

**Slovenská ekologická spoločnosť pri SAV
v spolupráci
s Ústavom krajinnej ekológie SAV, v. v. i., Bratislava
a Katedrou ekológie a environmentalistiky FPVal UKF v Nitre**



EKOLOGICKÉ ŠTÚDIE

Ročník 14

Číslo 2/2023

Slovenská ekologická spoločnosť pri SAV
v spolupráci s
Ústavom krajinnej ekológie SAV, v. v. i., Bratislava
a Katedrou ekológie a environmentalistiky FPVal UKF v Nitre



EKOLOGICKÉ ŠTÚDIE

Ročník 14

Číslo 2/2023

EKOLOGICKÉ ŠTÚDIE

Recenzovaný vedecký časopis venovaný aktuálnym problémom ekológie, krajinej ekológie a príbuzných vedných disciplín

Hlavný redaktor / Editor-in-Chief:

prof. RNDr. František Petrovič, PhD.

Výkonný redaktor / Executive editor:

prof. PaedDr. PhD. RNDr. Martin Boltžiar, PhD.

Redakčná rada / Editorial board:

RNDr. Peter Gajdoš, CSc.

prof. Fedir Hamor, DrSc. (Ukrajina)

RNDr. Vladimír Herber, CSc. (Česká republika)

prof. RNDr. Juraj Hreško, CSc.

prof. RNDr. Zita Izakovičová, PhD.

doc. RNDr. Zdeněk Lipský, CSc. (Česká republika)

Dr.h.c. prof. RNDr. László Miklós, DrSc.

RNDr. Milena Moyzeová, PhD.

Ing. Július Oszlányi, CSc.

Dr. László Podmanický (Maďarsko)

prof. Ing. Ivan Vološčuk, DrSc.

Dr.h.c. prof. RNDr. Florin Žigrai, DrSc. (Rakúsko)

Technické spracovanie / Computer typesetting:

Mgr. Henrik Kalivoda, PhD.

Za obsahovú a jazykovú stránku príspevkov zodpovedajú autori

Vydavateľ: Slovenská ekologická spoločnosť pri SAV v spolupráci s Ústavom krajinej ekológie SAV, v. v. i., Bratislava a Katedrou ekológie a environmentalistiky FPVaI UKF v Nitre

Dátum vydania: december 2023

Číslo: 2

Ročník: 14

Vychádza 2x ročne

Časopis Ekologické štúdie je dostupný online na stránke <http://publikacie.uke.sav.sk/>

Evidenčné číslo MK SR: EV 4174/10

ISSN 1338-2853

OBSAH

HALADA, L., DAVID, S., GAŠPAROVIČOVÁ, P.: Vegetácia obce Runina (Národný park Poloniny, SV Slovensko) a jej prírodoochranná významnosť.....	4
HUTÁROVÁ, D., ŠTEFUNKOVÁ, D., KOZELOVÁ, I.: Ekosystémové služby záhradkárskeho osád v mestách – systematický prehľad.....	16
MARETTA, M., ČALKOVSKÝ, M.: Tvorba mapy ohrozenia bleskovými povodňami v povodí Sklabinského potoka.....	30
PALAJ, A., KOLLÁR, J.: Zmeny v zastúpení endemických druhov v alpínskej vegetácii Západných Karpát.....	40
MIHÁL, I.: Štruktúra symbiotickej a saprotrofnej mykobioty v kultúrnych smrečínach	52
KRNÁČOVÁ, Z.: Využitie techník faktorovej analýzy pri modelovaní agroekosystémov	67
HRIVNÁKOVÁ, K., ČAJKOVÁ, S., HREŠKO, J.: Morfodynamika povodí plies Vysokých Tatier (Dolina Zeleného plesa) v kontexte zmeny klímy.....	80

MORFODYNAMIKA POVODÍ PLIES VYSOKÝCH TATIER (DOLINA ZELENÉHO PLESA) V KONTEXTE ZMENY KLÍMY

MORPHODYNAMICS OF THE HIGH TATRAS MTS. LAKES CATCHMENTS (ZELENÉ PLESO VALLEY) IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Kristína HRIVNÁKOVÁ, Silvia ČAJKOVÁ, Juraj HREŠKO

Katedra ekológie a environmentalistiky, Fakulta prírodných vied a informatiky, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra, e-mail: kristina.hrivnakova@ukf.sk, silvia.cajkova@ukf.sk, jhresko@ukf.sk

Abstract: *This study emphasizes the noticeable impact of climate trend changes on the activation of geomorphological processes and landscape alterations in the lake catchment areas of the High Tatra Mts. Current morphodynamic transformations - rock avalanches and increased debris areas within the catchments of the studied lakes (Zelené pleso Kežmarské and Čierne pleso Kežmarské), underline the necessity for rigorous monitoring of these events and their interrelationships. The study contemplates how these changes will affect these pivotal natural ecosystems (lake siltation – water resources, water quality) and human activities (tourism, etc.) in this high-altitude environment.*

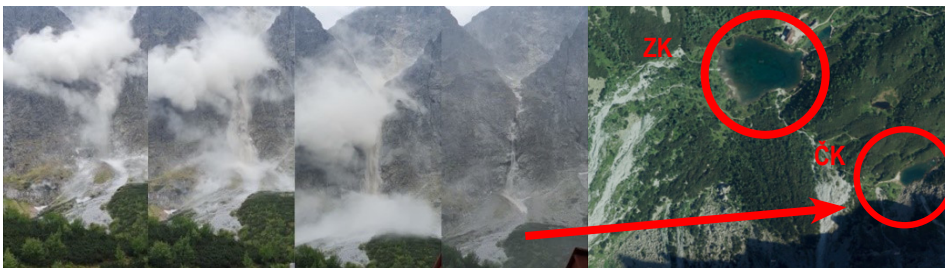
Key words: *Climate Extremes, Geomorphological Processes, Land Cover, Catchment Changes, Water State Changes, Climbing Routes Crumble*

