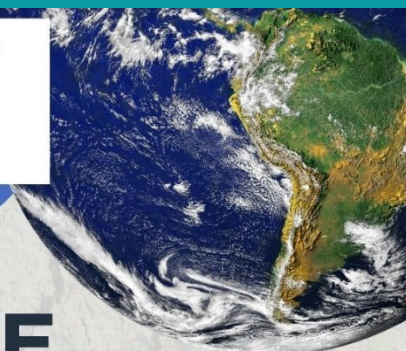


Interreg



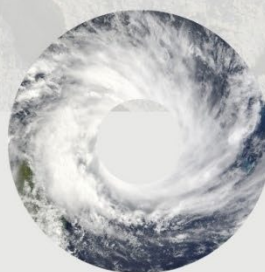
Współfinansowany przez
UNIE EUROPEJSKĄ
Spółfinansowany
EUROPSKOU ÚNIOU

Polska – Slovensko



ENVICLIMATE

**TESTOVANIE A ZAVÁDZANIE MODERNÝCH METÓD
PREVENCIE A BOJA PROTI NÁSLEDKOM PRÍRODNÝCH
KATASTROF V ČASE KLIMATICKÝCH ZMIEN**



**TESTOVANIE A ZAVÁDZANIE MODERNÝCH
METÓD PREVENCIE A BOJA PROTI
NÁSLEDKOM PRÍRODNÝCH KATASTROF
V ČASE KLIMATICKÝCH ZMIEN**

Časť I – Informácie o projekte, analýzy a metódy prevencie

sucho povodne krasové javy zemné prúdy zemetrasenia **ZOSUVY** erózie
brehov tokov a ciest **abrázia** sutinové prúdy tornáda
znečisťovanie ovzdušia padanie skál

**Interreg**Współfinansowany przez
UNIE EUROPEJSKĄ
Spółfinansowany
EURÓPSKOU ÚNIOU**Polska – Słowacja**

ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O PROJEKTE

Názov projektu: Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien

Číslo projektu: PLSK.01.01-IP.01-0007/23

Stránka projektu: <https://svf.uniza.sk/index.php/interreg-enviclimate>

Financovanie:

Európsky fond regionálneho rozvoja	282 504,76 € (80%)
Prostriedky štátneho rozpočtu	42 375,87 € (12%)
Iné verejné prostriedky	28 252,00 € (8%)
Oprávnené výdavky	353 132,63 €

Vedúci projektu: **Sliezská univerzita v Katoviciach, Fakulta prírodných vied** www.us.edu.pl

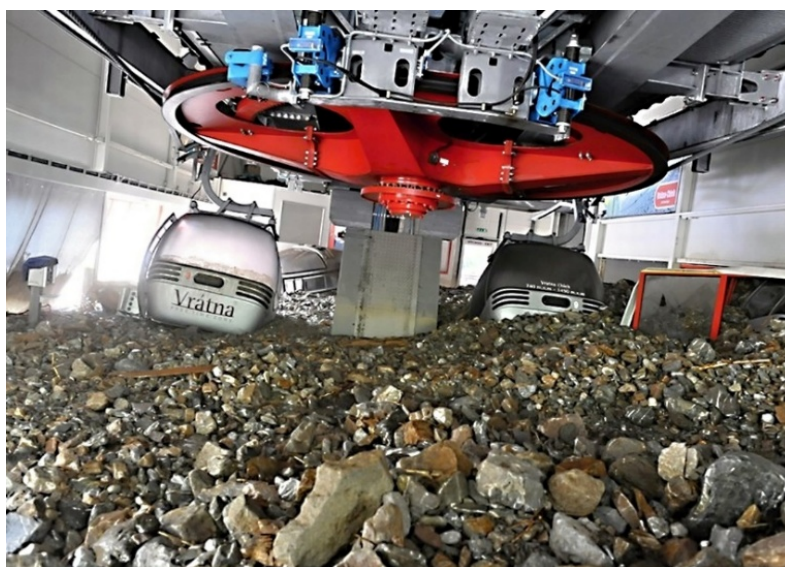
Partner: **Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta** svf.uniza.sk

Doba riešenia: **01.04.2024 - 30.09.2026**

OPIS PROJEKTU

V rámci riešenia projektu sa aplikovali moderné metódy predchádzania účinkom zosuvov, povodní a katastrofálneho znečistenia ovzdušia. Moderné metódy sú založené na vynálezoch a know-how, ktoré vyvinuli partneri projektu.

Výsledky testov spolu s návodom na používanie moderných metód budú doručené cieľovým skupinám: samosprávam a obyvateľom ohrozených oblastí. Projekt kládol veľký dôraz na šírenie vedomostí na podporu moderných riešení v oblasti znižovania následkov prírodných katastrof. V rámci projektu bola okrem environmentálnych skúšok a návodov na použitie moderných metód vypracovaná mapa obzvlášť nebezpečných prihraničných zón (náchylných na zosuvy pôdy, záplavy a znečistenie), kde bolo možné použiť moderné metódy.



Obr. 1 Dolná stanica kabínovej lanovej dráhy po masívnom svahovom sutinovom prúde, Vrátna dolina 2014



Obr. 2 Typický plošný zosuv s budovami a komunikáciou - jedno z najčastejších ohrození životného prostredia na našom území

KONZORCIUM



UNIWERSYTET ŚLĄSKI
W KATOWICACH

Vedúci partner - SLIEZSKA UNIVERZITA V KATOVICIACH

Sliezska univerzita je jednou z najväčších poľských verejných univerzít, ktorej veľký vecný potenciál a transparentné administratívne členenie jej umožňuje pôsobiť ako vedúci partner v projekte. Sliezska univerzita disponuje rozsiahlymi zdrojmi z hľadiska ľudského potenciálu, so skúsenosťami s realizáciou projektov financovaných z fondov EÚ, medzi ktoré patria pracovníci projektových oddelení a oddelenia projektového účtovníctva, ale okrem iného aj mzdy, ľudské zdroje, logistika, verejné obstarávanie.

