

# RIZIKA BLESKOVÝCH POVODNÍ A EROZE – VÝZVY PRO ÚZEMNÍ PLÁNOVÁNÍ SPOJENÉ S DOPADY KLIMATICKÝCH ZMĚN

Petr Kavka, Simona Vondráčková, Josef Krása, Tomáš Dostál, Jiří Kupka

*Adaptace sídel a jejich okolí na klimatickou změnu je současnou výzvou pro územní plánování. Vlivem zvyšující se průměrné teploty narůstá počet dní s deficitem vody a zároveň počet intenzivních krátkodobých srážek, které ohrožují sídla, jejich infrastrukturu a okolní krajinu. Územně plánovací dokumentace by měla v souladu s cíli a úkoly územního plánování připravit územní podmínky pro hospodárné využívání území a předcházení dopadům změn klimatu. Návrhy by měly být v souladu s přírodními územními podmínkami a s ohledem na již identifikovaná rizika v území. Článek nastiňuje možné problémy a konflikty spojené s odtokovými poměry a územním rozvojem. Představuje dostupné nástroje a podklady pro identifikaci možných rizik a problémů v území včetně implementace vhodných opatření prostřednictvím územně plánovacích nástrojů.*

## Úvod

Během zcelování zemědělského půdního fondu v období socialismu zmizely tisíce krajinných prvků transformující a přerušující povrchový odtok. Důsledkem jsou stále přetrvávající extrémní projevy eroze a transportu sedimentu. Ty pak způsobují zanášení koryt vodních toků, rybníků a vodních nádrží, poškozování infrastruktury a sídel. S postupujícím extenzivním rozvojem obcí a rozrůstáním a srůstáním sídel v posledních dekádách se zvyšují škody spojené s povrchovým odtokem a bleskovými povodněmi. Je třeba si uvědomit, že řadu přírodních procesů lze snadno predikovat. Jejich přehlížení, popírání nebo nerespektování pak může vést buď k rozsáhlým škodám nebo vysokým dodatečným nákladům spojeným s budováním ochranných opatření sídel a infrastruktury.

S využitím geografických informačních systémů a analýz digitálního modelu terénu, podrobných map využití území, údajů o vegetačním krytu a půdních podmínkách je možno území analyzovat a identifikovat lokality, kde může docházet ke konfliktu mezi odtékající vodou, erozním smyvem a zástavbou. V případě existující zástavby je pak možno zvažovat implementaci ochranných opatření – od změny ve využití zdrojových pozemků až po budování technických opatření k ochraně zastavěného území.

## Územní plánování a řešení důsledků klimatických změn

Cílem územního plánování je dle zákona č. 283/2021 Sb. (stavební zákon) mimo jiné chránit krajinu jako podstatnou složku prostředí života obyvatel a základ jejich totožnosti. Územní plánování tedy určuje podmínky pro hospodárné využívání zastavěného území, zajišťuje ochranu nezastavěného území a ochranu a rozvoj zelené infrastruktury. Úkolem územního plánování je pak mimo jiné prověřovat a posuzovat potřebu změn v území, jejich přínosy, problémy a rizika s ohledem na ochranu veřejných zájmů a hospodárné využívání území, vytvářet a stanovovat podmínky pro snižování nebezpečí v území, zejména před účinky povodní, sucha, erozních jevů a extrémních teplot, a uplatňovat požadavky na adaptaci sídel a uspořádání krajiny vyplývající ze změny klimatu [zákon č. 283/2021 Sb.]. Územní plánování by tedy mělo vytvářet podmínky pro účelné řešení problémů způsobených klimatickými změnami, ale i nešetrným využíváním území. Již národní strategický územně plánovací nástroj – Politika územního rozvoje České republiky (Úplné znění závazné od 1. 3. 2024), dále jen PÚR ČR, ukládá republikovou prioritu (25) „Vytvářet podmínky pro preventivní ochranu území a obyvatelstva před potenciálními riziky a přírodními katastrofami v území (záplavy, sesuvy půdy, eroze, sucho atd.) s cílem jim předcházet a minimalizovat jejich negativní dopady. Zejména zajistit územní ochranu ploch potřebných pro

umístování staveb a opatření na ochranu před povodněmi a pro vymezení území určených k řízeným rozlivům povodní. Vytvářet podmínky pro zvýšení přirozené retenční srážkových vod v území a využívání přírodně blízkých opatření pro zadržování a akumulaci povrchové vody tam, kde je to možné s ohledem na strukturu osídlení a kulturní krajinu, jako jedno z adaptačních opatření v případě dopadů změny klimatu. V území vytvářet podmínky pro zadržování, vsakování i využívání srážkových vod jako zdroje vody a s cílem zmírňování účinků povodní a sucha. Při vymezení zastavitelných ploch zohlednit hospodaření se srážkovými vodami.“ [PÚR ČR, 2024]. Zároveň je tímto dokumentem stanovena specifická oblast (SOB9 Specifická oblast), ve které se projevuje aktuální problém ohrožení území suchem, ze které vyplývají určité úkoly pro územní plánování, mimo jiné vytvářet územní podmínky pro podporu přirozeného vodního režimu v krajině a zvyšování jejich retenčních a akumulačních vlastností, zejm. vytvářením územních podmínek pro vznik a zachování odolné stabilní vyvážené pestré a členité krajiny [PÚR ČR, 2024].

Krajskou územně plánovací dokumentací jsou zásady územního rozvoje. Ty stanovují mimo jiné koncepci rozvoje území kraje a rozvoje a ochrany jeho hodnot [zákon č. 283/2021 Sb.]. Na území obce se pak pořizuje územní plán a ten je vzhledem k měřítku zpracování vhodným územně plánovacím nástrojem, kterým lze koncepčně řešit problémy spojené s klimatickými změnami.

nami. Územní plán stanovuje mimo jiné základní koncepci rozvoje území obce, vyjádřenou zejména v cílech zlepšování jeho dosavadního stavu a požadavcích na rozvoj a ochranu jeho hodnot a koncepci uspořádání krajiny, jejíž součástí je i vymezení ploch s rozdílným způsobem využití, ploch změn v krajině a stanovení podmínek pro jejich využití, vymezení a stanovení podmínek pro zelenou infrastrukturu včetně územního systému ekologické stability (ÚSES), prostupnost krajiny, protierozní opatření, ochranu před povodněmi a suchem, rekreaci a dobývání ložisek nerostných surovin.

Do územního plánování tak vstupuje multidisciplinární pohled na řešené území, který zohledňuje všechny aspekty včetně přírodních podmínek území. Dopady klimatických změn a přírodní rizika území je tak vhodné řešit již na této koncepční úrovni předcházející další (podrobnější) činnosti.

Přetrvávajícím problémem územních plánů je častá absence důsledného řešení krajiny. Důraz je obvykle kladen zejména na zastavěná území, přičemž koncepce uspořádání krajiny, jako nedílná součást územního plánování, pouze přebírá údaje z koncepcí na úrovni krajů, případně z územně plánovacích podkladů posuzujících území v podstatně menším detailu, než by byla pro zajištění zdravé vodní bilance území potřebná. Tento deficit územních plánů se postupně mění se zvyšujícím se tlakem na potřebu řešení adaptace území na klimatické změny. Stále více zpracovatelů územních plánů zaměřuje svoji pozornost na řešení problémů v krajině, navrhuje plochy změn v krajině pro zvýšení biodiverzity a rozmanitosti krajiny, ale také pro zajištění prostupnosti území a vytvoření podmínek pro nové hodnoty krajiny.

