

# Problematika předběžného vyhodnocení povodňových rizik v České republice

Karel Drbal<sup>1</sup>, Miriam Dzuráková<sup>1</sup>, Jana Ošlejšková<sup>1</sup>

<sup>11</sup>Výzkumný ústav vodohospodářský, T. G. Masaryka, v.v.i., Mojžírovo nám. 16, 612 00, Brno, Česká republika  
karel\_drbal@vuv.cz, miriam\_dzurakova@vuv.cz, jana\_oslejskova@vuv.cz

## Abstrakt.

Posuzování míry povodňového nebezpečí patří k aktuálním problémům s celospolečenským dosahem. Směrnice Evropského parlamentu 2007/60/ES (povodňová směrnice) ukládá členským státům předběžné vyhodnocení povodňových rizik, tvorbu map povodňového nebezpečí a povodňových rizik a vytvoření plánů zvládnutí povodňových rizik. Jedním ze způsobů vyjádření možných důsledků povodňového nebezpečí je stanovení počtu trvale bydlících osob, zastavěných ploch a komunikací dotčených rozlivy povodní. Prostorovými analýzami v prostředí ArcGIS jsou provedeny kvantifikace těchto hledisek s využitím dat z výsledků Sčítání lidu, domů a bytů, geografické databáze ZABAGED a databáze vyhlášených záplavových území. Tyto postupy umožňují vymezit oblasti, které jsou nejvíce ohroženy povodněmi, a tedy zasluhují prioritní pozornost z hlediska návrhů a realizace odpovídajících protipovodňových opatření. Pravidelnou aktualizací vstupních databází lze na měnícím se počtu trvale bydlících osob, zastavěných ploch a komunikací dotčených povodní vyhodnotit účinnost přijatých preventivních protipovodňových opatření. Řešená úloha je v ČR využívána v rámci procesu implementace povodňové směrnice k identifikaci oblastí s potenciálně významnými povodňovými riziky.

**Klíčová slova:** Povodňová směrnice, povodňové nebezpečí, povodňové riziko, záplavová území

## Abstract.

The issue of the preliminary flood risk assessment in the Czech Republic. Assessing flood risk belongs to topical issues with all-society consequences. European Parliament Directive 2007/60/ES (Flood Directive) imposes the member states to do preliminary flood risk assessment, establishing flood hazard maps and flood risk maps and flood risk management plans. One of the ways how to express possible consequences of flood hazards is to determine the number of residents, the built-up areas and the traffic network aggrieved by flood extend. Quantification of these aspects is made by spatial analyses within ArcGIS workplace using the data from the Population and Housing Census, geographical database ZABAGED and database of flood areas. These procedures allow to define the areas most threatened by flood and therefore deserving priority attention in term of proposals and implementation of adequate preventive measures against floods. It is possible to assess the effectiveness of taken preventive measures against floods on varying number of the residents, the built-up areas and the traffic network aggrieved by floods by regular updating of input databases. The task is solved within the process of implementing Flood Directive to identify the areas of potential significant flood risks.

**Keywords:** Flood Directive, flood hazard, flood risk, flood extend area

## 1 Úvod

V říjnu 2007 schválená Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnutí povodňových rizik – Directive of the European Parliament and of the Council on the assessment and management of flood risks – (dále Směrnice 2007/60/ES), ukládá členským státům pevné termíny pro splnění následujících povinností:

- do 22. 12. 2011 dokončit předběžné vyhodnocení povodňových rizik,
- do 22. 12. 2013 zajistit dokončení map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik,
- do 22. 12. 2015 zajistit dokončení a zveřejnění plánů pro zvládnutí povodňových rizik.

Součástí procesu implementace Směrnice 2007/60/ES do právního prostředí a institucionálního rámce České republiky jsou zejména práce na novele pro vodní hospodářství klíčového zákona č. 254/2001

Sb. (vodní zákon). Zde jsou očekávány (do konce roku 2009) zásadní a rozsáhlé úpravy, ve kterých bude promítnuta nově i povodňová problematika.

## 2 Postupy identifikace povodňových rizik

Jednou z termínově nejbližších povinností, které ukládá Směrnice 2007/60/ES, je předběžné vyhodnocení povodňových rizik. Splnění této úlohy, která směřuje k vymezení území s tzv. významnou úrovní povodňového rizika, zajišťuje Ministerstvo životního prostředí ČR. V současné době jsou disponibilními podklady zejména údaje o stanovených záplavových územích a informace uvedené v plánech oblastí povodí. Nicméně potřeba objektivně rozlišit míru ohrožení povodňovým nebezpečím či identifikovat části území vystavené významnému povodňovému riziku vyžaduje vývoj a aplikaci dalších nástrojů.

