

Záróbeszámoló

Projekt címe: Folyami áramlás és mederfenék kölcsönhatásának vizsgálata

Projekt azonosítója: 128429

Projekt típusa: FK_18

Vezető Kutató: Dr. Baranya Sándor (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék)

A kutatás első évében beszereztük és kifejlesztettük azt a mérési infrastruktúrát, amely lehetővé teszi a mederfenékről készített képsorozatok alapján a mederfelszín összetételének vizsgálatát. A kép alapú eljárás tesztelését számos terepi mérési kampány keretében hajtottuk végre, amely alapján kijelenthető lett, hogy a módszer alkalmas lehet szemösszetételi elemzésekre, sőt, a mederfenék közelében mozgó, ún. görgetett hordalék mennyiségi vizsgálatára is lehetőséget ad. Az első eredményeket a 2019. évi European Geosciences Union konferencián mutattuk be, két előadás keretében (Ermilov et al., 2019a; Benkő et al., 2019). Egy további konferenciacikk került publikálásra a 2019. évi HydroSenSoft Szimpóziumon ugyanebben a témakörben (Ermilov et al., 2019b). Az áramlás-mederfenék kölcsönhatás vizsgálatnak egy áramlástani és ökológiai szempontból is releváns területe a hajók keltette hullámok partra kifejtett hatásának feltárása. Ebben a témakörben egy folyóiratcikket publikáltunk a River Research and Applications nevű impakt faktoros, angol nyelvű folyóiratban (Fleit et al., 2019). A mederfenék közeli áramlási viszonyok korábbinál pontosabb kimérést teszi lehetővé egy olyan továbbfejlesztett képelemzési eljárás (Particle Image Velocimetry - PIV), amely elsősorban laboratóriumi méréseknél hasznosulhat. Ebben a témakörben a Flow Measurement and Instrumentation nevű impakt faktoros, angol nyelvű folyóiratban jelentettünk meg egy szakcikket (Fleit és Baranya, 2019).

A kutatási projekt első évében kifejlesztett és tesztelt mederanyagvizsgáló módszertanról bebizonyítottuk, hogy alkalmas a folyómeder szemcseösszetételének meghatározására egy erre a célra kidolgozott kép alapú, ún. monokuláris eljárással. Bemutattuk továbbá, hogy a víz alatti felvételekből előállítható az ún. Structure-from Motion eljárással a felmért mederszakasz nagy felbontású 3D felületmodellje, amiből pedig a mederfenék érdességmagasságára tudunk számszerű becslést tenni. Mindkét fizikai jellemző, vagyis a mederanyag szemcseösszetétele és a mederfenék érdességmagassága meghatározó szerepet játszik a morfodinamikai jelenségekben. Az eredményeket egy nemzetközi, impakt faktoros folyóiratban publikáltuk (Ermilov et al., 2020a). A mérési eljárások fejlesztése mellett fontos lépéseket tettünk a hordalékvándorlási és morfodinamikai folyamatok numerikus szimulációjában is. Egy hazai mintaterületre felépített szimulációs modellen keresztül bemutattuk egy új hordaléktranszport modell alkalmazhatóságát nagy folyók mederváltozási vizsgálatára. Az eredményeket egy nemzetközi, impakt faktoros folyóiratban publikáltuk (Török et al., 2019). A kutatási projekt első évében kifejlesztett mesterséges intelligencia alapú mederanyag vizsgálati módszerét egy hazai szaklapban közöltük (Ermilov et al., 2020b). A görgetett hordalékvándorlás folyamatainak feltárása mellett új tudományos eredményeket értünk el a mederalak változásban szintén fontos szerepet játszó lebegtetett hordalékvizsgálatok területén is. Nagyszámú helyszíni adatgyűjtés alapján összehasonlító vizsgálatokat hajtottunk végre különböző, akusztikus és optikai elven működő hordalékvizsgáló eljárásra és javaslatokat fogalmaztunk meg azok alkalmazhatóságára, előnyeikre és hátrányaikra. Kidolgoztunk és bemutattunk továbbá egy nagy folyók

lebegtetett hordalékmegfigyelésére költséghatékonyan és a hagyományos módszereknél jelentősen nagyobb információ tartalommal bíró módszertant. Az eredményeinket egy nemzetközi, impakt faktoros folyóiratban (Pomázi és Baranya 2020a) és két cikk formájában egy hazai szaklapban közzétettük (Pomázi és Baranya, 2020b, Pomázi et al., 2020).

A projekt harmadik évében a kutatás lendülete kismértékben lassult, sajnos a vírushelyzet erre a tevékenységre is rányomta a bélyegét. Sikerült mindazonáltal új eredményeket elérnünk nemcsak a munkaterv szerinti területen, de kicsit túllépve is azon. Az áramlás-mederfenék kapcsolatok vizsgálatánál továbbléptünk a medertérképezésről a mozgó, és a görgetett hordalékvizsgálatokra is új eredményeket értünk el mind a laboratóriumi, mind a terepi videó alapú hordalékhozam becslés területén. Előzetes eredményeket már publikáltunk a 2021. évi IAHR Europe kongresszuson a témából (Ermilov et al., 2021).