Na území některých obcí se územně plánovací do-

kumentace mění společně s realizací projektů komplexních pozemkových úprav. V takových případech je nezastavěné území analyzováno podstatně podrobněji a pozemky pro potřebná navržená společná opatření jsou přímo zahrnuty do územních plánů formou ploch změn v krajině. Výhodou je, že jsou již dané pozemky majetkoprávně vypořádány. Přesto komplexní pozemkové úpravy nejsou jedinou možností, jak pracovat s analýzou krajiny a zamýšlet se nad riziky spojenými s klimatickou změnou a budoucím vývojem. Územní plánování by mělo reflektovat strategické cíle dané PÚR ČR a zdravá krajina by určitě měla být jednou z priorit správných strategií rozvoje každé obce.

### Dopady klimatických změn na území

I přes jasné dosavadní projevy změny klimatu a stále potvrzovaný negativní trend vývoje v globálním měřítku i v měřítku ČR je obtížné přesně predikovat vývoj klimatu na našem území. Těmito predikcemi se zabývá velké množství vědeckých týmů, v rámci ČR pak zejména Ústav výzkumu globální

změny AV ČR, v. v. i. ([www.czechglobe.cz](http://www.czechglobe.cz)). Základním projevem klimatické změny je nárůst globální teploty. Dosavadní predikované trendy vývoje je možno sledovat na webu ClimRisk ([www.climrisk.cz](http://www.climrisk.cz)) a jejich dopady na vodní bilanci na webu RIGH Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka ([shiny.vuv.cz/RIGH/](http://shiny.vuv.cz/RIGH/)) a v mapách dostupných na webu RAIN Fakulty stavební ČVUT v Praze ([rain.fsv.cvut.cz/klima/](http://rain.fsv.cvut.cz/klima/)). I přes nejistoty spojené s modelováním jsou zjevné dopady globálního růstu teploty, a tím vyšší množství energie akumulované v atmosféře, což vede k intenzivnějším a krátkodobějším srážkovým epizodám. Proto je výše uvedená republiková priorita v rámci PÚR ČR zcela na místě a stále urgentnější. Projevy klimatických změn budou zejména ve větší extremitě přírodních procesů, což má za následek v zvýšení rizika rychlého odtoku, eroze a transportu sedimentů.

### Rizika rychlého odtoku

Zásadním dopadem klimatických změn v ČR je zvýšená pravděpodobnost intenzivních srážek, které vedou k rychlému



Vlevo je blesková povodeň na Boskovicku [Skořepa, 2020], vpravo v obci Brzice [obec Brzice, 2021]



Povrchový odtok a vodní eroze u Víně [Mach, 2018] a u Býkovic [Kavka, 2022]



Dopady povrchového odtoku a transportu sedimentu z budovaného náspu [Kavka, 2020]

povrchovému odtoku. Povrchový odtok vzniká, když množství srážek překročí retenční schopnost půdy, což je způsobeno nejen intenzitou deště, ale také nízkou infiltrací vody do půdy. V krajině se jedná hlavně o problematiku zemědělských půd, které jsou intenzivně využívány.

### Rizika eroze a transportu sedimentu

Vedle rizika vzniku povrchového odtoku je důsledkem klimatických změn zvýšená eroze a následný transport sedimentů. Erozně ohrožená je primárně intenzivně využívaná orná půda. Adaptace zemědělství spočívá zejména v diverzifikaci plodin a osevních postupů, v prosazování agrotechnických operací zvyšujících množství organické hmoty v půdě a v nárůstu podílu trvale zatravněných ploch na rizikových lokalitách. Také současná krajina s nedostatečně členěným prostorovým uspořádáním není uzpůsobená na projevy klimatických změn.

Problematika eroze se týká také infrastrukturních staveb, zejména pak svahů a násypů liniových staveb (silnice, železnice). K erozi dochází také při terénních pracích. Ochrana těchto konstrukcí je řešena nejčastěji plošným technickým opatřením pomocí geotextilií. Způsobem návrhu pro silniční stavby se zabývá TP53 [ŘSD, 2023].

### Dopady na rozvoj území

Výše uvedená rizika způsobují čím dál víc problémy i v sídlech. Zastavěná území jsou atakována bleskovými povodněmi a erozními smyvy. Nejohroženější jsou části sídel v bezprostřední blízkosti zemědělsky využívané půdy. Riziko se zvyšuje vymezováním zastavitelných ploch v nevhodných lokalitách a absencí návrhu ochranné zeleně. Zároveň samotná sídla představují riziko zvýšeného odtoku ze zastavěného území do krajiny, tím dochází k zanášení vodních toků a ploch a ke škodám na zemědělské půdě. Efektivní plánování a implementace adaptačních opatření v zastavěném území, jako je zvýšení propustnosti povrchů a budování retenčních prvků, jsou klíčové pro snížení dopadů zvýšených odtoků ze zastavěného území.

Z dlouhodobého pohledu možných adaptačních strategií je vhodné zahrnout do územního plánování identifikovaná rizika odtoku a eroze a snížit tak jejich možné negativní dopady na sídla.

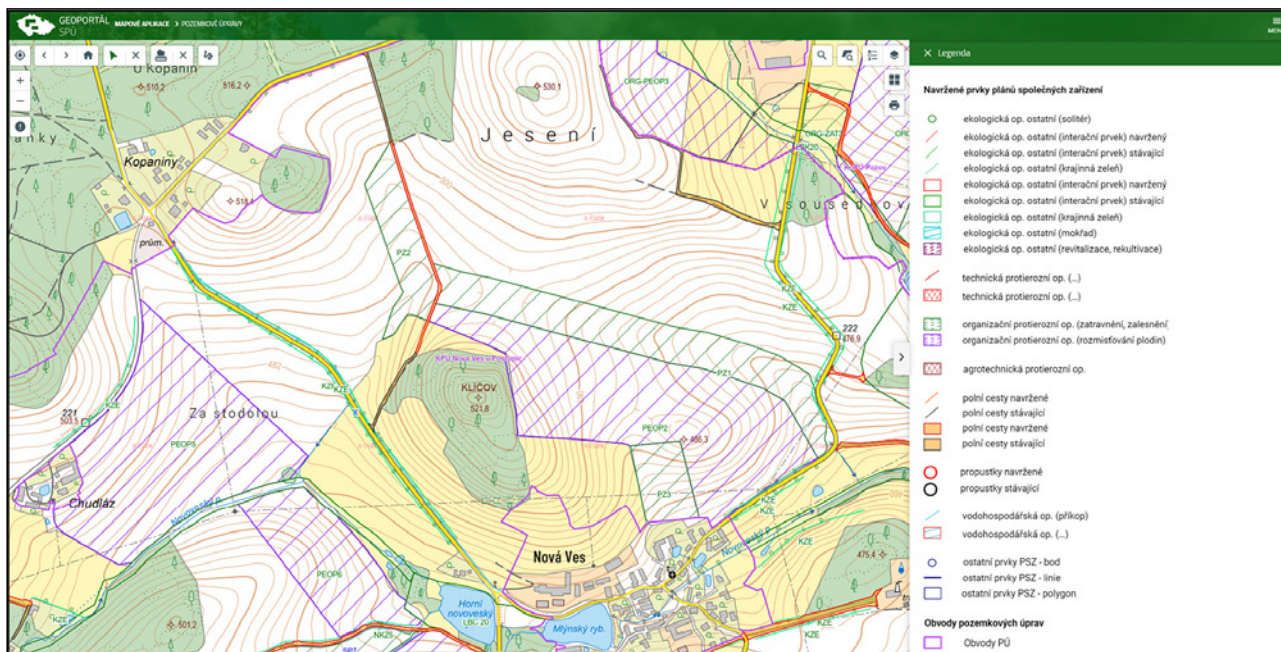
### Nástroje a podklady pro plánování rozvoje sídel a uspořádání krajiny

