



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0347

Zmeny klímy a prírodné riziká: zraniteľnosť a adaptačné kapacity lesných ekosystémov Západných Karpát

Zodpovedný riešiteľ **Ing. prof. Jaroslav Škvarenina, CSc.**

Príjemca **Technická univerzita vo Zvolene - Lesnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta
2. Slovenská technická univerzita Bratislava, Stavebná fakulta
3. Ústav ekológie lesa SAV, v. v. i., vo Zvolene

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Institute of Hydrodynamics of the Czech Academy of Sciences, Prague, Czech Republic
Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences, Brno, Czech Republic
Czech hydrometeorological Institute, Prague, Czech Republic
University of Jyväskylä, Finland
University of Montana, Missoula, MT, United States
Czech University of Life Sciences in Prague, Czech Republic
Technische Universität Wien, Austria

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Projekt APVV-18-0347 bol zameraný na základný výskum a jeho výsledky sú publikácie vo vedeckých časopisoch, zborníkoch a v dielach knižného charakteru.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

- ZUZULOVÁ, Veronika - VIDO, Jaroslav - ŠÍŠKA, Bernard. Agricultural drought in Slovakia: an impact assessment : NDVI and satellite based data. 1st ed. Cham : Springer Nature, 2020. ix, 90 p. SpringerBriefs in Environmental Science. ISBN 978-3-030-42060-4
- DANÁČOVÁ, Michaela - FÖLDES, Gabriel - LABAT, Marija Mihaela - KOHNOVÁ, Silvia - HLAVČOVÁ, Kamila. Estimating the effect of deforestation on runoff in small mountainous basins in Slovakia. In Water, Vol. 12, iss. 11 (2020), [25] s., art. no. 3113. (2020: 3.103 - IF, Q2 - JCR, Q1 - SJR).
- MEZEI, Pavel - POTTERF, Mária - ŠKVARENINA, Jaroslav - RASMUSSEN, Jakob Gulddahl - JAKUŠ, Rastislav. Potential solar radiation as a driver for bark beetle infestation on a landscape scale. In Forests, 2019, vol. 10, issue 7, art. no. 604 [12 p.] (2019: 2.221 - IF, Q1 - JCR, Q1 - SJR).
- KORENÁ HILLAYOVÁ, Michaela - KORENÝ, Ľubomír - ŠKVARENINA, Jaroslav. The local environmental factors impact the infestation of bee colonies by mite Varroa destructor. In Ecological indicators. 2022, vol. 141, art. no. 109104 [8 p.]. (2021: 6.263 - IF, Q1 - JCR, Q1 - SJR).

- KUBÁŇ, Martin - PARAJKA, Juraj - TONG, Rui - PFEIL, Isabella - VREUGDENHILL, Mariette - SLEZIAK, Patrik - BRZIAK, Adam - SZOLGAY, Ján - KOHNOVÁ, Silvia - HLAVČOVÁ, Kamila. Incorporating advanced scatterometer surface and root zone soil moisture products into the calibration of the conceptual semi-distributed hydrological model. In *Water*. Vol. 13, iss. 23 (2021), [19] s., art. no. 3366. (2020: 3.103 - IF, Q2 - JCR, Q1 - SJR).

- TRENČIANSKY, Marek - ŠTĚRBOVÁ, Martina - VÝBOŠŤOK, Jozef - LIESKOVSKÝ, Martin. Impacts of forest cover on surface runoff quality in small catchments. In *BioResources* [elektronický zdroj]. ISSN 1930-2126, 2021, vol. 16, no. 4, p. 7830-7845 (2021: 1.747 - IF, Q2 - JCR, Q2 - SJR).

- SLEZIAK, Patrik - VÝLETA, Roman - HLAVČOVÁ, Kamila - DANÁČOVÁ, Michaela - ALEKSIĆ, Milica - SZOLGAY, Ján - KOHNOVÁ, Silvia. A Hydrological Modeling Approach for Assessing the Impacts of Climate Change on Runoff Regimes in Slovakia. In *Water*. Vol. 13, iss. 23 (2021), [21] s., art. no. 3358. (2020: 3.103 - IF, Q2 - JCR, Q1 - SJR)

- ŠKVARENINOVÁ, Jana - LUKASOVÁ, Veronika - BORSÁNYI, Peter - KVAS, Andrej - VIDO, Jaroslav - ŠTEFKOVÁ, Jaroslava - ŠKVARENINA, Jaroslav. The effect of climate change on spring frosts and flowering of *Crataegus laevigata* – the indicator of the validity of the weather lore about “The Ice Saints”. In *Ecological indicators*. 2022, vol. 145, art. no. 109688 [10 p.]. (2021: 6.263 - IF, Q1 - JCR, Q1 - SJR). CCC, WOS, SCOPUS.

