

Návrh výpočtu rizika pre objekty protipovodňovej ochrany

Martina Zeleňáková, Lenka Zvijáková

Anotácia

Cieľom príspevku je aplikovať definíciu rizika pre oblasť vodného hospodárstva – vodné stavby, konkrétne objekty protipovodňovej ochrany, vo väzbe na posudzovanie vplyvov týchto stavieb na životné prostredie. Príspevok prezentuje možnosť posúdiť faktory ovplyvňujúce vodné stavby a navrhnúť postup pre kvantifikovanie rizika vyplývajúceho z environmentálnych vplyvov vo vodnom hospodárstve.

Abstract

The aim of this paper is to apply the definition of risk analysis in the field of water management – water constructions, concrete flood protection constructions, in relation to environmental impact assessment of these constructions. The paper presents the opportunity to assess risk factors affecting the water constructions and propose a procedure for multicriteria quantifying the risks arising from environmental impacts.

Úvod

Protipovodňová ochrana sa v posledných rokoch stala veľmi aktuálnou témou. Po ničivých povodniach, ktoré zasiahli územie Slovenska v roku 2010 mnoho miest a obcí začalo hľadať spôsob efektívnej protipovodňovej ochrany. Objekty protipovodňovej ochrany podliehajú podľa zákona č. 24/2006 Z.z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie (EIA) zisťovaciemu konaniu, v ktorom je potrebné vykonať porovnanie variantov navrhovanej činnosti a návrh optimálneho variantu.

V literatúre existuje niekoľko štúdií týkajúcich sa analýzy rizík stavebných projektoch (Zavadskas, Turskis, Tamosaitiene, 2010), ale analýza rizika vodných stavieb, najmä pre objekty protipovodňovej ochrany je veľmi zriedkavá. Podľa klasických techník analýzy rizík, sa hodnota rizika vypočíta vynásobením hodnôt pravdepodobnosti a dôsledku pričom priama analýza faktorov sa často prehliada (Dikmen, Birgonul, Han, 2007). Väčšina existujúcich modelov analýzy rizík je založená na kvantitatívnych metódach, ktoré vyžadujú číselné údaje. Avšak, veľa informácií týkajúcich sa analýzy rizík nie je numerická (Mustafa, Al-Bahar, 1991). Cieľom tohto článku je predstaviť nový prístup k hodnoteniu rizika objektov protipovodňovej ochrany pomocou viackriteriálneho vyjadrenia rizika.

Materiál a metódy

Manažérstvo rizika možno kedykoľvek aplikovať na projekty a činnosti (STN ISO 31000). Preto je účelné aplikovať *posudzovanie rizika* pre projekty týkajúce sa objektov protipovodňovej ochrany, s cieľom výberu optimálneho variantu prostredníctvom kvantifikácie rizika posudzovaných variantov.

Posudzovanie rizika predstavuje celkový proces (STN ISO 31000):

- *identifikácie rizika* (proces hľadania, spoznávania a opísania rizika),

- *analýzy rizika* (proces obsahujúci podstatu rizika a určujúci úroveň rizika – veľkosť rizika alebo kombinácie rizík, vyjadrený kombináciou pravdepodobností a ich následkov) a
- *hodnotenia rizika* (proces porovnávania výsledkov analýzy rizika s kritériami rizika s cieľom určiť, či riziko a jeho veľkosť sú akceptovateľné alebo sa dajú tolerovať).

Pre podmienky *posudzovania rizika* objektov protipovodňovej ochrany bolo *identifikovaných* osemnásť kritérií, ktoré boli stanovené na základe expertných rozhovorov, štúdií a prehľadov rozsiahlej domácej i zahraničnej literatúry. Kritériá a ich navrhnuté hodnoty pre viackritériálnu analýzu rizika sú uvedené v Tab. 1. až Tab. 4. Identifikované boli tieto kritériá:

- A* – maximálny špecifický odtok q_{\max} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$),
B – 100-ročný prietok Q_{100} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$),
C – návrhový prietok Q_n ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$),
D – priemerné ročné zrážky H_z (mm),
E – morfológický typ toku – pôdorysný tvar koryta (-),
F – koeficient saturácie povodia S (mm),
G – kategória tokov podľa kritérií bystrinnosti (-),
H – priemerný pozdĺžny sklon toku i (%),
I – typ povodia (-),
J – trvale bývajúce obyvateľstvo (počet),
K – koeficient zastavanosti obce (%),
L – druh a význam dopravy (-),
M – infraštruktúra obce (-),
N – výrobná činnosť územia,
O – vzdialenosť vodnej stavby od zastavanej oblasti (km),
P – základné technické opatrenia protipovodňovej ochrany (-),
Q – miera ochrany životného prostredia (-),
R – celkové náklady stavby (EUR).