#### A. Komplexní pozemkové úpravy

Vedle územního plánování jsou jedním z nejdůležitějších nástrojů umožňujících

návrh a realizaci adaptačních opatření včetně krajinných prvků a ochranných opatření do krajiny komplexní pozemkové úpravy (KPÚ). Komplexní pozemkové úpravy jsou nástrojem pro změnu uspořádání a využití zemědělské půdy a umožňují nejen změny ve vlastnických vztazích, ale i aplikaci vodohospodářských opatření a opatření pro ochranu zemědělské půdy. Součástí pozemkových úprav jsou takzvaná společná zařízení, jako jsou zasakovací a záchytné příkopy, retenční nádrže a prvky ÚSES. Pomocí těchto prvků lze zajistit efektivní ochranu zastavěného území před extrémními dopady změn klimatu. Důležitá je kooperace obecních zastupitelstev, angažovanost vlastníků zemědělského půdního fondu, ale i developerů prosazujících stavební záměry v řešených územích.

Komplexní pozemkové úpravy jsou zpracovány v souladu s územními plány. Plán společných zařízení musí být v souladu s územně plánovací dokumentací [viz § 9 odst. 15 zákona č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění pozdějších předpisů]. Komplexní pozemkové úpravy tedy navazují na navrženou koncepci uspořádání krajiny v územních plánech. Zároveň jsou významným a neopominutelným podkladem pro zpracování územního plánu (nebo jeho změny), zvláště pokud územnímu plánu dosud chybí jasná konkrétní koncepce řešení krajiny zahrnující i řešení před negativními vlivy klimatických změn v krajině. Lze z nich využít do koncepcí navrhované přístupové (účelové) komunikace pro řešení prostupnosti území, návrhy ploch změn v krajině (pro ochranu zastavěného území před erozemi, povodněmi atd.), prvky zeleně v krajině, prvky ÚSES apod. Vzhledem k tomu, že účelem komplexních pozemkových úprav je funkční a prostorové uspořádání pozemků a zajištění podmínek pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, lesní hospodářství a vodní hospodářství, řešení odtokových poměrů v krajině a zvýšení ekologické stability krajiny [Pozemkové úpravy, 2022], jsou významným podkladem pro zpracování koncepce uspořá-

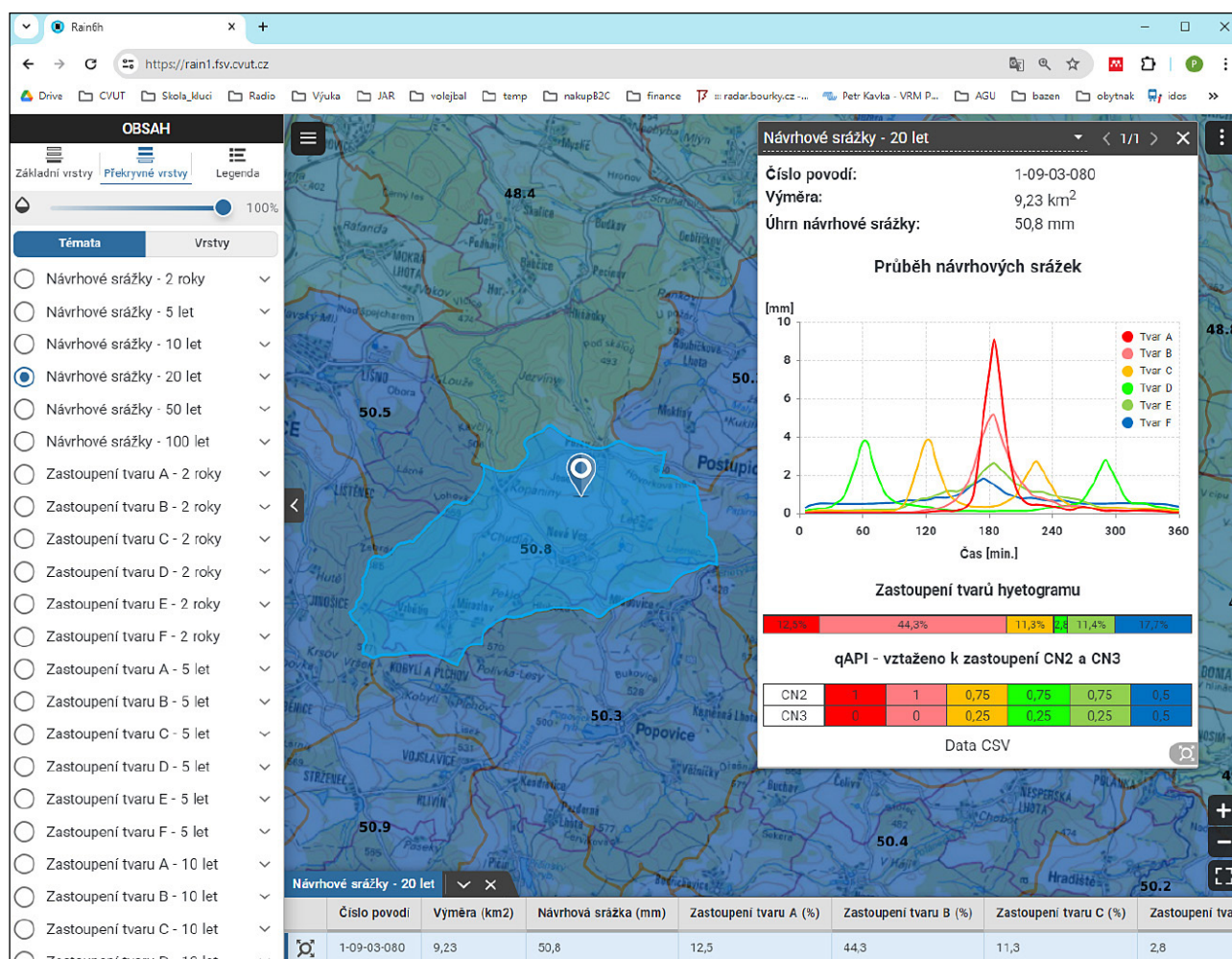


Navržené prvky společných zařízení na Geoportálu SPÚ [Geoportál SPÚ, 2022]

dání krajiny. Je však nutné si uvědomit, že podrobnost zpracování KPÚ je odlišná od zpracování územních plánů

obcí a jsou zpracovány zpravidla pouze na část správního území obce. Je tak úkolem právě zpracovatele územního

plánu, aby do svých koncepcí převzal z KPÚ taková opatření, která odpovídají navrženým koncepcím územního plá-



Ukázka dostupných dat návrhových srážek [RAIN @ FSV ČVUT v Praze]

nu a v podrobnosti odpovídající územnímu plánu, případně aby upozornil na případné problémy vyplývající např. z absence návaznosti na okolní území. Přehled pozemkových úprav na území České republiky je dostupný na portálu eAGRI [Pozemkové úpravy, 2021] nebo na [Geoportál SPÚ, 2022].