Základními podmínkami hledaných přístupů jsou: možnost aplikovat jednotný postup na celém území ČR, poměrně snadná aktualizace, názorná interpretace. Zvolena byla prostorová analýza možných důsledků povodňového nebezpečí v záplavových územích pro vybraná hlediska. Výběr hledisek byl veden snahou o maximální možnou míru aproximace možného ohrožení obyvatel povodňovými rozlivy a odhad výše potenciálních materiálních škod. Volba parametrů hledisek je však současně silně podmíněna dostupností dat ze standardně v ČR provozovaných databází.

K řešení problematiky předběžného vyhodnocení rizik v ČR byla zvolena následující hlediska:

- počty trvale bydlících osob dotčené projevy povodňového nebezpečí – rozlivy,
- zastavěné plochy dotčené rozlivy,
- dopravní infrastruktura (silnice, dálnice, ulice).

Výběr hledisek současně určuje návrh postupu, který využívá následující základní prostorové databáze vstupující do procesu výpočtu:

- katastrální území obcí ČR (zdroj ČSÚ)
- záplavová území pro scénáře  $Q_{100}$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_5$  (zdroj VÚV T.G.M., v.v.i.)
- trvale bydlící osoby (zdroj ČSÚ)
- zastavěná plocha (zdroj ZABAGED)
- dopravní infrastruktura (zdroj ZABAGED)

Podrobnější specifikace užívaných databází je uvedena v následujícím textu.

### 2.1 Záplavová území

Záplavová území (ZÚ) jsou podle § 66 zákona č. 254/2001 Sb. administrativně určená území, která mohou být při výskytu přirozené povodně zaplavena vodou, a to při průtocích přesahujících kapacitu koryta toku. Stanovování záplavových území a obsah jejich evidence se řídí vyhláškami 236/2002 Sb. a 391/2004 Sb. Jednotlivá záplavová území na toku vyhláší příslušný vodoprávní úřad na základě podkladů dodaných správcí toku. Pro každý úsek vodního toku se zpracovává návrh záplavového území odpovídající přirozené povodni, a to pro průtoky s dobou opakování 5, 20 a 100 let.

Centrální evidence záplavových území je vedena ve Výzkumném ústavu vodohospodářském T. G. Masaryka, v.v.i., Praha, jako součást geografické databáze DIBAVOD a Hydroekologického informačního systému (HEIS).

Pořizování dat evidence záplavových území v současné době probíhá v těchto krocích: správce toku zpracuje na příslušném úseku toku návrh rozsahu záplavového území a podklady poskytne příslušnému vodoprávnímu úřadu; vodoprávní úřad stanoví (vyhlásí) záplavové území a předá podklady MŽP ČR; MŽP ČR provede evidenci a digitální data předává VÚV T.G.M., v.v.i., který podklady zpracovává a ukládá do datového skladu Informačního systému veřejné správy (ISVS – Voda) a do vlastního informačního systému.

Prioritně se záplavová území v současné době vyhláší pro tzv. významné vodní toky (VVT), jejichž seznam je stanoven vyhláškou MZe č. 470/2001 Sb. Úseky významných vodních toků jsou nyní v České republice stanoveny v celkové délce 15 536 km, jejich správu zajišťují státní podniky Povodí.

V roce 2008 byly provedeny analýzy implicitně s polygony záplavových území, které byly k dispozici k 28.1. 2008. Jedná se o vyhlášená záplavová území pro scénáře nebezpečí  $Q_{100}$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_5$  pro celé území ČR.

V průběhu roku 2008 byla prostorová databáze ZÚ doplňována o další postupně vyhlášená ZÚ a korigována s podklady poskytnutými jednotlivými podniky Povodí. Do procesu aktualizace stávající databáze vstupovaly komplikace charakteru nejednotných formátů nových polygonů ZÚ, topologických chyb a nepřesností v nových datech, nezdálo se bylo nutno konvertovat linie ZÚ na polygony. Uvedené důvody vedly k ne zcela hladkému průběhu procesu aktualizace.

Začátkem roku 2009 bude provedena aktualizace výpočtů s doplněnými a zpřesněnými daty ZÚ pro všechny scénáře (aktualizace generace 2). Výsledky obou generací výpočtů budou vyhodnoceny a vzájemně porovnány.

## 2.2 Počet trvale bydlících osob

Základ geodatabáze tvoří dvě geografické vrstvy „Budova, blok budov“ a „Sčítací obvody“ z Registru sčítacích obvodů, který provozuje Český statistický úřad (ČSÚ). Primárně se jedná o zdroj informací o počtech bytů a trvale bydlících osob. Výchozím stavem informací o počtu trvale bydlících osob v zónách podléhajících povodňovému ohrožení jsou údaje ze Sčítání lidu, domů a bytů (SLDB), které probíhá na území ČR jednou za 10 let (naposledy k 1. 3. 2001). Ke stanovení meziroční změny v počtu trvale bydlících osob dotčených povodňovými rozlivy je využita evidence budov ČSÚ, kde jsou mimo jiné zaznamenány i počty bytů v budově. S využitím informací o hustotě obyvatel na byt v rámci, tzv. sčítacího obvodu je tak možné provést odhad počtu obyvatel v každé budově.