Program *Environmental Hazard Engineering* na Sliezskej univerzite (UŚ) priťahuje najväčší počet študentov na Ústave prírodných vied. Na fakulte sa učí, ako riešiť problémy životného prostredia s využitím moderných technológií. Sliezska univerzita je lídrom vo výskume včasného varovania

pred povodňami a zosuvmi pôdy. Vďaka projektu NCBR Innotech „Nový nástroj na detekciu aktívnych zosuvných svahov“ bola patentovaná metóda hodnotenia zosuvnej aktivity. Manažérom oboch projektov bol prof. I. Malik, manažér aj v projekte Interreg. Za posledné roky Sliezska univerzita publikovala viac než tisíc prác o problémoch životného prostredia v renomovaných vedeckých časopisoch. Štúdium na Sliezskej univerzite je založené na moderných environmentálnych technológiách, ktoré má pozitívny ohlas aj v Poľskej akreditačnej agentúre (PKA).



**ŽILINSKÁ UNIVERZITA
V ŽILINE**

Partner projektu - Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta

Poslaním Žilinskej univerzity v Žiline (UNIZA) je rozvoj založený na vedeckovýskumnej a umeleckej činnosti v duchu národných a demokratických tradícií, rozvoj harmonickej osobnosti, poznania, múdrosti, princípů dobra a tvorivosti, a prínos k rozvoju vzdelanosti, duševných schopností vedy a kultúry v prospech celej spoločnosti. UNIZA vzdeláva najmä v odvetviach dopravy, cestného staviteľstva, dopravného a stavebného inžinierstva, elektrotechniky, telekomunikácií, IKT technológií, manažmentu a marketingu, strojárstva, materiálov a technológií, robotiky, konštrukcií strojov, energetiky, stavebníctva, krízového manažmentu a bezpečnosti, civilnej bezpečnosti, požiarnej ochrany, súdneho inžinierstva, aplikovanej matematiky, pedagogických vied a vysokohorskej biológie.

Žilinská univerzita má technologické kompetencie týkajúce sa okrem iného inovatívnych snímačov vibrácií a pohybu pôdy, ktoré sú užitočné okrem iného pri včasnej detekcii aktivity zosuvov. Projekt zabezpečuje ich cezhraničný presun zo Slovenska do Poľska. Poľský partner má zase pre slovenskú stranu menej dostupné technologické a pedagogické kompetencie, ktoré sa prenášajú aj počas projektu. Spoločná súčinnosť je nevyhnutná pre realizáciu projektu.

CIEĽ PROJEKTU

Posledné desaťročia sme svedkami prejavov rýchlej zmeny klimatických podmienok na Zemi, čoho dôkazom sú časté katastrofálne prejavy vo forme záplav, zosuvov, kamenných prúdov, ekologických havárií.

Cieľom projektu bola podpora adaptácie na zmenu klímy a prevencie rizika katastrof a odolnosti s prihliadnutím na ekosystémové prístupy s využitím najmodernejších dostupných metód a technológií. Hlavným poslaním bolo šíriť povedomie a naučiť sa predchádzať veľkým škodám.

Príklady negatívneho vývoja v posledných rokoch:

- Ničivý kamenný prúd v **Malej Fatre, vo Vrátnej doline na Pasekách** v r. 2014, rozsiahle zosuvy v žilinskom, prešovskom a košickom kraji v roku 2016 (Nižná Myšľa, V. Kapušany).
- Prejavy ničivého tornáda triedy F3 a F4 zažili obyvatelia juhomoravského kraja v júni 2022 v obciach **Moravská Nová Ves, Mikulčice, Hrušky a Lužice**, kde došlo k devastácii domov, pričom zahynulo 20 ľudí.
- Ďalší príklad ničivej sily záplav je z júla 2022, keď v západnej Európe silné búrky s výdatnými dažďami spôsobili rozsiahle záplavy v okolí riek, zosuvy a erózne prepadliny. Zasiahnuté boli **Porýnie-Falcko a Severné Porýnie-Vestfálsko a východné oblasti Belgicka**. Materiálne škody boli najhoršie od II. svetovej vojny, zomrelo 200 ľudí (164 v Nemecku a 36 v Belgicku).
- Ničivé záplavy v máji 2023 v **provincii Emilia Romagna** s obrovskými materiálnymi škodami.
- Obrovské materiálne škody a straty na životoch zažila v okt. 2024, **Valencia**, región **Castilla-La Mancha** a **Malaga**, spolu 220 obetí, v r. 2025 sa záplavy zopakovali v Barcelone a okolí.

Ukazovatele projektu

- Ukazovateľ 1: Počet vykonaných informačno-vzdelávacích kampaní formujúcich ekologické povedomie
8
- Ukazovateľ 2: Spoločne vypracované stratégie a akčné plány
14
- Ukazovateľ 3: Spoločne vypracované pilotné akcie vykonávané v rámci projektov
62

Oprávnené územie

- Na Slovensku sú to žilinský a prešovský kraj a okres Spišská Nová Ves; na Poľskom území sú to:
- bialský, krošnieňský, nowosądecký, oswiecimský a przemyský podregión, pszczyński, myślenicki a rzeszowski okres a mestá Rzeszów a Katowice.