- HROŠŠO, Branislav - MEZEI, Pavel - POTTERF, Mária - MAJDÁK, Andrej - BLAŽENEC, Miroslav - KOROLYOVÁ, Nataliya - JAKUŠ, Rastislav. Drivers of spruce bark beetle (*Ips typographus*) infestations on downed trees after severe windthrow. In *Forests*. 2020, vol. 11, issue 12, art. no. 1290 [15 p.]. (2020: 2.633 - IF, Q1 - JCR, Q1 - SJR)

- LUKASOVÁ, Veronika - ŠKVARENINOVÁ, Jana - BIČÁROVÁ, Svetlana - SITÁROVÁ, Zuzana - HLAVATÁ, Helena - BORSÁNYI, Peter - ŠKVARENINA, Jaroslav. Regional and altitudinal aspects in summer heatwave intensification in the Western Carpathians. In *Theoretical and applied climatology*. 2021, vol. 146, issue 3-4, p. 1111–1125. (2021: 3.409 - IF, Q3 - JCR, Q2 - SJR).

- TRUBIN, Aleksei - MEZEI, Pavel - ZABIHL, Khodabakhsh - SUROVY, Peter - JAKUS, Rastislav. Northernmost European spruce bark beetle *Ips typographus* outbreak: Modelling tree mortality using remote sensing and climate data. *Forest Ecology and Management*, 505 doi: 10.1016/j.foreco.2021.119829 (2021: 4.384 - IF, Q1 - JCR, Q1 - SJR).

- MEZEI, Pavel - FLEISCHER, Peter - ROZKOŠNÝ, Jozef - KURJAK, Daniel - DZURENKO, Marek - RELL, Slavomír - LALÍK, Michal - GALKO, Juraj. Weather conditions and host characteristics drive infestations of sessile oak (*Quercus petraea*) trap trees by oak bark beetles (*Scolytus intricatus*). In *Forest ecology and management*. 2022, vol. 503, art. no. 119775 [11 p.]. (2021: 4.384 - IF, Q1 - JCR, Q1 - SJR).

- ŠKVARENINOVÁ, Jana - MREKAJ, Ivan. Impact of climate change on Norway spruce flowering in the southern part of the Western Carpathians. In *Frontiers in ecology and evolution*. 2022, vol. 10, art. no. 865471 [14 p.]. (2021: 4.493 - IF, Q2 - JCR, Q1 - SJR).

- VIDO, Jaroslav - NALEVANKOVÁ, Paulína. Drought in the upper Hron region (Slovakia) between the years 1984–2014. In *Water* 2020, vol. 12, issue 10, art. no. 2887 [21 p.]. (2020: 3.103 - IF, 3.229 - IF, Q2 - JCR, Q1 - SJR).

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky získané riešením projektu na týkajú najvýznamnejších prírodných hazardov súvisiacich s recentnými zmenami klímy, ktoré majú významný dopad na ekologickú stabilitu a zraniteľnosť lesných ekosystémov v krajine. Výsledky sa týkajú ohrozenia horských, vodohospodársky významných ekosystémov. Projekt identifikoval a popísal najvýznamnejšie hrozby v lesných ekosystémoch v uplynulých desaťročiach (ako napr. veterné kalamity, letné horúčavy, gradácie podkôrneho hmyzu, skoré a neskoré mrazy, sucho a následné rastúce riziko lesných a krajinných požiarov. Vedecké výsledky, ktoré vznikli pri riešení tohto projektu nájdu uplatnenie v pôdohospodárskej a vodohospodárskej praxi (oceňovanie kapitálvej hodnoty lesnej pôdy, produkčných a mimo produkčných funkcií lesov, ekosystémových služieb lesov a ekosystémov, vodohospodárskych a lesomelioračných opatrení). Výsledky sú využiteľné v činnosti štátnej ochrany prírody a to pri návrhoch optimálneho manažmentu lesných ekosystémov dislokovaných do pôsobnosti MŽP SR. Výsledky skúmania meteorologického rizika lesných požiarov porastov sa môžu aplikovať v praxi lesníckych hasičských a záchranných jednotiek MV SR. Počas riešenia

projektu vznikli cenné databázy meteorologických, bioklimatických a hydrologických údajov, ako aj poznatkov o frekvencii výskytov nebezpečných hydrometeorologických javov (napr. horúce vlny, indexy sucha a klimatickej vodnej bilancie, početnosti mrazov, rizikových prietokov a i.). Tieto spolu s viacerými knižnými a časopiseckými publikáciami, ktoré vznikli riešením projektu, sú vedecky i odborne zaujímavé pre pracovníkov Slovenského hydrometeorologického ústavu, Národného lesníckeho centra, pre Ústav hydrológie ako aj ďalšie ústavy SAV a tiež pre rezortné a aplikované výskumné ústavy, štátnu správu, mnohé environmentálne ladené neziskové organizácie, ako aj pre laickú verejnosť. V neposlednom rade budú získané poznatky uplatniteľné vo vysokoškolskom vzdelávaní v pôdohospodárskych, technických, prírodovedných a environmentálnych študijných odboroch.

