Predpovedný povodňový systém v povodí rieky Ipeľ

Pavel Tachecí, Ingrid Kušniráková, Papanek László, Štefan Aschenbrenner, Zsuzsanna Nagy, Gergely Palfi, Filip Krejčí, Stanislav Vaněček, Martin Mišík, Marián Kučera

Abstrakt
V rámci programu cezhraničnej spolupráce Maďarsko – Slovensko 2007-2013, bol podporený projekt s názvom „Vytvorenie spoločného integrovaného hydrologického systému pre povodie rieky Ipeľ, poskytujúceho predpovede a informácie v reálnom čase“, kód HUSK/1101/2.1.1/0012 (ďalej ako „projekt“). V technológii MIKE CUSTOMISED bol vytvorený predpovedný systém ktorý automaticky každú hodinu simuluje prietoky a hladiny v 27 profiloch rieky Ipeľ. Súčasťou predpovedného systému je 1D hydrodynamický model zostavený v MIKE 11 a distribuovaný zrážkovo-odtokový model zostavený v MIKE SHE. Predpovedný systém komunikuje so svojim užívateľom prostredníctvom na mieru vytvoreného webového rozhrania.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: predpovedný systém, Ipeľ, MIKE CUSTOMISED,

Flood forecasting sytem in Ipel catchment - Abstract
In the CBC Programme Hungary – Slovakia 2007-2013 a project with the name “Creation of a common integrated hydrological system of Ipel river basin, providing forecasts and information in a real time” code HUSK/1101/2.1.1/0012 has been created. The forecasting system which every hour automatically simulates discharges and water levels in 27 cross-sections of Ipel river in MIKE CUSTOMISED technology has been created. 1D hydrodynamic model created in MIKE 11 and distributed rainfall-runoff model created in MIKE SHE are combined in forecasting system. The forecasting system communicates with user by a tailor-made web interface.

KEY WORDS: forecasting system, Ipel, MIKE CUSTOMISED,

Úvod

Slovenský vodohospodársky podnik, š.p, OZ Banská Bystrica ako cezhraničný partner sa v spolupráci s maďarskými partnermi KDV VIZIG Budapešť (Közép-Duna-Völgyi Vízügyi Igazgatósá) a Ministerstvom životného prostredia, Budapešť (VKKI) podieľal na realizácii projektu „Vytvorenie spoločného integrovaného hydrologického systému pre povodie rieky Ipeľ, poskytujúceho predpovede a informácie v reálnom čase“. KDV VIZIG Budapešť, ako vedúci partner projektu, získala finančný príspevok poskytnutý z Európskeho fondu regionálneho rozvoja vo výške 473 378,30 Eur. Projekt nadväzuje na projekt z roku 2010 „Prieskum hraničnej oblasti a povodia toku Ipeľ (HU-SK 2008/2.1.2/164)“. Celkovú podporu projektu vyjadruje svojou činnosťou aj Slovenský hydrometeorologický ústav.
Cieľom projektu bolo získať vstupné geodetické údaje pre úsek toku Ipeľ (od prameňa po Kalondu v dĺžke cca 67 km), vytvoriť geoinformačnú databázu pre celé povodie Ipľa, ktorá slúži ako základ vstupných údajov pre predpovedný systém. Ďalším cieľom je vytvorenie predpovedného povodňového modelu, ktorý pomáha zabezpečiť včasné varovanie pred povodňami kompetentným orgánom a organizáciám Slovenskej republiky a Maďarska.