Úvod

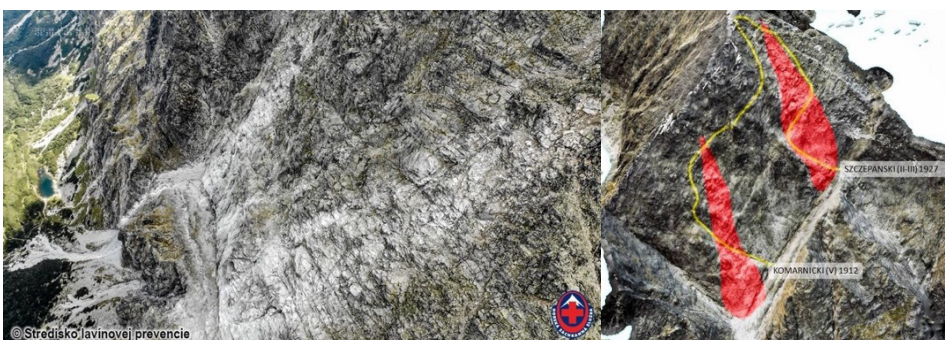
Akcelerujúce globálne klimatické zmeny ovplyvňujú všetky prírodné a socioekonomické sféry, horské a predovšetkým vysokohorské oblasti sú však atakované výraznejšie (Knight, 2022). Exponovanosť a charakteristické prvky ich reliéfu, podmienené a zintenzívňované súčasným klimatickým režimom a extrémami, aktivujú morfodynamické procesy v týchto oblastiach (Lukniš, 1973; Kotarba, 2007; Kapusta a kol., 2010). Pohoria tak budú čeliť veľkým geomorfologickým udalostiam, ktoré budú zásadne ovplyvňovať jednotlivé ekosystémy a ich vývoj, a predstavovať aj prírodné nebezpečenstvá a riziká pre ľudí.

Udalosti posledných rokov, v celosvetovom (Bondesan & Francese 2023; Petley, 2023) i regionálnom meradle, túto skutočnosť podčiarkujú. Začiatkom minulého leta (17. júna 2022) sa zo severnej steny Malého Kežmarského štítu, v nadmorských výškach 2325 a 2465 metrov (Obr. 2), samovoľne uvoľnili veľké skalné bloky a spôsobili rozsiahle skalné rútenie (dlhé 1260 m) (Obr. 1). Pri prechode medzi ročnými obdobiami a počas intenzívnej zrážkovej činnosti sú vo Vysokých Tatrách zaznamenávané menšie skalné rútenia, skalná lavína takéhoto rozsahu však nie je bežným javom a bola spôsobená náhlym uvoľnením veľkého množstva materiálu po výraznom a náhlom oteplení a rozmrazení hornín. Podobný kolaps v tejto oblasti, hoci menšieho rozsahu, sa opakoval aj toto leto (3. augusta 2023) (Stredisko lavínovej prevencie – HZS, 2022).

Úsypový kužeľ, z tejto steny, prechádza dvomi povodiami (Obr. 1) Zeleného plesa Kežmarského (ZK) a Čierneho plesa Kežmarského (ČK) a nepochybne vplýva na zmeny a súčasný stav týchto jazerných ekosystémov, ako aj ľudské aktivity v ich okolí.



Obr. 1: Skalná lavína z Malého Kežmarského štítu (Stredisko lavinovej prevencie - HZS, 17.6.2022) a jej úsypový kužeľ v povodiach ZK a ČK plesa (mapy.cz, upravené: Hrivnáková, 2023).



Obr. 2: Miesta odtrhu skalných blokov, pohľad na Čierne pleso Kežmarské pod stenou a znázornenie známych lezeckých ciest, cez ktoré skalná lavína prechádzala (Stredisko lavinovej prevencie - HZS, 15.8.2022).

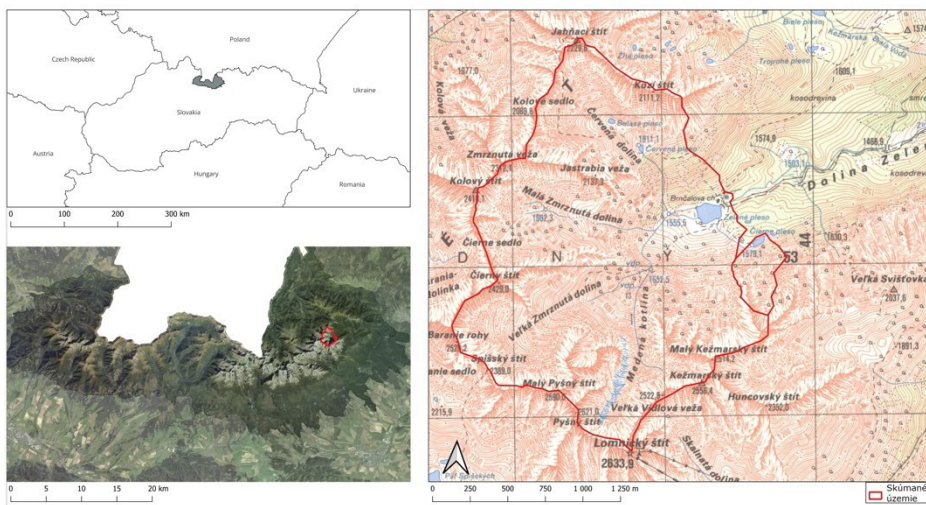
Cieľom príspevku je analýza zmien v krajine a časopriestorové rozšírenie geomorfologických procesov v doline Zeleného plesa s poukázaním na dopady meniacej sa klímy.