A mederfenék-áramlás interakció egyik kitüntetett esete a parti sávra jellemző sajátos folyamatok, melyeket külön vizsgáltunk. Kifejlesztettünk egy akusztikus mérésekre épülő elemzési módszertant, amely alkalmas a part közeli hordalékvándorlás számszerű elemzésére és bemutattuk, hogy a hajóhullámok hatására hogyan alakul a felkeveredés és transzport dinamikája. Az eredményeket egy nemzetközi folyóiratban adtuk közre (Fleit és Baranya, 2021). Megvizsgáltuk továbbá, hogy az átmenetileg, jelentősen megváltozó áramlási viszonyok ebben a környezetben milyen hatást fejthetnek ki az ott élő halakra, azok úszási képességén keresztül. Ennek eredményeit is közzétettük egy nemzetközi folyóiratban (Fleit et al., 2020).

A folyómederben és a part közeli sávban sokszor összetett geometriájú elemek környezetében áramlik a víz és a hordalék, pl. partvédő műveknél, hídpilléreknél, ahol a lokális hidrodinamikai folyamatok megértéséhez részletes leírás szükséges. Akadályok környezetében pl. a mederalak is lokálisan megváltozik az összetett áramlási és hordalékvándorlási jelenségek következtében, így 3D megközelítés szükséges a vizsgálatoknál. Egy szabadon elérhető 3D szimulációs modellt teszteltünk ezért összetett geometriájú akadályok körüli áramlásra, amiben laboratóriumi kísérletekkel igazoltuk a modellt. Az eredményeinket egy hazai, angol nyelvű folyóiratban foglaltuk össze (Grivalszki et al., 2020).

A kutatócsoport vezetője a beszámolási időszakban több hazai és nemzetközi fórumon szerepelt felkért előadóként (Országos Vízügyi Főigazgatóság XLII. Országos Vízrajzi Értekezlete, 2020. évi Mérnökgeodézia Konferencia, a European River Deltas and Climate Change workshop, M1 tévécsatorna Kék Bolygó című műsorában). Konferencia társszervezőként a 2021. évi IAHR Europe Congress konferencián (Special Session: Investigation of near-bed sediment transport processes in rivers), és a 2021. évi EGU konferencián (Numerical modelling of hydro-morphological and sediment transport processes in open water environments) volt aktív.

A kutatási projekt utolsó évében továbbfejlesztettük a videó alapú hordalékvizsgálatok módszerét. A kifejlesztett eljárás alkalmas arra, hogy a mederfenékről készített képsorozatok alapján megkülönböztesse az ott mozgó és stabil hordalékszemcséket, előbbi a görgetett hordalékvándorlást reprezentálja. A képelemzési módszer lehetővé teszi nemcsak a mozgó szemcsék beazonosítását, de azok méretét is, így becslés tehető közvetlenül a hordalékhozamra. Az eljárást nemzetközi együttműködésben a norvég NTNU-n végzett kutatócsoportjában végzett mérésekkel igazoltuk. Ezt a nemzetközi szinten is új tudományos eredményt egy impakt faktoros folyóiratban (Ermilov et al., 2022) publikáltuk. Az Egyesült Államokbeli Iowa Egyetemmel közös kutatásban bemutattuk, hogy a mederfenéknél mozgó görgetett hordalék mennyisége, a hordalékhozam, akusztikus mérések alapján is kimérhető. A mederfenéken mozgó homokbarázdák, mint mederformák lomha vándorlása alapján számszerű becslés tehető a hordalékhozamra. Utóbbit nagy pontosságú, ún. multibeam (MBES)

mederfelmérések alapján, azok ismételt végrehajtásából lehet meghatározni. A kapcsolódó publikáció az első bírálati körön már átment a szakterületünkön magasan jegyzett Geomorphology folyóiratban (Baranya et al., 2022). Ugyanerre a problémára, a mederfenéken mozgó mederformák vándorlásának meghatározására, kifejlesztettünk egy szimulációs eljárást is, amelyet sikeresen igazoltunk külföldi (Mississippi) és hazai (Duna) mintaterületekre egyaránt. Az eredményeket egyelőre a Nemzetközi Hidraulikai Kutatási Szövetség (IAHR) konferenciáján mutattuk be (Baranya, 2022), a kapcsolódó folyóiratcikk pedig jelenleg kidolgozás alatt van. A kutatási projekt utolsó évében a kutatócsoport vezetője meghívott előadóként vett részt a Vízügyi Ágazati Továbbképzés Hullámtéri Konferencia elnevezésű rendezvényén és az Országos Vízügyi Főigazgatóság XLIV. Országos Vízirajzi Értekezletén, továbbá a csoport két tagja társszervezőként vett részt a 2022. évi EGU konferencián (Numerical modelling of hydro-morphological and sediment transport processes in open water environments). Fontosnak tartjuk megemlíteni, hogy kutatócsoport által a BME, mint projektpartner két Horizon Europe kutatási programot nyert el (ReNEW, Danube4All), és mindkettő témája szorosan kapcsolódik jelen kutatási projekt témájához. A projekt megvalósítási ideje alatt a kutatócsoport egyik tagja (Fleit Gábor) tudományos fokozatot szerzett, ketten pedig (Ermilov Alexander Anatol és Pomázi Flóra) elindították a fokozatszerzési eljárásukat. A kutatási projekt ezeken túlmenően teret adott számos diplomadolgozatnak és TDK kutatásnak, így a PhD hallgatók mellett BSc és MSc hallgatók is kapcsolódtak a kutatás egy-egy eleméhez. A projekthez kapcsolódó publikációk összesített impakt faktora 19,14.