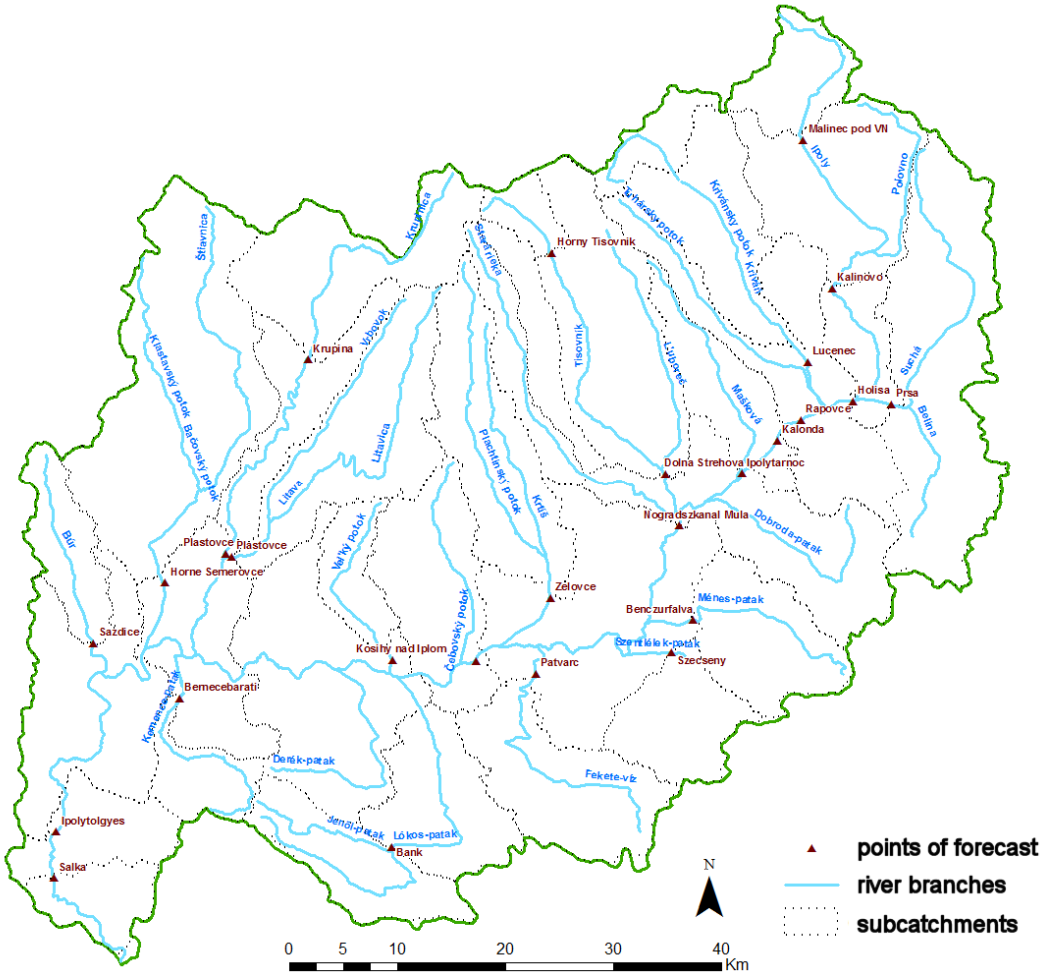
Hydrodynamický model

Geodetické služby pre zameranie priečnych profilov Ipľa zabezpečila firma GRUY, s.r.o. Výstupom je polohové a výškové zameranie priečnych rezov toku a údolných profilov toku Ipeľ v rkm 148,7 – 216,7. Meranie nadväzuje na projekt z roku 2010 a výstup je základným podkladom pre modelovací nástroj MIKE 11, pre jednorozmernú schématizáciu prúdenia vody v celom koryte Ipľa. Firmy EUROSENSE, s.r.o. a GEODIS SLOVAKIA, s.r.o. zabezpečili vygenerovanie a dodanie odvodených databáz digitálneho terénneho modelu, digitálnych ortofotomáp a 2D vektorov budov v príslušnej časti povodia Ipľa. Opäť v spojení s projektom z roku 2010 slúžia tieto databázy pre modelovanie prúdenia vody po teréne a zároveň aj na vizualizáciu výstupných modelov záplavovej čiary pre tok Ipeľ. Podklady z terénneho modelu slovenskej časti povodia Ipľa sú základným vstupom pre zrážkovo-odtokový model.
Vypracovanie hydrodynamického matematického modelu toku Ipeľ bolo zabezpečené prostredníctvom firmy DHI SLOVAKIA, s.r.o. Matematickým hydrodynamickým modelom sa spracoval rozsah povodne pre maďarské aj slovenské záplavové územie, pre 3 prietokové scenáre (Q20, Q50 a Q100) v rámci celej dĺžky toku Ipeľ od prameňa až po ústie do Dunaja (216,187 km). Hydrodynamický model modeluje neustálené nerovnomerné prúdenie a je kalibrovaný na známe a overené hodnoty povodňových hladín, respektíve na historicky známe hladiny zaznamenané v profiloch merania a k nim zodpovedajúce prietoky. Do výpočtového systému