IMPLEMENTÁCIA PROJEKTU

Realizácia aktivít v jednotlivých úlohách projektu

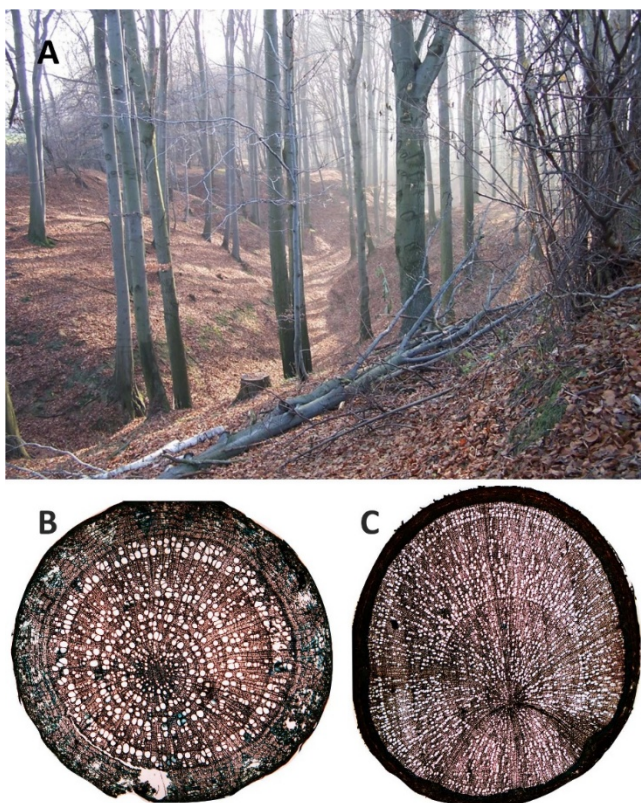
1. Vzdelávacie a propagačné aktivity (školenia a záverečná konferencia).
2. Nákup vybavenia pre terénne a laboratórne analýzy.
3. Analýza štandardných a moderných metód prevencie prírodných katastrof v oblasti podpory.
4. Vypracovanie inštrukcií, školiacich materiálov a mapy na implementáciu moderných metód prevencie a zmierňovania účinkov zosuvov pôdy, povodní a znečistenia.

5. Testovanie a implementácia moderných metód prevencie a zmierňovania účinkov prírodných katastrof v oblasti podpory.
6. Komunikácia v projekte (webová stránka, tlačené propagačné materiály).

Prvá fáza realizácie projektu

Prvá časť implementácie projektu zahŕňala prípravu na riešenie a nákup potrebného vybavenia pre oblasť použitia inovatívnych technológií. Zároveň prebiehali vzájomné školenia partnerov projektu za účelom prenosu unikátnych poznatkov o geohazardoch, povodniach a ohrozeniach v prípade znečistení životného prostredia.

Cezhraničný tok odborných znalostí pokrýval technológie skôr vyvinuté partnermi, chránené know-how a patentmi. Tieto technológie riešili environmentálne hrozby. Poľská strana poskytla Uniza technológie [1] na analýzu frekvencie zosuvov pôdy a protipovodňovú ochranu, ako aj detekciu znečistenia pomocou dendrochronológie (patent poľského patentového úradu č. P.408158, spoluautorom patentu je projektový manažér prof. Ireneusz Malik); [2]. Poľský partner získal od UNIZA know-how k veľmi citlivému mobilnému monitorovaniu *mikrochvení, seizmických pohybov a šíreniu vibrácií od dopravy alebo priemyselných a banských aktivít (technická seizmicita)*. V rámci vyhodnocovania meraní a ich použitia pre ďalšie analýzy slovenský partner predstavil pokročilé numerické modelovanie geotechnických úloh softvérom Plaxis 3D, Plaxis 3D Dynamics a Midas GTS. Monitorovanie vibrácií sa realizovalo snímačmi a záznamovou jednotkou od Brüel & Kjær. Zároveň slovenský partner predstavil pokročilé laboratórne merania v triaxiálnom šmykovom prístroji a vo veľkorozmerovom šmykovom prístroji.



Obr. 3 Prierezy koreňmi stromov dokumentujúce fluviálnu eróziu - príklad dendrochronologického výskumu

Pre úspešný rozbeh projektu boli postupne vypracované analýzy aktuálneho stavu v územiach podpory projektu.

Výsledky analýz štandardných a moderných metód prevencie prírodných katastrof v oblasti podpory vykonané slovenským partnerom:

- Analýza 3.1 Štandardné metódy proti účinkom zosuvov pôdy v oblasti podpory
- Analýza 3.2 Štandardné metódy prevencie pred povodňami v oblasti podpory
- Analýza 3.4 Možnosť využitia moderných metód predchádzania následkom zosuvov v oblasti podpory
- Analýza 3.5 Možnosť využitia moderných metód protipovodňovej prevencie v oblasti podpory
- Analýza 3.7 Analýza metód prevencie a boja proti účinkom prírodných katastrof dostupných mimo oblasti podpory

Obsah jednotlivých analýz v stručnej podobe.

Analýza 3.1 Štandardné metódy proti účinkom zosuvov pôdy v oblasti podpory

Činnosť okresov v oblasti prevencie zosuvov sa veľmi často obmedzuje na dodržiavanie právnych predpisov. Medzi najdôležitejšie právne akty týkajúce sa zosuvov patria:

- Zákon 569/2007 z 25. októbra 2007 - Zákon o geologických prácach - upravuje vykonávanie geologických prác, evidenciu geologických informácií, ochranu výhradných ložísk a pôsobnosť štátnych orgánov v tejto oblasti.
- Zákon 220/2004 z 10. marca 2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov - upravuje povinnosti vlastníkov a užívateľov pôdy zabráňovať vodnej a veternej erózii, napríklad vhodným obhospodarovaním, zachovaním trvalého vegetačného pokryvu, šetrným obrábaním a ďalšími opatreniami, ktoré chránia pôdu pred znehodnotením a stratou úrodnosti.
- Zákon č. 543/2002 z 25. júna 2002 o ochrane prírody a krajiny - stanovuje, že pri využívaní územia treba zachovávať ekologickú stabilitu krajiny a zabráňovať činnostiam, ktoré by mohli spôsobiť poškodenie prírodného prostredia, vrátane narušenia svahov a vzniku zosuvov. V praxi to znamená, že orgány ochrany prírody môžu obmedziť alebo zakázať zásahy (napr. výrub, stavebné práce, ťažbu), ktoré by zhoršili stabilitu pôdneho a geologického prostredia, najmä v náchylných alebo chránených územiach.
- Zákon č. 17/1992 z 05. decembra 1991 o životnom prostredí - Z hľadiska zosuvov a erózie tento zákon ukladá povinnosť predchádzať a odstraňovať škodlivé následky prírodných javov vrátane pôdnej erózie a zosuvov, ako aj zodpovednosť vlastníkov a užívateľov pozemkov za ochranu pôdy pred degradáciou a zabezpečenie protierózných opatrení.

