosti, které jsou v historických datech.

Na základě další japonské práce [10] je největší poučení z předmětné havárie přiznání, že příčinou velké havárie jaderné elektrárny Fukushima byl i fakt, že v zadávacích podmínkách byla velikost tsunami podceněná, jak potvrdila provedená PSA. Je sice pravda, že po havárii se to snadno říká, ale před havárií to není jednoduché, protože bezpečnostní opatření jsou nákladná, a každý chce ušetřit.

Podle práce [10] je nutné zvažovat, že: některé jevy mají velmi malou četnost výskytu; existuje vysoká nejistota v datech o velkých jevech; a že velké jevy nelze identifikovat na základě krátkých časových řad dat, tj. je potvrzena známá skutečnost uvedená výše, že velké jevy se vyskytují nepravidelně a řídce [7, 11-16].

Pro doplnění jsou dále uvedeny výsledky PSA z práce [10], provedené po havárii v jaderné elektrárně Fukushima. V rámci PSA – level 1 bylo zjištěno, že:

- četnost výskytu poškození aktivní zóny (CDF) a kontejnmentu byla v návrhu sledována jen pro vnitřní škodlivé jevy,
- malá hodnota CDF vedla posuzovatele k tomu, že jaderná elektrárna je bezpečná a byla vyloučena nadprojektová havárie,
- poučení havárie v jaderné elektrárně, která se udála v r. 1993, kdy voda ze zkorodovaného potrubí zaplavila turbínu, bylo podceněno,
- analýzy v r. 2012 ukázaly, že nadprojektové tsunami s výškou přes 10 m má pravděpodobnost výskytu 1 x za 10^{-6} let; s tím spojená podmíněná pravděpodobnost porušení aktivní zóny však vyšla vysoká,
- provedené deterministické i pravděpodobnostní výpočty před havárií ukazovaly na rychlou obnovu vnitřního napájení proudem po výpadku, takže výpadek vnitřního napájení elektrickou energií se nebral v úvahu,
- v řízení bezpečnosti technologického komplexu nebyla zvažována nutnost ventilace kontejnmentu, aby se zabránilo jeho narušení,
- nebyly zvažovány dopady propojení několika škodlivých jevů (v daném případě zemětřesení a tsunami).

V r. 2011 během jevu nadprojektové tsunami způsobilo zaplavení budov, kde byly bezpečnostní systémy a systémy pro podporu bezpečnosti, což vedlo k nefunkčnosti nouzového generátoru.

Proto autoři [10] uvádí základní poučení, že při zajišťování bezpečnosti technologických komplexů je třeba zvažovat All Hazards (všechny možné pohromy) a propojení několika pohrom, jak požaduje práce [17].

4. Zásady pro kvalitní inženýrská řešení

Problém je chápán jako rozpor mezi stavem současným a stavem požadovaným, který nemá zřejmé řešení a na nalezení řešení je třeba vynaložit duševní práci. Může být úspěšně řešen, je-li včas identifikován a správně formulován. **Řešení problému** je de facto nalezení a provedení postupu, kterým se dosáhne stanovený cíl nebo přesněji zvládne se úkol, u kterého je znám cíl s větší či menší přesností (určitostí) a je třeba zvolit a použít prostředky, které se opírají o algoritmické nebo heuristické postupy. Řešení do značné míry závisí na charakteru úkolu a na schopnosti řešitelů.

Metodologie řešení problémů je chápána jako ucelený soubor poznatků a principů poznání v určité oblasti. Velkého významu nabývá v málo strukturovaných úlohách, u kterých umožňuje pružně řešit různé úrovně problémů.

Zcela obecně platí, že když chceme vyřešit určitý netriviální problém, musíme provést jistá opatření a činnosti v duševní i praktické oblasti a umět správně rozhodovat při výběru možných

alternatív řešení, a k tomu kromě vlastních znalostí a schopností potřebujeme fakta, tj. relevantní data a relevantní metody, kterými zpracujeme podklady, na jejichž základě můžeme správně rozhodnout. Datové soubory pro daný účel musí být sestaveny tak, aby umožnily získat žádoucí výsledky, tj. musí mít oceněny nejistoty a neurčitosti v místě a čase. Jinak analýzy, hodnocení či výpočty nebudou ani správné, ani konzistentní a rozhodování budou prováděna formou případ od případu bez jednotného metodického rámce, což odporuje odborným postupům a koncepčním přístupům vyspělých zemí. Metody použité pro zpracování dat musí zajistit splnění požadovaného cíle a musí být relevantní ke kvalitě dat, tj. na nepřesná data je zbytečné používat přesné metody a obráceně. Obě kategorie dohromady musí splňovat specifické nároky inženýrských postupů a praktik, které budou dále zmíněny.

Základní postup řešení problému má následující kroky:

- Pochopení problému.
- Poznání problému.
- Analýza příčin problému.
- Návrh a realizace opatření k odstranění příčin problému s ohledem na stanovený cíl.
- Test účinnosti opatření.
- Realizace opatření na eliminaci příčin problému.
- Zpráva o postupu řešení problému a stanovení budoucích nápravných opatření a činností pro případ velkých odchylek od žádoucího stavu.

Aby problém bylo možno vyřešit, je ho třeba pochopit. Pak je třeba stanovit, co a jak lze řešit a zda vynaložené náklady (čas, mzdy, přípravy, administrativní změny) na řešení problému odpovídají možným úsporám případně úrovni hrozícího rizika. Důležité je stanovení cílového stavu, protože k němu jsou zacílena kritéria či indikátory, kterými během realizace sledujeme kvalitu řešení problému.

Poznání problému znamená posouzení problému z různých hledisek. Například vlivy změn provozních parametrů strojů, přípravků, vliv lidského faktoru, vlhkosti, teploty, apod. Ideální je, sledování vlivů provádět systematicky, aby bylo možné dohledat vlivy náhodných a vymezitelných příčin variability procesu.

Dále je třeba provést analýzu problému v souvislostech, při nichž vzniká, určit příčinu problémů, a když není zřejmá, tak je třeba použít vhodný nástroj pro identifikaci příčin, např. Ishikawův diagram, tj. diagram příčin a následků, diskusi s experty, experiment apod. [3].

Pro získání správného řešení je třeba posoudit řadu variant pro odstranění příčin problému a z nich vybrat optimální s ohledem jak na zdroje, síly a prostředky, tak na skutečnost délky životnosti řešení. Realizovaná opatření je nutné posoudit jednak při jejich zavedení, a pak i s určitým časovým odstupem, obvykle v řádu týdnů nebo měsíců. Jsou ale i opatření, která lze z hlediska efektivnosti vyhodnotit třeba až po roce nebo dvou letech. Efektivnost je vhodné hodnotit nejen z hlediska opětovného výskytu daného problému, ale je vhodné i finanční vyjádření. Zde se nabízí otázka, jestli je tato informace o efektivnosti pro management zajímavá pro další rozhodování nebo se vyhodnocování efektivity provádí jen proto, aby bylo provedeno. U významných rizik je třeba dle procesního řízení typu TQM [18] zajistit trvalý monitoring.