matematického modelu sú na maďarskej aj slovenskej strane vložené okrem údajov profilov riečneho údolia a bodových prítokov aj údaje všetkých ostatných objektov súvisiacich s vodným tokom: líniové ochranné stavby, respektíve ochranné stavby, ktoré sa podieľajú na tlmení povodňovej vlny. Hranica modelu je zvolená tak, aby horný okraj modelu bol v profile posledného dostupného odhadu N-ročného prietoku, dolný okraj modelu bol na sútoku Ipľa s Dunajom.
Webová aplikácia umožňuje automaticky vykonávať vyššie popísané úkony a zároveň umožňuje manuálny vstup pre účel vyhotovenia hydrodynamického výpočtu s použitím iných okrajových podmienok. Údaje pre informačný systém na internete sa vytvoria automatickou procedúrou na generovanie požadovaného obsahu web stránky. Zároveň sa vytvoria procedúry pre automatické odosielanie dát.

Predpovedný povodňový systém

Automatizovaný predpovedný povodňový systém pre povodie rieky Ipeľ (5077 km^2) bol vytvorený v spolupráci s DHI Hungary Kft., DHI SLOVAKIA, s.r.o a DHI a.s. (Česká republika).
Systém využíva 1D hydrodynamický model koryta rieky Ipeľ (MIKE 11) popísaný vyššie, kombinovaný s distribuovaným zrážkovo-odtokovým modelom (MIKE SHE). Ďalšie časti sú databázy a riadiace funkcionality (MIKE CUSTOMISED), vytváranie varovných správ a webové rozhranie pre verejnosť. Pre operátora predpovedného systému slúži užívateľské prostredie, umožňujúce automatizované rozosielanie varovných správ a variantné simulácie budúceho vývoja. Predpovedný systém automaticky každú hodinu simuluje prietoky a hladiny vo vybraných miestach v povodí Ipľa. Zároveň systém umožňuje obsluhe vytvárať variantné simulácie na základe modifikovaných zrážkových vstupov a zadanej manipulácie na nádržiach.
Pomocou integrovaného distribuovaného matematického modelovacieho systému MIKE SHE 2014 (Graham a Butts, 2005) bol vytvorený zrážkovo-odtokový model, zahrňujúci 33 čiastkových povodí, 28 vodných tokov a 24 staníc na tokoch (obr. 1).