## 2.3 Hodnota majetku

K odhadu hodnoty majetku dotčeného projevy povodňového nebezpečí byl použit postup, který vázal hodnotu fixních aktiv za rok 2006 na zastavěné plochy a délku dopravní infrastruktury v obcích, jejichž katastrální území byla dotčena rozlivy jevů s dobou opakování 5, 20 a 100 let. Proto aby mohl být uplatněn zmíněný postup, byly vytvořeny dvě samostatné geodatabáze, a to:

- Zastavěná plocha
- Dopravní infrastruktura

### Zastavěná plocha

Geodatabáze „Zastavěná plocha“ je vytvořena z vybraných vrstev prostorové databáze ZABAGED, která je spravována a aktualizována Českým úřadem zeměměřickým a katastrálním (ČÚZK) jako součást informačního systému veřejné správy.

Jedná se o následující vybrané geografické vrstvy: Budova, blok budov; Účelová zástavba; Elektrárna; Parkoviště; Letiště.

### Dopravní infrastruktura

Informace o dopravní infrastruktuře jsou pro účely tohoto nástroje rovněž získávány z geografické databáze ZABAGED, a to z následujících vrstev: Silnice, dálnice; Ulice; Cesty.

## 2.4 Postupy výpočtu parametrů hledisek

Před samotným procesem výpočtu bylo potřebné upravit subdatabázi „Zastavěná plocha“, konkrétně vrstvy „Budova, blok budov“ a „Účelová zástavba“. Vrstvy se částečně překrývají, např. v zemědělských, či průmyslových areálech účelové zástavby se můžou nacházet budovy z vrstvy Budova, blok budov. Tyto překryvy bylo nutné eliminovat, aby nedocházelo k duplicitám.

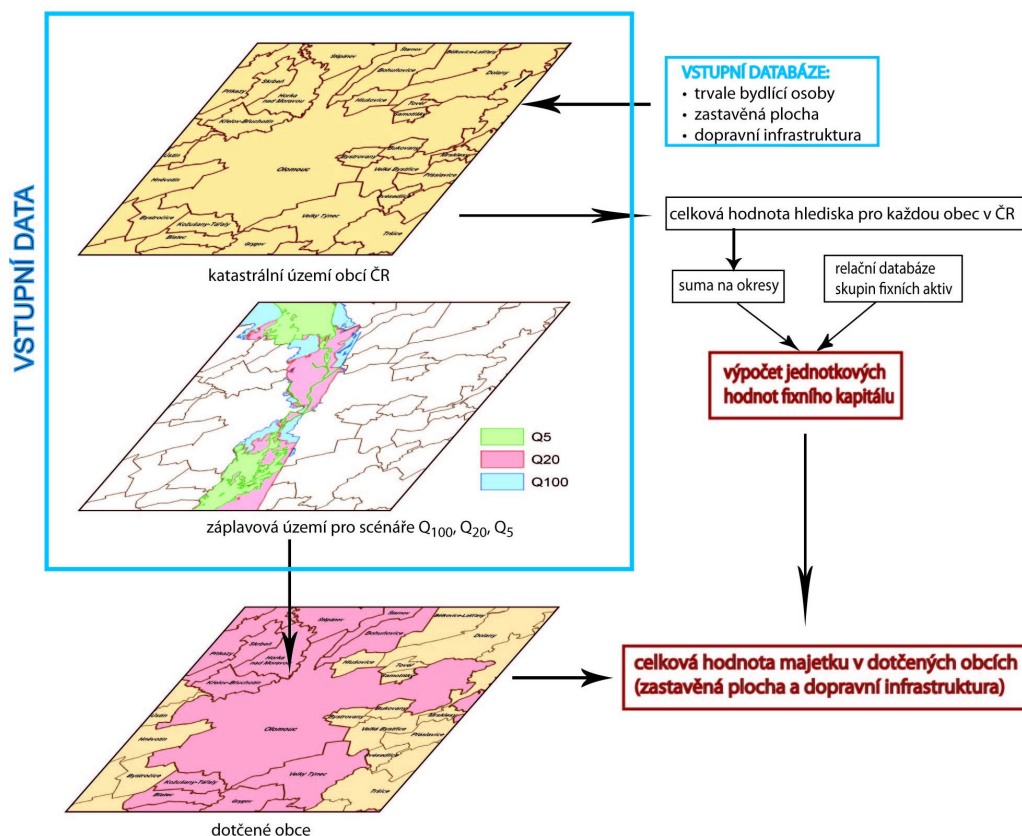
Na základě hledisek vybraných pro předběžné vyhodnocení povodňových rizik v ČR, byly v dalším řešení stanoveny následující parametry a veličiny:

- počty trvale bydlících osob;
- celková hodnota majetku (fixní aktiva)
  - zastavěná plocha;
  - dopravní infrastruktura;
- průměrná roční ztráta (riziko) - trvale bydlící osoby/hodnota majetku dotčené povodňovým nebezpečím v průměru za rok.