4.1. Zásady správného řízení

Řízení je uvědomělý způsob aplikace teoretických a praktických znalostí člověka (řídícího pracovníka) zaměřený na identifikaci a rozpoznání problémů a cílů ve sledovaném systému, způsoby zvládnutí problémů, stanovení postupů k dosažení žádoucích cílů a na implementaci postupů spojenou s kontrolními mechanismy zaměřenými tak, aby žádoucí cíle byly dosaženy optimálně. Jeho prvním úkolem je správně diagnostikovat či specifikovat každý problém, racionálně rozhodnout, rozhodnutí akceptovat a realizovat v daných konkrétních podmínkách. Řízení se skládá z jednotlivých

rozhodnutí. Organizační havárie je nežádoucí jev, který způsobí ztráty, škody a újmy sledovanému objektu a jeho aktivům a jehož příčinou je špatné rozhodnutí [2,19].

Řízení problémů je technika používaná při řízení organizací, která mimo jiné zahrnuje řízení rizik. Spočívá v identifikaci cílů a priorit řízení, ve výběru postupu k dosažení cílů za přijatelných zdrojů, sil a prostředků a v implementaci příslušných opatření a činností. Priority určuje na základě důkladné analýzy rizik a dle možností, které jsou pro vyjednávání s riziky, opírá se o screening a scoping [3].

Screening je metoda předběžného posouzení závažnosti určitého jevu nebo procesu na základě vyhledání a posouzení jejich příznaků před jejich realizací. Metodicky je screening formalizovaný pracovní postup, pomocí kterého lze stanovit, zda určitý návrh scénáře řízení (projekt, záměr, strategie) vyžaduje či nevyžaduje podrobné posouzení (full-scale). V případě EIA a SEA zahrnuje také posouzení, zda očekávané dopady návrhu na sledovaný chráněný zájem (např. životní prostředí či krajina) mohou být, či nemohou být významné, a to včetně bezpečnostního rizika. V pozitivním případě pak vždy následuje aplikace plnohodnotné metody multikriteriální (vícekriteriální) analýzy [3].

Scoping je metoda posouzení závažnosti určitého jevu nebo procesu na základě přesného hodnocení jejich příznaků před jejich realizací. Stupeň podrobnosti analýzy expozice (tj. velikosti ohrožení) v analýze rizik závisí na úrovni hodnocení. Hodnocení možností (Screening Assessment) vyžaduje pouze kvalitativní stanovení a charakterizaci. Scopingové hodnocení naopak musí expozici kvantifikovat, přičemž musí být použity konzervativní předpoklady minimalizující pravděpodobnosti, že nebezpečná expozice je nechtěně odstraněna z hodnocení. Scoping se proto také používá v řízení projektu (scoping - stanovení rozsahu projektu) [3].

Rozhodování je subjektivně a společensky podmíněná volní aktivita člověka, kterou uskutečňuje, pokud další vývoj může probíhat alespoň dvěma různými směry. Volbou jednoho z nich usměrňuje budoucí procesy tak, aby směřovaly k dosažení cíle. Z formálního hlediska jsou dva typy rozhodování:

- empiricko-intuitivní, které se opírá o odborné znalosti, zkušenosti a logický úsudek subjektu provádějícího rozhodnutí,
- exaktní, které je založeno na využití matematických modelů a algoritmů a vyžaduje formalizaci celého rozhodovacího procesu.

Zásady racionálního rozhodování jsou: hodnocení situace; identifikace kritických problémů; specifikace řešení; rozhodnutí; implementace rozhodnutí; monitorování a zpětné vazby pro poučení pro příště. V nových případech je často nejasná situace, tj. chybí jasné a uspořádané situace. Proto je třeba kombinovat racionální přístup s intuitivním. Racionální přístup stanoví rámec činností, tj. zajistí, že: na nic nezapomeneme; sevyhne příčinám špatných rozhodnutí; a používáme nejvhodnější techniky. Intuitivní přístup přináší inspiraci, vzhled a instinkt, které jsou potřebné k identifikaci optimálních řešení.

Rozhodování v zájmu věci rozhodování, které se provádí v rámci řízení věcí veřejných, musí být objektivní a kvalifikované. Rozhodování lze rozdělit do několika typů podle míry informovanosti o tzv. základních prvcích rozhodování na:

- rozhodování za jistoty (jsou známy všechny základní prvky rozhodování),
- rozhodování za nejistoty, při kterém jsou známy jen alternativy možného řešení, jejich užitnost a rozložení pravděpodobnosti výskytu jednotlivých stavů okolí,
- rozhodování za neurčitosti, při kterém není známo rozložení pravděpodobnosti výskytu jednotlivých stavů okolí, jsou známy jen některé alternativy (varianty) řešení.
- Rozhodovací proces je logicky návazná, účelná posloupnost kroků subjektu rozhodování od zjištění problému rozhodování až po formulaci rozhodnutí. Skládá se z následujících kroků:
- shromáždění a zpracování informací, přičemž zpracování musí být adekvátní problému, který sledujeme (např. to znamená, že metody zpracování dat pro potřeby řízení rizik s cílem

zajistiť bezpečnosť, tj. bezpečí a udržateľný rozvoj chránených zájmov územia, či iného sledovaného úseku, musí rešpektovať, že veľké pohromy s ničivou silou sa vyskytujú zriedka, a preto sa musí používať postupy rešpektujúci zákon veľkých čísel, tj. algoritmy založené na extrémnych alebo mezných odhadoch),

- rozpoznání variant řešení,
- stanovení optimálního řešení problému,
- vlastního rozhodnutí.
- Aby rozhodování bylo objektivní a kvalifikované, tak je třeba:
- mít dostatek relevantních informací, jejich objektivní zpracování a poznání vhodných reakcí,
- neustále reagovat na příliv nových poznatků,
- chápat řešení problémy v souvislosti k jejich okolí a v jejich vnitřní struktuře,
- vhodně kombinovat poznatky, zkušenosti a nové informace, aby byl získán účelný způsob řešení problému, přičemž je nutné oceňovat věrohodnost dat.
- Při kvalifikovaném rozhodování, je třeba zvažovat:
- posouzení současného stavu a současných rozhodnutí z hlediska budoucího vývoje,
- kvalitativní faktory a strategie různých účastníků,
- fakt, že budoucnost je mnohorozměrná a neurčitá,
- fakt, že každý systém je třeba zkoumat globálně i systémově,
- fakt, že informace i strategie nejsou neutrální, ale tendenční,
- více přístupů, které se doplňují,
- fakt, že existují předpojatosti strategií i lidí a v zájmu věci je nutné jim zamezit.

Pro rozvoj každého systému je důležité rozhodovat vždy ve prospěch systému. Rozhodování v zájmu věci rozhodování musí být objektivní a kvalifikované [2,20]. Při výběru metod rozhodování je nutno respektovat povahu řešeného problému, stanovené cíle řešení, kritéria řešení a možnosti shromáždění potřebných vstupních informací. Tj. v oblasti řízení bezpečnosti územia je třeba respektovat, že většina problémů je spojena s nejistotami a neurčitostmi, které jsou vyvolány také tím, že lidský systém se dynamicky vyvíjí v neustále se měnícím vnějším prostředí, a že proto je pro splnění cílů řízení bezpečnosti nutná volba správné strategie pro zajištění bezpečí a udržitelného rozvoje lidského systému.