## B. Podklady týkající se povodní

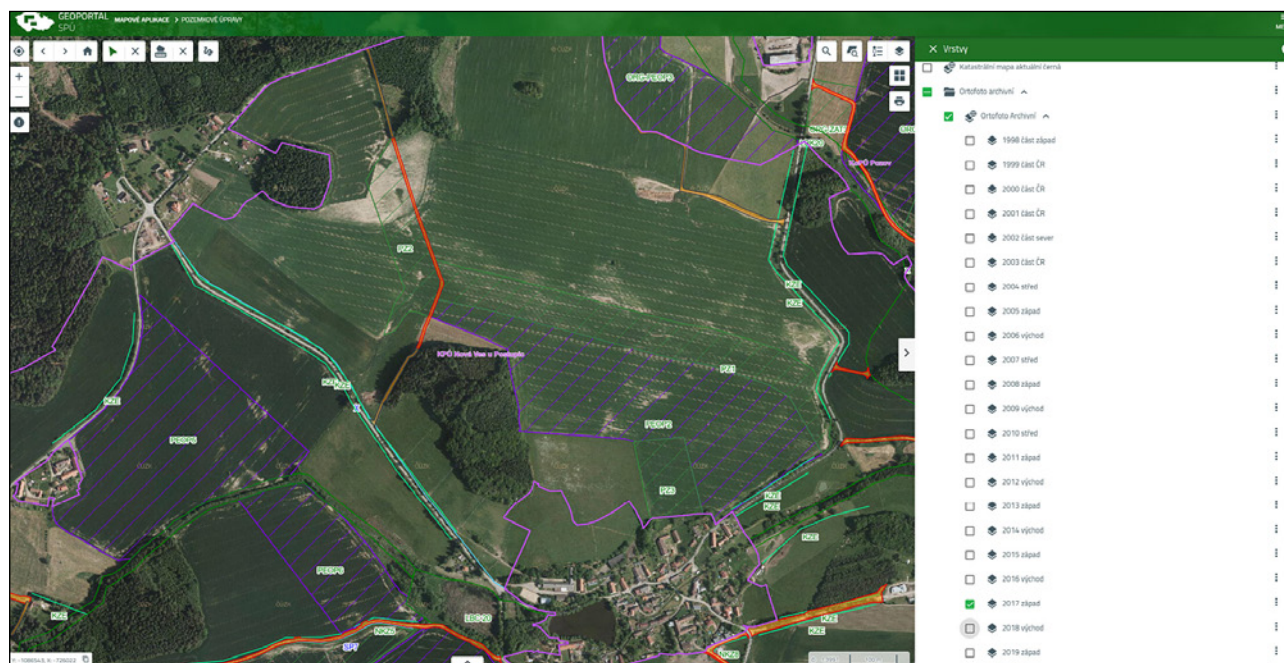
Pro potřeby územního plánování je základním předpokladem znalost odtokových poměrů řešeného území, které je vymezeno nejen hranicí katastrálního území, ale především hranicí povodí. Povodně a protipovodňová opatření na významných vodních tocích jsou relativně dobře zmapované a zejména od nejvýznamnější novodobé povodně z roku 2002 byla realizována řada opatření na ochranu obcí před rozlivem. Naproti tomu bleskové povodně z malých povodí a na ně navázaná vodní eroze jsou v rámci stanovení limitů rozvoje obcí řešeny málo, byť představují významné riziko škod. Malá zdrojová (neprůtočná) povodí s plochou do velikosti 5 km<sup>2</sup> svou rozlohou pokrývají 80 % plochy ČR. Jejich vymezením a klasifikací z hlediska možné odtokové odezvy se zabýval Kavka [Kavka, 2021; 2023]. Takto vymezená povodí jsou dostupná na datovém portálu RAIN (rain.fsv.cvut.cz).

Specifikem těchto odtoků je mimořádná rychlost hydrologické odezvy. Nástroji pro stanovení průtoků a objemů odtoku jsou hydrologické modely, pomocí kterých tyto parametry získáme na základě návrhových srážek a charakteristik zdrojového povodí. Metoda odtokových křivek SCS-CN [USDA-SCS, 1986] ve spojení s jednotkovým hydrogramem je v českých podmínkách jeden z nejpoužívanějších empirických modelů pro výpočet objemu přímého odtoku a průtoků. Z fyzikálně založených modelů je to pak epizodní model SMODERP. Hydrologické modely pracují s celou řadou geoprostorových dat. Zejména se jedná o srážková data, digitální model reliéfu, využití území a hydrologické vlastnosti půd. Samotný výpočet hydrologické odezvy a návrh konkrétních opatření je specifická technická disciplína na pomezí hydrologie a hydrotechniky a zpracovávají je odborníci v dané oblasti anebo ve spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Z pohledu územního plánování je klíčové znát hlavní parametry modelů a jejich vstupů.

