

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-15-0497****Citlivosť tvorby povodňového odtoku na intenzívne zrážky a využívanie územia vo vrcholových povodiach**Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Ján Szolgay, PhD.**Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave****Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený**

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra vodného hospodárstva krajiny  
Ústav hydrologie SAV, Výskumná základňa pre horskú hydrologiu  
Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, Katedra prírodného prostredia

**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  
Mendel University in Brno, Faculty of AgriSciences, Brno, 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 zahraničných vydavateľstvách  
AAA Novák, Viliam, - Hlaváčiková, Hana. Applied Soil Hydrology, In Springer book series: ISSN 0924-6118, 2018, e-Book, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-01806-1>.  
AAA SZOLGAY, Ján – HLAVČOVÁ, K. – KOHNOVÁ, S. Flood generation processes and interactions of flooding, soils and landuse. A review of methods and problems. Monograph No.13 of NC IHP UNESCO. In KEY Publishing, Ostrava, 2018, 93 s. ISBN 978-80-7418-304-1.

Vysokoškolské učebnice vydané v domácich vydavateľstvách  
ACB ŠKVARENINA, Jaroslav - VIDO, Jaroslav - MINDAŠ, Jozef - STŘELCOVÁ, Katarína - ŠKVARENINOVÁ, Jana - FLEISCHER, Peter - BOŠEĽA, Michal. Globálne zmeny klímy a lesné ekosystémy. Technická univerzita vo Zvolene, 1. vydanie, 2018, 210 s. ISBN 978-80-228-3049-2.

Publikácie v karentovaných časopisoch v SR  
ADD BARTÍK, M. - HOLKO, L. - JANČO, M. - ŠKVARENINA, J. - DANKO, M. - KOSTKA, Z. Influence of mountain spruce forest dieback on snow accumulation and melt. Journal of

Hydrology and Hydromechanics, 2019, 67(1), 59-69.

ADD BARTÍK, M. - JANČO, M. - STŘELCOVÁ, K. - ŠKVARENINOVÁ, J. - ŠKVARENINA, J. - MIKLOŠ, M. - VIDO, J. - DAGSSON WALDHAUSEROVÁ, P. Rainfall interception in a disturbed montane spruce (*Picea abies*) stand in the West Tatra Mountains. *Biologia*, 2016, 71(9), 1002-1008.

ADD HLAVÁČIKOVÁ, H. - HOLKO, L. - DANKO, M. - NOVÁK, V. Estimation of macropore flow characteristics in stony soils of a small mountain catchment. *Journal of Hydrology*, vol. 574, 1176-1187. 2019. ISSN 0022-1694.

ADD HLAVČOVÁ, K. - KOHNOVÁ, S. – BORGA, M. – HORVÁT, O. – ŠŤASTNÝ, P. - PEKÁROVÁ, P. - MAJERČÁKOVÁ, O. – DANÁČOVÁ, Z. Post-event analysis and flash flood hydrology in Slovakia. Vol. 64, No. 4 (2016), s. 304-315. ISSN 0042-790X.

ADD HLAVČOVÁ, K. – KOHNOVÁ, S. - VELÍSKOVÁ, Y. – STUDVOVÁ, Z. - SOČUVKA, V. – IVAN, P. Comparison of two concepts for assessment of sediment transport in small agricultural catchments. In: *J. Hydrol. Hydromech.*, Vol. 66, No. 4 (2018), pp. 404 - 415. DOI: 10.2478/johh-2018-0032.

ADD HOLKO, L. - DANKO, M. - SLEZIAK, P. Analysis of changes in hydrological cycle of a pristine mountain catchment. 2. Isotopic data, trend and attribution analyses. In *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 68 (2), 2020, pp. 192–199. DOI: 10.2478/johh-2020-0011.

ADD HOLKO, L. - SLEZIAK, P. - DANKO, M. - BIČÁROVÁ, S. - POCIASK-KARTECZKA, J. Analysis of changes in hydrological cycle of a pristine mountain catchment. 1. Water balance components and snow cover. In *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 68 (2), 2020, pp. 180–191. DOI: 10.2478/johh-2020-0010.