První fáze výpočtu (schéma na obr. 1) byla zaměřena na identifikaci obcí dotčených povodňovými rozlivy  $Q_{100}$ ,  $Q_{20}$  a  $Q_5$  a na stanovení jednotkových hodnot skupin fixních aktiv.

Geodatabáze hledisek trvale bydlících osob, zastavěné plochy a dopravní infrastruktury byly doplněny o odpovídající identifikátory obcí, následnou agregací byly získány celkové hodnoty parametrů hledisek pro každou obec v ČR. Následnou sumací podle okresů a propojením v relační databázi jednotlivých skupin fixních aktiv a jejich celkových hodnot v rámci okresů (zdroj ČSÚ) byly vypočteny hodnoty majetku: na jednotku zastavěné plochy a na jednotku délky silniční dopravní infrastruktury pro každý okres.

Jako další krok byla provedena prostorová analýza KÚ obcí ČR s rozlivy scénářů s dobou opakování 5, 20 a 100 let.



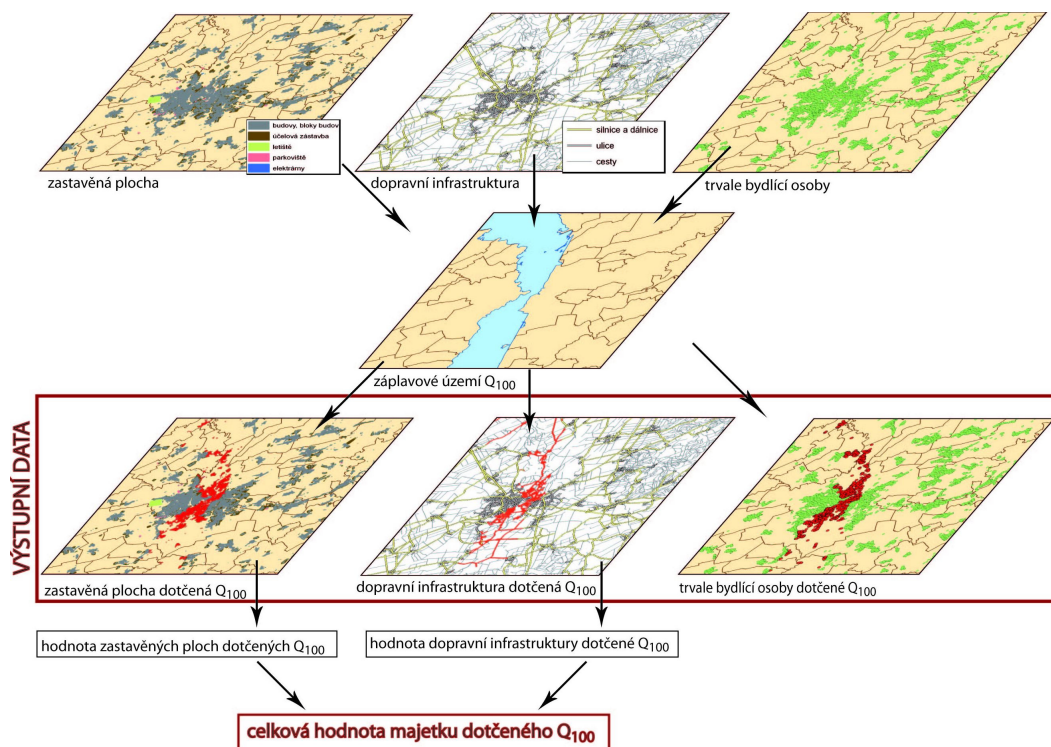
Obr. 1. Výpočet celkových hodnot

Vrstva znázorňující KÚ obcí dotčených jednotlivými rozlivy vstupovala do druhé fáze výpočtů schématicky znázorněné na obr. 2. Proběhla kvantifikace parametrů hledisek pro jednotlivé scénáře povodňového nebezpečí, výpočet hodnoty majetku v dotčených obcích a hodnoty majetku dotčeného rozlivy v dotčených obcích pro každý povodňový scénář zvlášť. K výpočtu hodnoty majetku byly využity jednotkové hodnoty skupin fixních aktiv (za rok 2006), které byly získány v první fázi procesu.