Celkovo počas riešenia projektu APVV-18-0347 (roky 2019 – 2022) bolo publikovaných:

- 35 článkov v medzinárodných katentovaných časopisoch
- 3 vedecké monografie
- 11 článkov v nekarentovaných vedeckých časopisoch
- 33 článkov v zborníkoch z medzinárodných a domácich konferencií
- na publikácie ktoré vznikli riešením projektu je doposiaľ 74 citačných ohlasov v karentovaných časopisoch

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Vedecký projekt bol zameraný na preskúmanie možných súvislostí medzi nárastom prírodných rizík podmienených nastupujúcimi zmenami klímy na jednej strane a zraniteľnosťou lesných ekosystémov Západných Karpát na strane druhej. Zamerali sme sa na zhodnotenie a analýzu priamych abiotických prírodných rizík pre lesné ekosystémy spôsobené nastupujúcou zmenou klímy (napr. sucho a vlny horúčav, a zmeny zrážkového a odtokového režimu v horských oblastiach) s využitím kombinácii satelitných, klimatických a biofyzikálnych metrík. Výskum sme orientovali na zhodnotenie modelovanie sekundárnych prírodných rizík lesných ekosystémov spôsobených biotickými faktormi, ako napríklad gradácie podkôrneho hmyzu, fenologické prejavy vegetácie a ich zmeny a stav fytoxicity meniaceho sa lesného prostredia. Zaoberali sme sa analýzou zmeny odtoku a viacerých prvkov hydrologickej bilancie v povodiach lesných ekosystémov. Hodnotili sme vplyv zmeny klimatických podmienok a lesnatosti týchto povodí. Aplikáciou metód modelovania odtoku a erózie pôdy vyvinutých v rámci riešenia projektu bol navrhnutý integrovaný systém manažmentu povodia založený na zmene využitia územia a manažmentu krajiny. Zaznamenaný nárast frekvencie výskytu podkôrneho hmyzu sa pripisuje najmä otepľovaniu klímy. Modelovali sme teplotné a zrážkové fluktuácie, ktoré ovplyvňujú fyziologické procesy stromov aj biologické cykly hmyzu a patria medzi kľúčové faktory zodpovedné za vznik podkôrnikov kalamít. Vetrom vyvrátené stromy prispievajú k zvyšovaniu populačnej hustoty škodcov aj tým, že im poskytujú potravnú základňu a menia porastovú mikroklímu v prospech populačnej gradácie lykožrúta. Zhodnotili sme zmeny vodnej bilancie kalamitami postihnutých horských lesov, predovšetkým narušenie tvorby zimných snehových zásob a zmeny dynamiky intercepce lesných porastov. Boli rozpracované a otestované matematické modely predikcie rizika vzniku požiarov v lesných porastoch v podmienkach nastupujúcich klimatických zmien. Vytvorili sme koncept odvetvového varovného systému prírodných rizík (hlavne pre sucho a lesné požiare) v lesnom hospodárstve a pre potreby štátnej správy na úseku ochrany pred požiarom. Spracovali sa základné princípy adaptačných opatrení zameraných na zníženie, resp. elimináciu dopadov prírodných katastrof na lesné ekosystémy a krajinu.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The scientific project was aimed at exploring the possible links between the increase in natural risks caused by emerging climate change on the one hand and the vulnerability of forest ecosystems in the Western Carpathians on the other hand. We focused on assessing and analysing direct abiotic natural risks to forest ecosystems caused by emerging climate change (e.g. drought and heat waves, and changes in precipitation and runoff regime in mountainous areas) using a combination of satellite, climate and biophysical metrics. Our research was oriented towards assessing the modelling of secondary natural risks to forest

ecosystems caused by biotic factors, such as gradations of bark beetle insects, phenological manifestations of vegetation and their changes, and the state of phytotoxicity of the changing forest environment. We have analysed runoff change and several elements of hydrological balance in forest ecosystem catchments. We assessed the impact of changing climatic conditions and forest cover in these catchments. By applying runoff and soil erosion modelling methods developed in the framework of the project, an integrated watershed management system based on land use change and land management were proposed. The observed increase in the frequency of bark beetles is mainly attributed to climate warming. We modelled temperature and precipitation fluctuations that affect tree physiological processes and insect biological cycles and are among the key factors responsible for bark beetle calamities. Windthrown trees also contribute to increasing pest population densities by providing a food base and changing the stand microclimate in favour of the population gradation of the bark beetle. We evaluated changes in the water balance of calamity-affected mountain forests, particularly the disruption of winter snow accumulation and changes in the dynamics of forest stand interception. Mathematical models for predicting wildfire risk in forest stands under emerging climate change were developed and tested. The concept of a sectoral warning system of natural risks (mainly for drought and forest fires) in forestry and for the state administration's needs in the fire protection field was developed. The basic principles of adaptation measures aimed at reducing or eliminating the impacts of natural disasters on forest ecosystems and landscapes have been developed.