ADD JENEIOVÁ, K. - KOHNOVÁ, S. - HALL, J. - PARAJKA, J. Variability of seasonal floods in the Upper Danube River basin. In: *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Vol. 64, No. 4 (2016), s. 357-366. ISSN 0042-790X.

ADD KOHNOVÁ, S. - RUTKOWSKA, A. - BANASIK, K. - HLAVČOVÁ, K. The L-moment based regional approach to curve numbers for Slovak and Polish Carpathian catchments. In *Journal of Hydrology and Hydromechanics* , Vol. 68, no. 2 (2020), s. 170-179. ISSN 0042-790X; DOI: 10.2478/johh-2020-0004.

ADD KORÍSTEKOVÁ, K. - VIDO, J. - VIDA, T. - VYSKOT, I. - MIKLOŠ, M. - MINĎÁŠ, J. - ŠKVARENINA, J. Evaluating the amount of potential greenhouse gas emissions from forest fires in the area of the Slovak Paradise National Park. *Biologia* 75, 2020, 885–898. <https://doi.org/10.2478/s11756-020-00461-7>

ADD MIKLOŠ, M. - IGAZ, D. - ŠINKA, K. - ŠKVARENINOVÁ, J. - JANČO, M. - VYSKOT, I. - ŠKVARENINA, J. Ski piste snow ablation versus potential infiltration (Veporic Unit, Western Carpathians). *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 68(1), 2020, 28-37.

ADD MUJTABA, B. - HLAVÁČIKOVÁ, H. - DANKO, M. - LIMA, J. L.M.P. de - HOLKO, L. The role of stony soils in hillslope and catchment runoff formation. In *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 68 (2), 2020, pp. 144–154. DOI: 10.2478/johh-2020-0012.

ADD SLEZIAK, P. - SZOLGAY, J. - HLAVČOVÁ, K. - DUETHMANN, D. - PARAJKA, J. - DANKO, M. Factors controlling alterations in the performance of a runoff model in changing climate conditions. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2018, 66(4), 381-392.

ADD SZOLGAY, J. - GAÁL, L. - BACIGÁL, T. - KOHNOVÁ, S. - HLAVČOVÁ, K. - VÝLETA, R. - PARAJKA, J. - BLÖSCHL, G. A regional comparative analysis of empirical and theoretical flood peak-volume relationships. In: *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. Vol. 64, No. 4 (2016), s. 367-381. ISSN 0042-790X.

ADD ŠATALA, T. - TESAŘ, M. - HANZELOVÁ, M. - BARTÍK, M. - ŠÍPEK, V. - ŠKVARENINA, J., ... , WALDHAUSEROVÁ, P. D. Influence of beech and spruce sub-montane forests on snow cover in Poľana Biosphere Reserve. *Biologia*, 2017, roč. 72, č. 8, s. 854-861.

ADD ŠUSTEK, Z. - VIDO, J. - ŠKVARENINOVÁ, J. - ŠKVARENINA, J. - SURDA, P. Drought impact on ground beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) in Norway spruce forests with different management after windstorm damage—a case study from Tatra Mts.(Slovakia). *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 2017, roč. 65, č. 4, s. 333-342. Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch

ADC HLAVČOVÁ, K. - DANÁČOVÁ, M. - KOHNOVÁ, S. - SZOLGAY, J. - VALENT, P. - VÝLETA, R. Estimating the effectiveness of crop management on reducing flood risk and sediment transport on hilly agricultural land – A Myjava case study, Slovakia. In *Catena*. Vol. 172, (2019), s. 678-690. ISSN 0341-8162. DOI: 10.1016/j.catena.2018.09.027.