V řešeném případě je proto vždy snahou problém rozdělit na celou hierarchii podproblémů různých řádů, tj. problém strukturovat. Strukturování problému má dvě dimenze, a to dekompozice problému a úroveň abstrakce reprezentace problému. Dle specializované literatury (např. [21]) jsou řešitelné pouze takové problémy, které má pod kontrolou rozhodovací subjekt.

Z výše uvedených důvodů jsou pro podporu řízení v současné době zpracovávány procesní modely a projektové modely [2]. Hlavním smyslem procesního modelu je zobrazit možné vývojové tendence jako důsledek určitého jevu, popř. vyznačit funkce a role funkcí, které se podle účelu dělí do několika typů. Aplikace procesního modelu je vhodná pro opakované činnosti, které je možné separovat a následně dobře popsat. Typickým případem jsou výrobní podniky se sériovou výrobou. Aplikace projektového přístupu je naopak vhodná pro unikátní projekty, například velké stavby, vývoj softwaru apod. Jednotlivé projekty si v průběhu svého životního cyklu alokují své vlastní i externí zdroje podle momentální potřeby. Projektový přístup má vždy větší míru nejistoty a také se hůře popisuje nějakým větveným modelem [21].

Je si třeba uvědomit, že s rozvojem IT lze část řízení přesunout na zařízení IT, ovšem s tím, že dosud lidský intelekt je nezastupitelný, a to především v případech, ve kterých se nejedná o dobře strukturované a zřejmé rozhodování.

Myšlenkové postupy řešení problému se dělí na:

- bezprostřední nalezení odpovědi,
- sekvence známých odpovědí,
- aplikace logických operací,

- teoretické postupy,
- tvůrčí řešení.

Každý z postupů používá určité přístupy, postupy, metody, nástroje a techniky.

Charakter problému (úlohy jsou dobře strukturované nebo jsou špatně strukturované) předurčuje postup řešení:

- exaktní, tj. přesný, vědecky podložený postup, mající jednoznačná fakta (aplikace matematických metod),
- intuitivní, tj. založený na zkušenostech, podvědomém chápání podstaty a souvislostí,
- heuristický, který je kombinací výše uvedených řešení. Při řešení se střídá fáze poznávání a fáze myšlení a směřuje se k rozhodnutí. Dobře použité nástroje IT v těchto případech posilují duševní potenciál člověka. Pro každé řešení jsou významná některá základní východiska (paradigma).

V inženýrských disciplínách je slovo exaktní spojeno se situací, ve které fakta jsou zjištěna strukturovatelným, přesně popsaným a opakovatelným způsobem z validovaných dat, tj. data mají oceněné nejistoty a neurčitosti a mají oceněnou vypovídací schopnost k problému.

Pro řešení každého problému je důležitá **formulace problému**, protože špatně formulovaný problém vede k nevyřešení problému či k vzniku problémů nových. Setkání člověka s problémem rozdělujeme na:

- vnímání problému,
- rozpoznání problému,
- formulování problému (sledování celé problémové situace).
- Další hlediska náhledu na problém jsou:
- časová hlediska,
- schopnost změnit systém.
- Při řešení každého problému jsou důležité motivace a kompetence, tj.:
- kdo a proč se problémem zabývá,
- kdo má zájem na řešení a jaká je jeho kompetence k rozhodování,
- kdo má zájem řešení realizovat a jaké jsou jeho možnosti.

Zde je třeba připomenout známý fakt z oblasti řízení znalostí, tj. kompetence je schopnost a oprávnění jednat na základě znalostí [17,22,23]. Inženýrství je označení různých technických oborů, které poznatky výzkumu a vývoje převádějí do praxe a využívají je formou technologických zpracování a rozvoje k řešení úkolů společnosti. Z pohledu sledovaného v předložené publikaci jde o disciplínu, která je základem řízení bezpečnosti systému i systému systémů. Základem každého inženýrství, které je zaměřené na bezpečnost, je inženýrství rizika, přičemž v českém jazyce se vžilo označení rizikové inženýrství, a proto ho budeme dále používat. Uvedené inženýrství v souvislosti s bezpečností je obor, který řeší problémy, tj. používá nástroje, metody a techniky, které indikují, jak:

- strukturovat problém,
- stanovit to, co se má řešit,
- sebrat a vytvořit data, aby měla vypovídací hodnotu k danému problému,
- vybrat metodu pro zpracování dat, aby výsledky zpracování byly relevantní k danému problému,
- interpretovat výsledky zpracování dat.

Z odborného pohledu jde o proces hledající všechny potenciální stavy, které by ohrožovaly úspěšné fungování sledovaného systému ve všech etapách jeho životnosti a o vytvoření zábran, aby ke zjištěným stavům nedošlo. V současném pojetí vychází inženýrství ze systémového pojetí, a proto kromě běžné metodologie používá také **systémovou metodologii**, která zahrnuje: analýzu systému; projekt systému; implementaci řešení; a provoz systému.

Základem pro každé kvalitní řízení bezpečnosti je zvažovat všechny možné pohromy, které mohou postihnout území [2,17,23], tj. aplikovat tzv. All Hazard Approach [4,24] a kvalitně řídit rizika; např. [1,2,17,22,23]. Pro ovládání komplexního systému řízení bezpečnosti území či jiné entity, tj. i technologického zařízení a technologického objektu, jsou potřebné nástroje z mnoha oborů i interdisciplinární. Nástroje, techniky a metody, které jsou spojené se sběrem a zpracováním dat, jsou popsány v práci [2] a v pracích, které jsou v ní citovány.

Specifikum inženýrských metod spočívá v tom, že od sebe nelze oddělit charakteristiky jevů, před kterými předmětný objekt musí být chráněn, vlastnosti materiálů, území konstrukcí a zařízení, které tvoří objekt, provozní podmínky a limity, detekci narušení objektů při překročení stanovených limitů a korekční opatření podporující bezpečnost objektu a jeho okolí. Cílem je však zajistit kvalitní řešení v daných podmínkách, a proto se musí kloubit exaktní výsledky s výsledky dobré inženýrské praxe, a to především znamená používat pouze ověřené postupy a ověřená data.

Kritické vyhodnocení postupů a metodik, které se používají ve sledované oblasti, provedené v [2,6,23,25] ukázalo, že řada modelů i metod, uváděná v odborné literatuře, nebyla podle dostupných pramenů dosud ověřena v praxi a zůstává výhradně v teoretické poloze, tj. chybí jim ověřené inženýrské uplatnění. Většina z ostatních byla odvozena pro specifické neopakovatelné podmínky, takže postrádají universálnost a z některých dokonce vyplývá zřejmý záměr podpořit technickými údaji provedená politická rozhodnutí. Tím se potvrdil obecný názor, že ve většině případů nelze stanovit jedinou universální metodiku, která by řešila všechna hlediska, naopak dílčí metody je třeba modifikovat a vhodně rozvíjet. To znamená, že doporučení postupů získaných mimo podmínky ČR bez analýzy a ověření procesu a podmínek, ke kterým se postupy vztahují, může být sice snadným výsledkem řešení, ale je bez záruky, že je tím správným.