Závěrečná fáze výpočtů byla zaměřena na stanovení tzv. průměrné roční ztráty, tj. počtu osob a hodnoty majetku dotčených projevy povodňového nebezpečí v průměru za rok. Výpočet roční ztráty vycházel z definice rizika.

Riziko (R) se vyjadřuje pravděpodobností výskytu nežádoucího jevu, který má za následek nepříznivé účinky na životy, zdraví, majetek nebo životní prostředí. Základními kroky při zjišťování, posuzování a hodnocení povodňového rizika i potenciálu povodňových škod jsou

- identifikace scénářů nebezpečí (výskyt nežádoucího jevu);
- odhad pravděpodobnosti výskytu nepříznivých událostí (scénářů nebezpečí);
- stanovení zranitelnosti a kvantifikace dopadů;
- kvantifikace rizika.



Obr. 2. Výpočet dotčených hledisek pro  $Q_{100}$  (analogicky i pro  $Q_{20}$  a  $Q_5$ )

Riziko je v rámci tohoto přístupu definováno jako  $n$ -tice vektorů (Tichý, 1994):

$$R_i \equiv (Sc_i, P_i, D_i), i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

kde

- $Sc$  scénář nebezpečí,
- $P$  pravděpodobnost výskytu scénáře nebezpečí,
- $D$  následky (poškození, škoda), vyjádřené ve vhodných jednotkách.

Všechny tyto veličiny jsou časově závislé, neboť jak scénář nebezpečí, tak pravděpodobnost jeho výskytu a škoda se mohou v čase měnit. V souladu s uvedenou obecnou definicí je možné dílčí riziko  $R_i$  vyplývající z realizace  $i$ -tého scénáře nebezpečí určit například ze vztahu:

$$R_i = P_i \cdot D_i \quad (2)$$

Celkové riziko  $R$  z realizace  $n$  statisticky nezávislých scénářů nebezpečí je možné určit ze vztahu:

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \cdot D_i, \quad (3)$$

resp.

$$R(D) = \int_0^{\infty} D(u|O) \cdot g(u) \cdot du. \quad (4)$$

$D(u|O)$  je funkce následků,  $u$  je kvantifikátor události závislý na vektoru opatření a rozhodnutí  $O$  (výška ochranné hráze podél toku, včasná evakuace, apod.), který ovlivňuje následky extrémní události,  $g(u)$  je hustota pravděpodobnosti výskytu události (scénáře nebezpečí) s následky  $D(u|O)$ . Rovnice (4) vyjadřuje, tzv. střední (očekávanou) hodnotu „odolnosti“. Riziko  $R$  se přitom vztahuje k referenční době, pro kterou byly hodnoty  $P_i$ , resp. hustota pravděpodobnosti  $g(u)$  a následky (škoda)  $D_i$  stanoveny. Referenční dobu lze uvažovat například jako dobu životnosti objektů v záplavovém území nebo jako smluvně stanovenou četnost zaplavení s ohledem na charakter zástavby v potenciálně záplavovém území.

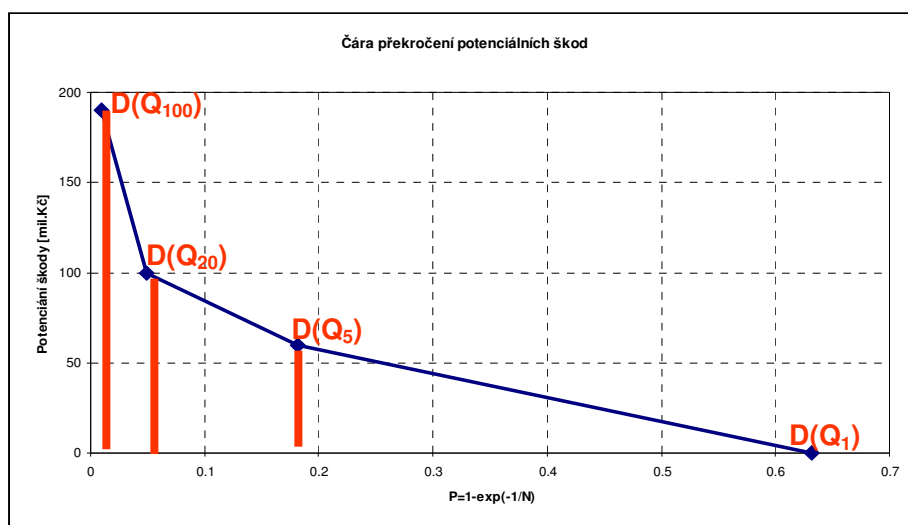
V našem případě byl použit vztah (3), kde

$$P_i = 1 - e^{-\frac{1}{N}}. \quad (5)$$

Hodnotě integrálu ze vztahu (4) odpovídá plocha ohraničená modrou linií a osami  $x$ ,  $y$  na obr. 3. Aproximace roční ztráty je v tomto případě určena na podkladě scénářů nebezpečí  $Q_{100}$ ,  $Q_{20}$ ,  $Q_5$  při kterých dochází k negativním dopadům povodní. V případě  $Q_1$  byl přijat předpoklad, že ke škodám nedochází, resp. dopady  $D(Q_1)$  jsou nulové.

