



MOŽNOSTI VYUŽITÍ KONSTRUKTIVNÍ SIMULACE PRO PLÁNOVÁNÍ NOUZOVÉHO ZÁSOBOVÁNÍ VODOU

POSSIBILITIES OF USING CONSTRUCTIVE SIMULATION FOR EMERGENCY WATER SUPPLY PLANNING

JIŘÍ BARTA, JIŘÍ KALENDA

ABSTRACT: The paper focuses on the issue of information support of emergency drinking water supply planning. Implementation of simulation into the process modeling for process verification in the field of Crisis Management provides us with an opportunity to make the preparation of a Crisis Management Plan more effective. The article presents the role of simulation in Crisis Management, the possibility of using simulations within the Crisis Management Cycle, and particularly the use of constructive simulation in the process verification of the emergency water supply. During the simulation, deficiencies in the planning processes have been identified, and possibilities of simulation tools aimed at the planning process of crisis management in the emergency water supply field have been discussed.

KEYWORDS: Information support. Crisis management. Practical exercise. Education. Constructive simulation. Emergency water supply.

ÚVOD

Voda, chemickým vzorcem H_2O , je jednou ze základních podmínek pro existenci života na Zemi. V současnosti neexistuje žádné odvětví, kde by nebyla voda zapotřebí. I když voda patří mezi nejrozšířenější látky na Zemi, její zásoby jsou omezené. Její spotřeba souvisí s rostoucím počtem obyvatel, se zvyšováním jejich životní úrovně a s rozvojem průmyslu, zemědělství a dalších odvětví (Beran & Hanel, 2015). V současné době je téma vody velmi diskutované, protože s pokračujícím suchým obdobím začínají docházet zdroje pitné vody. Nedostatek pitné vody, spojený se snižující vydatností vodních zdrojů není v současnosti řešen v rámci krizového plánování, které je součástí krizového řízení. Krizovým řízením se podle krizového zákona (Zákon č. 240/2000 Sb.) rozumí souhrn řídicích činností orgánů krizového řízení zaměřených na analýzu a vyhodnocení bezpečnostních rizik a plánování, organizování, realizaci a kontrolu činností prováděných v souvislosti s přípravou na krizové situace a jejich řešením nebo s ochranou kritické infrastruktury. Krizové řízení řeší nouzové zásobování pitnou vodou v případě nedostatku pitné vody způsobeného mimořádnou událostí nebo krizovou situací (Kubás, 2022).

1. NOUZOVÉ ZÁSOBOVÁNÍ VODOU

Terminologický slovník Ministerstva vnitra (2016) definuje nouzové zásobování vodou jako způsob řešení zásobování vodou za krizových situací, jehož účelem je zabezpečení nezbytného množství vody požadované jakosti v případech, kdy stávající systém zásobování pitnou vodou je zcela nebo částečně nefunkční. Z toho vyplývá, že je nutno nahradit v minimálním objemu pitné vody část nebo celou distribuční síť (vodovod). K aktivaci nouzového zásobování vodou může dojít z mnoha důvodů. Mezi tyto důvody lze zařadit například dlouhodobé přerušení dodávky elektrické energie, vznik havárií vodovodu, které může být způsobeno i povětrnostními vlivy, nebo havárie v rámci vodního zdroje, kde došlo ke kontaminaci vody nebezpečnými látkami, narušení technologie výroby pitné vody a další (Tomek & Strohmandl & Rak, 2014). Je nutné si uvědomit, že nouzové zásobování pitnou vodou je třeba zahájit nejpozději do pěti hodin od přerušení dodávky pitné vody (Ministerstvo vnitra, 2016). Nouzové zásobování pitnou vodou je také omezováno časově, na nezbytně nutnou dobu, než dojde k opravě a zprovoznění původní distribuční soustavy, nebo než bude nalezen adekvátní způsob řešení mimořádné události či krizové situace a obnovena dodávka pitné vody jinými způsoby (např. nově vybudovaným náhradním vodovodem, tzv. suchovodem, jehož hlavní součásti jsou v České republice v pohotovostních zásobách Správy státních hmotných rezerv).

