

# Identifikace a kvantifikace rizik vodárenských systémů – projekt WaterRisk

*Ladislav Tuhovčák<sup>1</sup>, František Kožíšek<sup>2</sup>, Jan Ručka<sup>3</sup>, Tomáš Juhaňák<sup>4</sup>*

Evropská komise a Světová zdravotnické organizace (WHO) zahájily v květnu 2006 společný projekt, jehož účelem je vyhodnocení dosavadních zkušeností s aplikací rizikové analýzy a rizikového managementu (RA-RM) při výrobě pitné vody v Evropě a návrh, jak zavést tento nový koncept do evropské legislativy čili Směrnice Rady 98/83/EC. Přípravou metodiky pro implementaci RA-RM principů do podmínek ČR se zabývá vědecko-výzkumný projekt 2B06039 – Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou (WaterRisk), jehož řešiteli jsou Vysoké učení technické v Brně, Státní zdravotní ústav v Praze a Vodárenská akciová společnost, a.s. Brno. WaterRisk je financován Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR v rámci Národního programu výzkumu II. a řešen je v období 1.7.2006 – 30.6.2010.

klíčová slova: drinking water, water supply system, risk analysis, hazard

## 1. Projekt WaterRisk

Cílem projektu je návrh a vývoj metodiky pro identifikaci, kvantifikaci a řízení rizik při dodávce pitné vody, jako jedné ze základních složek životního prostředí. Přípravovaná metodika je založena na implementaci teorie analýzy a řízení rizik, přičemž hlavní pozornost je věnována nebezpečím a nežádoucím stavům, které mohou mít vliv na omezení a přerušování dodávek pitné vody a její kvalitu. V rámci řešení projektu je prověřována možnost implementace metody HACCP (Hazard Analysis at Critical Control Points) při výrobě a distribuci pitné vody. Tento přístup, který je již řadu let používán při výrobě potravin, navrhuje Světová zdravotnická organizace i Evropská komise zavést též ve vodárenství.

Řešení projektu je úzce koordinováno se současným stavem poznání ve vyspělých zemích, zejména s řešením mezinárodních projektů COST Action C19

---

<sup>1</sup> Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, Brno, tel.: 541 147 721, e-mail: [tuhovcak.l@fce.vutbr.cz](mailto:tuhovcak.l@fce.vutbr.cz)

<sup>2</sup> Státní zdravotní ústav Praha, Šrobárova 48, 10042 Praha 10, tel.: 267 082 302 [water@szu.cz](mailto:water@szu.cz)

<sup>3</sup> Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství obcí, Žižkova 17, Brno, tel.: 541 147 727, e-mail: [rucka.j@fce.vutbr.cz](mailto:rucka.j@fce.vutbr.cz)

<sup>4</sup> Vodárenská akciová společnost, a.s., divize ZNOJMO, [juhanak@vaszn.cz](mailto:juhanak@vaszn.cz)

(www.costc19.eu) a TECHNEAU (6.rámcový program EU, www.techneau.org), do kterých jsou řešitelé projektu aktivně zapojeni.

Výstupem projektu bude, kromě výše zmíněného, také metodický návod pro provedení analýzy a řízení rizika jakéhokoli SZV. Budou definovány postupy pro správnou provozní a hygienickou praxi a doporučení pro inovativní změny v technologiích pro výrobu a distribuci pitné vody. Cílem je vyšší zajištění kvality a bezpečnosti pitné vody. Jedním z výstupů projektu je také jeho veřejná webová stránka WaterRisk.cz, kde se zhruba v polovině příštího roku připravuje spuštění softwarové aplikace pro on-line provádění analýzy rizik SZV interaktivní formou.

Výsledná metodika i software pro RA SZV budou určeny zejména provozovatelům vodovodů, aby mohli analýzy svých systémů provádět samostatně. Smyslem není vzájemné porovnávání několika různých systémů, což ani není prakticky možné, ale analýza jednoho vodovodu od zdroje až po kohoutek spotřebitele, vyhledání jeho slabých míst a návrh nápravných opatření k redukci rizik.