Dalším argumentem proti nerozváznému transferu technologií je skutečnost, že na základě shromážděných znalostí a životních zkušeností, publikovaných i nepublikovaných, v několika oborech, především technických a přírodovědných, je znám přehled nevhodných postupů při řešení konkrétních problémů (např. použití akceleroqramů zemětřesení z kontinentálních rozhraní nebo oceánských štítů ve střední Evropě k projektování významných staveb – získané vstupní parametry pro dynamické chování objektů nezajistily kvalitní odezvu staveb při testech v terénu a bylo nutno dělat dodatečná opatření; použití projektů hypermarketů z jižní Evropy ve střední Evropě – při situaci, kdy na střechy napadl sníh, rozměkl a dále zmrzl a vytvořila se vrstva ledu, která způsobila propadnutí střech, protože předmětné zatížení nebylo zvaženo v projektu atd. [6]. Na základě jejich analýzy se jedná o: přenášení cizích zkušeností či poznatků bez přizpůsobení místním podmínkám (v technologiích se používá označení nepřijatelný transfer technologií); pseudoprestižní návrhy řešení problému bez ohledu na podstatu problému (často je používají lidé usilující o rychlou moc či prosazení); zařazení zbytečných až luxusních požadavků; neúměrnost v návrzích i realizaci jednotlivých dílčích aspektů; zakrytí obchodních zisků cizího kapitálu; vložení aspektů, které slouží vojenským či jiným účelům; nedostatek vědeckého a ekonomického opodstatnění s ohledem na skutečné potřeby občanů státu [6].

Obecně **transfer technologií** je proces předávání dovedností, znalostí, technologií, metod výroby, ukázky výroby a zařízení, u vlády a dalších institucí s cílem zajistit, aby vědecký a technologický vývoj byl přístupný širšímu okruhu uživatelů, kteří pak mohou dále rozvíjet a využívat technologie do nových produktů, postupů, aplikací, materiálů či služeb. Uvedený cíl úzce souvisí s (a pravděpodobně může být považován za podmnožinu) předáváním znalostí [26]. Je logické, že technologie musí být vhodná pro řešení daného úkolu a že musí být zasazena do podmínek, které umožní její správný provoz, tj. vždy se musí ověřit, zda v daném místě, kam má být technologie umístěna, jsou splněny oba uvedené požadavky. Na základě znalostí a zkušeností získaných v praxi je zcela zásadní nutnost ověřování v případě softwarových produktů, které jsou obvykle jen zjednodušené modely skutečnosti v té či oné oblasti a často jim chybí odborný koncept technologie a jejího okolí pro které je softwarové řešení adekvátní (často je v komerčních návodech uvedeno, že jde o univerzální řešení, což v dynamicky proměnném světě je nesmysl). Proto se před aplikací musí posoudit logické postupy,

pojmy, přístupy a metody. Na základě dobré inženýrské praxe lze některé aspekty opominout, ale s vědomím, že bude provedena příslušná změna, když řešení bude pro daný úsek problémové okamžitě nebo až po určité době nebo jen za určitých podmínek.

Z odborných prací analyzovaných v pracích [4,13] vyplynulo, že *místně specifická řešení jsou obvykle v inženýrské praxi více účinná než obecná řešení, ale jejich přenos jinam ve smyslu „transfer technologií“ není často možný (nejsou splněny požadavky transferu, a proto bezmyšlenkový přenos nezaručí očekávaný výsledek aplikace).*

Při zahájení řešení každého problému v inženýrské praxi je základní uvědomit si soubor aktiv, která je nutno respektovat (minimálně jsou to aktiva veřejná, jejichž ochranu vyžaduje stát, a soukromá, jejichž ochranu vyžaduje vlastník nebo provozovatel objektu, pro něhož inženýr pracuje). Současná inženýrská praxe je založena na práci s riziky. Od třicátých let minulého století proběhl významný historický vývoj manažerských a inženýrských disciplín pracujících s riziky, který měl čtyři kroky, které lze charakterizovat následovně:

- předmětem řešení je jeden systém, který se považuje za uzavřený. Za zdroje rizik se berou jen technologické jevy (pohromy), jejichž zdroje jsou uvnitř systému a při jejichž realizaci dochází k poškození systému nebo některého z jeho základních aktiv (protože uvedenou disciplínu odstartoval rozvoj technologií, tak v samotných počátcích aktiva tvořily jen technické komponenty a jejich propojení),
- předmětem řešení je jeden systém, který se považuje za uzavřený. Za zdroje rizik se berou jednak technologické jevy (pohromy), jejichž zdroje jsou uvnitř systému, a jednak jevy způsobené člověkem (lidský faktor), při jejichž realizaci dochází k poškození systému nebo jeho aktiv,
- předmětem řešení je jeden systém, který se považuje za otevřený, tj. rozlišuje se systém a jeho okolí. Za zdroje rizik se berou jednak jevy (pohromy), jejichž zdroje jsou uvnitř, a to včetně lidského faktoru, i vně systému, při jejichž realizaci dochází k poškození systému nebo jeho aktiv,
- předmětem řešení je systém a okolí a nejnověji systém systémů, tj. komplex složený z několika propojených otevřených systémů, které plní jisté žádoucí cíle jen za určitých podmínek. Cílem je zajistit koexistenci všech systémů a bezpečnost jak jednotlivých systémů, tak celého systému systémů i jeho okolí. Za zdroje rizik se berou jevy (pohromy), jejichž zdroje jsou uvnitř, a to včetně lidského faktoru, i vně systému, dále jevy spojené s propojeními mezi systémy a jejich okolími a následně i jevy spojené s propojeními napříč systémy systémů, při jejichž realizaci dochází k poškození systému nebo jeho aktiv.

Posledně zmíněný případ reprezentuje recentní špičkový přístup. Jeho aplikaci lze např. dosáhnout konsensu mezi techniky, ekology a sociology, kteří historicky vytvořili samostatné systémy řízení pro své cíle, jejichž dosahování je často konfliktní. Bohužel současná všeobecná úroveň znalostí jak odborníků z uvedených skupin, tak veřejné správy, která by měla skupiny koordinovat, nedovoluje dosud domluvu v širším měřítku. Proto je úkolem vzdělávání zajistit příslušné znalosti a teprve na nich začít cíleně budovat vyšší úroveň rozhodování a řízení komunit, které zahrnují jak území, tak lidskou společnost, která dané území obývá.

Na základě analýzy současných znalostí a zkušeností z řešení praktických úloh, a to publikovaných i získaných v praxi autorkou, a jejich komparace lze konstatovat, že metody, nástroje a techniky jsou následným problémem, se kterým se setkávají výše zmíněné inženýrské disciplíny, které pracují s riziky.