- Zákon č. 200 z 27. apríla 2022 o územnom plánovaní -Z hľadiska zosuvov a erózie tento zákon upravuje ochranu prírodných prvkov krajiny vrátane geologických útvarov a geomorfologických javov, ako aj povinnosť zachovávať stabilitu svahov a predchádzať erózii pri zásahoch do krajiny.
- Zákon č. 25/2025 z 05. februára 2025 – Stavebný zákon - Pojednáva o stavebných výrobkoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov upravuje podmienky uvádzania stavebných výrobkov na trh, požiadavky na ich parametre vrátane mechanických vlastností a odolnosti, čo v kontexte zosuvov znamená, že stanovuje požiadavky na materiály a výrobky používané pri stabilizačných konštrukciách, oporných múroch, gabiónoch a iných technických prvkoch určených na zabezpečenie svahov proti zosuvu.
- Zákon č. 364/2004 z 13. mája 2004 – o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) - Upravuje z hľadiska zosuvov a erózie ochranu pred povodňami a inými škodlivými účinkami vôd, vrátane opatrení na ochranu brehov a svahov pred eróziou a následnými zosuvmi, ako aj povinnosti pri hospodárení s vodami tak, aby sa predchádzalo erózii a nestabilite brehov vodných tokov.

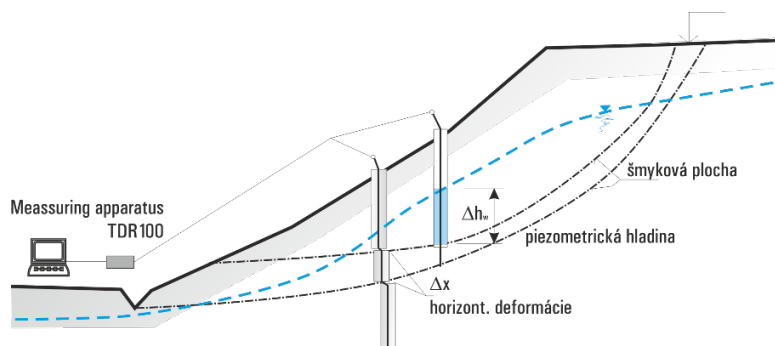
Faktorom limitujúcim použitie jednotlivých metód v oblasti podpory sú finančné zdroje určené na ochranu proti zosuvom. Ďalším limitujúcim faktorom je vedomosť o možnostiach a technikách použitia jednotlivých metód. Nie vo všetkých samosprávnych jednotkách má personál široké vedomosti o zosuvoch, ich vzniku a metódach prevencie ich následkov. Existuje potreba vzdelávania samosprávnych pracovníkov v tejto oblasti. Túto medzeru by malo do istej miery zaplniť spracovanie predloženej analýzy.

Štandardné metódy prevencie následkov zosuvov

- Mapovanie oblastí zosuvov za účelom sprístupnenia informácií o polohe zosuvov pre obyvateľov a investorov, v súčasnosti je možné aj satelitné monitorovanie povrchu územia krajiny, ktoré je dostupné vďaka Európskej platforme Sentinel 1 a radarovej interferometrii PS-InSAR (Persistent Scatterer InSAR). Satelitné monitorovanie je vysoko-efektívne, avšak menej citlivé v priebehu

ročných období (sneh na povrchu, zrážky). Mimoriadny význam má pri monitorovaní urbanizovaných území a dopravných koridorov. Radarová interferometria prispieva k znižovaniu nákladov na výskum prostredníctvom obmedzenia počtu terénnych meraní. V súčasnosti predstavuje kľúčový prvok integrovaných systémov monitorovania zosuvných rizík.

- Geodetický monitoring vybraných zosuvov – realizuje sa automaticky alebo etapovite podľa aktivít zosuvu a umožňuje plošné vymedzenie zosuvnej činnosti a jej vývoj v čase.
- Monitoring zosuvu s využitím inklinometrov v Poľsku a na Slovensku – pri lokalitách s aktívnymi prejavmi svahových deformácií, alebo pri lokalitách s vysokou mierou rizika na zosuvnú činnosť sa merajú podpovrchové deformácie pomocou zabudovaných inklinometrov smerom do hĺbky. V súčasnosti existuje viacero typov inklinometrov rôznej presnosti merania (klasické mechanické, TDR, MEMS, FBG a.i.) ich úlohou je včas varovať pred pohybmi v miestach vznikajúcich šmykových plôch pre realizáciu okamžitých opatrení pre stabilizáciu alebo zmiernenie prejavu zosúvania. Toto je veľmi dôležité pre zachytenie prvých prejavov nestability, (iniciačných štádií), ktoré na povrchu územia nie sú viditeľné [3, 4].



Obr. 4 Príklad merania svahovej deformácie technológiou TDR, [5]

- Technické metódy stabilizácie zosuvov v Poľsku a na Slovensku – sú používané podľa vhodnosti a účinnosti v danom prostredí, ale aj podľa dostupnosti, prehľad možností stabilizácie zosuvnej činnosti ukazuje nasledovná tabuľka 1.

Tab. 1 Sanačné metódy stabilizácie svahov, Drusa a kol. [5]

Úprava tvaru svahu	Odvodnenie	Ochrana proti zvetrávaniu, erózii	Spevňovanie hornín	Ostatné stabilizujúce opatrenia a konštrukcie
<i>Odľahčenie</i>	<i>Povrchové</i>	<i>Biologická ochrana</i>	<i>Metódy</i>	- zárubné a oporné múry - združené zárubné múry - mikropilótové steny - pilótové steny - prefabrikované steny - podzemné steny - celoplošné kotvenie - kotvené steny a rebrá - kľincované svahy - podmurovanie a podchycovanie previsov - rozrušovanie šmykových plôch - galérie - strmé svahy vystuženej zeminy
- odľahčenie vrstiev zo svahu, - z aktívnej zóny	- priekopy - rigoly - žľaby - trativody	- zahumusovanie - vegetačný pokryv - výsadba stromov	- termické - elektrochemické - vápenné pilóty - injektovanie	
<i>Príťaženie</i>	<i>Hlbinné</i>	<i>Ostatné</i>	<i>Stabilizácia zemín</i>	
- príťažovacie lavice - kamenné pätky - zmiernenie sklonu svahu - presun zosunutých hmôt do pasívnej zóny	- drenážné rebrá - šachty, studne - štôlne - subhorizontálne vrtý - štrkové steny - pieskové pilóty - geodrény - filtračné geokompozity - sifónové drény	- utesnenie škár a trhlín - plášte z torkrétu - obkladové múry - spevňovanie brehov - vlnolamy - štrkopieskové vrstvy	- mechanická: hutnením dynamickou konsolidáciou - chemická: vápnom cementom bitúmenom polymérmi	