Tab. 1 Hlavné kritériá pre viackritériálnu analýzu rizika (hydrologické)

		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
		Maximálny špecifický odtok q_{\max} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$)	100-ročný prietok Q_{100} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Návrhový prietok Q_n ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Priemerné ročné zrážky H_z (mm)
Koeficient	0,2	≤ 10	≤ 20	$\geq Q_{100}$	≤ 500
	0,4	11 - 50	21 - 70	$< Q_{100}$	501 - 600
	0,6	51 - 90	71 - 120	$< Q_{50}$	601 - 700
	0,8	91 - 140	121 - 200	$< Q_{20}$	701 - 800
	1,0	≥ 141	≥ 201	$\leq Q_5$	> 801

Tab. 2 Hlavné kritériá pre viackritériálnu analýzu rizika (morfológické)

		<i>E</i>	<i>F</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>
		Morfológický typ toku – pôdorysný tvar koryta	Koeficient saturácie povodia S (mm)	Kategória toku podľa kritérií bystrinnosti (-)	Priemerný pozdĺžny sklon toku i (%)	Typ povodia (-)
Koeficient	0,2	Aa+, A	≥ 21	I. Kategória	do 10	–
	0,4	B, C	16 – 20	II. Kategória	11 – 20	pretiahnuté
	0,6	D, DA	11 – 15	III. Kategória	21 – 30	prechodový typ
	0,8	E	6 – 10	IV. Kategória	31 – 40	vejárovité
	1,0	F, G	≤ 5	V. Kategória	≥ 41	–

Tab. 3 Hlavné kritériá pre viackritériálnu analýzu rizika (územné)

		<i>J</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>M</i>	<i>N</i>
		Trvale bývajúce obyvateľstvo (počet)	Koeficient zastavanosti obce (%)	Druh a význam dopravy (bod)	Infraštruktúra obce (bod)	Výrobná činnosť územia (bod)
Koeficient	0,2	< 100	do 0,02	do 1	0 - 1	0 - 2
	0,4	101 - 250	0,021 – 0,025	2	2 - 3	4
	0,6	251 - 500	0,026 – 0,03	3	4 - 5	6
	0,8	501 - 1000	0,031 – 0,035	4	6 - 7	8
	1,0	> 1000	nad 0,035	5 a viac	8	10

Tab. 4 Hlavné kritériá pre viackritériálnu analýzu rizika (technické)

		<i>O</i>	<i>P</i>	<i>Q</i>	<i>R</i>
		Vzdialenosť vodnej stavby od zastavanej oblasti (km)	Základné technické opatrenia protipovodňovej ochrany (-)	Miera ochrany životného prostredia (-)	Celkové náklady stavby (EUR)
Koeficient	0,2	nad 5	výstavba suchej nádrže (poldra) a stabilizácia toku	neočakávajú sa značné straty na majetku a ľudských životoch	0 – 100 000
	0,4	1,1 – 5	regulácia a stabilizácia toku v zastavanom území obce (ohradzovanie tokov a objektov na nich)	straty na ľudských životoch sú nepravdepodobné a škody na životnom prostredí sú nevýznamné	100 001 – 400 000
	0,6	0,51 – 1	zaistenie regulácie odtoku vody z krajiny, vrátane rešpektovania hydrologických údajov vodných tokov pri návrhu dimenzií mostných profilov a priepustov	straty na jednotlivých ľudských životoch i škody na životnom prostredí sú málo pravdepodobné	400 001 – 800 000
	0,8	0,11 – 0,5	čistenie korýt vodných tokov, údržba brehových porastov vo vhodnej druhovej, vekovej a priestorovej skladbe	straty na jednotlivých ľudských životoch i škody na životnom prostredí sú pravdepodobné	800 001 – 1 200 000
	1,0	do 0,1	nie sú realizované žiadne technické opatrenia protipovodňovej ochrany	očakávajú sa značné straty na majetku a ľudských životoch	> 1 200 000

Po *identifikácii* kritérií je ďalším krokom *analýza rizika*. Tento krok spočíva v stanovení významnosti kritérií a určení úrovne rizika. Významnosť sa posudzuje podľa 5 - stupňovej numerickej stupnice uvedenej v Tab. 5. Jednotlivým kritériám *A* - *R* sú priradené koeficienty, ktoré sú potrebné pre určenie úrovne rizika, na základe aplikácie pre konkrétny projekt.