V rámci několika publikovaných prací, které se problematikou nouzového zásobování vodou zabývaly, bylo řešeno nouzové zásobování balenou pitnou vodou a v rámci nouzového zásobování nebalenou pitnou vodou, bylo řešeno množství jednotlivých typů použitelných prostředků a celkový objem cisteren, které jsou k dispozici v daném katastru pro nouzové zásobování pitnou vodou. Tento směr plánování je správný, pokud řešíme pouze plošné pokrytí katastru obce, města či regionu. V závislosti na potřebách celkového množství vody v rámci nouzového zásobování pitnou vodou, je nutno počítat i s potřebou či nutností doplňování jednotlivých stacionárních cisteren (výdejních míst pitné vody) z velkoobjemových mobilních cisteren, či provádět výměnu prázdné kontejnerové cisterny (obrázek 1) za plnou.



Obrázek 1 Kontejnerová cisterna na pitnou vodu
(<https://www.kobit.cz/produkty-nastavba-na-pitnou-vodu-mk-3-detail-125>)

Vzhledem k tomu, že dle Metodického pokynu Ministerstva zemědělství (2016), který vychází z Koncepce zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací (Ministerstvo zemědělství, 2003), je stanoveno nezbytné množství pitné vody v požadované jakosti na jednoho obyvatele. Minimální dodávka pitné vody je uvedena v tabulce 1, a toto množství pitné vody není možné v některých lokalitách zajistit pouze balenou vodou a přivezením stacionárních cisteren bez průběžného doplňování.

Tabulka 1 Požadavky na zachování minimální dodávky pitné vody v požadované jakosti na osobu a den (Ministerstvo zemědělství, 2003)

Dny nouzového zásobování pitnou vodou	Množství pitné vody na osobu a den
první den	5 litrů
druhý den	5 litrů
třetí a další dny	10 – 15 litrů

Z tohto důvodu musí být součástí plánu nouzového zásobování vodou i harmonogram průběžného doplňování stacionárních výdejních míst a způsob informování pracovníků zabezpečujících nouzové zásobování vodou, že je stacionární výdejní místo prázdné a že je nutné jej doplnit. Jednodušší varianta informování o tomto stavu je v případě, že u každého stacionárního výdejního místa (cisterny) bude pracovník zabezpečující evidenci a výdej vody. Pro vypracování či ověření harmonogramu průběžného doplňování stacionárních výdejních míst je možné využít nástrojů konstruktivní simulace, která umožňuje v rámci simulovaného prostředí zahrnout velké množství faktorů, které mohou doplňování stacionárních výdejních míst ovlivnit, jako jsou například počasí, stav příjezdové komunikace, defekty či závady na vozidlech.

2. VYUŽITÍ KONSTRUKTIVNÍ SIMULACE

Simulace a praktické ověření procesů s využitím simulačních technologií jsou stále rozšířenější v celém světě. S rozvojem technologií a růstem výkonnosti výpočetních prostředků je rozšiřování simulací ještě výraznější. Simuluje se šíření povodňových vln po velkých deštích, vliv použití laserů v okolí letišť na bezpečnost leteckého provozu, vliv hustoty provozu na plynulost dopravy, šíření nebezpečných látek, efektivita účinků vojenské munice a další procesy (Schutzel & Uhrmacher, 2015). Simulace

se také využívá při praktickém výcviku a získávání dovedností pracovníků. Výjimkou nejsou ani členové krizového managementu a členové krizových štábů na různých úrovních řízení (Oulehlová & Malachová, 2019). Výcvik pracovníků je významnou oblastí, kde možnosti využití simulace nejsou a nebudou v nejbližší době vyčerpány (Hubáček & Řezáč, 2013).