ADC HONEK, D. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. - SMETANOVÁ, A. - SOČUVKA, V. - VELÍSKOVÁ, Y. - KARÁSEK, P. - KONEČNÁ, J. - NÉMETOVÁ, Z. - DANÁČOVÁ, M. Estimating sedimentation rates in small reservoirs - Suitable approaches for local municipalities in central Europe. In *Journal of Environmental Management*. No. 261 (2020), [13] s., art. no. 109958. ISSN 0301-4797. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109958.

ADC LUKASOVÁ, V. - BUCHA, T. - ŠKVARENINOVÁ, J. - ŠKVARENINA, J. Validation and application of European beech phenological metrics derived from MODIS data along an altitudinal gradient. In *Forests [elektronický zdroj]*. - ISSN 1999-4907. - Vol. 10, issue 1 (2019), art. no. 60 [21 p.] [online]

ADC MEZEI, P. - JAKUŠ, R. - PENNERSTORFER, J. - HAVAŠOVÁ, M. - ŠKVARENINA, J. - FERENČÍK, J., ..., NETHERER, S. Storms, temperature maxima and the Eurasian spruce bark beetle *Ips typographus*—An infernal trio in Norway spruce forests of the Central European High Tatra Mountains. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2017, roč. 242, s. 85-95.

ADC MIKLOŠ, M. - JANČO, M. - KORÍSTEKOVÁ, K. - ŠKVARENINOVÁ, J. - ŠKVARENINA, J. The suitability of snow and meteorological conditions of South-Central Slovakia for ski slope operation at low elevation - a case study of the Košútka Ski Centre. In *Water*, Vol.10 (2018), Ar No. 907, ISSN 2073-4441. 19 p.

ADC NÉMETOVÁ, Z. - HONEK, D. - KOHNOVÁ, S. - HLAVČOVÁ, K. - ŠULC MICHALKOVÁ, M. - SOČUVKA, V. - VELÍSKOVÁ, Y. Validation of the EROSION-3D Model through Measured Bathymetric Sediments. In *Water [elektronický zdroj]*. Vol. 12, iss. 4 (2020), online, [15] s., art. no. 1082. ISSN 2073-4441; DOI: 10.3390/w12041082.

ADC ROGGER, M. – AGNOLETTI, M. – ALAOU, A. – BATHURST, J.C. – BODNER, G. – BORGA, M. – CHAPLOT, V. – GALLART, F. – GLATZEL, G. – HALL, J. – HOLDEN, J. – HOLKO, L. - HORN, R. - KISS, A. – KOHNOVÁ, S. – Leitinger, G. – LENNARTZ, B. – PARAJKA, J. – PERDIGÃO, R. – PETH, S. – PLAVCOVÁ, L. – QUINTON, J.N. – ROBINSON, M. – SALINAS, J.L. – SANTORO, A. – SZOLGAY, J. – TRON, S. - van den AKKER, J.J.H. – VIGLIONE, A. – BLÖSCHL, G. Land use change impacts on floods at the catchment scale: Challenges and opportunities for future research. In *Water Resources Research*. Vol. 53, no. 7 (2017), s. 5209-5219. ISSN 0043-1397. DOI: 10.1002/2017WR020723.

ADC RUTKOWSKA, A. -KOHNOVÁ, S. – KAZIMIERZ, B. Probabilistic properties of the date of maximum river flow, an approach based on circular statistics in lowlands, highland and mountainous catchment. In *Acta Geophysica*. Vol. 66, no. 4 (2018), 755-768, DOI: 10.1007/s11600-018-0139-9.

ADC SCHWILCH, G. – LEMANN, T. –BERGLUND, Ö. -CAMAROTTO, C. -CERDA, A. - DALIAKOPOULUS, I. N. - KOHNOVÁ, S. - KRZEMINSKA, D. - MARAÑÓN, T. - RIETRA, R. -SIEBIELEC, GRZEGORZ -THORSSON, J. - TIBBETT, M. - VALENTA, S. - DELDEN, H. van - AKKER, J.van D.- VERZANDVOORT, S. - VRÎNCEANU, N. O. - ZOUMIDES, Ch. - HESSEL, R. Assessing Impacts of Soil Management Measures on Ecosystem Services. In: *Sustainability*. Vol. 10, No. 12 (2018), 4416, 26 p., DOI: 10.3390/su10124416.