Současná inženýrská praxe se opírá o aplikaci technických a organizačních opatření a činností, které vychází z řízení rizik[1,2,4,13,17,23-25] a na základě poznatků a praktik příslušných inženýrských disciplín (rizikové inženýrství, bezpečnostní inženýrství a inženýrství vytvářející bezpečnostní systémy) zajišťuje bezpečnost:

- preventívnymi a zmierňujúcimi opatreniami aplikovanými během všech fází životního cyklu sledovaného objektu,
- připraveností počínaje od obsluhy, přes specifické bezpečnostní složky až po veřejnou správu,
- záložními zdroji, zařízeními a pomůckami na zvládnutí dopadů pohrom a hlavně cílených útoků na sledovaný objekt,
- schopností všech zúčastněných zvládnout kritické situace a zajistit rychlou obnovu (viz specifické typy plánování, specifické typy řízení, materiální, technické, finanční a lidské rezervy).
- Příslušná koncepce vychází z faktu, že každý sledovaný objekt je systém, který má prvky, vazby a toky, které tvoří jeho kritická místa, ve kterých lze snadno způsobit, že objekt neplní funkci, ke které je určen nebo k funkčnosti celku významně přispívá (jejich zranitelnost přispívá výrazně ke zranitelnosti celého systému), tj. je zdrojem selhání, které v případě kaskádovitých propojení vede k selhání obslužnosti na rozsáhlých územích [17,23,25].

V dané souvislosti se používají specifické pojmy a specifické postupy. Kvůli používání pojmů: komplexní bezpečnost, integrální bezpečnost a integrovaná bezpečnost si je třeba uvědomit, že pojmy nejsou totožné a rozdíly vyplývají z dále uvedených skutečností:

- Integrovaná bezpečnost je sociálně odpovědný koncept vztažený k různým typům prostředí; např. v oblasti BOZP (bezpečnost a ochrana zdraví při práci), ve které se týká vztahu bezpečnosti a práce (činnosti), se skládá z pěti klíčových funkcí: definice rozsahu práce (činnosti); identifikace nebezpečí; analýza nebezpečí; způsoby regulace nebezpečí; postup, jak vykonávat práci bezpečně.
- Integrální bezpečnost je koncept, který ukazuje, že problémy bezpečnosti jednotlivých aktiv spolu vzájemně souvisí. Atribut integrální souvisí s potřebou chápat v souvislosti s řízením bezpečností i řetězec vztahů, který existuje v systému. Při řízení je třeba řešit potřeby spolupráce a spolurozhodování.

Pojem komplexní bezpečnost nahrazuje v některých dokumentech a v některé literatuře oba vymezené pojmy a odlišení vyplývá ze souvislostí, ve kterých je pojem použit. Z výše uvedeného je zřejmé, že odborná kvalita každého inženýrského řešení závisí na zvoleném konceptu. Jelikož každý náročnější koncept má vyšší nároky na nejen na znalosti inženýra, ale i na zdroje finanční a materiálové, kvalitu lidských zdrojů, čas a realizační prostředky, o kterých zpravidla nerozhoduje inženýr, ale vlastník, veřejná správa apod., je zřejmé, že ne vždy se používá nejvíce odborné řešení; viz kritéria a cíle, na které je upozorňováno v každém modelu řízení a vypořádání rizik.

4.2. Role dat

Pro řízení rizik a řešení inženýrských problémů všeho druhu, tj. i pro řízení bezpečnosti a jeho části (prevence, připravenost, odezva, obnova), potřebujeme především faktografická data. Jejich specifické rysy jsou následující:

- data ukládaná do souborů se vztahují k objektům, které lze lokalizovat v prostoru a jejich provoz definovat v čase,
- objekty jsou identifikovány, druhově určeny a začleněny do jistých tříd či registrů,
- objektům a bodům, jimiž jsou objekty lokalizovány, jsou přiřazeny hodnoty dalších, tzv. popisných atributů.

Z hlediska kvality se u datových souborů sleduje metrologická správnost, organizační a technická kontinuita i spolehlivost (tj. přesnost a správnost, které jsou hlavním kritériem pro posouzení jejich kvality, jejich vypovídací schopnosti a jejich použitelnosti k danému účelu), jak dokazují práce citované v publikaci [1,2].

Pro využití dat v praxi nestačí samotný soubor dat, ale je třeba vědět, co data znamenají, tj. mluvíme o interpretaci dat. Interpretaci dat nebo informací (např. porovnáním se stupnicí nebo modelem), získaných dle výše uvedených zásad se obdrží data vyšší úrovně a na nejvyšší úrovni i znalosti. Při uvedeném postupu se určuje nejen určitá kvantitativní nebo kvalitativní hodnota sledované veličiny, ale i její spolehlivost a vypovídací schopnost, které se nejčastěji vyjadřují charakteristikami matematické statistiky (střední hodnoty, rozptyl, odchylky atd.). Přesnost a vypovídací schopnost sekundárních a dalších hierarchicky vyšších dat je pochopitelně závislá na přesnosti a vypovídací schopnosti primárních dat a také od spolehlivosti a přesnosti zpracovatelských postupů. Ze zkušeností v práci s daty se právě na tomto úseku dělají chyby v tom, že se výsledky generalizují, aniž se zkoumá, zda generalizace je přípustná s ohledem na primární data a rozsah jejich platnosti [1,2].

4.2.1. Nejistota a neurčitost datových souborů

Vždy, když pracujeme s rizikem, ať ho řídíme nebo s ním vyjednáváme, a to v klasickém pojetí nebo v moderním pojetí zaměřeném na bezpečí a udržitelný rozvoj, musíme respektovat, že hlavními znaky každého rizika jsou **nejistota a neurčitost** [1,2]; někdy se používá rozlišení náhodná nejistota a znalostní nejistota. Jejich příčiny dělíme na odchylky vznikající při průběhu děje, který je:

- obvyklý za normálních podmínek systému, kdy vznikají jen malé variace procesu rozvoje systému (zdroj nejistot),
- skutečný, kdy vznikají příležitostné změny procesu v systému, které vedou k výskytu příležitostných extrémních hodnot (zdroj nejistot a příležitostných neurčitostí),
- proměnný, kdy vznikají velké změny procesu v systému, např. způsobené vnějšími příčinami (zdroj významných neurčitostí).

Nejistota(tzv. náhodná nejistota) souvisí s rozptylem pozorování a měření. Lze ji do hodnocení a predikce zapracovat pomocí aparátu matematické statistiky.

Neurčitost(tzv. znalostní nejistota) souvisí jak s nedostatkem znalostí a informací o procesu, tak s přirozenou variabilitou procesů a dějů, které vyvolávají pohromy nebo dokonce s hrubými chybami člověka při činnostech měření, zpracování, kontrole apod. Pro zapracování a zvážení neurčitostí je aparát matematické statistiky nedostatečný, a je třeba používat jiný, modernější matematický aparát, který poskytují např. teorie extrémních hodnot, teorie mlhavých množin, teorie fraktálů, teorie dynamického chaosu, vybrané expertní metody a vhodné heuristiky [1,2]. Jak již bylo dříve řečeno, tak neurčitost vyplývá i ze skutečnosti, že data jsou neúplná, nehomogenní (tj. jejich přesnost závisí na jejich velikosti nebo na čase výskytu) a nestacionární, tj. data mají značný rozptyl a jsou zatížena náhodnými a někdy i systematickými chybami, jejichž funkce rozdělení obvykle není možno stanovit.