Obr. 5 Príklad ochrany svahu pred zosuvom pomocou stabilizujúcich oceleových konštrukcií Šidlo-X



Obr. 6 Ukážka stabilizácia svahu zárezu diaľnice D3 kotvením s výplňovými prvkami Krismer

Analýza 3.2 Štandardné metódy prevencie pred povodňami v oblasti podpory

Povodne spôsobujú jedny z najväčších škôd spomedzi mimoriadnych udalostí, ktoré sa vyskytujú v našej krajine. Za ochranu pred povodňami je zodpovedná štátna správa a všetky úrovne miestnej samosprávy. Ochranu pred povodňami v Poľsku upravuje niekoľko právnych predpisov a stratégií, ktorých cieľom je minimalizovať následky povodní.

Najdôležitejšie právne akty a dokumenty týkajúce sa tejto problematiky u nás sú:

- **Zákon č. 364/2004 z 13. mája 2004 – o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)**
 - Zákon o vodách upravuje ochranu pred povodňami prostredníctvom stanovenia povodňových území, určenia záplavových zón, vyhotovovania povodňových plánov a stanovenia povinností pri ochrane pred povodňami a realizácii protipovodňových opatrení.
- **Zákon č. 17/1992 z 05. decembra 1991 o životnom prostredí**
 - Zákon o životnom prostredí ustanovuje všeobecné zásady ochrany životného prostredia vrátane predchádzania environmentálnym rizikám a povinnosti vykonávať preventívne opatrenia proti negatívnym vplyvom (vrátane povodní) na životné prostredie a ľudské zdravie.
- **Zákon č. 302/2001 z 04. júla 2001 o samospráve vyšších územných celkov (zákon o samosprávnych krajoch)**
 - Zákon o samosprávnych krajoch upravuje postavenie, pôsobnosť a orgány vyšších územných celkov (krajov), pričom im zveruje kompetencie v oblasti regionálneho rozvoja, životného prostredia, civilnej ochrany a koordinácie záchranných prác pri mimoriadnych situáciách vrátane povodní.
- **Zákon č. 387/2002 z 21. júna 2002 o riadení štátu v krízových situáciách mimo času vojny a vojnového stavu**
 - Zákon o riadení štátu v krízových situáciách upravuje systém riadenia a koordinácie opatrení pri krízových situáciách (vrátane povodní a živelných pohrôm), ustanovuje právomoci štátnych orgánov, samosprávy a Ústredného krízového štábu a definuje režimy krízových situácií vrátane vyhlásenia núdzového stavu.
- **Zákon č. 200 z 27. apríla 2022 o územnom plánovaní**
 - Zákon o územnom plánovaní upravuje priestorové usporiadanie a funkčné využívanie územia, pričom pri plánovaní vyžaduje

zohľadnenie prírodných rizík vrátane povodňového ohrozenia, ochranu zástavby pred povodňami a rešpektovanie záplavových území a protipovodňovej ochrany.

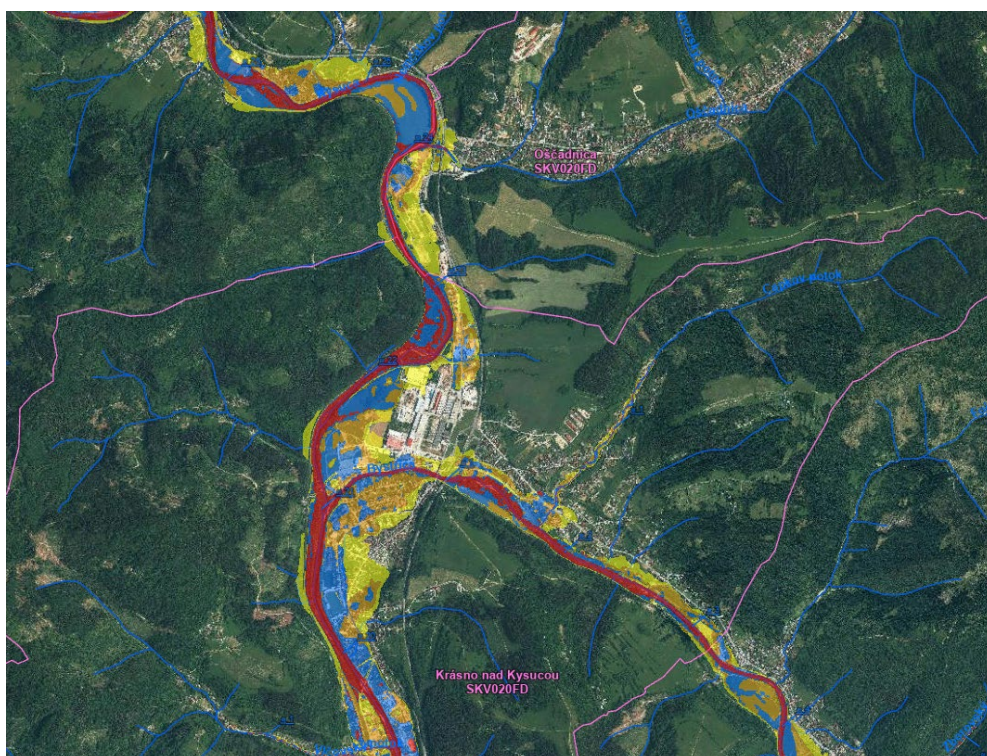
- **Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2007/60/ES z 23. októbra 2007 o hodnotení a manažmente povodňových rizík**
- Ustanovuje jednotný rámec pre hodnotenie a manažment povodňových rizík v EÚ, vyžaduje vypracovanie predbežného hodnotenia povodňového rizika, máp povodňového ohrozenia a povodňového rizika a plánov manažmentu povodňových rizík s cieľom znížiť negatívne dôsledky povodní na ľudské zdravie, životné prostredie, kultúrne dedičstvo a hospodársku činnosť.