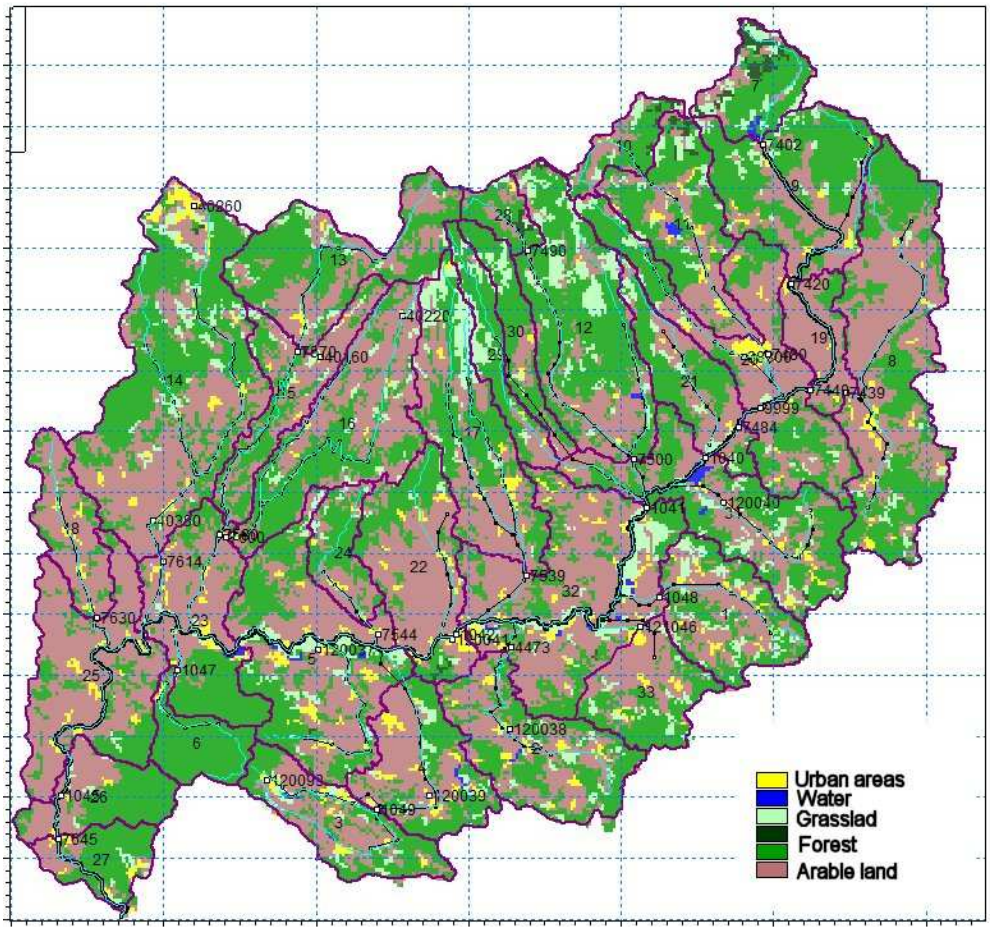


Obr. 1. Základné prvky zrážkovo-odtokového modelu v povodí rieky Ipeľ.
Fig. 1. Basic overview of Ipel/Ipoly catchment.

Model bol zostavený v štvorcovej sieti s priestorovým krokom 300 m a používa základný časový krok 1 hodina. Model zahŕňa nasledujúce procesy a schématizácie:

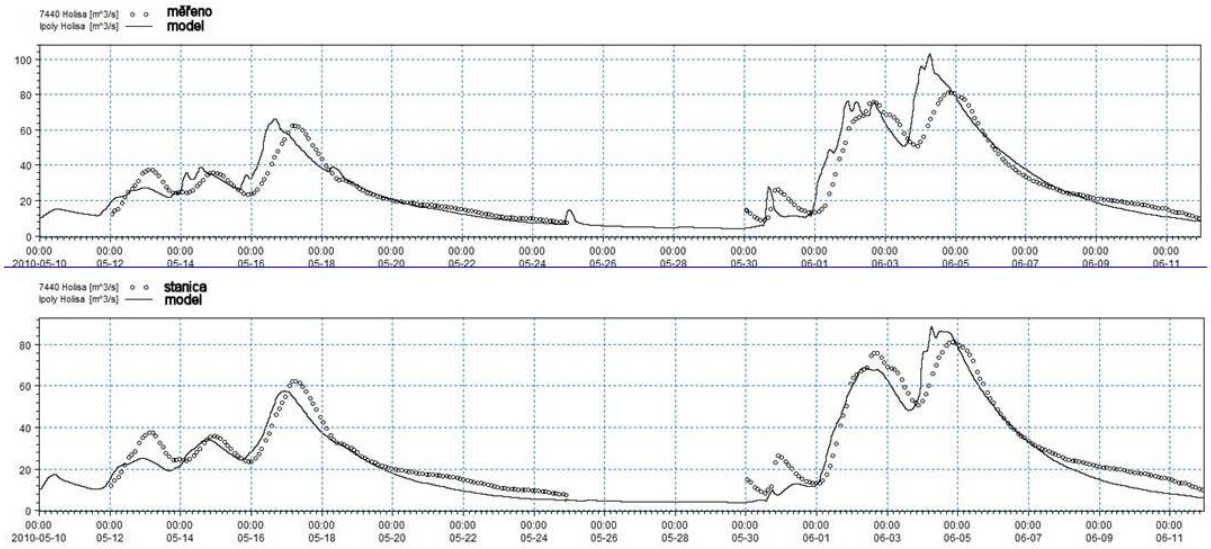
- prúdenie po povrchu (overland flow, 2D numerická schématizácia difúznou vlnou)
- infiltrácia nenasýtenou zónou (zjednodušená bilancia v každej výpočtovej bunke, Yan and Smith, 1994)
- výpočet aktuálnej evapotranspirácie metódou Kristensena a Jensena (1975)
- podpovrchový a základný odtok (konceptuálna schématizácia lineárnymi nádržami pre každé čiastkové povodie)
- prúdenie v koryte rieky Ipeľ (1D hydrodynamický popis), vrátane popisu objektov na toku. Pre ostatné prítoky bolo koryto schématizované zjednodušene (kinematická vlna, zjednodušené priečne profily) z nedostatku podrobnejších dát.