Neurčitost souvisí jak s nedostatkem znalostí a informací, tak s přirozenou variabilitou procesů a dějů, jež vyvolávají pohromy.

Protože není nic absolutně přesného, tak obecně u každé veličiny, kterou zkoumáme, musíme zvažovat nejistoty a neurčitosti dat. Proto inženýrství zaměřená na bezpečnost vyžadují, aby se při řešení úkolů ověřovala kvalita datových souborů z hlediska jejich věrohodnosti s ohledem na daný úkol. V případě řízení rizik území či jiné entity musíme zvažovat skutečnost, že velké pohromy se vyskytují řídce, a proto potřebujeme ke zjištění jejich míst výskytu a charakteristik výskytu data z dlouhého časového období, které zahrnuje stovky až tisíce let, což samo o sobě je příčinou neurčitosti. Soubory dat o živelních pohromách, které jsou nutné pro určení jejich územních a časových charakteristik, které tvoří základní vstupní data pro analýzu rizik, obsahují data o historických událostech, jejichž přesnost je velmi nízká ve srovnání s daty z posledního století; tj. data mají jednak neurčitosti a jednak nejistoty. Stejná situace je i u místa vzniku pohromy, a proto potřebujeme data obvykle z území o velké rozloze (vymezené kružnicí o poloměru až stovky km [16,17]), abychom eliminovali podhodnocení. Je si třeba uvědomit, že neurčitosti v datech vznikají i dnes při použití moderní přesné techniky, např. u registrace neopakovatelných jevů (známá fakta jsou: žádný přírodní jev nelze opakovat a znovu lépe proměřit (neurčitosti vznikají např. nastavením rozsahu přístroje na

registraci běžných jevů, což zpravidla působí, že záznam malých jevů je v šumu a záznam velkých jevů přesáhne nastavený rozsah); a každý přírodní jev i stejného druhu je obecně různý), když primární data jsou pořízena za silného šumu anebo, když došlo k přesahu rozsahu přístroje a údaj se určil metodou rozumného odhadu.

Vliv nejistoty datových souborů lze odstranit aplikací vhodných metod matematické statistiky. Pro odstranění vlivu neurčitostí je nutno aplikovat vhodné expertní metody, např. postupy uvedené v práci [2,3].

4.2.2. Homogenita, validita, spolehlivost a vypovídací schopnost datových souborů

Ke zdůvodnění proč se v inženýrských disciplínách musíme zabývat homogenitou, validitou, spolehlivostí a vypovídací schopností předmětných datových souborů použijeme příklad z oblasti řízení bezpečnosti. Každý, kdo zpracovával nějaký datový soubor o pohromách, se setkal s dále zvedenou skutečností:

- krátký časový interval – k dispozici jsou přesná data o malých a středních pohromách a chybí údaje o velkých pohromách, tj. nelze počítat ohrožení sledovaného místa, určovat stoleté a víceleté pohromy, ani jim odpovídající rizika,
- dlouhý časový interval – k dispozici jsou údaje o katastrofických pohromách, ale údaje o malých jevech jsou nehomogenní.

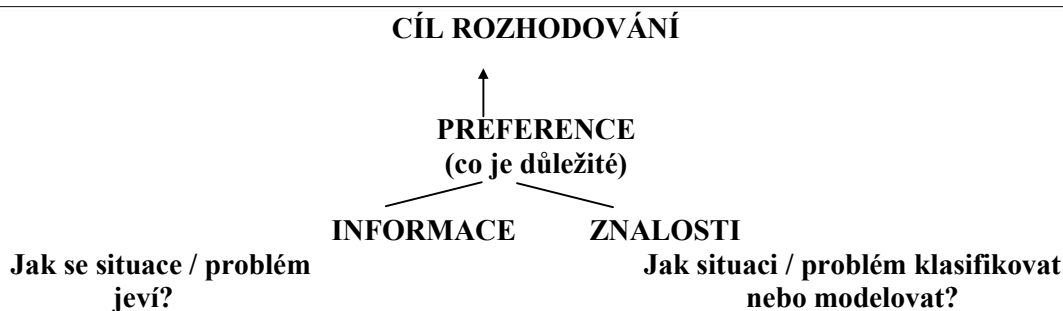
Příklady homogenity datových souborů pro zemětřesení lze nalézt např. v [16]. Výsledky pochází ze specifického výzkumu, který byl proveden pro potřeby výstavby velkých přehrad, jaderných zařízení a jiných specifických technologických celků, které je třeba zabezpečit i proti velkým pohromám, které se vyskytují zřídka. Proto také ve všech dokumentech IAEA [27] se na kvalifikaci dat klade zásadní důraz. Při stanovení zadávacích podmínek pro jaderné elektrárny jsme proto kvalifikaci dat věnovali zásadní pozornost [7].

Z výše uvedeného je zřejmé, že oblast homogenity dat je zásadní a její posouzení musí dělat jen specialista, který je znalý v předmětné oblasti. Nejobjektivnější data pro potřeby řízení a rozhodování se získají měřením v sítích. Nejvhodnější jsou sítě monitorovací, protože jsou specificky zaměřené na daný účel. Jejich nevýhodou je však to, že „nevidí“ jiné aspekty než jen ty, na které jsou zaměřené, např. celosvětová síť na zemětřesení není schopna pořizovat data o lokálních jevech a naopak. Měření v sítích a vše, co s tím souvisí, představuje nezastupitelnou a rozhodující aktivitu při získávání objektivních charakteristik prvků pro rozmanité potřeby, viz řada mezinárodních standardů, odlišných sítí s dílčími cíli apod.

4.3. Práce s riziky

Proces stanovení rizika se může strukturovat jako více cílový (důsledky se mohou popsat více atributy) kompenzační rozhodovací problém. Více atributová analýza napomáhá při hodnocení alternativ, když cíle jsou konfliktní a výsledky jsou nejisté až neurčité. Nadto více atributová analýza může do rozhodování začlenit postoje – averze k riziku, hledání rizika. Je si třeba uvědomit, že v rámci rizikového inženýrství existují dva procesy rozhodování, a to inženýrský a manažerský. Každý ze zmíněných procesů rozhodování, které jsou formálně stejné – obrázek 2, vychází z jiného pohledu na situaci.

Je také skutečností, že i o riziku se rozhoduje s *rizikem* (technická záležitost – přesnost procesu měření a získávání dat), *nejistotou* (metodologická záležitost – spolehlivost teoretických východisek, identifikace a měření proměnných) a *neurčitostí* (konceptuální záležitost – rozpoznání a identifikace problému), obrázek 3. Ke zvýšení „nebezpečnosti / rizikovosti“ rozhodnutí obecně přispívají *složitost a rozmanitost cílů* (často jsou konfliktní), *citlivost rozhodnutí na změny, neurčitost klíčových proměnných a rozdílné pohledy na situaci*.