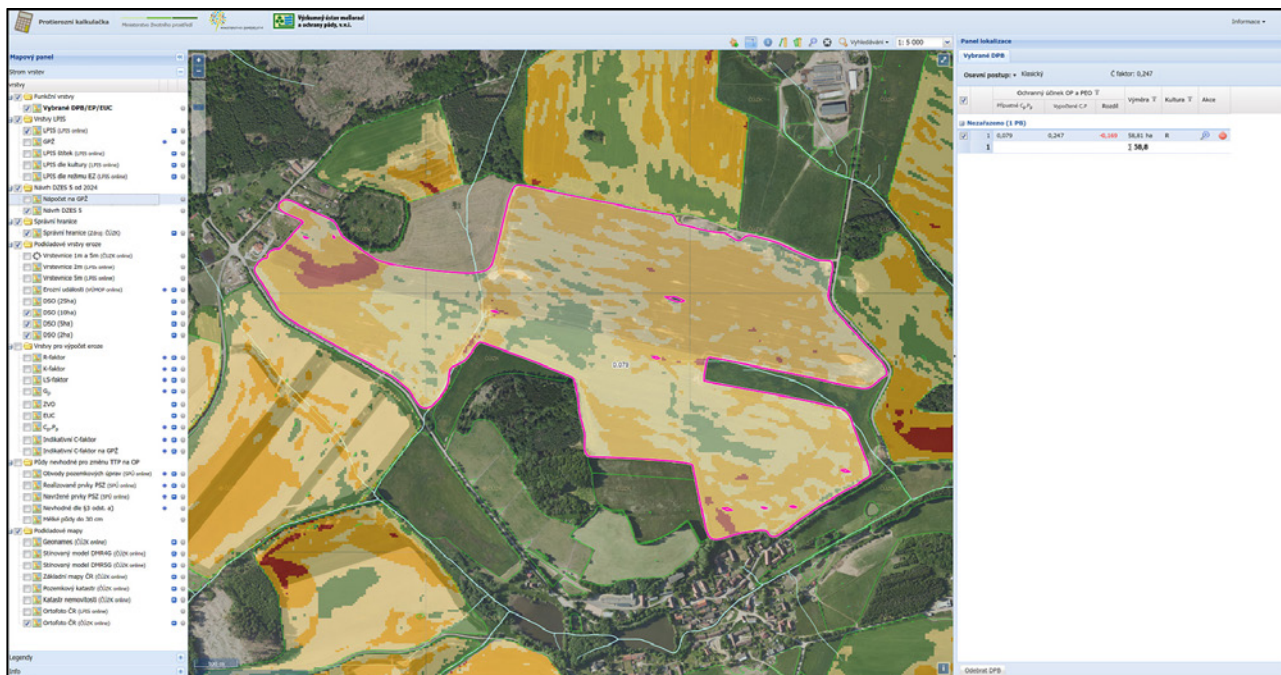
Úhrn návrhové srážky je klíčovým parametrem. Pro území ČR se jejich prostorovým rozložením zabýval v poslední době Kašpar [Kašpar et al., 2021]. V lokálním měřítku malých povodí významně ovlivňuje hydrologickou odpověď kromě intenzity srážkové události i její tvar [Müller, Bližňák & Kašpar, 2018; Bližňák,

Kašpar & Müller, 2018]. Odtokovou odezvu ovlivňují také vlastnosti půd, které ovlivňují retenci území a morfologické charakteristiky, které ovlivňují tvar odtokové vlny, a tím i celkovou reakci povodí na zvýšený odtok včetně eroze půdy. Parametrů pro popis morfologie povodí je celá řada, nejčastěji uváděnými hodnotami jsou průměrný sklon, délka svahu či topografický index [Beven et al., 2005]. Půdní data a data návrhových srážek jsou dostupná na datovém portálu RAIN. Vývoj půdních datových podkladů a jejich dopad na hydrologii je přehledně zpracován v rámci dvou článků [Strouhal & Kavka, 2022a; 2022b). Data o modelu terénu (DMR 4G) jsou nejlépe dostupná v rámci geoprohlížeče Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK) [Geoprohlížeč, 2010], stejně jako data ZABAGED.

Zpracovatelé územních plánů tak mají možnost zjistit potenciální riziko ohrožení řešeného území bleskovými povodněmi a případně se spojit s odborníky na hydrologii, kteří pomohou území detailně analyzovat a navrhnout opatření, která jsou efektivní a implementovatelná do územních plánů, např. formou ploch změn v krajině, návrhem modrozelené infrastruktury, sídelní zeleně, omezením zpevněných a zastavěných ploch v zastavěném území a vymezením zastavitelných ploch a opatření na plochách s rozdílným způsobem využití.



Zjevné erozní poškození patrné na archivních snímcích ČÚZK, dostupné rovněž na [Geoportál SPÚ, 2022]



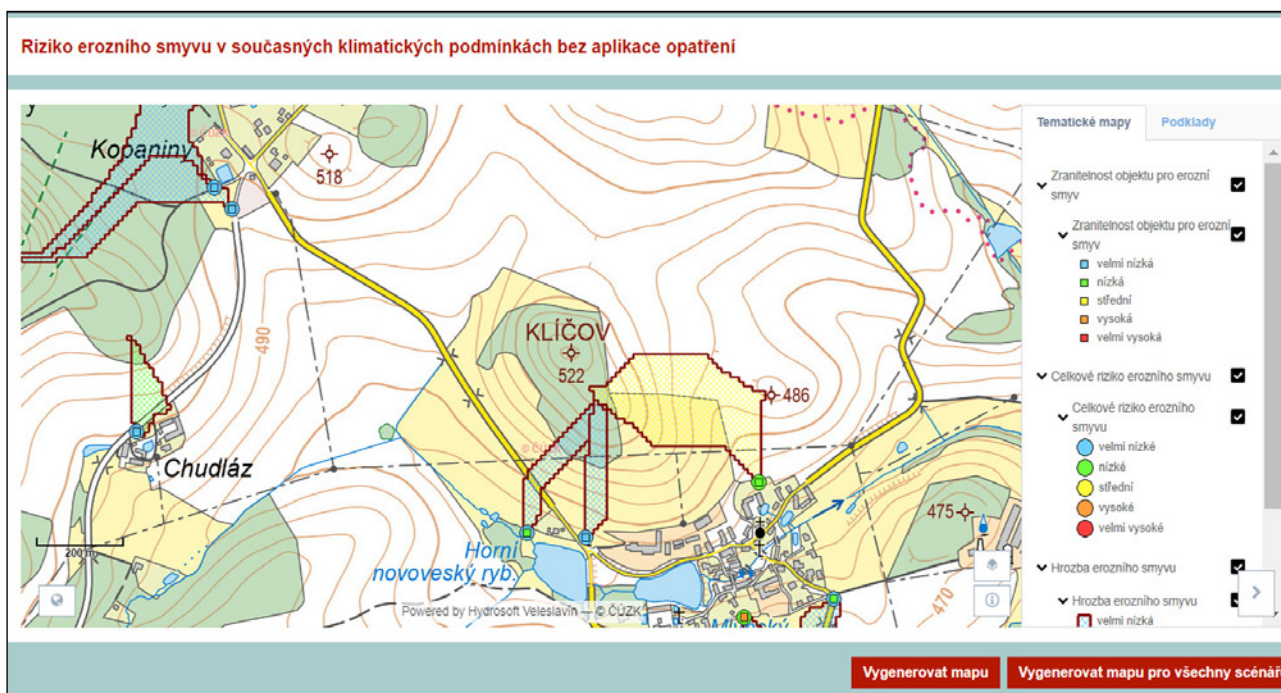
Dráhy soustředěného odtoku a možnost posoudit přípustnou míru erozního ohrožení v protierozní kalkulačce [VÚMOP, 2024]

### C. Podklady týkající se eroze půdy

Vedle rizika negativních dopadů rychlého odtoku je eroze. Erozní proces lze rozdělit do tří hlavních částí. Samotnou ztrátu půdy v povodí [Kinnell, 2010], vstup sedimentů do říční sítě [Pandey et al., 2016] a její transport [de Vente & Poesen, 2005]. Pro samotné určení erozního ohrožení existuje celá řada metodických návodů. Standardní posouzení erozní