A zamyslenie sa nad otázkou, ako tieto zmeny ovplyvnia významné prírodné vodné zdroje zásobujúce dolinné systémy, ale aj ľudské aktivity v tomto prostredí?

Skúmaná oblasť

Skúmané jazerné ekosystémy, Zelené pleso Kežmarské a Čierne pleso Kežmarské, ležia v Doline Zeleného plesa, v bočnej vetve Doliny Bielej vody Kežmarskej. Ide o južne orientovaný a najvýchodnejší dolinný systém pohoria Vysoké Tatry, ktoré je súčasťou Západných Karpát.

Vzhľad pohoria Vysoké Tatry (49.817' – 49.806'N, 19.836' – 20.820'E) formovala štvrtohorná ľadovcová činnosť, ktorá mu udala jedinečný vysokohorský charakter a prvky (Lukniš, 1973; Lacika, 2020). Horské s vysokohorské jazerá, známe ako "plesá" (skratka: "pl.") sú najmladšie prírodné útvary vytvorené touto ľadovcovou činnosťou, považované (z geologického hľadiska) za krátkodobý jav – rýchlo vznikali a v dôsledku okolitých procesov rýchlo zanikajú (Kotarba, 2007; Hreško a kol., 2012; Kapusta a kol., 2021). Na slovenskej strane Vysokých Tatier je približne 170-230 jazier (periodicita / postupný zánik), pričom väčšina sa nachádza



Obr. 3: Poloha skúmaných jazier (ZK a ČK) a ich povodí v pohorí Vysoké Tatry – Slovensko (www.zbgis.sk).

nad pásmom lesa, 70% v alpskom pásme (nad 1800 m n.m.) a 19% v subalpínskom pásme (Slovenská lesnícka spoločnosť, 2012a; Lackovič 2015; Kopáček a kol., 2019).

Zelené pleso Kežmarské sa nachádza v závere Doliny Zeleného plesa pod severnou stenou Malého Kežmarského štítu, **odnože Doliny Bielej vody Kežmarskej a jej tromi visutými dolinami:** Veľkou Zmrzlou dolinou, Malou Zmrzlou dolinou a Červenou dolinou. Výraznou dominantou je Jastrabia veža. Severná stena Malého Kežmarského štítu je najvyššou skalnou stenou Tatier, s výškou 900 metrov, s viac ako 100 lezeckými cestami (tvorila medzník letného aj zimného tatranského horolezectva) (Jackovič, 2006). Pri plese stojí obľúbená a často navštevovaná Chata pri Zelenom plese (známa ako Brnčalka). Cez pleso preteká Zelený potok, ktorého odtok reguluje hrádza, ktorá zväčšuje objem jazera približne o jednu tretinu a zabraňuje jeho zániku¹. Od chaty vedie známy turistický chodník Tatranskej Magistrály, smerom na Sedlo pod Svišťovkou, prechádzajúci okolo Čierneho plesa Kežmarského (Lackovič 2015).

Tab. 1: Hlavné geomorfologické charakteristiky jazerných ekosystémov (ZK a ČK) Doliny Zeleného plesa (Gregor & Pacl 2005; Čajková 2023).

Pleso	GPS súradnice		Pleso						Povodie			
			Nad. výška [m n.m.]	Plocha [m ²]	Objem [m ³]	Obvod [m]	Mach. hĺbka [m]	Priem. hĺbka [m]	Plocha [m ²]	Prevýšenie [m]	Priem. sklon [°]	Orientácia [°]
ZK	N49.2085092	E20.2202886	1 546	17 855	31 755	575	4,5	1,78	3 986 412	1 037	37	142
ČK	N49.2076167	E20.2245806	1 579	2 910	5 128	235	4	1,76	146 420	596	43	240

¹**Poznámka:** Na základe historického cestopisu (Zechenter-Laskomerský, 1963) sa predpokladalo, že Zelené pleso Kežmarské už v súčasnosti nebude existovať: „Pohľad na pleso bol prekvapujúci, nie veľkosťou ani veľbou, no svojou maličkosťou. Je to nepatrná mláka, ako beliansky tajch pri Štiavnicí v čase suchého leta. Prehodiš ho skalou na všetky strany, jeho hĺbka nikde nie je na siahu. Voda prúdiac sa odspodku je čistá, priezračná ako sklo a veľmi chladná. Dno jazierka je biele —

svetlá žula — voda farby svetlozelenej ako smaragd, odtiaľ meno Zeleného plesa. Prsia Zeleného plesa, stará hrádza — moréna — preborené sú prostriedkom hlbokou úžľabinou, kade teraz odteká voda. Voľakedy táto hrádza zatvárala dolinu asi vo výške 8 stôp, čím pomerne i pleso bolo hlboké a široké. Neuplynie storočie a pleso zanikne, lebo od zadných strmých lomnických stien vždy viac a viac býva vyplnené bezprestajne snehom a dažďom dovezenými a dolu padlými skalami.“