Obr. 2 - Formální postup pro stanovení cíle rozhodování.

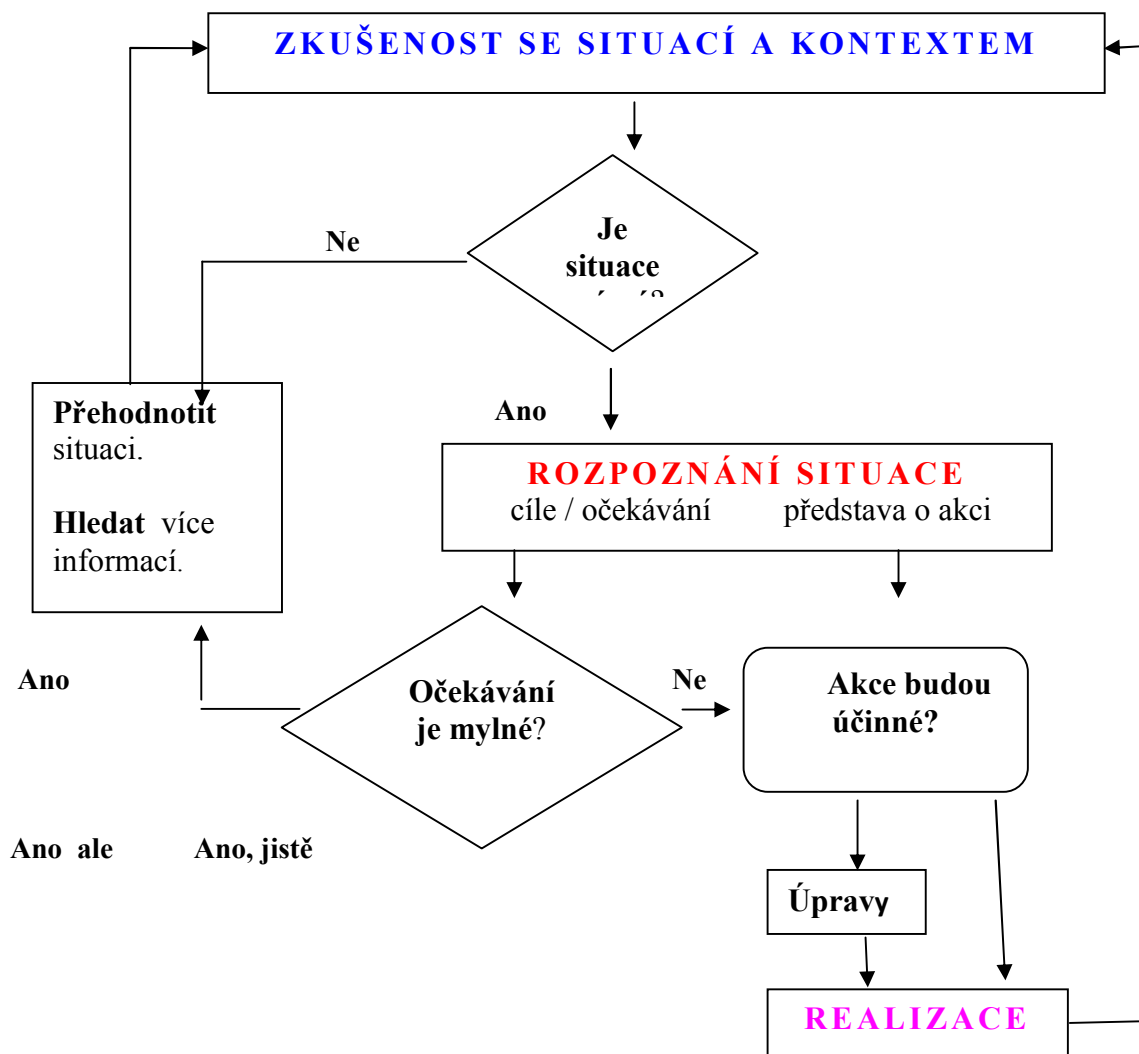


Obr. 3 - Rizika spojená s rozhodováním o riziku.

Řízení bezpečnosti, řízení rizik, řízení technologie atd. je založeno na rozhodování, a proto v manažerských a inženýrských disciplínách zaujímá rozhodování specifickou roli, kterou si je třeba uvědomit a při řešení problémů správně uplatňovat.

V každém řídicím procesu, tj. i v řízení inženýrských problémů je důležitou částí kvalitní a kvalifikované rozhodování, a proto je na základě současných znalostí zapotřebí v rámci nástrojů pro řízení vytvořit systém na podporu rozhodování, poněvadž rozhodování s ohledem na složité systémy je složité a z podstaty věci má vícedimenzionální charakter. V boji o rovnováhu při hledání správného řešení spolu soupeří čtyři složky řízení, a to strategická, adaptivní, integrovaná a předběžné opatření, které lze charakterizovat takto:

- Strategická složka řízení vyjadřuje koordinaci a zaměření na cíle.
- Adaptivní složka vystihuje schopnost systému správně reagovat na změny (tj. reagovat tak, aby potřeby lidské společnosti byly naplněny). Obvykle se rozeznávají čtyři etapy adaptačního cyklu, a to exploatační, konzervační, kreativní destrukce a reorganizace. Uvedený cyklus umožňuje porozumět reakcím na změny, ale nepomůže při predikci chování systému ve stavu vzdáleném od rovnováhy.
- Integrovaná složka zahrnuje všechny parametry / dimenze řízení.
- Předběžná opatrnost je výrazem postoje řídicího subjektu k nejistotě a k nevratným změnám.
- Schéma na obrázku 4 je založeno na znalosti typických příznaků situace, které se rozhodnutí týká a na znalosti typických akcí, a zahrnuje některé znaky intuitivního rozhodování (časová tíseň, změny kontextu a prostředí). Popisuje logický postup, který zaručuje určitou kvalitu výstupu. Specifické postavení má tzv. organizační rozhodování (Organisational Decision Making) založené na tzv. modelu omezené racionality [3].



Obr. 4 - Rozhodování situace podle příznaků.

Na základě poznání je rozhodování o bezpečnosti rozhodováním o složitých systémech a o složitých vztazích. Složitost rozhodování však nesmí způsobit, že rozhodování o bezpečnosti se nepropojí s proaktivním institucionálním rozhodováním a že se nezabrání tzv. „špatnému“ rozhodování. Tzv. „dobré“ rozhodnutí se může vztahovat k výsledkům rozhodnutí, metodice a procesu. Nejtěžší je samozřejmě posoudit výsledky, protože na výsledky působí spousta faktorů. Navíc nelze výsledky posuzovat ve světle nových informací, které při původním rozhodnutí nebyly dostupné. To znamená, že rozhodující subjekt musí být informačně ostražitý, což znamená, že během rozhodování aktivně vyhledává nové informace, i když nejsou v souladu s jeho preferencemi, a přezkoumává před rozhodnutím možné dopady a z nich plynoucí ztráty a újmy na chráněných zájmech pro všechny možné alternativy.