ADC SLEZIAK, P. - HOLKO, L. - Danko, M. - PARAJKA, J. Uncertainty in the Number of Calibration Repetitions of a Hydrologic Model in Varying Climatic Conditions. *Water*, 12(9), 2020, 2362.

ADC SLEZIAK, P. - SZOLGAY, J. - HLAVČOVÁ, K. - DANKO, M. - PARAJKA, J. The effect of the snow weighting on the temporal stability of hydrologic model efficiency and parameters. In *Journal of Hydrology*. No. 583 (2020), [14] s., art. no 124639. ISSN 0022-1694; DOI: 10.1016/j.jhydrol.2020.124639.

ADC ŠKVARENINOVÁ, J. - TUHÁRSKA, M. - ŠKVARENINA, J. - BABÁLOVÁ, D. - SLOBODNÍKOVÁ, L. - SLOBODNÍK, B. - STŘEDOVÁ, H. - MINĎAŠ, J. Effects of light pollution on tree phenology in the urban environment. *Moravian Geographical Reports*, 2017, roč. 25, č. 4, s. 50-58.

ADC VIDO, J. - NALEVANKOVÁ, P. - VALACH, J. - ŠUSTEK, Z. - TADESSE, T., Drought analyses of the Horné Požitavie region (Slovakia) in the period 1966–2013, In *Advances in Meteorology*. ISSN 1687-9309. - Vol. 2019 (2019)

ADC VILČEK, J. - ŠKVARENINA, J. - VIDO, J. - NALEVANKOVÁ, P. - KANDRÍK, R. - ŠKVARENINOVÁ, J.: Minimal change of thermal continentality in Slovakia within the period 1961–2013. *Earth System Dynamics*, 2016, 7(3), 735-744.

ADC ZELENÁKOVÁ, M. - VIDO, J. - PORTELA, M. M. - PURCZ, P. - BLIŠTÁN, P. -

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Na rozdiel od tradičných empirických riešení, sa v projekte získali vedomosti v procesne orientovanom hydrologickom modelovaní, ktoré lepšie umožňujú posúdiť podmienky vzniku extrémneho odtoku a erózie a následne aj efektívnosť tzv. neštruktúrnych protipovodňových a protierózných opatrení spojených so spôsobom využitia územia, manažmentu poľnohospodárskej a lesnej krajiny so zohľadnením parametrov tvorby odtoku na svahoch a povodiach v regiónoch SR. Vyvinutá metodika obsahuje súbor postupov, ktorý sa dá tvorivo prispôbovať každej lokálnej aplikácii v praxi manažmentu rizík. To umožňuje odbornejšie ohodnotenie efektívnosti prírode blízkych metód protieróznej a povodňovej ochrany a ochrany pôdy, založených na spôsobe využitia a manažmente povodí na zníženie povodňového odtoku zo svahov a povodí. Navrhnutá cesta uvoľňuje pragmaticky využiť 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 úspešným spôsobom transformovaná do podoby dvoch vedeckých monografií vydaných v zahraničných vydavateľstvách a vysokoškolskej učebnice určenej pre poslucháčov ekologických a pôdohospodárskych študijných programov. Pre potreby výskumu, v rámci vzdelávania a výučby sa môžu využiť aj ďalšie články a publikácie, ktoré vznikli počas riešenia projektu (roky 2016 – 2020). Celkovo bolo v rámci projektu publikovaných:

- 44 článkov v medzinárodných karentovaných časopisoch alebo vo WoS alebo v SCOPUS,
- 1 celoštátna vysokoškolská učebnica,
- 2 vedecké monografie vydané v zahraničí,
- 28 vedeckých prác v recenzovaných vedeckých časopisoch v SR alebo v zahraničí,
- 63 článkov, postrov a abstraktov v zborníkoch z medzinárodných alebo domácich konferencií,
- 1 softvérový produkt,
- na publikácie, ktoré vznikli riešením projektu je doposiaľ vyše 200 citačných ohlasov v SCI. Niektoré metodické postupy a vedecké poznatky získané počas riešenia projektu boli aplikované aj priamo do praxe pri návrhu protipovodňovej ochrany a prevencie pred eróziou pôdy prírodne významných území: Prípadová štúdia obce Vrbovce v rámci projektu Interreg SK-CZ 2014-2020.