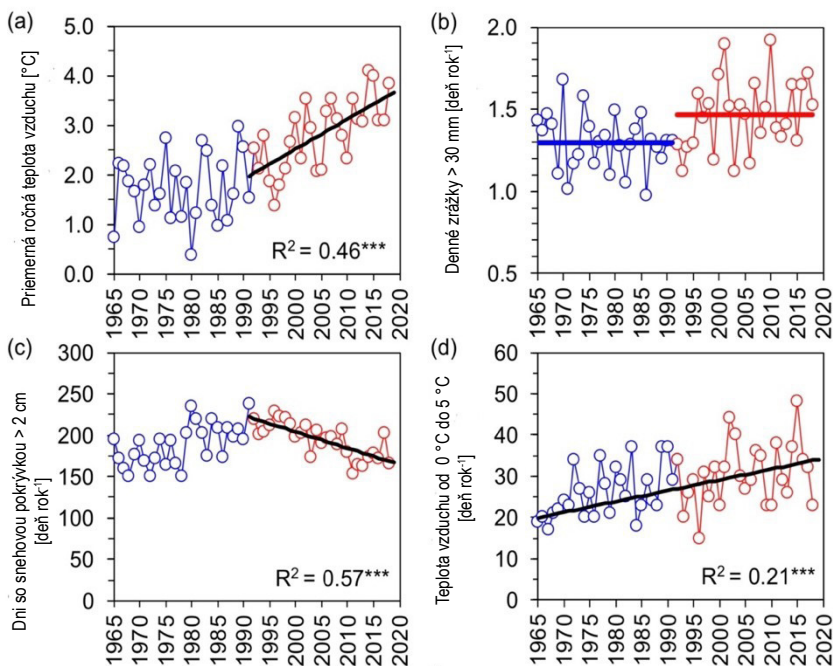


Obr. 4: Pohľad na skúmané plesá (ZK a ČK) zo Sedla pod Svišťovkou (Čajková, 14.7.2023) a z Červenej doliny (Hrivnáková, 10.9.2023).



Obr. 5: Pohľad na Chatu pri Zelenom plese, pod Jastrabou vežou a hať na ZK plese (Čajková, 22.6.2022) a historická pohľadnica datovaná 13.7.1929 (archív O.Jalčovník, dostupné na: www.nostalgicketatry.sk).

Špecifické vysokohorské prostredie Vysokých Tatier vytvára predpoklady pre osobitú vysokohorskú klímu, s náhlymi a často až extrémnymi zmenami klimatických ukazovateľov a nestabilným počasím. Charakteristická je nízka teplota vzduchu, vysoký zrážkový úhrn a veternosť (Slovenská lesnícka spoločnosť, 2012b). Akcelerujúce celosvetové klimatické zmeny sa prejavujú aj v našom geografickom priestore – nárast teploty vzduchu a zrážkovej činnosti, pokles dní so snehovou pokrývkou a kolísanie teploty vzduchu okolo nuly (Obr. 6) (Kopáček a kol., 2019).



Obr. 6: Časový rad klimatických charakteristík (a,b,c,d) z meteorologického observatória – Skalnaté pleso (1778 m n.m.). Plné čierne čiary ukazujú významné regresie za obdobie 1992-2018 (okrem d) ktorý ukazuje trend 1965 – 2018). R² je koeficient determinácie a hviezdičky označujú významnosť vzťahu (*** p < 0,001; ** p < 0,01; * p < 0,05). (Kopáček a kol., 2019 - preložené: Hrivnáková, 2023).

Použité metódy

Diaľkový prieskum Zeme a porovnávanie klasifikovaných leteckých snímok sú dobre zavedené metódy na kvantifikáciu a sledovanie zmien krajiny pokrývky v čase a priestore. Letecké a satelitné snímky sa už dlhú dobu používajú na detekciu a klasifikáciu transformácií krajiny v priebehu času, pretože zachytávajú dopady mnohých procesov spôsobujúcich prirodzené (napr., požiare, veterné katastrofy) a antropogénne (napr. odlesňovanie, urbanizácia, poľnohospodárstvo) zmeny (Verbesselt a kol., 2010; Žoncová a kol., 2020).

V tejto štúdii boli použité sekundárne aj primárne zdroje dát. Primárne zdroje zahŕňajú terénny prieskum a zber snímok realizovaný v roku 2022 a 2023 (Obr. 4). V sekundárnych zdrojoch sa zmena krajiny pokrývky analyzovala pomocou leteckých snímok za obdobie rokov 1973, 2005 a 2022. Pomocou týchto údajov sme dokázali zachytiť a analyzovať zmeny, ku ktorým došlo za takmer 50 rokov. V rámci študovanej oblasti sme identifikovali 5 tried krajiny pokrývky: vodná plocha, kosodrevina, bylinno-trávne porasty, sutiny a sutinové prúdy. Priebeh aktivity a geomorfologickej účinnosti sutinových prúdov vo vybraných modelových oblastiach v období 1973 - 2022 bol hodnotený na základe multitemporálnej trendovej analýzy údajov diaľkového prieskumu Zeme. Kľúčové materiály na zisťovanie priestorového rozloženia sutinových prúdov v tomto období predstavovali letecké snímky z roku 1973, ortofotomapy z rokov 2005 a 2022 a digitálny model reliéfu vytvorený z údajov

leteckého laserového skenovania (LLS) metódou LIDAR (Light Detection And Ranging) s rozlíšením 1x1m. Poskytol nám ho Geodetický a kartografický ústav v Bratislave. Ortofoto-mapy za roky 2005 a 2022 s vysokým rozlíšením (50 - 20 cm/pixel) v približnej mierke 1 : 15 000 poskytla spoločnosť Eurosense s.r.o. v Bratislave. Čiernobiele (panchromatické) letecké snímky poskytol Topografický ústav v Banskej Bystrici. Ďalšími krokmi bola kvantifikácia vybraných parametrov sutinových prúdov, identifikácia počtu ich zmien (prírastkov a úbytkov) a výpočet ich plošného rozsahu v časových intervaloch medzi rokmi vzniku interpretovaných fotografií, t. j. 1973-2005, 2005-2022, 1973-2022, s využitím štatistických nástrojov GIS. Na analýzu zmien rozlohy (prírastok, úbytok) sutinových prúdov v rámci spomenutých časových intervalov bola použitá metóda počítačom podporovanej vizuálnej interpretácie uvedených snímok diaľkového prieskumu Zeme. To znamená, že areálové zmeny sutinových prúdov v rámci jednotlivých časových intervalov boli vizualizované vo forme máp. Mapy priestorového rozloženia sutinových prúdov vypracované na základe starších snímok sa porovnávali s mapou sutinových prúdov zistenou na najnovšej snímke časovej sekvencie (t. j. z roku 2022). Všetky operácie a výstupy boli realizované v prostredí programu ArcMap 10.8.1 a QGIS 3.28.7.