Na Slovensku je podľa Ministerstva životného prostredia SR takmer 3 000 kilometrov vodných tokov, na ktorých je identifikovaná potenciálna hrozba povodne. Na účinné riadenie povodňových rizík je potrebná spolupráca medzi rôznymi inštitúciami, ako sú štátna správa, miestne orgány a mimovládne organizácie. Vyžaduje si to aj znalosti o tom, ako znížiť negatívne účinky extrémnych udalostí, medzi ktoré patria aj povodne. Cieľom tejto štúdie je poskytnúť časť informácií o metódach, ktoré pomôžu chrániť ľudí a majetok pred škodlivými účinkami povodní. Tieto poznatky môžu byť užitočné pre predstaviteľov samosprávy, ako aj pre jednotlivých obyvateľov miest, obcí a okresov žijúcich v ohrozených oblastiach.

Používané metódy prevencie pred povodňami v oblasti podpory projektu

- **Mapovanie oblastí ohrozených povodňami** - mapy povodňového rizika (MPR), generované z priestorového informačného systému uvádzajú hodnoty potenciálnych povodňových strát a zobrazujú objekty ohrozené povodňou v prípade výskytu povodne s určitou pravdepodobnosťou.
- **Technické metódy na zníženie negatívnych účinkov povodní** - pasívna ochrana - tieto metódy zahŕňajú - úpravu koryta rieky pomocou hydrotechnických stavieb (napr. pozdĺžnych a priečnych hrádzí, prahov, jezov, vodných stupňov a spevnenie brehov, výstavba protipovodňových hrádží.

- **Veľké infraštruktúrne stavby** na ochranu pred povodňami – budovanie retenčných nádrží a priehrad s vysokou zádržnou kapacitou vody.
- **Monitorovanie povodní** (meteorologické a hydrologické) – pre spresňovanie povodňových máp a hodnotenia účinností protipovodňových opatrení.



Obr. 7 Príklad mapy generovanej z priestorového informačného systému pre oblasť Krásna nad Kysucou a Oščadnice so zobrazením povodňového ohrozenia.
(<https://mpt.svp.sk>)

Analýza 3.4 Možnosť využitia moderných metód predchádzania následkom zosuvov v oblasti podpory

Štúdia vychádzala z materiálov dostupných na technických univerzitách na Slovensku a v Poľsku; Vyhľadávali sa a združovali sa informácie o aplikácii moderných riešení pri analýze zosuvnej činnosti a odhade nebezpečenstva zosuvov modernými metódami. Využila sa aj webová analýza a analyzovali

sa vedecké publikácie, najmä s využitím vedeckej databázy Google Scholar, kde sú dostupné publikácie na analyzovanú tému. Analyzovali sa vedecké práce z miest, ktoré sú vzhľadom na svoju geologickú stavbu, špecifické typy zrážok a aktívnu seizmicitu najviac náchylné na katastrofické zosuvy: Taiwan, Čína, Taliansko a Nový Zéland. Na správne filtrovanie informácií obsiahnutých v databázach sa vyhľadávali aj špecifické frázy: metóda rizika zosuvu, metóda nebezpečenstva zosuvu, zmiernenie zosuvu, aktivita zosuvu.

DENDROCHRONOLOGICKÁ METÓDA

Kmene stromov prerastajúcich zosuvmi sú často v dôsledku vplyvu pohybu hmoty vyklonené alebo ohnuté (obr. 8). Vonkajším poruchám zodpovedajú aj zmeny v anatómii dreva: napr. dekoncentrácia rastu. Každý ročný prírastok vykazujúci dekoncentráciu, ako aj sprievodné reakčné drevo, poskytuje informácie o environmentálnom strese, ktorý ovplyvňuje rast stromu v príslušnom roku. Priebeh zosuvu v lesných oblastiach sa zaznamenáva rok po roku, počas celého života stromov. To je výhoda dendrochronologickej metódy oproti iným metódam analýzy dynamiky zosuvu, čo potvrdzujú príklady predchádzajúcich aplikácií. Rastová dekoncentrovanosť je tendencia stromu vytvárať širšie ročné prírastky na jednej strane kmeňa. Nastáva vtedy, keď je intenzita rastu v obvode kmeňa nerovnomerná. Dekoncentricita je spôsobená menším mechanickým namáhaním v naklonenom kmeni, kde pôsobenie gravitácie spôsobuje zvýšený rast spodnej stlačenej časti kmeňa u ihličnatých drevín (napr. smrek) a hornej stlačenej časti u listnatých drevín.

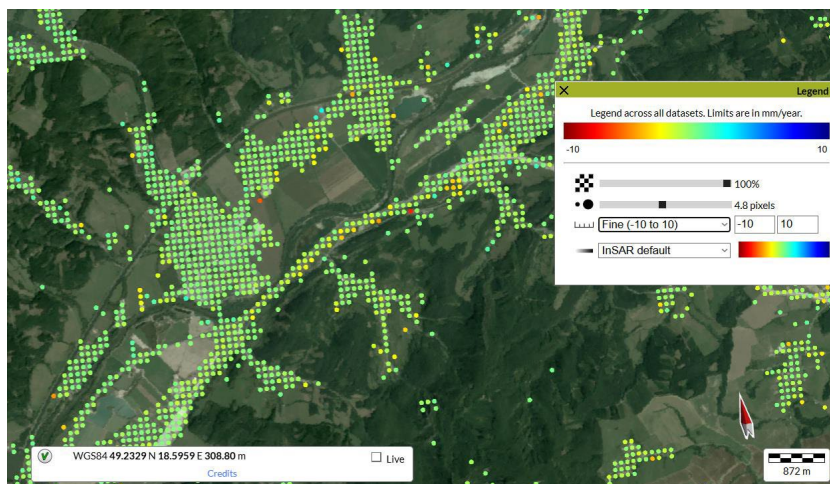


Obr. 8 Zárez pred výstavbou diaľnice D3 Hričovské Podhradie- Žilina, prítomnosť svahovej deformácie potvrdzujú oblúkovité kmene stromov [5]