Tab. 5 Stanovenie rizika

Koeficient	Riziko
0,2	minimálne
0,4	únosné
0,6	významné
0,8	vysoké
1,0	veľmi vysoké

Na určenie úrovne rizika je použitý viackriteriálny popis rizika, snahou ktorého je empirický popis rizika niekoľkými skutočnosťami súčasne (Tichý, 2006). Navrhnutým viackriteriálnym vyjadrením je index rizika r , ktorý je definovaný ako súčin osemnástich parametrov:

$$r = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \times H \times I \times J \times K \times L \times M \times N \times O \times P \times Q \times R \quad (1)$$

Posledným krokom je *hodnotenie rizika*, ktorého cieľom je klasifikácia objektov protipovodňovej ochrany. Trieda objektov protipovodňovej ochrany je určená zo stupnice na základe indexu rizika r , ktorý je súčinom príslušných parametrov pre kritériá $A - R$. Objekty protipovodňovej ochrany sú klasifikované podľa Tab.6 do štyroch tried.

Tab. 6 Klasifikácia objektov protipovodňovej ochrany

Trieda objektov protipovodňovej ochrany	Index rizika r	Popis
1	$2,6 \cdot 10^{-13} - 6,9 \cdot 10^{-8}$	Veľmi nízke riziko pre ŽP
2	$6,9 \cdot 10^{-8} - 1 \cdot 10^{-4}$	Nízke riziko pre ŽP
3	$1 \cdot 10^{-4} - 0$	Stredné riziko pre ŽP
4	0 – 1	Vysoké riziko pre ŽP

Stanovenie hodnoty indexu rizika r na určenie triedy rizika vodnej stavby priamo súvisí s posudzovaním vplyvov činností na životné prostredie podľa zákona 24/2006 Z.z. Podľa tohto zákona je potrebné vykonať porovnanie variantov navrhovanej činnosti a návrh optimálneho variantu (Zákon č. 24/2006 Z. z.). Tento návrh, ktorý zahŕňa tvorbu súboru kritérií na stanovenie triedy posudzovaného variantu, možno využiť ako porovnávaci prvok pre výber optimálneho variantu alebo stanovenie poradia vhodnosti pre posudzované varianty. Služí ako podklad pre zdôvodnenie návrhu optimálneho variantu.

Výsledky

Návrh postupu pre výpočet triedy objektov protipovodňovej ochrany je aplikovaný pre obec Snakov, cez ktorú preteká potok Vesná. Potok Vesná je neustálou hrozbou záplav v obci. Z toho dôvodu je cieľom zámeru činnosti (Zákon č. 24/2006 Z.z.) úprava toku Vesná za účelom zvýšenia ochrany pred povodňami v blízkosti toku v obci.

Porovnanie variantov navrhovanej činnosti je vypracované v dvoch variantoch v porovnaní s nulovým variantom riešenie, t. zn. stav ak by sa navrhovaná činnosť nerealizovala:

- Variant 0 - Koryto potoka nebude upravené – súčasný stav.
- Variant 1 - Koryto potoka bude upravené na Q_{100} ročnú vodu.
- Variant 2 - Koryto potoka bude upravené na Q_{50} ročnú vodu.

V Tab. 7. je hodnotené každé kritérium na základe údajov zo (Zeľňáková, Sarka, Zvijáková, 2011) ako i vlastných výpočtov (kvôli obsiahlosti bližšie nešpecifikovaných v tomto príspevku).

Tab. 7 Klasifikácia rizika pre posudzované varianty zámeru navrhovanej činnosti pre potok Vesná v obci Snakov

Analýza rizika				
Označenie kritéria	Kritérium	Variant 0	Variant 1	Variant 2
<i>A</i>	maximálny špecifický odtok q_{\max} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$)	0,2	0,2	0,2
<i>B</i>	100-ročný prietok Q_{100} ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,4	0,4	0,4
<i>C</i>	návrhový prietok Q_n ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,6	0,2	0,4
<i>D</i>	priemerné ročné zrážky H_z (mm)	1,0	1,0	1,0
<i>E</i>	morfologický typ toku – pôdorysný tvar koryta (-)	0,2	0,2	0,2
<i>F</i>	koeficient saturácie povodia S (mm)	0,6	0,6	0,6
<i>G</i>	kategória tokov podľa kritérii bystrinnosti (-)	0,6	0,6	0,6
<i>H</i>	priemerný pozdĺžny sklon toku i (%)	0,8	0,6	0,6
<i>I</i>	typ povodia (-)	0,4	0,4	0,4
<i>J</i>	trvale bývajúce obyvateľstvo (počet)	0,8	0,8	0,8
<i>K</i>	koeficient zastavanosti obce (%)	0,2	0,2	0,2
<i>L</i>	druh a význam dopravy (-)	0,2	0,2	0,2
<i>M</i>	infraštruktúra obce (-)	0,6	0,6	0,6
<i>N</i>	výrobná činnosť územia (-)	0,2	0,2	0,2
<i>O</i>	vzdialenosť vodnej stavby od zastavanej oblasti (km)	1,0	1,0	1,0
<i>P</i>	základné technické opatrenia protipovodňovej ochrany (-)	1,0	0,4	0,4
<i>Q</i>	miera ochrany životného prostredia (-)	0,8	0,4	0,4
<i>R</i>	celkové náklady stavby (EUR)	0,2	0,6	0,6
Index rizika r		$6,8 \cdot 10^{-7}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$