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

Extrémne bleskové a bahenné povodne, ktoré sa vyskytli v poslednom období v Európe aj u nás, vyvolali potrebu zdokonalenia hydrologických metód využívaných pri hodnotení účinnosti prírode blízkych protipovodňových opatrení a návrhov na ochranu pôdy pred eróziou. Základným predpokladom úspešného manažmentu rizík týchto extrémnych javov v malých, poľnohospodársky a lesnícky využívaných povodiach je aj vyriešenie otázky, akou mierou sa na ich vzniku a extrémnosti podieľajú spôsoby využitia a manažmentu územia a vplyv globálnych zmien. Cieľom výskumu bolo preto na podkladoch z experimentálneho výskumu, budovať a validovať modelovací aparát vhodný pre daný účel v našich podmienkach. V modelovacej koncepcii sme sa snažili zároveň zohľadniť možnosť prenositeľnosti výsledkov do rôznych časových mierok (hodinový a denný krok) a priestorových mierok (mierka výskumnej plochy a mierka povodia) v špecifických podmienkach malých povodí SR. Projekt bol zameraný na experimentálny výskum a matematické modelovanie posúdenia citlivosti malých poľnohospodársky využívaných a zalesnených vrcholových povodí Slovenska na vznik extrémneho povodňového odtoku a vodnej erózie pri rôznom využívaní a obhospodarovaní poľnohospodárskej a lesnej krajiny. Popri štúdiu extrémnosti inicializačných hydrometeorologických javov a ich škálovateľnosti sa v rámci riešenia vyvinuli procesne orientované postupy na modelovanie vzniku extrémneho povodňového odtoku a vodnej erózie pôdy na svahoch v závislosti na využívaní krajiny, ktoré vychádzali z osvedčených koncepcií. Pre parametrizáciu týchto modelov v podmienkach malých vrcholových povodí v SR boli vykonané originálne experimentálne merania tvorby povrchového odtoku na svahoch, infiltračných procesov v pôdach a

intercepčnej kapacity porastov na poľnohospodárskej pôde a v lesných porastoch. Výstupom projektu je návrh nových vedecky podložených metód a opatrení na zníženie extrémnosti povodňového odtoku a erózných procesov v malých povodiach na Slovensku a modelové posúdenie ich efektívnosti pre protipovodňovú a protieróznú ochranu v podmienkach našich povodí.

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

The recent extreme flash and muddy floods in Europe and Slovakia have raised the need to improve hydrological methods for evaluating the efficiency of the natural flood and erosion protection measures, especially in small agricultural and forested headwater catchments. One of the major prerequisites for the successful risk management of these extreme events is the scientific quantification of the impacts of land use and management practices, which have undergone changes over recent decades in the region, on the occurrence, genesis and severity of these extreme events. The project focused on assessing the sensitivity of the headwater catchments in Slovakia to the generation of extreme flood runoff and water erosion under various land use and management practices in agricultural and forest landscapes. Besides the study of the extremity and scaling properties of hydrometeorological controls, process-oriented procedures for the modelling of extreme runoff and erosion on hillslopes conditioned on the landuse were developed based on the latest concepts reported in the literature and results from at-site experiments. For the model parametrisation in small Slovak headwater catchments, process-oriented experimental research of overland flow generation, infiltration processes, and the canopy interception on agricultural and forested hillslopes was conducted. Outcomes of the project include scientifically-based methods and measures for reducing extremity of flood runoff and the adverse effects of soil erosion processes in small catchments in Slovakia and quantitative methods for assessing the efficiency of natural flood protection measures in flood protection and erosion control in these.