A kutatáshoz kapcsolódó publikációk:

- Benkő, G., Baranya, S., Török, G. T., Molnár, B., Ermilov, A. A. 2019. Analysis of river bed material composition with Deep Learning based on drone video footages. Geophysical Research Abstracts 21.
- Ermilov, A. A., Fleit, G., Zsugyel, M., Baranya, S., Török, G. T. 2019a. Video based bedload transport analysis in gravel bed rivers. EGU General Assembly Conference Abstracts, 15071
- Ermilov, A. A., Baranya, S., Török, G. T. 2019b. IMAGE BASED BED MATERIAL MAPPING OF A LARGE RIVER. In: Radice, Alessio (szerk.) Proceedings of the 2nd International Symposium and Exhibition on Hydro-Environment Sensors and Software. Madrid, Spanyolország: International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), (2019) pp. 105 pp-112 pp.
- Fleit, G., Baranya, S., Krámer, T., Bihs, H., Józsa, J. 2019. A practical framework to assess the hydrodynamic impact of ship waves on river banks. River Research and Applications 35 (9), 1428-1442
- Fleit, G., Baranya, S. 2019. An improved particle image velocimetry method for efficient flow analyses. Flow Measurement and Instrumentation 69, 101619
- Török, G. T., Józsa, J., Baranya, S. 2019. A Novel Sediment Transport Calculation Method-Based 3D CFD Model Investigation of a Critical Danube Reach, Polish Journal of Environmental Studies, 2019
- Ermilov, A. A., Baranya, S., Török, G. T. 2020a. Image-Based Bed Material Mapping of a Large River, WATER, 2020
- Ermilov, A. A., Baranya, S., Fleit, G., Török, G. T. 2020b. Képalapú módszerek fejlesztése folyók morfológiai vizsgálatához, Hidrológiai Közlöny, 2020
- Benkő, G., Baranya, S., Török, G. T., Molnár, B. 2020. Folyami mederanyag szemösszetételének vizsgálata Mély Tanulás eljárással drónfelvételek alapján, Hidrológiai Közlöny, 2020
- Pomázi, F., Baranya, S. 2020a. Comparative Assessment of Fluvial Suspended Sediment Concentration Analysis Methods, WATER, 2020
- Pomázi, F., Baranya, S. 2020b. Nagy folyók lebegtetett hordalékvándorlásának új vizsgálati módszerei 2. – Közvetlen és közvetett lebegtetett hordalékmérési eljárások összehasonlító vizsgálata, Hidrológiai Közlöny, 2020
- Pomázi, F., Baranya, S., Török, G. T. 2020. Nagy folyók lebegtetett hordalékvándorlásának új vizsgálati módszerei 1. – A továbbfejlesztett hordalékmonitoring módszertan bemutatása, Hidrológiai Közlöny, 2020

- Fleit, G., Baranya, S. 2021. Acoustic Measurement of Ship Wave–Induced Sediment Resuspension in a Large River. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* 147 (2), 04021001
- Fleit, G., Hauer, C., Baranya, S. 2021. A numerical modeling-based predictive methodology for the assessment of the impacts of ship waves on YOY fish. *River Research and Applications* 37 (3), 373-386
- Grivalszki, P., Fleit, G., Baranya, S., Józsa, J. 2021. Assessment of CFD Model Performance for Flows around a Hydraulic Structure of Complex Geometry. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 65 (1), 109-119
- Ermilov, A. A., Conevski, S., Guerrero, M., Baranya, S., Ruther, N. 2021. Bedload Transport Quantification using Image Processing Techniques. 2021 IAHR Europe Congress, online.
- Ermilov, A.A., Fleit, G., Conevski, S. et al. 2022. Bedload transport analysis using image processing techniques. *Acta Geophys.* (2022). <https://doi.org/10.1007/s11600-022-00791-x>
- Baranya, S. 2022. Computational Modeling of Bedform Migration in Large Sand and Gravel Bed Rivers. 39th IAHR World Congress: From Snow to Sea 2022-06-19 [Granada, Spanyolország]
- Baranya, S., Fleit, G., Muste, M., Tsubaki, R., Józsa, J. 2022. Bedload estimation in large sand-bed rivers using Acoustic Mapping Velocimetry (AMV). *Geomorphology*. Under review.