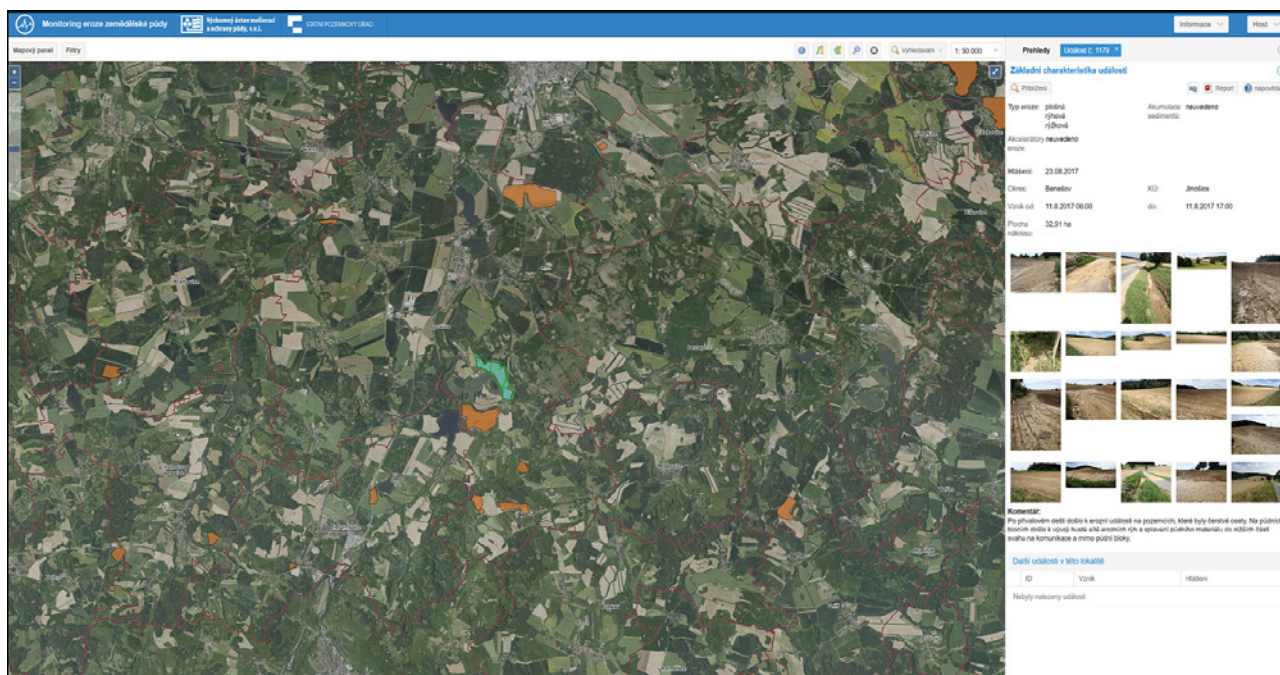
ohroženosti se obvykle provádí pomocí stanovení dlouhodobé průměrné ztráty [Renard et al., 1991] i přesto, že eroze je epizodní proces navázaný na extrémní deště. Základem je tzv. univerzální rovnice ztráty půdy – USLE. Vedle této metody je možné erozi hodnotit i na základě specifických událostí s využitím fyzikálně založených modelů. V ČR jsou využívány modely SMODERP [Kavka, Jeřábek & Landa, 2022] a EROSION

[Schindewolf & Schmidt, 2012]. Tyto systémy se využijí zpravidla u složitějších území, kde je předpoklad velké zranitelnosti území důsledkem eroze. V letošním roce vyšla nová Metodika protierozní ochrany [Podhrázká, 2024], která popisuje jak samotný erozní proces, tak nástroje pro hodnocení erozního ohrožení aplikované do českého prostředí a dále pak nástroje a ochranná opatření pro její snížení. Mapy erozního ohrože-



Potenciální kritické body z hlediska vstupu sedimentu do zastavěného území a pro ohrožení infrastruktury nebo nádrží [Hydroekologický informační systém VÚV TGM, v. v. i., 2024]

TÉMA



Dostupné údaje o skutečně zachycených erozních událostech řešené oblasti [VÚMOP, v. v. i., 2018]

ni jsou přístupné na mapovém portálu [Půda v mapách, 2024].

Z hlediska sídel a kritické infrastruktury jsou klíčová místa možného průniku vstupu sedimentu do zastavěného území. V rámci pozemkových úprav jsou pro tyto potřeby využívány tzv. kritické body [Drbal & Dumbrovský, 2009], revidované v roce 2018. Tento přístup byl následně aplikován i v rámci projektu Voda v krajině (www.vodavkrajine.cz). Oba uvedené přístupy se soustřeďují na bleskové povodně v korytech malých vodních toků a ohroženou infrastrukturu sídel. Projekt Voda v krajině pak řeší konkrétní návrhy přírodně blízkých protipovodňových a protierozních opatření v krajině k redukcí ohrožení. Projekt kritických bodů pak kvantifikuje potenciální škody na intravilánu a doporučuje vhodná opatření. Oba uvedené projekty identifikují v rámci ČR řádově stovky kritických bodů. Jiný přístup k definici ohrožení byl použit v rámci projektu VG20122015092 – „Erozní smyv – zvýšené riziko ohrožení obyvatel a jakosti vody v souvislosti s očekávanou změnou klimatu“ (<https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/eroznismyv>). Tento projekt naopak řešil výhradně přítok vnějších vod (tzv. pluvialní povodně), tedy povrchový odtok z krajiny spojený s významným transportem erozního sedimentu a jeho interakci s intravilánem a další infrastrukturu.

Podklad dává informaci o potenciálně rizikových bodech z hlediska množství transportovaného erozního sedimentu, zasažených kategoriích infrastruktury a jednoznačně vyžaduje konkrétní šetření na místě. V rámci tohoto podkladu bylo v ČR vyhodnoceno cca 150 000 kritických bodů, tedy bodů konfliktu mezi erozním sedimentem a infrastrukturou v krajině. Výsledná mapa bodů na hranicích zastavěných území a kritické infrastruktury je dostupná na [Hydroekologický informační systém VÚV TGM, v. v. i., 2024]. Odlišný pohled pak nabízí evidence proběhlých událostí. Jediným veřejně dostupným zdrojem je evidovaný výskyt erozní události, který je součástí monitoringu eroze [Kapička et al., 2021] a jehož data jsou dostupná na mapovém portálu [VÚMOP, 2018].

## Shrnutí

V reakci na narůstající výzvy spojené s klimatickými změnami, jakými jsou intenzivnější srážky, zvýšené riziko povodní, eroze a rychlého odtoku, je nezbytné, aby územní plánování zahrnulo tento pohled do metod a přístupů. Tento článek poukazuje na dostupnost dat a význam integrace robustních geografických a hydrologických dat do procesu plánování, což umožňuje lepší předvídaní a adaptaci na možná rizika.