Numerické číslo ako výsledok výpočtu je známe ako index rizika r pre posudzované varianty. Na základe Tab. 6 je klasifikované riziko pre objekty protipovodňovej ochrany v troch variantoch, konkrétne Variant 0 nadobúda hodnotu $6,8 \cdot 10^{-7}$ a predstavuje pre ŽP nízke riziko. Index rizika r pre Variant 1 je vyčíslený na hodnotu $2,0 \cdot 10^{-7}$ a predstavuje pre ŽP nízke riziko. Variant 2 má vyčíslený index rizika na hodnotu $1,0 \cdot 10^{-7}$ a tento predstavuje pre ŽP nízke riziko. Na základe hodnotenia jednotlivých kritérií v území sa odporúča realizácia Variantu 1 z dôvodu najnižšieho vypočítaného rizika pre životné prostredie spomedzi hodnotených variantov.

Záver

Objekty protipovodňovej ochrany predstavujú moderný trend vo vývoji protipovodňovej ochrany a prevencie vo vyspelých štátoch sveta. Nespornými výhodami týchto objektov je ich komplexnosť, šetrnosť k životnému prostrediu a trvalá udržateľnosť pri využívaní krajiny. Pri ich príprave, realizácii, posudzovaní a povoľovaní je potrebné zabezpečiť dôslednú realizáciu posudzovania vplyvov na životné prostredie v súlade so zákonom č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov tak, aby bola zabezpečená komplexnosť posudzovania. Dôležitý je i výber environmentálne prijateľného variantu riešenia. Navrhnuté viackritériálne vyjadrenie indexu rizika r je možné použiť v tvare (1) predovšetkým ako metódu v procese porovnania variantov navrhovanej činnosti a návrhu optimálneho variantu. Z aplikácie výpočtu pre potok Vesná v obci Snakov vyplynulo, že Variant 0, Variant 1 a Variant 2 sa zatriedujú do 2. triedy objektov protipovodňovej ochrany. Na základe tejto klasifikácie možno vzájomne porovnať navrhované varianty a odporučiť Variant 1, ktorý má v porovnaní s ostatnými hodnotenými variantmi, najnižšiu úroveň indexu rizika r .

Centrum spolupráce bolo podporované Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. SUSPP-0007-09.

Literatúra

- Zavadskas, E.K., Turskis, Z., Tamosaitiene, J., 2010: Risk assessment of construction projects, J. Civil Engineering and Management, 16, p. 33-46.
- Dikmen, I., Birgonul, M.T., Han, S., 2007: Using fuzzy risk assessment to rate cost overrun risk in international construction projects, Int J Project Management, 25, p. 494-505.
- Mustafa, M.A., Al-Bahar, J.F., 1991: Project risk assessment using the analytic hierarchy process, IEEE Transactions on Engineering Management, 38, p. 46-52.
- Slovenský ústav technickej normalizácie, 2011: STN ISO 31000 Manažérstvo rizika. Zásady a návod.
- Tichý, M., 2006: Ovládání rizika: analýza a management. Praha: C. H. Beck, s. 396.
- Zákon č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov.
- Zeleňáková, M., Sarka, D., Zvijáková L., 2011: Preventívne protipovodňové opatrenia – úprava vodného toku v obci Snakov. Zámer vypracovaný podľa zákona NR SR č. 24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov ,na životné prostredie. Košice.

doc. Ing. Martina Zeleňáková, PhD.
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
Vysokoškolská 4, 040 11 Košice
martina.zelenakova@tuke.sk
053/602 4270

Ing. Lenka Zvijáková
Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta
Vysokoškolská 4, 040 11 Košice
lenka.zvijakova@tuke.sk
053/602 4116