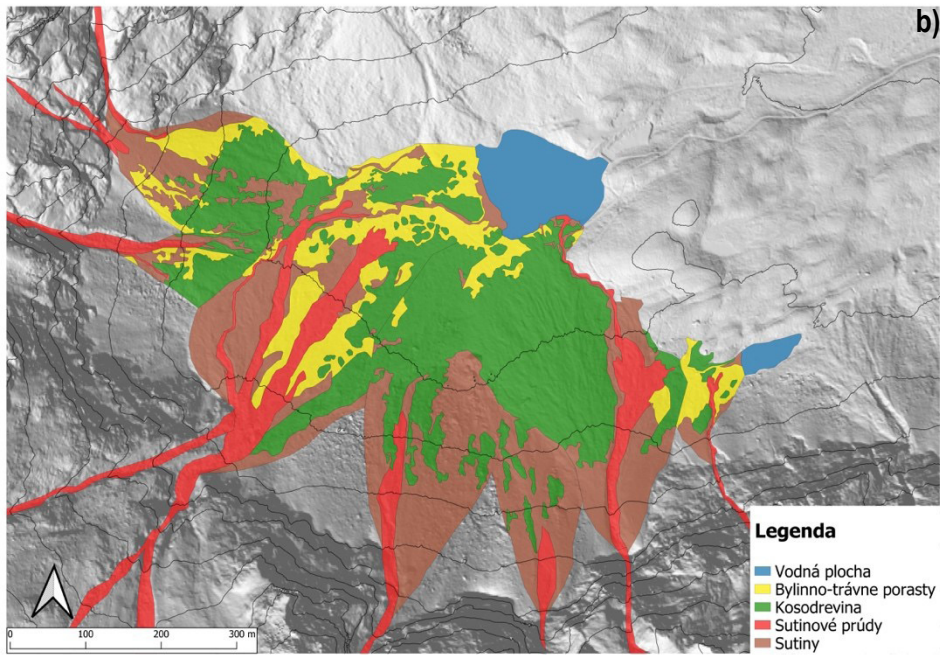
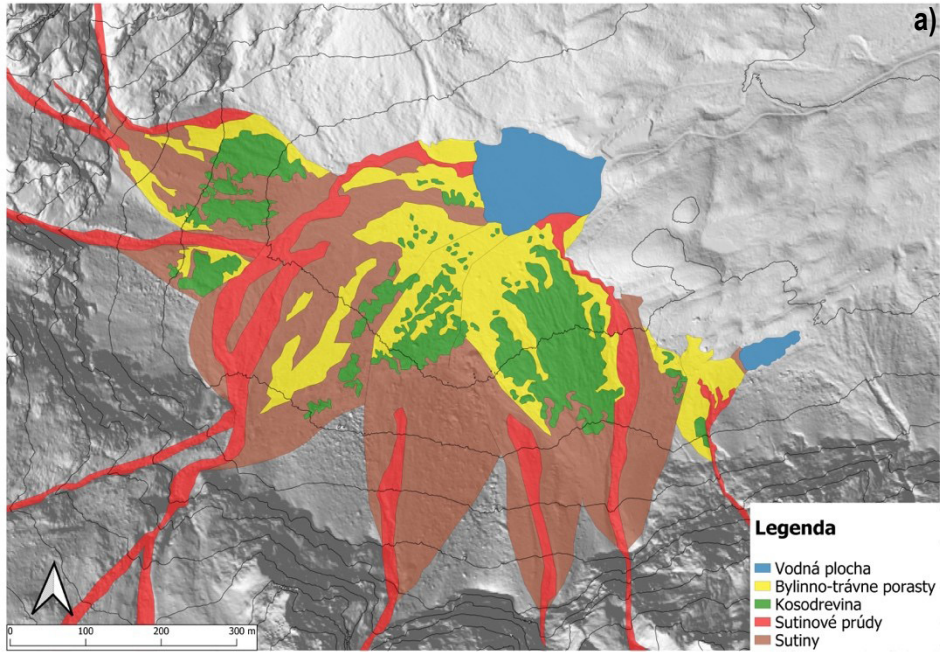
Výsledky a diskusia