Je zřejmé, že rozvoj datové základny z hlediska hodnocení ohroženosti je v posledních letech značný. Kromě provedených analýz došlo k významnému posunu v přesnosti a dostupnosti datové základny. V oblasti DPZ (Dálkového průzkumu Země) se jedná o pokročilé satelitní snímkování a letecké laserové skenování (LiDAR), což umožňuje získávání přesnějších a detailnějších topografických a hydrologických dat. Vysoké rozlišení a přesnost těchto dat umožňují identifikovat kritická místa v krajině s vysokým rizikem soustředěného odtoku a eroze a efektivně plánovat protierozní opatření. Zpracovatel má tak možnost na základě dostupných portálů identifikovat možná rizika, konzultovat je s obcí a případně s pomocí odborníků na hydrologii přistoupit k návrhu opatření v územním plánu. I urbanistická koncepce (návrh zastavitelných ploch a ploch přestavby) by měla být navržena s ohledem na data z portálů VÚMOP, v. v. i. [2018], HEIS VÚV TGM, v. v. i. [2024] a [Geoportál SPÚ, 2022], aby nedocházelo k atakům zastavěného území a zastavitelných ploch a zároveň se vytvořila zdravá krajina schopná adaptace na klimatické změny.

Adaptační opatření na změny klimatu se v urbanizovaných územích a venkovských oblastech liší v několika klíčových aspektech. Zatímco v městském

prostředí je kladen důraz na implementaci modrozelené infrastruktury, jako jsou parky, zelené střechy a další zelené a vodní prvky, ve venkovských oblastech je adaptace venkovského a zemědělského prostředí zaměřena na zemědělské metody a postupy ke snížení dopadů, změny oševních postupů a skladby plodin, zvýšení retence vody a snížení vodní a větrné eroze. Zároveň je kladen důraz na udržitelnost vodních zdrojů a podporu biodiverzity, což zahrnuje obnovu mokřadů a dalších vodních ploch v krajině a tvorbu neproduktivních ploch.

Územní plánování představuje koncepční přístup k řešení rozvoje území a ochrany jeho hodnot. Z hlediska adaptačních opatření na změnu klimatu je důležitým nástrojem koordinující činnost v území s řešením návaznosti na nadřazené funkční systémy, okolní správní celky a respektování přirozených hranic v území, kterými jsou vymezena povodí. Základní identifikace rizikových míst a mapy erozního ohrožení jsou pro základní úroveň koncepčního řešení krajiny na úrovni územně plánovací dokumentace dostatečně podrobné a přístupné. Je žádoucí pracovat s dostupnými daty pro efektivní nakládání s územím ve vztahu k řešení dopadů klimatických změn.

Využití pokročilých GIS technologií společně s komplexní analýzou odtokových poměrů a erozních rizik představuje klíč k vytváření odolnějších a udržitelných městských i venkovských krajin. Vzhledem k rostoucí frekvenci a intenzitě klimatických extrémů je zapojení územního plánování do strategií adaptace nejen žádoucí, ale nezbytné. Spolupráce mezi vládními institucemi, výzkumnými organizacemi a komunitami spolu s aplikací moderních technologických řešení představuje cestu, jak čelit těmto výzvám a chránit naši krajinu i budoucí generace před negativními dopady změn klimatu. Toto jen podtrhuje nutný multioborový přístup k řešení krajiny a sídel v ní. Propojení znalostí je nutné nejen na straně odborníků, ale tyto odbornosti je vhodné propojovat i v rámci vzdělávání, zejména v rámci vysokoškolských studijních programů.

*Tento příspěvek vznikl v rámci řešeného projektu TA ČR SS06010386 – Adaptace urbanizovaných území na přívalové povodně a sucho a projektu programu na podporu aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje národní a kulturní identity (NAKI III) DH23P03OVV006 – Historická kulturní krajina v ohrožení a její vize v kontextu soudobých proměn.*

### Použité zdroje:

BAUER, M.; DOSTÁL, T.; KRÁSA, J.; JÁCHYMOVÁ, B.; DAVID, V.; DEVÁTÝ, J.; STROUHAL, L.; ROSENDORF, P. 2019. Risk to Residents, Infrastructure, and Water Bodies from Flash Floods and Sediment Transport. In: *Environmental Monitoring and Assessment* 191(2): 85. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7216-7>.

BEVEN, K.; HEATHWAITE, L.; HAYGARTH, P.; WALLING, D.; BRAZIER, R.; WITHERS, P. 2005. On the Concept of Delivery of Sediment and Nutrients to Stream Channels. In: *Hydrological Processes* 19(2): 551–56. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/hyp.5796>.

BLIŽŇÁK, V.; KAŠPAR, M.; MÜLLER, M. 2018. Radar-Based Summer Precipitation Climatology of the Czech Republic. In: *International Journal of Climatology* 38(2): 677–91. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/joc.5202>.

CLIMRISK. 2024. Webová aplikace. [on-line]. Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. Dostupné z: <https://www.climrisk.cz/>. [cit. 2024-05-09].

COURTY, L. G.; WILBY, R. L.; HILLIER, J. K.; SLATER, L. J. 2019. Intensity-Duration-Frequency Curves at the Global Scale. In: *Environmental Research Letters* 14(8). Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab370a>.

DRBAL, K.; DUMBROVSKÝ, M. 2009. *Metodický návod pro identifikaci kritických bodů (KB)*. Ministerstvo životního prostředí ČR.

GEOPORTÁL SPÚ. 2022. Webová aplikace [on-line]. Státní pozemkový úřad. Dostupné z: <https://geoportal.spucr.cz/>. [cit. 2024-05-08].

GEOPROHLÍZEČ. 2010. Webová aplikace [on-line]. Český úřad zeměměřičký a katastrální. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>. [cit. 2024-05-09].

HYDROEKOLOGICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM VÚV TGM, V. V. I. 2024. *Protierozní smyv* [on-line]. Dostupné z: <https://heis.vuv.cz/data/webmap/datovesady/projekty/eroznismyv/>. [cit. 2024-05-08].

CHEN, CH. L. 1983. Rainfall Intensity-Duration-Frequency Formulas. In: *Journal of Hydraulic Engineering* 109(12): 1603–21. Dostupné z: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1983\)109:12\(1603\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1983)109:12(1603)).

KAPIČKA, J.; ŽÍŽALA, D.; LANG, J.; NOVOTNÝ, I. 2021. *Monitoring eroze zemědělské půdy. Závěrečná zpráva*. Praha: VÚMOP, SPÚ.

KAŠPAR, M.; BLIŽŇÁK, V.; HULEC, F.; MÜLLER, M. 2021. High-Resolution Spatial Analysis of the Variability in the Subdaily Rainfall Time Structure. In:

*Atmospheric Research* 248: 105202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105202>.

KAVKA, P. 2021. Spatial Delimitation of Small Headwater Catchments and Their Classification in Terms of Runoff Risks. In: *Water (Switzerland)* 13(23). Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/W13233458>.

KAVKA, P. a kol. 2023. Malá zdrojová povodí – jejich prostorové vymezení a klasifikace z hlediska rizika ohrožení rychlým odtokem. In: *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI)*. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2023/02/mala-zdrojova-povodi-jejich-prostorove-vymezeni-a-klasifikace-z-hlediska-rizika-ohrozeni-rychlým-odtokem-2/>.

KAVKA, P.; JEŘÁBEK, J.; LANDA, M. 2022. SMODER-P2D-Sheet and Rill Runoff Routine Validation at Three Scale Levels. In: *Water*, 14(3): 327. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/W14030327>.

