



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0340

Konektivita a dynamika tvorby povodňového odtoku vo vrcholových povodiach Slovenska

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Silvia Kohnová, PhD.**

Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Stavebná fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra vodného hospodárstva krajiny
Ústav hydrológie SAV, Výskumná základňa pre horskú hydrológiu
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra prírodného prostredia
Slovenský hydrometeorologický ústav

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

TU Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management, Wien, Austria,
ETH Institute of Environmental Engineering, Zurich, Switzerland,
University of Sopron Faculty of Forestry, Sopron, Hungary,
Czech Republic Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Brno, Czech Republic,
Czech hydrometeorological Institute, Prague, Czech Republic.

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

-

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

Vedecké monografie vydané v domácich vydavateľstvách:

AAB NÉMETOVÁ, Zuzana - KOHNOVÁ, Silvia. Analýza pôdných parametrov pre aplikáciu fyzikálne založených erózných modelov v podmienkach povodí Slovenska. 1. vyd. Bratislava : Spektrum STU, 2022. 84 s. Edícia vedeckých monografií. ISBN 978-80-227-5167-4.

Publikácie v karentovaných časopisoch v SR:

ADD MAČEJNÁ, Ľudmila - ZACHAROVÁ, Andrea - OLLEROVÁ, Hana - ŠKVARENINOVÁ, Jana - ŠKVARENINA, Jaroslav. Hydrobiochemical balance of total mercury in a forest catchment area at former cinnabar mining locality. Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis, Vol. 69, no. 2, 2021, s. 209-219.

ADD JANČO, Martin - MEZEI, Pavel - KVAS, Andrej - DANKO, Michal - SLEZIAK, Patrik - MINDÁŠ, Jozef - ŠKVARENINA, Jaroslav. Effect of mature spruce forest on canopy interception in subalpine conditions during three growing seasons. Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis, Vol. 69, no. 4, 2021, s. 436-446.

ADD KUBÁŇ, Martin - PARAJKA, Juraj - TONG, Rui - GREIMEISTER-PFEIL, Isabella - VREUGDENHILL, Mariette - SZOLGAY, Ján - KOHNOVÁ, Silvia - HLAVČOVÁ, Kamila - SLEZIAK, Patrik - BRZIAK, Adam. The effects of satellite soil moisture data on the parametrization of topsoil and root zone soil moisture in a conceptual hydrological model. In Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis. Vol. 70, no. 3 2022, s. 295-307.

ADD PEKÁROVÁ, Pavla - HALMOVÁ, Dana - SABOVÁ, Zuzana - PEKÁR, Ján - MIKLÁNEK, Pavol - BAČOVÁ-MITKOVÁ, Veronika - PROHASKA, Stevan - KOHNOVÁ, Silvia - GARAJ, Marcel. Sensitivity of runoff due to changes in the characteristics of the water balance in the Danube River region. In Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis. Vol. 71, no. 4, 2023, s. 399-412.

ADD RONČÁK, Peter - NÉMETOVÁ, Zuzana - VITKOVÁ, Justína - DANÁČOVÁ, Michaela - TOKOVÁ, Lucia - AYDIN, Elena - VALENT, Peter - HONEK, David - IGAZ, Dušan. Effects of the application of biochar on the soil erosion of plots of sloping agricultural and with silt loam soil. In Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis. Vol. 71, no. 4, 2023, s. 356-368.

ADD SLEZIAK, Patrik - JANČO, Martin - DANKO, Michal - MÉRI, Ladislav - HOLKO, Ladislav. Accuracy of radar-estimated precipitation in a mountain catchment in Slovakia. In Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis. Vol. 71, no. 1, 2023, s. 111 – 122.

ADD SLEZIAK, Patrik - DANKO, Michal - JANČO, Martin - PARAJKA, Juraj - HOLKO, Ladislav. Spatial and temporal variability of saturated areas during rainfall-runoff events. In Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis. Vol. 71, no. 4 2023, s. 439–448.