RADAROVÁ INTERFEROMETRIA

Radarové snímky nadobudli význam v satelitnom diaľkovom prieskume Zeme koncom 70. rokov 20. storočia. Snímky získané pomocou radaru so syntetickou apertúrou (SAR) sú vynikajúcim nástrojom na mapovanie zemského povrchu a poskytujú cenné informácie o jeho fyzikálnych vlastnostiach, ako je topografia alebo morfológia. SAR je systém, ktorý využíva mikrovlnné žiarenie a v súčasnosti satelity vybavené anténami SAR pracujú na rôznych mikrovlnných vlnových dĺžkach. Mikrovlnné frekvencie umožňujú monitorovať vlastnosti zemského povrchu prakticky za všetkých poveternostných podmienok. Systém SAR je aktívny systém, ktorý umožňuje snímať počas dňa aj v noci. Družicová radarová interferometria (InSAR - Interferometric Synthetic Aperture Radar) si získala popularitu v 80. rokoch 20. storočia. Po vypustení družice ERS-1 Európskou vesmírnou agentúrou v roku 1991 sa radarová interferometria začala vďaka práci mnohých výskumníkov rýchlo rozvíjať. InSAR sa ukázal ako mimoriadne účinný nástroj na mapovanie zemského povrchu, ľadovcov a dokonca aj topografickej štruktúry morí.

Technika satelitnej radarovej interferometrie sa neustále vyvíja, pričom mimoriadne populárna je metóda PSInSAR (*Permanent Scatterer Interferometry*). Cieľom vývojárov tejto techniky bolo vyriešiť problémy s geometrickou a časovou dekoreláciou, ktoré viedli k izolovaným oblastiam koherentnej fázy obklopeným oblasťami úplne bez koherencie. PSInSAR využíva veľký počet snímok, čím znižuje negatívny vplyv atmosférických podmienok na kvalitu zaznamenaných snímok. Jednou z nesporných výhod techniky PSInSAR je jej schopnosť merať posuny s presnosťou na milimetre. Kľúčovú úlohu v tejto metóde zohrávajú koherentné odrazové body (Permanent Scatterers - PS), ktoré sú viditeľné na všetkých zaznamenaných snímkach. Zvyčajne zodpovedajú objektom, ako sú budovy, komunikačná a priemyselná infraštruktúra a prírodné prvky zemského povrchu, napríklad geologické odkryvy. Použitie koherentných odrazových bodov v PSInSAR umožňuje vykonávať merania na konkrétnych miestach, čím sa líši od klasickej interferometrie. Hustota bodov PS závisí od vlastností skúmanej oblasti. V oblastiach s intenzívnou urbanizáciou môže byť hustota bodov PS veľmi vysoká (aj viac ako 100 PS/km²), zatiaľ čo v poľnohospodárskych oblastiach sa vyskytujú oveľa menej.



Obr. 9 Posuny bodov v študovanej oblasti do výšky 10 mm identifikované pomocou radarovej interferometrie na pozadí ortofotomapy, Bytča a okolie.

LASEROVÉ SKENOVANIE

Činnosť laserového skenera, známeho aj ako LiDAR (*Light Detection and Ranging* - detekcia a meranie svetla), je založená na presnom meraní vzdialenosti medzi zariadením a skúmaným objektom. Tento proces zahŕňa meranie času, ktorý uplynie medzi vyslaním laserového lúča a jeho návratom do skenera po odraze od povrchu. Na základe znalosti rýchlosti šírenia elektromagnetických vĺn a nameraného času možno presne vypočítať vzdialenosť objektu od zariadenia. Skener zaznamenáva aj uhol, pod ktorým je laserový lúč vyslaný. Tieto získané údaje - vzdialenosť a uhol vychýlenia každého impulzu - umožňujú určiť priestorové súradnice XYZ bodov, ktoré tvoria tzv. mračno bodov v lokálnom systéme skenera. Táto metóda je veľmi vhodná pre rýchle mapovanie nepravidelných skalných svahov a útvarov, ako aj konštrukcií dopravnej infraštruktúry. Nie je vhodná pre plošné zameranie zosuvov s vegetačným pokryvom a pri daždivom počasí.



www.ornth.sk

Obr. 10 3D model hradu Strečno a skalného brala získaný laserovým skenovaním

Analýza 3.5 Možnosť využitia moderných metód protipovodňovej prevencie v oblasti podpory

Súčasná možnosť diaľkového prieskumu zeme ako aj existencia digitálneho modelu reliéfu Slovenska ponúkajú veľmi široké možnosti numerického modelovania povodňových stavov pri rôzne trvajúcich zrážkach v území a ich intenzite.

HYDRAULICKÉ A HYDROLOGICKÉ MODELOVANIE

Hydraulické modelovanie sa zameriava na fyzikálne prúdenie vody v konkrétnych štruktúrach, ako sú riečne kanály, kanály alebo kanalizačné systémy, zatiaľ čo hydrologické modelovanie sa zameriava na procesy spojené s obehom vody v prostredí. Hydraulické modelovanie sa týka fyzikálnych javov súvisiacich s mechanikou tekutín. Príkladom je analýza správania sa vody v riečnych korytách a záplavových oblastiach. Týmto spôsobom možno určiť ordinácie hladiny podzemnej vody, ako aj rýchlosti, hĺbky a smery prúdenia vody.

Hydraulické a hydrodynamické modelovanie zahŕňa najmodernejšie analytické techniky na predpovedanie vodných tokov v danej oblasti. Pomocou pokročilých modelov možno vykonávať podrobné simulácie, ktoré zohľadňujú rôzne hydrologické podmienky, ako je intenzita zrážok, povrchový odtok a účinnosť existujúcej odvodňovacej infraštruktúry.

Výsledky týchto analýz umožňujú identifikovať potenciálne riziká, napríklad oblasti náchylné na záplavy alebo problémy s kapacitou odvodňovacej siete. Hydraulické modelovanie je v súčasnosti jednou z najobľúbenejších metód určovania máp povodňového rizika a ohrozenia.

Typy hydraulických modelov používaných pri analýze povodňových stavov na základe matematických modelov:

- jednorozmerné (1D),
- dvojrozmerné (2D),
- hybridné (spojené) (1D/2D, pseudo-2D),
- trojrozmerné (3D).