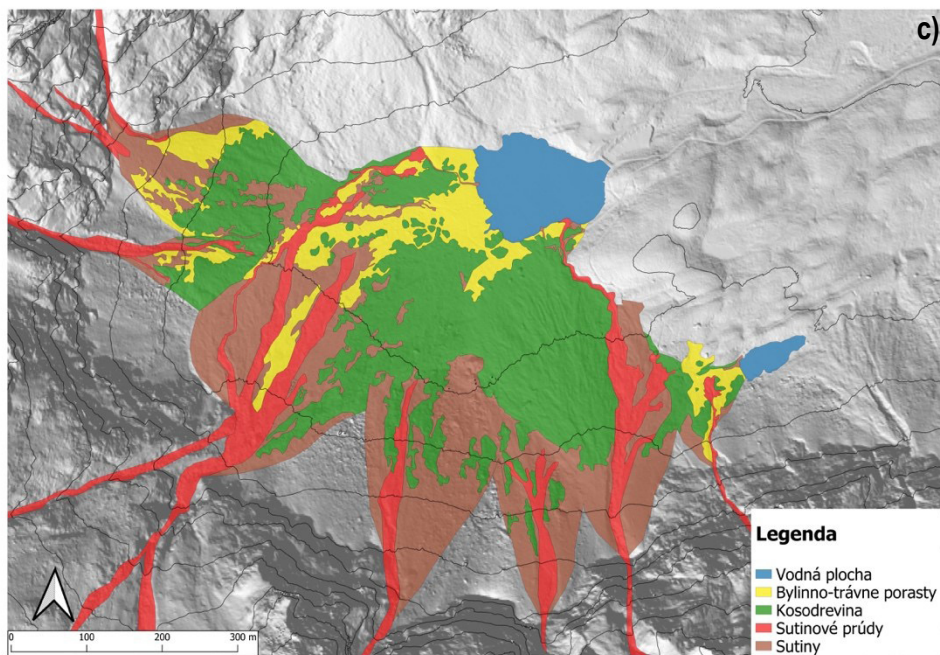
Na základe súčasných klimatických trendov (Obr. 6) je evidentné, že prostredie Vysokých Tatier taktiež ovplyvňujú globálne zmeny. Po roztopení ľadovcov sa toto pohorie stalo aktívnym, dynamickým a meniacim sa prostredím (Hreško a kol., 2008). Zvyšovanie teploty vzduchu a jej fluktuácia okolo bodu mrazu, spolu s redukciou snehovej pokrývky a častejšími intenzívnymi, až extrémnymi zrážkami (hlavne v letnom období), vplýva na izoláciu, stabilitu a frekvenciu rozmrazovania a zamrazovania hornín. Tieto faktory urýchľujú ich fyzickú eróziu a **zvetrávanie, a oblasť Tatier už v súčasnosti čelí výrazným geomorfologickým udalostiam a transformáciám** (Obr. 1) (Vojtek, 2002; Kotarba, 2004; Hreško a kol., 2013; Kopáček a kol., 2017).

V rámci nášho výskumného projektu (VEGA 1/0546/21), ktorý je zameraný na identifikáciu a analýzu zmien v krajine a časopriestorové rozšírenie geomorfologických procesov v povodiach jazier Vysokých Tatier, sme si ako modelové územie zvolili Dolinu Zeleného plesa a povodia Zeleného plesa Kežmarského a Čierneho plesa Kežmarského, kde nedávno dochádzalo k spomínaným skalným rúteniam (Obr. 1) (Stredisko lavínovej prevencie - HZS, 2022). Obdobia zvýšeného výskytu extrémnych geomorfologických udalostí sú zaznamenané od 70. rokov 20. storočia, kedy sa časopriestorovou aktivitou geomorfologických udalostí na skúmanom území zaoberal Kotarba (2004). Zaznamenal absenciu sutinových prúdov v období približne od roku 1925 až 1970 a ich opätovný nárast v nasledujúcom období až do konca 20. storočia.

Za posledných päť desaťročí dochádza k zmenám v krajinnej pokrývke v skúmaných povodiach (Obr. 7 a 8, Tab. 2). Plochy bylinno-trávnatých porastov sa znižujú (-2,27 ha = -36,3%) a v menšom merítku aj sutinové polia (-3,9 ha = -28,78%) a prúdy (-1,06 ha = -10,36%) a do roku 2005 postupne zarastajú kosodrevinou (+6,61 ha = +143,79%).

Avšak po roku 2005 pozorujeme rozširovanie sa sutinových polí (+0,23 ha = +2,3%) a prúdov (+0,61 ha = +6,66%) (Obr. 9). Tento trend by mohol byť spôsobený zmenami v klimatických charakteristikách okolo roku 1995 (Obr. 6) a ich extrémami (Kopáček a kol., 2019), ktoré čoraz častejšie aktivujú a zintenzívňujú geomorfologické udalosti. V tom to

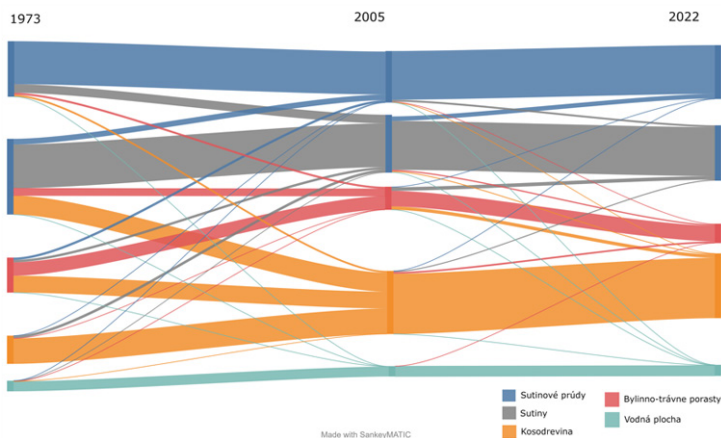




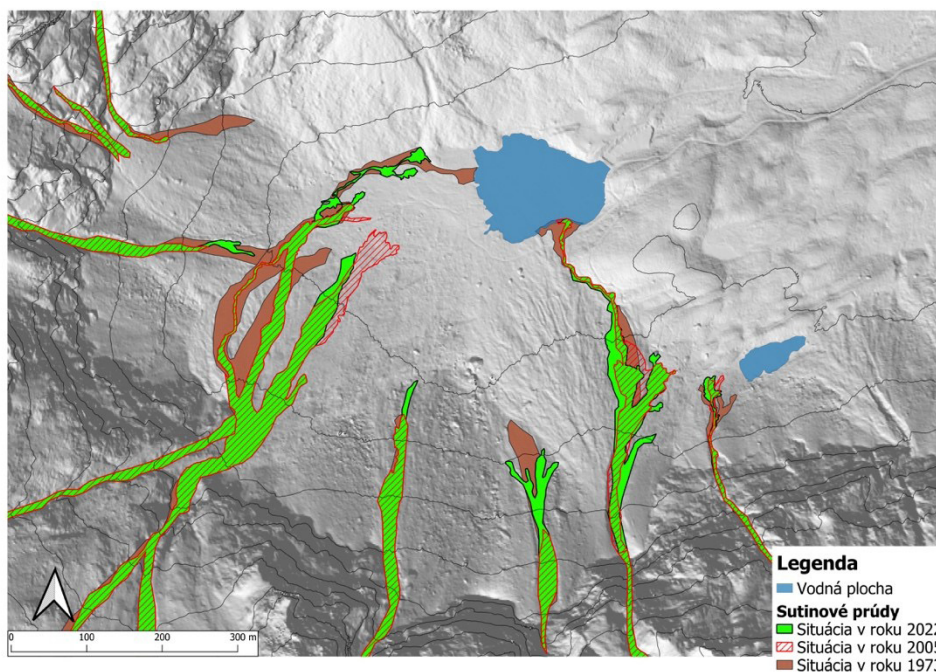
Obr. 7: Krajinná pokrývka povodí skúmaných plies (ZK a ČK) v roku (a) 1973, (b) 2005 a (c) 2022.