ADD VÝLETA, Roman - RONČÁK, Peter - LIOVÁ, Anna - VALENT, Peter - BACIGÁL, Tomáš - GRIBOVŠKI, Zoltán - DANÁČOVÁ, Zuzana - ŠURDA, Peter - VITKOVÁ, Justína - HLAVČOVÁ, Kamila. The testing of a multivariate probabilistic framework for reservoir safety evaluation and flood risks assessment in Slovakia: A study on the Parná and Belá Rivers. In Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis. Vol. 71, no. 4, 2023, s. 449-463.

ADD LEŠTIANSKA, Adriana - FLEISCHER Jr., Peter - MERGANIČOVÁ, Katarína - FLEISCHER, Peter - STŘELCOVÁ, Katarína. Intra annual dynamics of stem circumference variation and water status of four coniferous tree species (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*, *Larix decidua* and *Abies alba*) under warmer and water limited conditions. In Biologia. 2024. s. 1- 18.

ADD OSTRIHOŇ, Milan – HILLAYOVÁ KORENÁ, Michaela - KORÍSTEKOVÁ, Katarína - LEŠTIANSKA, Adriana - JANČO, Martin - VIDA, Tomáš – VIDO, Jaroslav - ŠKVARENINA, Jaroslav. Influence of meteorological factors on the moisture content of fine forest fuels: responses of fire danger class to different microclimates on the example of European beech (*L.*) stands. In Journal of hydrology and hydromechanics = Vodohospodársky časopis. Vol. 72, no. 2, 2024, s. 223-237.

Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch:

ADC MINĐAŠ, Jozef - HANZELOVÁ, Miriam - ŠKVARENINOVÁ, Jana - ŠKVARENINA, Jaroslav - ĎURSKÝ, Ján - TÓTHOVÁ, Slávka. Long-Term Temporal Changes of Precipitation Quality in Slovak Mountain Forests. *Water*, 2020, 12.10: 2920.

ADC VIDO, Jaroslav - NALEVANKOVÁ, Paulína. Drought in the Upper Hron Region (Slovakia) between the Years 1984–2014. *Water*, 2020, 12.10: 2887.

ADC 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.

ADC 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.

ADC 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.

ADC HOLKO, Ladislav - DANKO, Michal - SLEZIAK, Patrik. Snowmelt characteristics in a pristine mountain catchment of the Jalovecky Creek, Slovakia, over the last three decades. In *Hydrological Processes*, 2021, Vol. 35, iss. 4, art. no. e14128.

ADC ORAVCOVÁ, Zuzana - VIDO, Jaroslav. Understanding the complexity of drought within the soil profile in beech ecosystems on their lower altitudinal limit in Slovakia. *Water*, 2022, Vol. 14, iss. 9, art. no. 1338, 17 p.

ADC HOLKO, Ladislav - LICHNER, Ľubomír - KOLLÁR, Jozef - ŠURDA, Peter - DANKO, Michal - ZVALA, Anton - KIDRON, Giora J. Runoff response of a hydrophobic soil under high intensity rains. In *Hydrological Processes*, Vol. 37, iss. 5, 2023, e14899.

ADC ŠAGÁT, Vladimír - FALŤAN, Vladimír - ŠKVARENINA, Jaroslav. Assessing and forecasting the influence of environmental controls on windstorm disturbances in the Central Low Tatras, through regression models. *Moravian geographical Reports* 2023, Vol. 31, iss. 4, 214–222.

ADC TANHAPOUR, Mitra - SOLTANI, Jaber - MALEKMOHAMMADI, Bahram - HLAVČOVÁ, Kamila - KOHNOVÁ, Silvia - PETRÁKOVÁ, Zora - LOTFI, Saeed. Forecasting the Ensemble Hydrograph of the Reservoir Inflow based on Post-Processed TIGGE Precipitation Forecasts in a Coupled Atmospheric-Hydrological System. In *Water*. Vol. 15, iss. 5, 2023, 23 s., art. no. 887.