Pozice rozhodujícího subjektu není metodicky nijak lehká, protože v praxi zatím neexistuje ověřená a doporučená metodika pro práci se složitými systémy. Soustava indikátorů, která se v řadě zemí a organizací používá, totiž obvykle nestačí a je jen pomocným nástrojem.

Kvůli dynamickému rozvoji světa působení náhodných jevů a neurčitostí nedovoluje určit jednoznačně důsledky rozhodnutí. Proto o složitých problémech za podmínek neurčitosti a nejistoty spojené s velikostí, četností či obojím ve výskytu rizika není možné rozhodovat okamžitě. Vícekriteriální (multikriteriální) metody hodnocení převážně řeší obecné konfliktní rozhodovací situace, ve kterých výhody jednoho kritéria vedou k nevýhodám druhého kritéria a opačně.

Rozhodnutí v těchto případech je výsledkem systematického procesu, který probíhá podle určitých obecných zásad systémové analýzy [3]).

5. Závěr

Data a metodika jejich zpracování tvoří základ pro nové objevy i pro řešení inženýrských úloh. Metod, nástrojů a technik, které se používají v řízení a inženýrských disciplínách zaměřených na bezpečnost je velmi mnoho, některé z nich jsou obecně používány, jiné jsou používány jen ve spojení s bezpečností a některé z nich jsou používány jen pro řešení specifických případů problémů.

Chybám při inženýrském řešení problémů lze zabránit jen tím, že budeme věnovat řádnou péči sběru dat, použijeme správnou metodiku zpracování dat, která je vhodná pro řešení daného problému, a správný přístup k řešenému problému.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza a řízení rizik*. ISBN: 978-80-01-04841-2. Praha: ČVUT 2011, 405p.
- [2] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza, řízení a vypořádání rizik spojených s technickými díly*. ISBN 978-80-01-06480-1. Praha: ČVUT 2018, 222p. <http://hdl.handle.net/10467/78442>
- [3] PROCHÁZKOVÁ, D. *Metody, nástroje a techniky pro rizikové inženýrství*. ISBN 978-80-01-04842-9. Praha: ČVUT 2011, 369p.
- [4] PROCHÁZKOVÁ, D. *Strategické řízení bezpečnosti území a organizace*. ISBN: 978-80-01-04844-3. Praha: ČVUT 2011, 483p.
- [5] BBC. *News 2014*. <https://bbc.co.uk>
- [6] PROCHÁZKOVÁ, D. Poznatky z národních a mezinárodních technických expertíz. Výzkumné a hodnotící zprávy. Archiv autora.
- [7] PROCHÁZKOVÁ, D. *Výpočty ohrožení pro kritické objekty*. Archiv.
- [8] www.iaea.org
- [9] EPSTEIN, W. Not losing to the rain: What I learned when I learned about Onagawa. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. London: Taylor & Francis Group 2015. ISBN: 978-1-138-02879-1 (Hbk+CD-ROM), pp. 365-371. ISBN: 978-1-315-64841-5 (eBook pdf) www.crcpress.com – www.taylorandfrancis.com
- [10] KUMAR, M., WIELENBERG, A., RAIMOND, E. Post Fukushima lesson learned for Probabilistic Safety Assessment. In: *Safety and Reliability of Complex Systems*. London: Taylor & Francis Group 2015. ISBN: 978-1-138-02879-1 (Hbk+CD-ROM), pp. 489-496. ISBN: 978-1-315-64841-5 (eBook pdf) www.crcpress.com – www.taylorandfrancis.com
- [11] PROCHÁZKOVÁ, D. *Analýza zemětřesení ve Střední Evropě*. Doktorská disertační práce. Praha: GFÚ ČSAV 1984, 464p.
- [12] PROCHÁZKOVÁ, D. *Rizika spojená s pohromami a inženýrské postupy pro jejich zvládnutí*. ISBN 978-80-01-05479-6. ČVUT, Praha 2014, 234p.
- [13] HAYS, W. (ed.). *Global Blueprints for Change – Summaries of the Recommendations for Theme A „Living with the Potential for Natural and Environmental Disasters“, Summaries of the Recommendations for Theme B „Building to Withstand the Disaster Agents of Natural and Environmental Hazards“, Summaries of the Recommendations for Theme C „Learning from and Sharing the Knowledge Gained from Natural and Environmental Disasters*. Washington: ASCE 2001.
- [14] PROCHÁZKOVÁ, D. The Comparison of the Results of the Different Procedure of the Calculating of the Magnitude - Frequency Relation. *Veröff. des ZIPE*, 18 (1972), pp. 68-70.
- [15] PROCHÁZKOVÁ, D., ROTH, Z. *Komplexní studium procesu vzniku zemětřesení ve střední Evropě*. Praha: ÚMV Praha 1996, 89p.
- [16] PROCHÁZKOVÁ, D., ŠIMŮNEK, P. *Fundamental Data for Determination of Seismic Hazard of Localities in Central Europe*. Praha: Institute of International Relations 1998,

- [17] PROCHÁZKOVÁ, D. *Safety of Complex Technological Facilities*. ISBN: 978-3-659-74632-1. Saarbruecken: Lambert Academic Publishing 2015, 244p.
- [18] REHDER, R., RALSTON, F. Total Quality Management: A Revolutionary Management Philosophy. *S.A.M. Advanced Management Journal* 49 (1984), No 3, pp 24-33. ISSN 0749-7075.
- [19] REASON J. *Human error*. Cambridge University Press 1990.
- [20] SMEJKAL, V., RAIS, K. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. ISBN 80-247-0198-7. Praha: Grada Publishing a.s. 2003, p. 272.
- [21] VEPŘEK, J. *Systémové řešení neostrých problémů*. Praha: Academia 1990.
- [22] PROCHÁZKOVÁ, D. *Bezpečnost kritické infrastruktury*. ISBN: 978-80-01-05103-0. Praha: ČVUT 2012, 318p.
- [23] PROCHÁZKOVÁ, D. *Zásady řízení rizik složitých technologických zařízení*. ISBN: 78-80-01-06182-4. Praha: ČVUT 2017, 364p. <http://hdl.handle.net/10467/72582>
- [24] FEMA. *Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning*. State and Local Guide (SLG) 101. Washinton: FEMA 1996.
- [25] PROCHÁZKOVÁ, D. *Základy řízení bezpečnosti kritické infrastruktury*. ISBN: 978-80-01-05245-7. Praha: ČVUT 2013, 223p.
- [26] COLLISON, CH., PARCEL, G. *Knowledge Management*. London: Computer Press 2005.
- [27] IAEA. *Safety Guides and Technical Documents*. Vienna: IAEA, 1954-2019.

ADRESA AUTORA

Doc. RNDr., Dana Procházková, PhD., DrSc.

VUT Brno, Ústav soudního inženýrství, Brno, Česká republika

e-mail: prochdana7@seznam.cz

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.