Další nezbytné analýzy směřovaly k získání objektivních údajů nezbytných pro nalezení vhodných kritérií, pomocí kterých budou vymezeny oblasti s významným povodňovým rizikem. Zpracování výsledků jednotlivých analýz nad daty za celou ČR a jejich následné vizualizace směřovaly k následujícím charakteristikám:

- absolutní vyjádření dopadů scénářů nebezpečí v dotčené obci,
- poměrné vyjádření dopadů scénářů nebezpečí v dotčené obci,
- sumace (agregace) hodnot dotčených hledisek podle správního členění (bývalé okresy, kraje),
- sumace (agregace) hodnot dotčených hledisek podle hydrologického členění (povodí 3. řádu, oblasti povodí),
- kombinace vícero hledisek se stanoveným (zadaným) kritériem výběru.



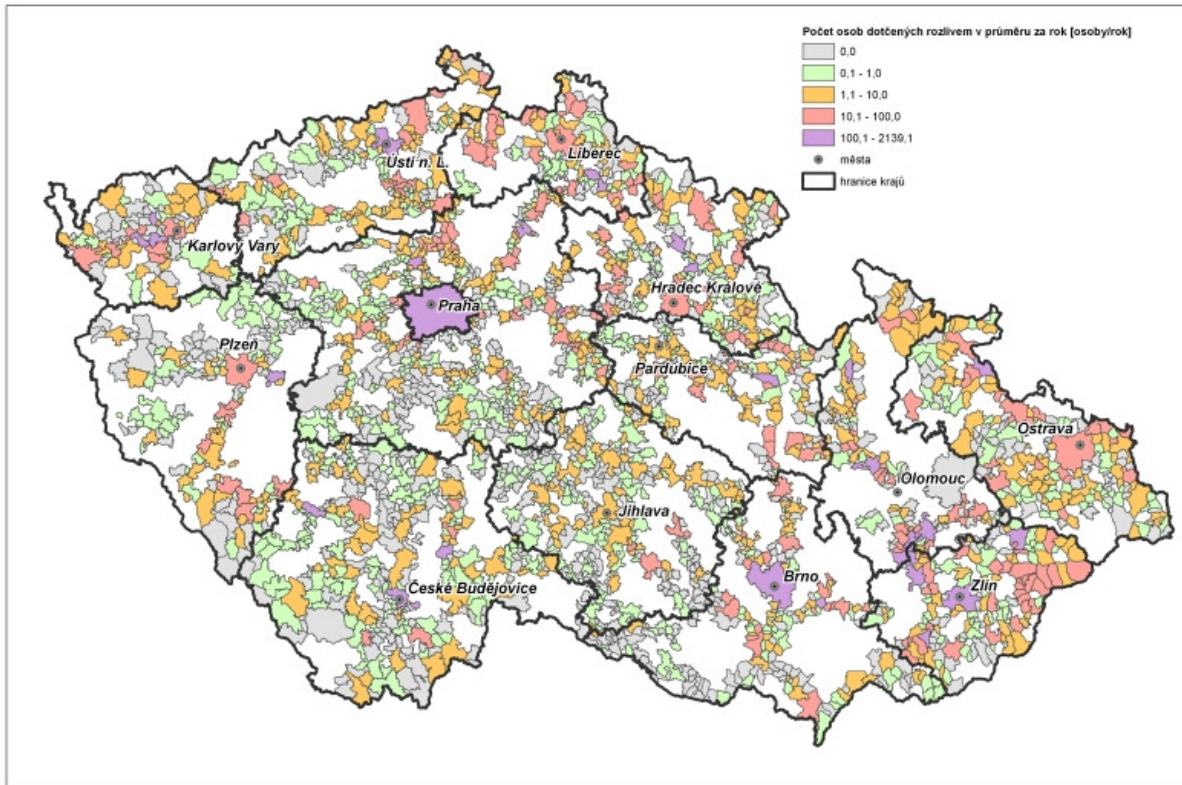
Obr. 3 Příklad aproximace stanovení roční ztráty (rizika, pro  $T=1$  rok)