ADC SKVARENINOVA, Jana - SITKO, Roman - VIDO, Jaroslav - SNOPKOVÁ, Zora - SKVARENINA, Jaroslav. Phenological response of European beech (*Fagus sylvatica* L.) to climate change in the Western Carpathian climatic-geographical zones. In *Frontiers in Plant Science*, Vol. 15, 2024, 1242695.

ADC NÉMETOVÁ, Zuzana - KOHNOVÁ, Silvia - SABOVÁ, Zuzana. Determining the Dependence of a Landscape's Ecological Stability and the Intensity of Erosion during 1990–2018. In *Water*. Vol. 16, iss. 3, 2024, 16 s., art. no. 378.

ADC BOLLA, Bence - MANNINGER, Miklós - MOLNÁR, Tamás - HORVÁTH, Bálint - SZOLGAY, Ján - GRIBOVSKÍ, Zoltán - KALISZ, Péter - SZABÓ, András. Evaluation of the Compound Effects of the 2022 Drought and Heatwave on Selected Forest Monitoring Sites in Hungary in Relation to Its Multi-Year Drought Legacy. In *Forests*, Vol. 15, iss. 6, 2024, art. no. 941.

Uplatnenie výsledkov projektu

V rámci projektu sa získali vedomosti v procesne orientovanom hydrologickom modelovaní, ktoré umožňujú lepšie posúdiť podmienky vzniku extrémneho odtoku a erózie a následne aj efektívnosť protipovodňových a protierózných opatrení spojených so spôsobom využitia územia, manažmentu poľnohospodárskej a lesnej krajiny so zohľadnením parametrov tvorby odtoku. Vyvinuté metodika obsahuje súbor postupov, ktorý sa dá tvorivo prispôbovať každej lokálnej aplikácii v praxi manažmentu rizík. To umožňuje odbornejšie ohodnotenie efektívnosti prírode blízkych metód protierózne založených na spôsobe využitia a manažmente povodí na zníženie povodňového odtoku a kombinovať novšie modelovacie nástroje na kvantitatívne posúdenie efektívnosti spôsobu využitia a manažmentu územia pre zníženie povodňového odtoku a eróznno-transportných procesov. Sústava vedeckých poznatkov a metodických postupov, ktoré boli získané počas riešenia projektu, bola transformovaná do podoby vedeckých publikácií vydaných v zahraničných a domácich vydavateľstvách WOS a SCOPUS a vedeckej monografie. Pre potreby výskumu, v rámci ďalšieho vzdelávania a výučby sa môžu využiť aj ďalšie články a publikácie, ktoré vznikli počas riešenia projektu (obdobie rokov 2020 – 2024).

Celkovo bolo v rámci projektu publikovaných:

- 34 článkov v domácich karentovaných časopisoch alebo v článkoch WOS/ SCOPUS,
- 18 článkov v medzinárodných karentovaných časopisoch alebo v článkoch WOS/ SCOPUS,
- 1 vedecká monografia,
- 18 vedeckých prác v recenzovaných vedeckých časopisoch v SR alebo v zahraničí,
- 77 článkov, postrov alebo abstraktov v zborníkoch z medzinárodných alebo domácich konferencií,
- na publikačné výstupy, ktoré vznikli riešením projektu je doposiaľ niečo vyše 50 citačných ohlasov v SCI,
- 2 softvérové produkty,
- 31 účastníkov formálneho/neformálneho vzdelávania,

- 28 diplomových prác súvisiacich s riešeným projektom,
- 9 obhájených doktorandských prác súvisiacich s riešeným projektom,
- 22 popularizačných aktivít projektu,
- 1 post-doktorandské miesto vytvorené počas riešenia projektu,
- 13 usporiadaných/zorganizovaných konferencií,
- 7 konkrétnych foriem medzinárodnej spolupráce v rámci projektu.