## 1.1 Terminologie analýzy rizik systémů zásobování pitnou vodou

Protože riziková analýza je v podmínkách ČR v oblasti zásobování pitnou vodou poměrně neznámá, bylo nutné pro řešenou problematiku na začátku řešení ustanovit jednotnou českou terminologii. Dosud byla pomocí různých českých technických norem nebo legislativních předpisů „kodifikována“ jen část termínů. Řada termínů byla dosud do češtiny překládána různými autory různě a proto je pro budoucí práci nezbytné sjednocení používaných pojmů. Dosud bylo vybráno několik desítek klíčových pojmů a sestaven přehled anglických originálů a používaných českých ekvivalentů. Kompletní slovník používaných termínů je dostupný na stránkách projektu [7], pro příklad vybíráme následující termíny:

**Nežádoucí stav** (Undesired Event) je stav, kdy objekt (systém, prvek systému, produkt) ztratí svou požadovanou vlastnost nebo schopnost plnit požadovanou funkci při zadaných podmínkách. Nežádoucí stav je doprovázen vznikem nežádoucích následků.

**Nebezpečí** (Hazard) potenciální zdroj a příčina nežádoucího stavu posuzovaného systému nebo objektu.

**Riziko** (R) (Risk) je kombinace pravděpodobnosti vzniku (četnosti) konkrétního nežádoucího stavu a jeho následků. Riziko má vždy alespoň dvě složky: četnost nebo pravděpodobnost, se kterou se nežádoucí stav vyskytuje, a následky nežádoucího stavu. Pro potřeby kvantifikace a ohodnocení rizika vyjadřujeme riziko R jako součin pravděpodobnosti (četnosti) „P“ vzniku nežádoucího stavu a předpokládaných následků „C“, tedy:

$$R = P \times C \quad (1)$$

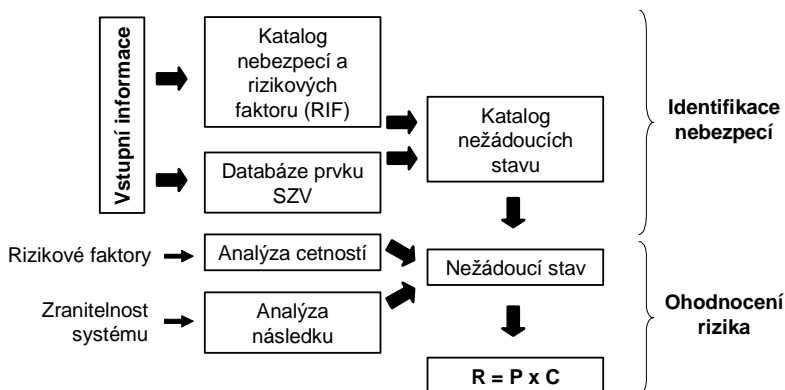
**Analýza rizik** (RA) (Risk Analysis) je systematické použití dostupných informací k identifikaci nebezpečí a k odhadu rizika pro jednotlivce nebo obyvatelstvo, majetek nebo životní prostředí. Analýza rizik zahrnuje definici cílů analýzy a rozsahu platnosti, identifikaci nebezpečí a odhadování rizika. Je to strukturovaný proces, který identifikuje jak pravděpodobnost, tak rozsah nepříznivých následků pocházejících z dané činnosti, zařízení nebo systému [1].

Z výše uvedených definic je tedy zřejmé, že nežádoucí stav (např. kontaminace vody v síti) je zapříčiněn nebezpečím (např. špatný technický stav potrubí + nevhodně nízký provozní tlak + stagnace vody v síti). To může nastat za určitých okolností, které blíže specifikuje scénář nebezpečí. Nežádoucí stav generuje riziko, proto je analyzován z pohledu četnosti jeho výskytu P a hrozcích následků C. Riziko je kombinací P a C.