### 3 Výsledky a hodnocení

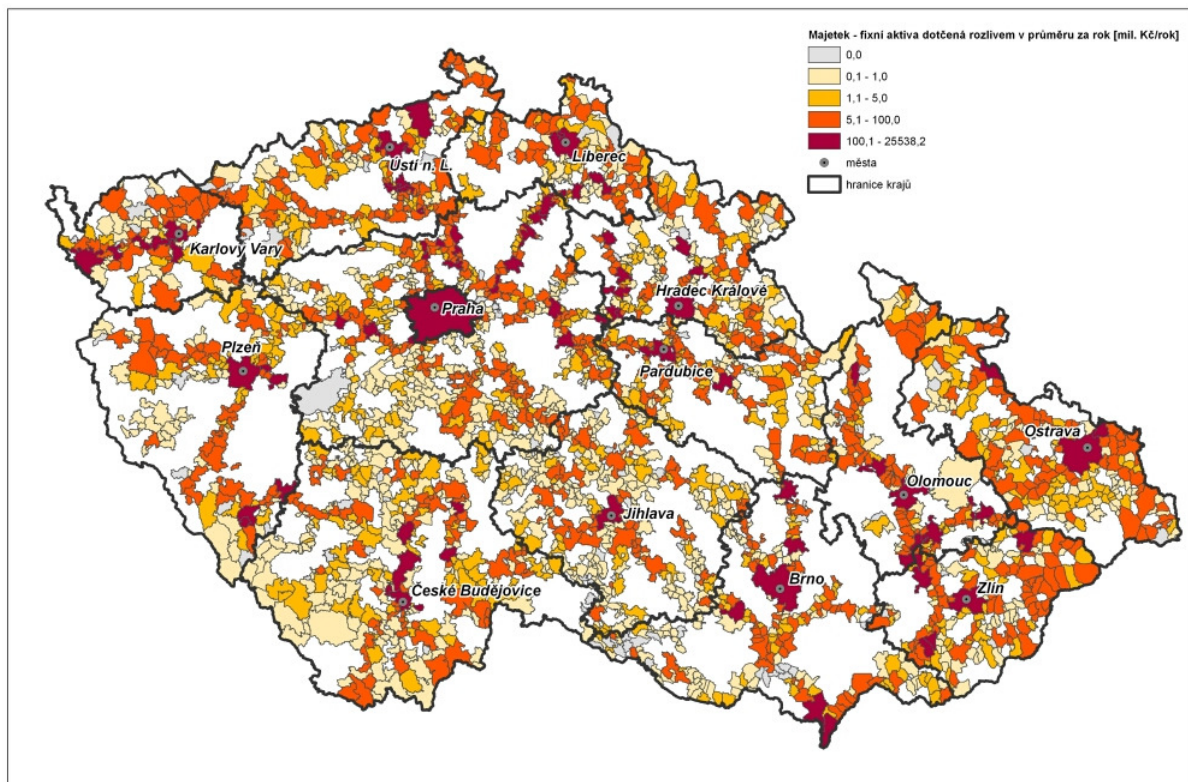
Dosažené souhrnné výsledky dobře ilustruje tabulka 1, která obsahuje jednoduché statistiky parametrů sledovaných hledisek v průniku scénáře nebezpečí  $Q_{100}$ . Z pohledu směrnice 2007/60/ES se jedná z hlediska četnosti výskytu o reprezentanta středních situací. Z dostupných údajů (generace 1) vyplývá, že rozlivy jevů s pravděpodobností výskytu 1 % mohou být dotčena katastrální území 2636 měst a obcí v ČR. Celkový počet obyvatel těchto obcí představuje 80% podíl obyvatel České republiky.

Tab. 1 Vybraná hlediska hodnocení a výsledky za ČR pro scénář nebezpečí  $Q_{100}$

	Hledisko				Hodnota majetku - fixní aktiva [mil. Kč] rok 2006		
	KÚ obcí	Trvale bydlící osoby	Komunikace [km]	Zastavěné plochy [ha]	Komunikace	Zastavěné plochy	Majetek celkem
<b>Celkem za ČR</b>		10 160 406	388 950	185 091	855 932	11 561 004	12 416 936
<b>Dotčeno rozlivem <math>Q_{100}</math> - počet obcí</b>	2636	1575	2463	2160			
<b>Celkem v obcích dotčených rozlivem <math>Q_{100}</math></b>		8 135 217	221 121	128 145	498 230	9 155 227	9 653 456
<b>Dotčeno rozlivem <math>Q_{100}</math></b>		377 602	10 288	10 194	25 091	671 059	696 150
<b>Podíl v dotčených obcích [%]</b>		4.64	4.65	7.96	5.04	7.33	7.21



Obr. 4 Počet trvale bydlících osob v obcích dotčených povodňovým rozlivem v průměru za rok



Obr. 5 Hodnota majetku v obcích dotčená povodňovým rozlivem v průměru za rok

Hodnota majetku měst a obcí dotčených rozlivy Q100 pak dosahuje 78 % fixních aktiv ČR za rok 2006. Jednotlivá hlediska nelze uplatnit na všechny z 2636 měst a obcí, neboť bytové domy jsou dotčeny rozlivy v 1575 obcích, komunikace v 2463 případech a zastavěné plochy pak v 2160 městech a obcích.