MÜLLER, M.; BLIŽŇÁK, V.; KAŠPAR, M. 2018. Analysis of Rainfall Time Structures on a Scale of Hours. In: *Atmospheric Research* 211 (October): 38–51. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.04.015>.

OBEC BRZICE. 2021. Oficiální stránky obce [on-line]. Dostupné z: <https://www.brzice.cz/>. [cit. 2024-05-08].

PODHRÁZSKÁ, J.; BENDÁŘ, M.; DOSTÁL, T.; DUMBROVSKÝ, M.; HANEL, M. 2023. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. ISBN: 978-80-88664-00-0. Dostupné z: <https://knihovna.vumop.cz/>. [cit. 2024-05-09].

POZEMKOVÉ ÚPRAVY. 2021. Webová aplikace [on-line]. Ministerstvo zemědělství ČR, eAGRI. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/app/eagriapp/PU/Prehled/>. [cit. 2024-05-08].

PŮR ČR. 2024. *Politika územního rozvoje ČR (Úplné znění závazné od 1. 3. 2024)*. MMR, ÚÚR. Dostupné z: <https://www.uur.cz/uzemni-planovani/politika-uzemniho-rozvoje-cr/>.

RAIN @ FSV ČVUT V PRAZE. 2024. Webová aplikace [on-line]. FSV ČVUT v Praze. Dostupné z: <https://rain.fsv.cvut.cz/>. [cit. 2024-05-08].

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; PORTER, J. P. 1991. RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation. In: *Journal of Soil and Water Conservation* 46(1): 30–33.

RIGH: RISK IRRIGATION HYDROLOGY. 2024. Webová aplikace [on-line]. Hanka Mochov, VÚV TGM, ČZU, CzechGlobe. Dostupné z: <https://shiny.vuv.cz/RIGH/>. [cit. 2024-05-09].

ŘSD. 2023. *TP53 – Protierozní opatření na svazích pozemních komunikací*. Ministerstvo dopravy ČR, ŘSD. Dostupné z: [https://pjpk.rsd.cz/data/USR\\_001\\_2\\_8\\_TP/TP\\_53\\_2023\\_2\\_.pdf](https://pjpk.rsd.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_53_2023_2_.pdf). [cit. 2024-05-08].

SCHINDEWOLF, M.; SCHMIDT, J. 2012. Parameterization of the EROSION 2D/3D Soil Erosion Model Using a Small-Scale Rainfall Simulator and Upstream Runoff Simulation. In: *CATENA* 91: 47–55. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.01.007>.

SKOŘEPA, H. 2020. Blesková povodeň přinesla neštěstí i na Boskovicku. In: *Ohlasy, dění na Boskovicku* [on-line]. Dostupné z: <https://ohlasy.info/clanky/2020/06/krajina-povodne.html>. [cit. 2024-05-08].



STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD. 2022. *Pozemkové úpravy* [on-line]. Dostupné z: <https://www.spucr.cz/pozemkove-upravy>. [cit. 2024-05-07].

STROUHAL, L.; KAVKA, P. 2022a. Hydrologické skupiny půd – metodiky a datové podklady (1. část). In: *Vodní hospodářství* 9/2022, str. 4–10. ISSN 1211-0760. Dostupné z: [https://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2022/vh\\_06-2022.pdf](https://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2022/vh_06-2022.pdf).

STROUHAL, L.; KAVKA, P. 2022b. Hydrologické skupiny půd – rozevřené nůžky hydrologických výpočtů (2. část). In: *Vodní hospodářství* 6/2022, str. 7–12. ISSN 1211-0760. Dostupné z: [https://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2022/vh\\_09-2022.pdf](https://www.vodnihospodarstvi.cz/ArchivPDF/vh2022/vh_09-2022.pdf).

USDA-SCS. 1986. *Urban Hydrology for Small Watersheds. Technical Release No. 55 (TR-55)*. USDASCS, Washington DC.

ÚSTAV VÝZKUMU GLOBÁLNÍ ZMĚNY AV ČR, V. V. I. 2024. *CzechGlobe* [on-line]. Dostupné z: <https://www.czechglobe.cz/cs/>. [cit. 2024-05-09].

VOPRAVIL, J.; KHEL, T.; HAVELKOVÁ, L.; BATYSTA, M. 2013. *Studie zabývající se základní problematikou eroze půdy a jejím současným stavem v Ústeckém*

*a Jihomoravském kraji České republiky*. Praha. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/-q192979-i-CZwx92/studie-zabyvajici-se-zakladni>.

VÚMOP. 2018. *Monitoring eroze*. 2018. Webová aplikace [on-line]. VÚMOP, v. v. i. Dostupné z: <https://me.vumop.cz/>. [cit. 2024-05-08].

VÚMOP. 2024. *Protierozní kalkulačka*. 2024. Webová aplikace [on-line]. VÚMOP, v. v. i. Dostupné z: <https://kalkulacka.vumop.cz/?core=app&#home>. [cit. 2024-05-08].

VÚMOP. 2024. *Půda v mapách*. 2024. Webová aplikace [on-line]. [cit. 2024-05-08]. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i. Dostupné z: <https://mapy.vumop.cz/>.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2024-05-09].

Zákon č. 139/2002 Sb., o pozemkových úpravách a pozemkových úřadech a o změně zákona č. 229/1991 Sb., o úpravě vlastnických vztahů k půdě a jinému zemědělskému majetku, ve znění

pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2024-05-09].

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2024-05-09].

Zákon č. 283/2021 Sb., stavební zákon, ve znění pozdějších předpisů. In: *ASPI* [právní informační systém]. Wolters Kluwer ČR [cit. 2024-05-09].

*doc. Ing. Petr Kavka, Ph.D.*  
*doc. Ing. Josef Krása, Ph.D.*  
*prof. Dr. Ing. Tomáš Dostál*  
*Katedra hydromeliorací*  
*a krajinného inženýrství*  
*Fakulta stavební ČVUT v Praze*

*Ing. arch. Simona Vondráčková, Ph.D.*  
*prof. Ing. arch. ThLic. Jiří Kupka, Ph.D.*  
*Katedra urbanismu a územního plánování*  
*Fakulta stavební ČVUT v Praze*

## ENGLISH ABSTRACT

### **Risks of Flash Floods and Erosion - Challenges for Spatial Planning Related to the Impacts of Climate Change,** by Petr Kavka, Simona Vondráčková, Josef Krása, Tomáš Dostál, Jiří Kupka

The adaptation of settlements and their surroundings to climate change is a current challenge for spatial planning. Rising average temperatures are increasing the number of water deficit days, as well as the number of intense short-term storm rainfall periods that threaten settlements, their infrastructure and the surrounding landscape. Spatial planning documentation should, in accordance with the objectives and tasks of spatial planning, prepare the spatial conditions for the economic use of the territory and the prevention of the effects of climate change. The designs should comply with the natural spatial conditions and take into account the risks already identified in the territory. The article outlines potential challenges and conflicts related to drainage conditions and spatial development. It presents the available tools and background information for the identification of potential risks and problems in the territory, including the implementation of appropriate measures through spatial planning tools.