Pre zostavenie modelu boli využité mapové podklady, časové rady a hlavné parametre, popísané ďalej. Digitálny model terénu bol upravený adekvátne veľkosti výpočtových buniek modelu. Pôdna mapa obsahuje 6 najčastejších typov pôd v území. Mapa využitia územia bola zostavená z podkladu CORINE, zjednodušením na 6 kategórií, ktorým boli priradené časovo premenné parametre (obr. 2).



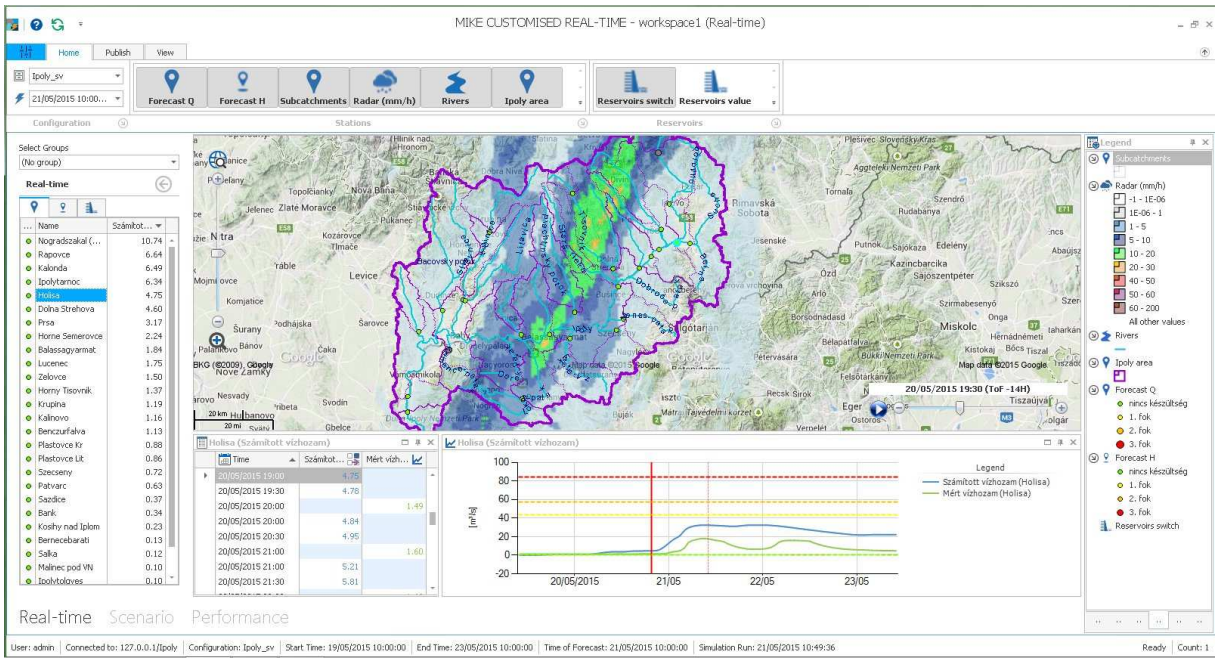
Obr. 2. Mapa využitia územia (veľkosť štvorcovej výpočtovej bunky je 300 x 300 m)
Fig. 2. Land use map (grid cell size 300 x 300 m)

Hlavné časové rady vstupujúce do modelu sú: zrážkové úhrny, teploty vzduchu a referenčná evapotranspirácia. Model bol kalibrovaný voči pozorovaným hodinovým priemerným prietokom v celkom 24 staniciach, na slovenskej i maďarskej časti povodia. Pre kalibráciu a validáciu boli využité tri povodňové epizódy (5/2010, 6/2010 a 3/2013). Ako vstupy slúžilo zrážkové pole vytvorené kombináciou radarových produktov a meraní na zrážkomeroch (obr. 3). Ďalšími vstupmi boli priemerné hodinové teploty vzduchu v staniciach a prepočítaná referenčná evapotranspirácia. Model bol ďalej overený na dlhodobú stabilitu s využitím denných dát pre obdobie 2010-2014.