Existuje také nezanedbatelná množina měst a obcí, pro které není vyhodnoceno žádné ze zvolených hledisek, protože rozlivem byla dotčena „pouze“ zemědělská či lesní půda.

Nicméně pohled na míru povodňového ohrožení v ČR více objektivizuje vyjádření možných dopadů povodní pomocí ročních ztrát. Zohledňují totiž již uplatněnou míru ochrany, resp. podíl již sníženého rizika. Důsledná aplikace těchto metrik pak umožňuje přijímat rozhodnutí o naléhavosti řešení ochranných opatření v konkrétních lokalitách.

Popisované výsledky ilustrují mapky na obr. 4 a 5. Bílé plochy představují lokality, pro které nebyly v době analýz dostupné informace o rozlivech scénářů nebezpečí Q<sub>100</sub>, Q<sub>20</sub>, Q<sub>5</sub>.

## 4 Závěr

Popsaná úloha je řešena v rámci procesu implementace směrnice 2007/60/ES v ČR a výsledky mají posloužit k identifikaci oblastí s potenciálně významnými povodňovými riziky.

Nastíněný postup je jednou z možností, jak objektivizovat problematiku identifikace a vymezení předběžných povodňových rizik na základě hledisek o počtech trvale bydlících osob, hodnotách majetku dotčených povodňovými rozlivy.

V dalším kroku je potřebné nastavit na národní úrovni kritéria, pomocí kterých budou vymezeny oblasti, kde je ohrožení povodněmi považováno ve smyslu směrnice 2007/60/ES za významné. Pro tyto oblasti pak bude nezbytné zpracovat podrobnější podklady o povodňovém nebezpečí, ohrožení a povodňovém riziku. Při rozhodování o případných protipovodňových opatřeních je třeba posoudit jejich efektivnost z hlediska snížení rizika z povodní a tímto způsobem optimalizovat využívání veřejných prostředků na zajišťování celostátně nebo regionálně srovnatelné standardní úrovně povodňové ochrany.

Předběžné vyhodnocení povodňových rizik a výběr oblastí s významným povodňovým rizikem se bude následně revidovat a aktualizovat v rámci cyklu procesu plánování v oblasti vod.

Výsledky šetření počtů trvale bydlících osob popř. bytů, zastavěných ploch atd. dotčených povodní v ohrožených oblastech ukazují, že ohrožení povodňovým nebezpečím z rozlivů vodních toků se týká méně než 5 % obyvatel ČR a cca 7 % hodnoty nemovitého i movitého majetku, který se nachází v záplavových územích. Uvedené souhrnné údaje jsou užitečné zejména v diskusi, která je vedena nad tématem stanovení standardu ochrany před negativními účinky povodní jako segmentu veřejných služeb v ČR. Údaje zjištěné pomocí analýz na dostupných datech na národní úrovni mohou přispět k doplnění argumentů, jak lépe a spravedlivě nastavit motivační prostředí v problematice povodňové prevence v ČR.

## Reference

DRBAL, K., A KOL. (2005). Návrh metodiky stanovování povodňových rizik a škod v záplavovém území a její ověření v povodí Labe. Brno: Ministerstvo životního prostředí ČR, 254 s.

DRBAL, K., ŠTĚPÁNKOVÁ, P. (2006). Návrh nástroje hodnocení účinnosti realizovaných preventivních opatření ochrany před účinky povodní – Zpráva za rok 2006. VÚV T.G.M., Brno, 37 s.

DRBAL, K., ŠTĚPÁNKOVÁ, P.: Problems Solved in Context of Flood Directive Implementation in the Czech Republic. In Brilly, M., Šraj, M. XXIVth Conference of the Danubian Countries. Bled, Slovinsko, 2.6.2008. Ljubljana : Slovenian National Committee for the IHP UNESCO, 2008, s. 52—57. ISBN 978-961-91090-2-1.

DZURÁKOVÁ, M., OŠLEJŠKOVÁ, J., DRBAL, K.: Možnosti vyjádření povodňového nebezpečí v souvislosti s implementací povodňové směrnice v ČR. In Molčíková, Hurčíková Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2008. Stará Lesná, Slovenská republika, 16.9.2008. Košice : ÚGKaGIS Košice, 2008, s. 161—168. ISBN 978-80-553-0079-5.

TICHÝ, M. (1994): Rizikové inženýrství. 1—Riziko a jeho odhad. Stavební obzor 9/94, s. 261—262