Praktická příprava s podporou konstruktivní simulace je běžně využívaná při přípravě vojenského personálu a pracovníků krizových štábů. Tento typ přípravy představuje formu praktického cvičení s počítačovou podporou, které se také nazývá CAX (Computer Assisted Exercise). CAX se zaměřuje na poskytnutí co nejrealnějšího prostředí účastníkům cvičení (Jánošíková & Ondrejka, 2020). Zaměřuje se na zdokonalení jejich praktických dovedností a na podporu jejich schopností rozhodovat při řešení krizové situace. Připravenost na řešení mimořádných událostí či krizových situací výrazně přispívá k zajištění účinné a rychlé reakce a minimalizaci škody. Osvojení si praktických dovedností a znalostí umožní úspěšně reagovat na vzniklou situaci. V České republice se problematikou výcviku zabývá zákon o integrovaném záchranném systému (Zákon č. 239/2000 Sb.), který řeší povinné cvičení a praktický výcvik pouze pro prvky integrovaného záchranného systému.

Praktická cvičení pracovníků krizového řízení hrají významnou roli v krizové připravenosti tým, že umožňují všem zainteresovaným subjektům krizového managementu otestovat a ověřit své plány, schopnosti a dovednosti. V rámci praktického výcviku převádí konstruktivní simulace reálné prostředí do „bezpečného“ interaktivního prostředí simulátoru. Ve cvičném prostředí mají subjekty možnost identifikovat mezery a slabiny ve svých schopnostech a dovednostech a zaměřit se na oblasti pro zlepšení (Barta & Kalenda, 2020). Konstruktivní simulace je při správné implementaci schopna výrazně zlevnit a zjednodušit provádění praktických cvičení pracovníků krizového řízení a v rámci svého dynamického interaktivního prostředí s atraktivními vizualizacemi, obohatit cvičení. Významným cílem ve společném úsilí plnění úkolů praktického cvičení v oblasti krizového řízení je předcházet rizikům, chránit se před nimi, reagovat na ně, zmírňovat jejich dopady a zotavovat se z nich (Oulehlová & Malachová, 2019).

Nástroje konstruktivní simulace neslouží v rámci krizového řízení jen k praktickému výcviku pracovníků krizových štábů a zainteresovaných subjektů, ale jsou uplatnitelné i při ověření reálné proveditelnosti některých procesů krizového plánování. Jedná se především o využití konstruktivní simulace na simulaci činností přečerpávání, dopravy, složení plné kontejnerové cisterny a naložení prázdné kontejnerové cisterny, přípravu cisterny na výdej pitné vody, zkrátka celého procesu doplňování výdejních míst nouzového zásobování pitnou vodou. V plánech pro nouzové zásobování vodou je často využívána prostá matematika, bez zahrnutí dalších podstatných vlivů. Například: pokud jeden doplňovací cyklus (napouštění, doprava, přečerpání/ přeložení cisterny, doprava zpět) trvá 2 hodiny, je možno realizovat 12 doplňovacích cyklů. V reálné situaci není v lidských ani technických silách, aby posádka (i na směny) či technika fungovali 24 hodin denně, bez odpočinku a potřebného času na údržbu.

3. KRITÉRIA SIMULACE NOUZOVÉHO ZÁSOBOVÁNÍ VODOU

Konstruktivní simulace nabízí široké možnosti využití pro experimentální ověřování požadavků na schopnosti v procesu nouzového zásobování vodou v rámci podpory krizového plánování. Umožňuje prostřednictvím virtualizovaného modelu chování daného systému ověřit, eventuálně nalézt vstupní parametry variant řešení požadavků na přepravu pitné vody a doplňování stacionárních výdejních míst nouzového zásobování vodou. Následně lze tyto parametry konkrétního řešení ověřit na velkém množství realizovaných cyklů v rámci simulace. **Výsledek konstruktivní simulace** je vždy ovlivněn kvalitou vstupních dat, zejména precizním definováním zkoumaného problému a prostředí. V rámci simulace není řešen výběr zdrojů pitné vody pro nouzové zásobování pitnou vodou (Ministerstvo zemědělství, 2003) a taktéž není řešeno rozmístění jednotlivých stacionárních výdejních míst nouzového zásobování vodou dle hustoty osídlení a počtu obyvatel (řeší krizové plány) či technické prostředky pro nouzové zásobování v jednotlivých územních celcích. Tyto údaje jsou však pro simulaci nezbytné, protože jejich přesná lokace má vliv na stanovení nejvhodnější trasy či nalezení alternativních tras, příjezdových komunikací s vhodným přístupem k jednotlivým stacionárním výdejním místům nouzového zásobování pitnou vodou apod.