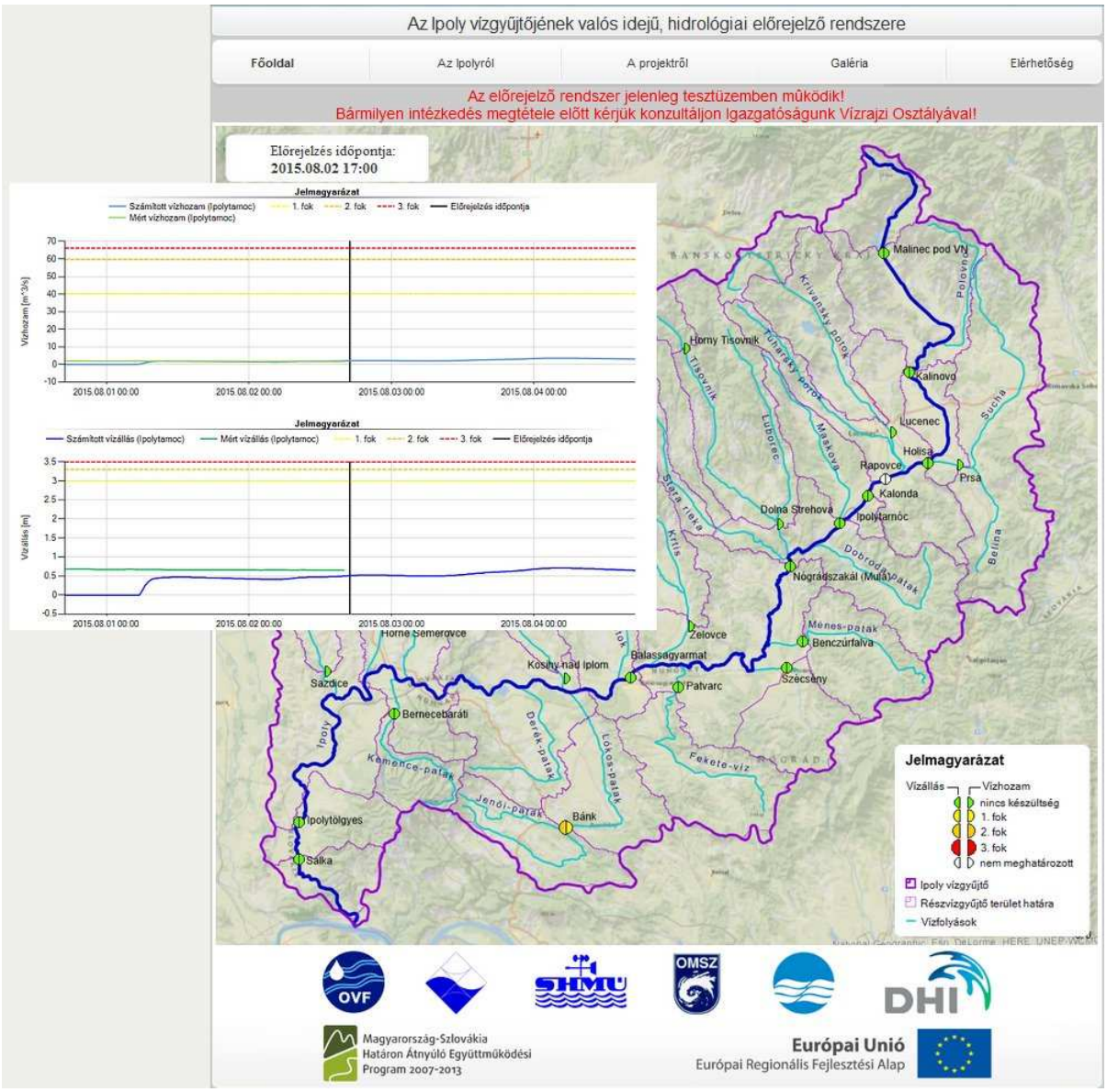
Obr. 3. Príklad výsledkov modelu, kalibračná epizóda (stanice Holiša, krúžky = merané, čierna čiara = simulácia modelom)
Fig. 3. Example of model simulation results, calibration period, Holiša gauging station (circle = observed, line = simulated)