## 1.2 Postup provádění analýzy rizik SZV

**Popis systému zásobování vodou** – prvním krokem v procesu hodnocení systému zásobování vodou je jeho ucelený a podrobný popis. Tento popis by měl pokrývat celý systém od zdroje až k místu plnění dodávky, včetně všech zdrojů vody, procesů úpravy vody atd. Toto provádí uživatel. K dispozici je mu databáze prvků systému, která obsahuje všechny teoreticky možné součásti běžného SZV. Uživatel z katalogu vybere, pojmenuje a popíše pouze ty, které v jeho SZV figurují.

V této fázi je nutná rozvaha, co je cílem analýzy, co se má analyzovat (část / celek), jaký systém se analyzuje (jednoduchý / komplexní) a do jaké úrovně detailu se má jít (vodojem = 1 celek / vodojem = 16 různých součástí). Je-li systém definován a popsán, je možno přistoupit k dalšímu kroku, k identifikaci nebezpečí.



**Obr.1 Postup analýzy rizik systémů zásobování vodou – projekt WaterRisk**

**Identifikace nebezpečí a rizikových faktorů (RIF)** – cílem tohoto kroku je sestavit seznam všech potenciálně možných nebezpečí, která se v daném systému mohou vyskytovat a společně způsobovat nežádoucí stavy. Toto provádí uživatel s využitím katalogu nebezpečí a rizikových faktorů, což je obsáhlá databáze, která obsahuje kontrolní seznam a popis všech nebezpečí společně s okolnostmi jejich vzniku a informací o hrozících následcích. Každá položka v seznamu má svůj identifikační kód a příznak indikující, ve které části/částech SZV by toto nebezpečí mohlo být relevantní. Uživatel postupně prochází jedno nebezpečí za druhým a hodnotí, zda je či není v jeho SZV přítomno. Zde se neodhaduje riziko, pouze se konstatuje, která nebezpečí jsou relevantní, která ne a která se nehodnotí např. pro nedostatek informací (hodnocení 1;-1;0). Výsledkem tohoto procesu je bodové skóre, se kterým se dále pracuje.

**Katalog nežádoucích stavů** – konkrétní seznam nežádoucích stavů (NS) či poruch jednotlivých prvků systému s vazbou na identifikovaná nebezpečí a rizikové faktory, které tyto NS mohou způsobit. NS je definován pro jeden konkrétní prvek systému, každý z prvků SZV těchto NS může mít i několik. Obsah katalogu NS, jeho jednotlivé položky, jsou softwarem generovány ad-hoc podle typu SZV a částí, které obsahuje. Pro každý NS se zvlášť analyzuje jeho riziko, na základě vytvořené metodiky se stanoví jeho pravděpodobnost a následky.

**Tab. 1 Příklad katalogového listu jednoho nežádoucího stavu**

<b>Název:</b>	<b>Kódové označení:</b> NS 3.25
<b>Prasknutí vodovodního potrubí doprovázené únikem vody</b>	
<b>Postižený prvek SZV:</b>	<b>Kódové označení:</b> 3.11
<b>Vodovodní potrubí, armatury, tvarovky</b>	
<b>Popis scénáře nebezpečí:</b>	
Během provozu dojde k náhlému poškození stěny, spoje nebo armatury vodovodního potrubí, které je doprovázeno únikem vody a vyžaduje okamžitý zásah provozovatele sítě spojený často s dočasným vyřazením části sítě z provozu.	
<b>Faktory vzniku NS:</b>	
<b>Statické:</b> materiál potrubí (výrobce); průměr; síla stěny potrubí; typ spojů; okolní zemina a obsyp; způsob uložení; chemismus vody;	
<b>Dynamické:</b> stáří potrubí; teplota půdy a vody; vlhkost půdy; elektrická vodivost půdy; dynamické namáhání z povrchu; sedání; bludné proudy;	
<b>Provozní:</b> podíl rekonstruované sítě; aktivní antikoroziní ochrana, provozní tlaky (HD, HS, kolísání); předchozí poruchy; stavební činnost v okolí;	
<b>Komentář k faktorům ovlivňujícím vznik NS:</b> text vypuštěn	
<b>Vliv na další části SZV:</b>	
uzavřené a navazující závislé části sítě; vodovodní přípojky	
<b>Použité informační prameny:</b> text vypuštěn	