V rámci simulace je nutné stanovit kritéria, která jsou v rámci experimentu proměnlivá a ovlivňují časovou náročnost doplňování stacionárních výdejních míst nouzového zásobování pitnou vodou. Mezi tyto kritéria patří:

- roční období,
- meteorologické podmínky,
- technický stav komunikací,
- vliv nákladu na rychlost přesunu,
- způsob plnění mobilních cisteren,
- časová norma pro zapojení/odpojení přečerpávací armatury,
- časová norma pro složení/naložení kontejnerové cisterny,
- výkon čerpadel mobilních cisteren,
- a další.

V rámci simulace doplňovacího cyklu je využíván model cisternového vozidla značky Mercedes, které je vidět na obrázku 2. Model vozidla má dostatečné vyriabilní nastavení a proto je možno v rámci simulace změnit parametry cisternového vozidla a zohlednit požadovaná kritéria. I když vzhled vozidla není možno měnit, jeho užitné vlastnosti ano. Například rychlost jízdy, jízdní vlastnosti, celkové množství pitné vody, které lze do cisterny načerpat/napustit apod. Obdobně lze měnit i nastavení procesu připojování přečerpávacích armatur a rychlost přečerpávání vody.



Obrázek 2 Model cisternového vozidla využitého v konstruktivní simulaci (vlastní)

Pro statisticky významné výsledky experimentu je třeba dle kvalifikovaného odhadu realizovat sto a více simulací, v rámci procesu doplnění stacionárních výdejních míst ze zdroje či zdrojů pro nouzového zásobování pitnou vodou. V průběhu experimentu se objevily další faktory, které ovlivňují časovou náročnost procesu doplňování stacionárních výdejních míst nouzového zásobování pitnou vodou. Příkladem jsou povinné bezpečnostní přestávky pracovníků, zručnost jednotlivých pracovníků při práci s armaturami a různá úroveň snižování výkonnosti jednotlivých pracovníků s rostoucí dobou nasazení při řešení krizové situace. **Implementace nových kritérií** má podstatný vliv na požadovaný počet potřebných simulací jednotlivých doplňovacích cyklů pro statisticky významný výsledek. Pro vyhodnocení experimentu bude použita metoda matematické statistiky T-test, která umožní ověřit, zda normální rozdělení časové náročnosti jednotlivých doplňovacích cyklů, z něhož pochází určitý náhodný výběr, má určitou konkrétní střední časovou hodnotu, se kterou je možno počítat při plánování doplňování stacionárních výdejních míst nouzového zásobování pitnou vodou. Pokud bude určena průměrná časová hodnota doplňovacího cyklu, je možné harmonogram doplňování stacionárních výdejních míst realizovat s velkou přesností a stanovit, zda je disponibilní počet cisternových vozidel pro doplňování stanoveného počtu stacionárních výdejních míst dostatečný, nebo bude třeba, pro zabezpečení nouzového zásobování pitnou vodou, zabezpečit další cisternová vozidla z externích zdrojů, např. záůjčkou od Správy státních hmotných rezerv.

ZÁVĚR

Článek se zabýval dílčí částí procesu plánování nouzového zásobování pitnou vodou. Kromě pozitivních přínosů, které voda jako jedna ze základních složek, které člověk potřebuje pro život přináší, je třeba řešit i rizika spojená s přerušením dodávek pitné vody obyvatelstvu. Organizace nouzového zásobování pitnou vodou je velmi náročný logistický proces se spoustou proměnných, které je třeba v rámci řešení krizové situace vyřešit.

Nástroje konstruktivní simulace, které se využívá pro praktický výcvik pracovníků krizového managementu a členů krizových štábů na různých úrovních řízení, je možno využít i pro simulaci procesů spojených s nouzovým zásobováním pitnou vodou. Klíčový parametr při plánování nouzového zásobování pitnou vodou je schopnost a rychlost doplňování stacionárních výdejních míst cisternovými vozidly či obměna kontejnerových cisteren. Na četnosti doplňování výdejních míst závisí zabezpečení dostatečného množství pitné vody pro obyvatelstvo.