Tab. 2: Číselné vyjadrenie plošných zmien krajinných prvkov v skúmaných jazerných ekosystémoch v období 1973 – 2005 – 2022.

Krajinné prvky		1973–2005	2005–2022	1973–2022
Vodná plocha	ha	-0,03	0,14	0,11
	%	-1,42	7,51	5,99
Bylinno-trávné porasty	ha	-2,27	-0,54	-2,81
	%	-36,3	-13,43	-44,86
Kosodrevina	ha	6,61	0,45	7,06
	%	143,79	4,01	153,64
Sutinové prúdy	ha	-1,06	0,61	-0,45
	%	-10,36	6,05	-4,39
Sutiny	ha	-3,9	0,23	-3,67
	%	-28,78	2,3	-26,4



Obr. 8: Sankey diagram ilustrujúci vyššie spomenuté plošné zmeny (Tabuľka 2).



Obr. 9 Plošné zmeny sutínových prúdov v povodiach skúmaných jazier v období 1973 – 2005 - 2022.

období pozorovali v doline Zeleného plesa vyšší nárast aktivity sutínových prúdov a ich geomorfologickej účinnosti aj autori Kapusta a kol. (2010). Je nevyhnutné detailne monitorovať morfolodynamické zmeny v tomto vysokohorskom prostredí a skúmať ich súvislosti so zmenami klímy.

Ďalším zameraním nášho výskumu je hodnotenie vplyvu týchto zmien a procesov na prírodné (predovšetkým jazerné) ekosystémy a ľudské aktivity v tomto prostredí.

Nepochybný vplyv týchto procesov na postupné zanášanie plies už bol preukázaný (Kapusta a kol., 2021). Pokiaľ ide o Zelené pleso Kežmarské, jeho vývoj je v tomto kontexte ťažšie hodnotiť. Reguláciou plesa, stavbou hrádze na jeho odtoku (Obr. 5), sa pravdepodobne zabránilo jeho úplnému zániku, práve naopak pleso sa výrazne zväčšilo oproti rokom 1872¹ a 1929 (Obr. 5). Aj v tomto období však už boli spomínané geomorfologické procesy aktivované klimatickými vplyvmi ako dôsledok zanikania, už tak malého jazierka (Zechenter-Laskomerský, 1963).

Dráha skalných lavín z Malého Kežmarského štítu prechádzala známymi lezeckými cestami (Obr. 2) (bolo poškodených viacero postupových istení a štandov) a končila až na turisticky známom chodníku Tatranskej magistrály (smer na Sedlo pod Svišťovkou). Našťastie nedošlo k žiadnym zraneniam, ale oblasť zostala aj nasledujúce dni nebezpečná, v dôsledku ďalších padajúcich skál (Stredisko lavínovej prevencie - HZS, 2022). Tieto prírodné javy, zosilnené klimatickými zmenami, nielen ohrozujú bezpečnosť horolezcov a turistov, ale spôsobujú aj zánik známych a obľúbených lezeckých oblastí a turistických destinácií, ktoré tak strácajú svoje čaro a tým trpí miesta ekonomika a kultúrna hodnota regiónu (Mäkká, 2022).

Okrem toho, tieto udalosti majú hlboký vplyv na vodné zdroje (kvalita vody, dostupnosť,...) v regióne a predstavujú tak riziko pre ľudské využitie ale aj pre ekosystémy samotné (Kopáček a kol., 2017; 2021).

Záver

Naša štúdia podčiarkuje dôležitosť skúmania danej problematiky - morfodynamických zmien vo vysokohorských oblastiach (akými sú aj Vysoké Tatry) v kontexte akcelerujúcich zmien klímy a vplyvu týchto zmien na jednotlivé ekosystémy a ich zložky, ale aj ľudské aktivity v tomto prostredí. Nielenže tým demonštrujeme zrýchľovanie klimatických zmien na regionálnej, ale aj globálnej úrovni, ale môžeme predpovedať aj ďalší vývoj týchto jedinečných ekosystémov, ako aj výskyt prírodných rizík pre ľudské aktivity.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou a v rámci riešenia projektov: VEGA 1/0546/21 Zmeny krajiny v povodiach plies Vysokých Tatier a podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt „Podpora výskumno-vývojových aktivít jedinečného riešiteľského tímu“, 313011BVY7, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- BONDESAN, A., FRANCESE, R.G.: The climate-driven disaster of the Marmolada Glacier (Italy). *Geomorphology*, 2023, 431, 108687.
- GREGOR, V., PACL, J.: Hydrológia Tatranských jazier. *Acta hydrologica Slovaca*, 2005, 6, 1, p. 161-187.
- HSTORICKÁ POHĽADNICA DATOVANÁ 13.7.1929. In: *Nostalgické Tatry* (archív O.Jalčovník [online]). Vysoké Tatry: Chata pri Zelenom plese [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <https://www.nostalgicketatry.sk/historia/chataprizelenomplese>
- HREŠKO, J., BUGÁR, G., BOLTÍŽIAR, M., KOHÚT, F.: The dynamics of recent geomorphic processes in the alpine zone of the Tatra Mts. *Geographia Polonica*, 2008, 81, 1, p. 53-65.