Pre najpokročilejšie 3D modelovanie sa využívajú overené programové systémy. Príklady softvéru na 3D modelovanie: FLOW-3D, ANSYS Fluent, TELEMAC- 3D, OpenFOAM alebo aj vlastné programové systémy pracujúce na princípe numerického modelovania pomocou FEM, BEM, Meshless solution a pod.

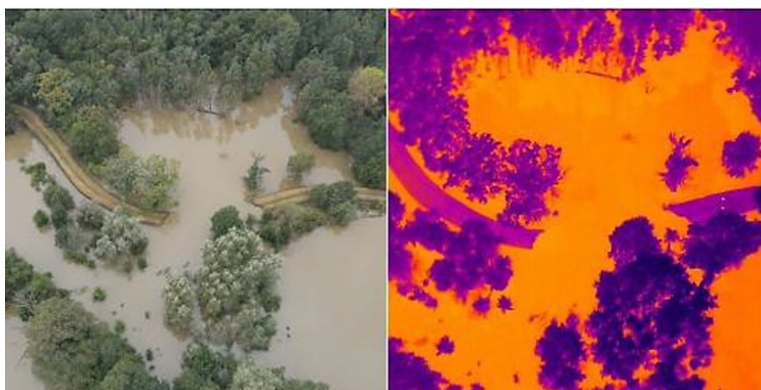
Ekologické metódy na zníženie účinkov povodní - prirodzená retencia

K najúčinnnejším metódam boja proti účinkom povodní patrí umelá retencia, t. j. dočasné zadržiavanie prebytočnej vody (a vyrovňavanie povodňovej vlny) v priehradných nádržiach. Ako už bolo uvedené, najúčinnnejšie sú v tomto smere suché povodňové nádrže, ktorých celý objem je určený na zachytenie povodňovej vlny. Rovnakú výhodu majú aj poldre v zasypaných údoliach riek. Ako však ukázali nedávne katastrofálne povodne v povodí Odry a Visly, možnosti umelej, riadenej retencie sú obmedzené. Dôvodom je malá kapacita nádrží v porovnaní s objemom povodňovej vlny. Vplyvy klimatických zmien a plytčenie retenčných nádrží znamenajú, že ich schopnosť zmierniť kulmináciu povodňovej vlny, a tým znížiť hladinu povodne v chránených oblastiach, sa výrazne znížila a naďalej sa znižuje.

Riešením, ktoré do veľkej miery podporuje umelú retenciu, je prirodzená retencia - retencia v pôde, vegetácii, mokradiach, jazerách a nekanalizovaných riečnych systémoch. Čím väčšia je ich plocha, tým väčšia je schopnosť povodia dočasne zadržať vodu. Tento jav spomaľuje kolobeh vody, čo následne zlepšuje vodnú bilanciu povodia.

POUŽÍVANIE BEZPILOTNÝCH LIETADIEL

Bezpilotné lietadlo (BSP, UAV), známe aj ako dron, je moderné lietadlo, ktoré nevyžaduje posádku na palube. V súčasnosti sa táto technológia rýchlo rozvíja a využíva sa veľmi široko a veľmi vhodná je na mapovanie nedostupných oblastí.



Obr. 11 Obrázok z drónu s termovíznou kamerou [6].

Analýza 3.7 Analýza metód prevencie a boja proti účinkom prírodných katastrof dostupných mimo oblasti podpory

Slovensko aj Poľsko čelia spektru prírodných rizík, ktoré sú mapované aj mimo oblasti podpory. Využívané sú metódy rovnaké ako pre oblasti podpory, avšak v globálnejšej mierke a v širších súvislostiach. Budovanie aktívnych vodozádržných opatrení dokáže ovplyvniť správanie sa vodného toku na celej svojej zostávajúcej dĺžke. Výhody prirodzenej retencie v povodiach:

- Nižšie náklady na ochranu pred povodňami - prírodné metódy sú lacnejšie na údržbu ako hydraulická infraštruktúra.
- Zníženie vplyvu povodní a sucha - spomaľuje odtok, znižuje riziko náhlych prítlačných vln a poskytuje prístup k vode počas období sucha.
- Zlepšená kvalita životného prostredia - podporuje biodiverzitu, zväčšuje zelené plochy a zlepšuje kvalitu vody.
- Zvýšenie atraktivity regiónu - nové rekreačné oblasti, ako sú obnovené mokrade a parky, môžu prilákať turistov a investorov.

- Podpora klimatickej politiky - prirodzená retencia pomáha pri adaptácii na zmenu klímy, čo je dôležité v kontexte národných stratégií a stratégií EÚ.

Tento dokument vznikol pre účely projektu „Testovanie a zavádzanie moderných metód prevencie a boja proti následkom prírodných katastrof v čase klimatických zmien“ z programu „Interreg V-A PL-SK“ číslo PLSK.01.01-IP.01-0007/23,

Literatúra a zdroje

1. Malik I., Wistuba M., 2018. Sposób określania aktywności osuwiskowej gruntów. Patent nr 229425 udzielony przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej na rzecz Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Zakres terytorialny ochrony patentowej: Polska
2. Malik I., Wistuba M., Krąpiec M., 2023. Sposób identyfikacji ryzyka katastrofalnego osuwania. Patent nr 242514 udzielony przez Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej na rzecz Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach i Laboratorium Datowań Bezwzględnych Marek Krąpiec. Zakres terytorialny ochrony patentowej: Polska
3. Allil, R. C., Lima, L. A., Allil, A. S., & Werneck, M. M. (2021). FBG-based inclinometer for landslide monitoring in tailings dams. *IEEE Sensors Journal*, 21(15), 16670-16680.
4. Bednarczyk, Z. (2008). Metody instrumentácie a monitoringu povrchových hromadných pohybov na príklade vybraných zosuvov v Karpatoch (Nízke Beskydy, Stredné Beskydy a Podhorie). *Geológia/Banícko-hutná akadémia im. Stanisława Staszica v Krakove*, 34(4), 721-732.
5. Drusa a kol., Inżynierska geologia, BTO Print 2012, ISBN 978-80-970248-5-7
6. <https://www.swiatdronow.pl/drony-a-powodz-na-poludni-polski-09-2024>)