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

Efektivita takzvaných nesystémových protipovodňových opatrení je stálym predmetom diskusie v rámci hydrologickej, ekologickej a vodohospodárskej komunity. Spoľahlivosť týchto opatrení je determinovaná rôznymi fyzikálno-geografickými podmienkami, a tak jej skúmanie musí byť vykonávané špeciálne pre dané podmienky v lokálnej mierke. V tejto súvislosti je k dispozícii iba veľmi málo experimentálnych a kvantitatívnych výsledkov. Procesne orientované modelovanie hydrologických procesov a ich parametrizácia v modeloch bola preto cieľom výskumu v rámci projektu APVV.

V rámci projektu sa rozšírili a prístrojovo vybavili experimentálne povodia v Západných Tatrách a na Poľane, z ktorých výsledky merania sa použili na vyhodnotenie spôsobu akým zrážky, výška a topenie snehovej pokrývky, využitie krajiny vplyvajú na množstvo zásob vody v krajine, tvorbu preferenčných ciest odtoku a jej dynamiku v rámci dočasných tokov a tokov nízkeho rádu. Vyvinuli sa modely s cieľom simulovať faktory odlesňovania po veternej smršti. Analýza variability prietoku vo vrcholových povodiach Západných Tatier poskytla lepšie pochopenie dynamiky odtoku (veľkosť a rýchlosť nárastu a poklesu prietoku spôsobeného topením snehu), ich vývoja v uplynulých troch desaťročiach a definovanie častí povodia, ktoré prispievajú k odtoku počas povodňových udalostí. Informácie získané v týchto oblastiach sú cenné nielen na národnej, ale aj na medzinárodnej úrovni. Tiež sa identifikovali jednotlivé hydrologické prepojenia a závislosti medzi akumuláciou, obsahom vody v snehovej pokrývke a dynamikou odtoku a pôdnej vlhkosti v častiach experimentálnych povodí. Pochopenie fungovania prvkov hydrologickej konektivity v rámci rôznych fyziografických podmienok prostredia je dôležité pre účinné zlepšenie štrukturálnej a neštrukturálnej schopnosti územia čeliť povodniam, ako aj pre udržateľný manažment povodia, a to vrátane ochrany biotopov a živočíšnych druhov. V závere sa zdokonalili distribuované koncepčné modely, reprezentujúce riadiace procesy tvorby odtoku, ktoré môžu byť použité v rámci manažmentu povodia pri odhade potenciálnych zmien v dynamike odtokotvorných procesov a pre zmiernenie následkov povodní.

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

The effectiveness of so-called non-systemic flood control measures is a constant subject of debate within the hydrological, ecological and water management communities. Different physical-geographical conditions determine these measures' reliability, so their investigation has to be carried out specifically for given conditions at a local scale. In this context, only some experimental and quantitative results are available. Process-oriented modelling of hydrological processes and their parameterisation in models was therefore the aim of the research within the APVV project.

The project extended the experimental catchments in the Western Tatras and the Poľana, from which the measurement results were used to evaluate how precipitation, snow cover height and melting, land use affect the amount of water storage in the landscape, the formation of preferential runoff pathways and its dynamics within temporary and low-order flows. Models have been developed to simulate the drivers of deforestation following windstorms. Analysis of flow variability in the headwater catchments of the Western Tatras provided a better understanding of runoff dynamics (magnitude and rate of increase and decrease in flow caused by snowmelt), their evolution over the past three decades, and defining the parts of the catchment that contribute to runoff during flood events.

The information obtained is valuable not only at the national but also at the international level. Individual hydrological linkages and dependencies between accumulation, snowpack water content, runoff, and soil moisture dynamics in parts of the experimental catchments have also been identified. Understanding how elements of hydrological connectivity function under different environmental physiographic conditions is important for the effective

improvement of the structural and non-structural capacity of the area to cope with floods, as well as for sustainable watershed management, including habitat and species conservation. In conclusion, distributed conceptual models representing the governing processes of runoff generation have been refined and can be used in catchment management to estimate potential changes in runoff dynamics and for flood mitigation.