- HREŠKO, J., KANÁSOVÁ, D., BUGÁR, G., PETROVIČ, F., MAČUTEK, J.: Morphodynamic effect on lacustrine deposits in the High Tatra Mts. *Ekológia*, 2012, 31, 4, p. 390–404.
- HREŠKO, J., PETROVIČ, F., SEDLÁKOVÁ, H., RYBANSKÝ, L., SEDLÁK, A.: Recent Development of the Alpine Lakes in Slovak Part of The High Tatras Mts. *Životné prostredie*, 2013, 47, 3, p. 140–143.
- JACKOVIČ, P.: Vysoké Tatry horolezecký sprievodca - Malý Kežmarský štít. Poprad, 2006, 155 s.
- KAPUSTA, J., PETROVIČ, F., HREŠKO, J., RAČZKOWSKA, Z.: Shrinkage of the tarns in the High Tatras (Slovakia, Poland). *Geographia Cassoviensis*, 2021, 9, 1, p. 5-26.
- KAPUSTA, J., STANKOVIANSKY, M., BOLTIŽIAR, M.: Changes in activity and geomorphic effectiveness of debris flows in the High Tatra Mts within the last six decades (on the example of the Velická dolina and Dolina Zeleného plesa valleys). *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 2010, 44, p. 5–34.
- KNIGHT J.: Scientists' warning of the impacts of climate change on mountains. *PeerJ*, 2022.
- KOPÁČEK, J., KAŇA, J., BIČÁROVÁ, S., BRAHNEY, J., NAVRÁTIL, T., NORTON, S. A., PORCAL, P., STUHLÍK, E.: Climate change accelerates recovery of the Tatra Mountain lakes from acidification and increases their nutrient and chlorophyll a concentrations. *Aquatic Sciences*, 2019, 81, 5, p. 1-13.
- KOPÁČEK, J., KAŇA, J., BIČÁROVÁ, S., FERNANDEZ, I. J., HEJZLAR, J., KAHOUNOVÁ, M., NORTON, A.S., STUHLÍK, E.: Climate Change Increasing Calcium and Magnesium Leaching from Granitic Alpine Catchments. *Environmental Science & Technology*, 2017, 51, 1, p. 159-166.
- KOPÁČEK, J., KAŇA, J., PORCAL, P., STUHLÍK, E.: Diverse effects of accelerating climate change on chemical recovery of alpine lakes from acidic deposition in soil-rich versus scree-rich catchments. *Environmental Pollution*, 2021, 284, 1, p. 117-522.
- KOTARBA, A.: Geomorphic activity of debris flows in the Tatra Mts. and in other European mountains. *Geographia Polonica*, 2007, 80, 2, p. 137–150.
- KOTARBA A.: Zdarzenia geomorfologiczne w Tatrach Wysokich podczas małej epoki lodowej. Red. A. Kotarba, Rola małej epoki lodowej w przekształcaniu środowiska przyrodniczego Tatr, *Prace Geograficzne, IGI PAN*, 2004, 19, s. 9-55.
- LACIKA, J.: Vysoké Tatry. Dajama, 2020, 128 s.
- LACKOVIČ, M.: Prírodné Krásky Slovenska, Plesá. Dajama, 2015, 126 s.
- LUKNIŠ, M.: Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia. Bratislava: SAV, 1973, 375 s.
- MÄKKÄ S.: Igor Koller (bývalý predseda Slovenského horolezeckého spolku JAMES): Tempo klimatickej zmeny je šialené, pred očami nám miznú horolezecké cesty. *Denník N*, 2022. (<https://dennikn.sk/2925692/igor-koller-tempo-klimatickej-zmeny-je-sialene-pred-ocami-nam-miznu-horolezecke-cesty/>)
- PETLEY, D.: A large rock avalanche from Flüchthorn in the Austrian Alps. 2023. (<https://blogs.agu.org/landslideblog/2023/06/12/fluchthorn-1/>)
- SLOVENSKÁ LESNÍCKA SPOLOČNOSŤ: Hydrologické a hydrobiologické pomery Vysokých Tatier. 2012a, 104 s. (https://www.scientica.sk/workspace/media/documents/hydrologicke_pomery_vt.pdf)
- SLOVENSKÁ LESNÍCKA SPOLOČNOSŤ: Klimatické pomery Vysokých Tatier. 2012b, 110 s. (https://www.scientica.sk/workspace/media/documents/klimat_pomery_vt.pdf)
- STREDISKO LAVÍNOVEJ PREVENČIE - HZS: Malý Kežmarský štít a jeho skalné lavíny. 2022. (<https://rescueservice.sk/?p=9488>)
- VERBESSELT, J., HYNDMAN, R., NEWNHAM, G., CULVENOR, D.: Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. *Remote Sensing Environment*, 2010, 114, p. 106–115.
- VOJTEK, M.: Meteorological conditions and avalanche formation in The High Tatra Mountains. *Meteorological Journal*, 2002, 5, 4, p. 15-22.
- ZECHENTER-LASKOMERSKÝ, K.G.: Výlety po Slovensku – Výlet do Tatier. SVKL Bratislava, 1963, 534 s.
- ŽONCOVÁ, M., HRONČEK, P., GREGOROVÁ, B.: Mapping of the Land Cover Changes in High Mountains of Western Carpathians between 1990–2018: Case Study of the Low Tatras National Park (Slovakia). *Land*, 2020, 9, 12, 483 p.