**Analyza četnosti** – jejím cílem je stanovit, s jakou pravděpodobností se daný NS může vyskytnout. Pro každý definovaný NS je sestavena speciální metodika pro určení pravděpodobnosti jeho vzniku. Protože vodárenské provozy v ČR se obecně velmi často potýkají s nedostatkem vstupních dat pro kvantitativní analýzu, byla pro tento krok vybrána semikvalitativní technika analýzy rizika označovaná akronymem FMEA/FMECA, která na základě stanovených a ohodnocených faktorů (např. technický stav objektu) zařadí NS podle pravděpodobnosti jeho vzniku do jedné ze tří referenčních kategorií K1 – malá pravděpodobnost až K3 – velmi vysoká pravděpodobnost. Hranice těchto kategorií jsou pro každý faktor vymezeny předem.

**Analyza následků** – má za cíl vyhodnotit rozsah následků NS. Následky všech NS se posuzují jednotnou metodikou ve třech referenčních kategoriích, stejně jako četnosti. V úvahu se přitom berou následky:

- zdravotní (zdraví a životy spotřebitelů),
- ekonomické (škoda vzniklá provozovateli SZV),
- sociálně ekonomické (délka přerušení dodávky vody, stížnosti odběratelů, důvěra zákazníka v produkt atd.) a
- enviromentální následky (vliv na životní prostředí).

Následující tabulka uvádí kategorie nastavení zdravotních následků:

**Tab. 2 Kategorizace zdravotních následků**

Kategorie	Popis
K1 nízké	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Dojde k zhoršení organoleptických vlastností vody, které zaznamená menší okruh spotřebitelů</li> <li>b) Dojde k překročení limitní hodnoty u ukazatele s MH, ale není překročen limit pro nouzové zásobování</li> <li>c) Dojde k mírnému zvýšení hodnot chemického ukazatele s nejvyšší mezní hodnotou (NMH), ale ještě ne k překročení NMH.</li> </ul>
K2 střední	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Dojde ke zhoršení organoleptických vlastností vody, které zaznamená a nepříznivě vnímá větší počet spotřebitelů.</li> <li>b) Dojde k překročení limitní hodnoty u chemického ukazatele s NMH, ale není překročen limit pro nouzové zásobování.</li> <li>c) Dojde k překročení limitu pro nouzové zásobování u ukazatele s MH.</li> <li>d) Dojde (dochází) k občasnému menšímu překročení limitu u mikrobiologického ukazatele s NMH.</li> </ul>
K3 vysoké	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Konzumace vody může způsobit onemocnění nebo úmrtí.</li> <li>b) Dojde k překročení limitu pro nouzové zásobování u chemického ukazatele s NMH.</li> <li>c) Dojde ke zhoršení organoleptických vlastností vody, voda se stává nepříjemnou pro větší počet spotřebitelů.</li> <li>d) Dojde (dochází) k výraznému překročení limitu nebo k opakovanému překračování limitu u mikrobiologického ukazatele s NMH.</li> </ul>

**Faktory zranitelnosti systému** – tento nástroj slouží k taxativnímu vyjmenování faktorů, které ovlivňují rozsah možných následků, a stanovení jejich hodnot. Má sloužit uživateli jako podpora při samotné analýze následků. Zde se uvádí informace jako např. typ zástavby, délka trvání odstávky vody, atd. V rámci dalších prací na projektu bude vypracována metodika, která stanoví implicitní způsob stanovení následků pomocí tohoto panelu.

**Analýza nejistot** – vstupní data jsou podle míry jejich spolehlivosti rozlišovány do tří úrovní (hrubý odhad x neurčeno/nehodnoceno x absolutní jistota). Koncový uživatel je vždy, když zadává do analýzy vstupní informace, dotazován, s jakou jistotou tuto informaci zná. Veškeré generované výsledky analýz a výstupy z aplikace budou prezentovány s doplňkovou informací říkající, jaká kvalita vstupních informací byla pro analýzu poskytnuta a jak jsou výsledky analýzy důvěryhodné.