Jsou zde uvedena kritéria, která ovlivňují přepravu pitné vody cisternovými vozidly a tím mohou snížit rychlost a četnost doplňování stacionárních výdejních míst. Na základě prováděného experimentu se metodou matematické statistiky T-test ověřuje, zda po provedení dostatečného množství simulací procesu doplňování výdejních míst nouzového zásobování pitnou vodou, stanovíme určitou konkrétní střední časovou hodnotu, se kterou bude možno plánovat průběžné doplňování stacionárních výdejních míst pitné vody tak, aby bylo nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou požadované jakosti dostatečné.

LITERATURA

- Barta, J. & Kalenda, J. (2020). Vývoj komunikačního prostředí simulátoru na podporu řešení krizových situací. *Krizový manažment*, 2020(2), 60-67. ISSN 1336-0019.
- Beran, A., & Hanel, M. (2015). Definování zranitelných oblastí z hlediska nedostatku vody na území České republiky. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace*, 57(4–5), 23-26.
- Hubáček, M. & Řezáč, D. (2013). Simulation Technology and Training of Rescue Services. In *The Science for population protection*. vol. 5, no. 3/2013, pp. 21-38. ISSN 1803-635X.
- Kubás, J. (2022). Krizové situácie v prostredí Slovenskej republiky. *Krizový manažment*. Žilina, 21(2), 5-10. ISSN 1336-0019.
- Ministerstvo zemědělství. (2003). *Koncepce zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací: Vodní hospodářství* [online]. Ministerstvo zemědělství, 2003 [cit. 2023-09-01]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/zabezpeceni-pitne-vody-za-krizo-vych/koncepce-zabezpeceni-obyvatelstva-pitnou.html>
- Ministerstvo zemědělství. (2016). *Metodický pokyn Ministerstva zemědělství čj. 74020/2016-MZE-15000 ze dne 22.6.2016 k zajištění jednotného postupu orgánů krajů, hlavního města Prahy, orgánů obcí s rozšířenou působností, orgánů obcí a městských částí v hlavním městě Praze v systému nouzového zásobování obyvatelstva pitnou vodou při mimořádných událostech a za krizových stavů*. [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/voda/vodovody-a-kanalizace/zabezpeceni-pitne-vody-za-krizovych/metodicky-pokyn-ministerstva-zemedelstvi-1>
- Ministerstvo vnitra. (2016). *Terminologický slovník pojmů z oblasti krizového řízení, ochrany obyvatelstva, environmentální bezpečnosti a plánování obrany státu*. [cit. 2023-09-11]. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/>
- Jánošíková, M. & Ondrejka, R. (2020). Konstruktivní simulácia v príprave krizových manažérov. *Krizový manažment*. Žilina, 19(2), 84-89. ISSN 1336-0019.
- Oulehlová, A. & Malachová, H. (2019). An Exercise in Crisis Management Preparedness in the Case of Gas Supply Disruption. *Krizový manažment*. Žilina, 18(2), 5-15. ISSN 1336-0019.
- Schutzel, J. & Uhrmacher, A. M. (2015). Targeted Extraction of Simulation Data. In: *Distributed Simulation and Real Time Applications (DS-RT), 2015 IEEE/ACM 19th International Symposium on*. IEEE. p. 10-17.
- Tomek, M. & Strohmandl, J. & Rak, J. (2014) *Zásobování obyvatelstva pitnou vodou za mimořádných situací*. Praha: Academia. ISBN 978-80-7454-462-0.
- Zákon č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon).
- Zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů.

Jiří Barta, Ing., Ph.D.

Univerzita obrany, Kounicova 65, 66210 Brno, Česká republika
e-mail: jiri.barta@unob.cz

Jiří Kalenda, Ing.

Univerzita obrany, Kounicova 65, 66210 Brno, Česká republika
e-mail: jiri.kalenda@unob.cz