**Kvantifikace rizika** – je sloučením analýzy následků a četností. Pro každý z analyzovaných NS se pomocí rizikové matice stanoví výsledné riziko, viz Obr.2. Úroveň rizika podle jeho přijatelnosti lze v matici libovolně nastavit a rozlišujeme následující:

- žádné nebo zanedbatelné riziko – není třeba činit žádná speciální opatření,
- střední riziko (k diskuzi) – o jehož přijatelnosti je nutno vést diskuzi, zda je či není nutné jej snížit, a
- nepřijatelné riziko, které musí být sníženo bezpodmínečně.

Riziková matice		Následky C		
Četnost P	Kategorie	K1	K2	K3
	K1	Zanedbatelné		
	K2		K diskuzi	
	K3			Nepřijatelné

**Obr.2 Riziková matice**

**Návrh nápravných opatření** – předchozím postupem se vyberou ty NS, které generují nepřijatelná rizika a je žádoucí jejich snížení. K redukci rizika je možno dospět snížením kterékoliv z jeho složek, četnosti a/nebo následků. Zde má uživatel k dispozici databázi nápravných opatření, která se adresně vztahují ke konkrétnímu NS a může z nich vybírat. Po provedení/simulaci vybraných opatření v SZV se doporučuje analýzou ověřit, jak se změnila rizika v systému.

Analýzou rizik se vytipují slabá místa v SZV a odhadnou se rizika, která hrozí. Na tomto základě se navrhnu monitorování a/nebo nápravná opatření vedoucí ke kontrole nebo snížení rizik.

## 2. Závěr

Implementace teorie a metod analýzy a řízení rizik se začíná uplatňovat ve stále širším spektru lidských činností. V oblasti zásobování pitnou vodou se první myšlenka aplikace systému HACCP objevila v roce 1994 (Havelaar), od druhé poloviny 90. let byl tento přístup postupně uzákoněn v několika zemích. Od roku 2000 se množí případy dobrovolného zavádění tohoto systému velkými vodárenskými společnostmi (podobně jako certifikace podle ISO 9001). Od roku 2004 je systém analýzy rizik (pod názvem „Water Safety Plans“ čili „Plány pro zajištění bezpečnosti vody“) oficiální strategií Světové zdravotnické organizace, když se stal součástí aktualizovaného vydání Doporučení pro kvalitu pitné vody. V horizontu několika let se předpokládá její uzákonění a povinné používání při výrobě a distribuci pitné vody v rámci EU. Vstříc tomuto evropskému trendu zvyšování bezpečnosti a kvality dodávky pitné vody vychází kromě evropských projektů TECHNEAU a COST C19 také český vědecko-výzkumný projekt WaterRisk, který je zaměřen na vývoj metodiky implementace analýzy rizik u veřejného zásobování pitnou vodou.

O dalším průběhu řešení projektu bude autorský kolektiv průběžně referovat na odborných konferencích a také na internetových stránkách projektu WaterRisk.cz.

## 3. Literatura

- [1] ČSN IEC 300, Management spolehlivosti – Analýza rizika technologických systémů, Praha, Český normalizační institut, 1996
- [2] ČSN IEC 812, Metoda analýzy spolehlivosti systému – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)
- [3] TUHOVČÁK, L., RUČKA, J.: Risk Analysis of Water Distribution Systems, NATO Advanced Research Workshop " Security of Water Supply Systems: From Source to Tap", 27.-31.5.2005 Murter, Chorvasko, sekce 16., str. 1-13.
- [4] TUHOVČÁK, L., RUČKA, J.: Hazard identification and risk analysis of water supply system, proceedings from LESAM 2007, IWA leading edge conference, 10/2007
- [5] TUHOVČÁK, L., RUČKA, J., KOŽÍŠEK, F., MERGL, V.: Identifikace, kvantifikace a řízení rizik veřejných systémů zásobování pitnou vodou – projekt WaterRisk, časopis SOVAK, vydání 7-8/2007, p 50-53
- [6] www.WaterRisk.cz – oficiální webové stránky projektu 2B06039 - WaterRisk