Predpovedný povodňový systém automaticky každú hodinu spúšťa simuláciu na zrážkovo-odtokovom modeli s využitím aktuálne získaných vstupných dát a predchádzajúcich podmienok v povodí. Výsledky modelu sú upravené na základe dátovej asimilácie. Primárnym výstupom je simulovaná hladina a prietok vo vybraných profiloch pre 48h spätne a 48h do budúcna relatívne k aktuálnemu času. Vzhľadom k nemožnosti v súčasnej dobe využiť výstupy zo systému INCA-CE sú ako on-line dátové vstupy využívané päťminútové radarové snímky (SHMÚ), hodinové úhrny zrážok v staniciach (SHMÚ, OMSZ), výšky hladiny a prietoky merané v staniciach (SHMÚ a OVF), a ďalej plošné predpovede zrážok a teplôt v trojhodinovom kroku s rozlíšením 9 x13 km (výstup z predpovedného modelu ECMWF, OMSZ).
Výstupy predpovedného systému sú potom ďalej spracované a zobrazované v užívateľskom rozhraní pre operátora systému (obr. 4). Vybrané výstupy sú k dispozícii aj na webových stránkach pre verejnosť (obr. 5). Vo vyžiadanom formáte sú výstupy modelu odovzdávané tiež pre potreby SHMÚ. Operátor systému môže na základe analýzy situácie rozhodnúť o rozoslaní varovných správ (e-mail, SMS), ktoré sú automaticky vytvárané pri prekročení limitných hodnôt. Vedľa automatického vytvárania predpovedí prietokov a hladín, systém umožňuje operátorovi robiť variantné simulácie (tzv. off-line režime) úpravou zrážkového úhrnu na ploche povodia, alebo zmenou manipulácie (vypúšťania) na dvoch nádržiach v povodí. V súčasnosti je predpovedný systém v testovacej prevádzke umiestnený na počítači KDV VIZIG v Budapešti.



Obr. 4 Ukážka užívateľského rozhrania pre operátora predpovedného systému. Mapa povodia je prekrytá farebnou vrstvou zrážkových úhrnov na základe radarových produktov. V dolnej časti sú časové rady predpovedaného a pozorovaného prietoku vo vybraných staniciach. Prietoky odpovedajúce 1, 2 a 3 stupňu povodňovej aktivity sú označené čiarkovane. V ľavej časti je zoznam profilov a aktuálne hodnoty prietoku / hladiny vo vybranom čase.

Fig. 4. Example of user interface for forecasting system operator. Color scaled raster of radar product overlays map of Ipoly catchment. Time series of forecasted and observed discharge are in bottom. Flood warning levels are announced. List of points and stations available is on left hand side.



Obr. 5 Webová stránka pre verejnosť. Vo vybraných profiloch je možné zobraziť predpovedaný prietok a hladinu (v ľavej časti). Značky v miestach profilov na mape automaticky zmenia farbu podľa aktuálne dosiahnutého stupňa povodňovej aktivity.
Fig. 5 Web site for public. Forecasted and observed time series are available in selected points (example on left hand side). Circle marks in map are automatically coloured according to warning level reached

Dohoda s cieľom prevádzkovania predpovedného systému pre povodie Ipľa bola uzavretá na minimálne 5 rokov po ukončení projektu, tzn. na obdobie od 1. januára 2015 do 31. decembra 2019.

Záver

Môžeme predpokladať, že projekt je dobrým signálom ďalšej spolupráce medzi odbornými vodohospodárskymi organizáciami v Slovenskej republike aj Maďarsku. Neoddeliteľnou súčasťou projektu je aj práca s verejnosťou a rozširovanie a ďalšie uplatnenie jeho výsledkov s cieľom prispieť k trvalo-udržateľnému využívaniu povodia. Naša spoločná práca v rámci projektu zapadá do komplexnej dlhoročnej spolupráce medzi našimi odbornými vodohospodárskymi organizáciami, pričom nadväzne na naše členstvo v Európskej únii vystala možnosť finančnej podpory riešených úloh. Podpora v rámci Programu cezhraničnej spolupráce Maďarská republika - Slovenská republika v programovom období rokov 2007 až 2013 ako nástroja európskej teritoriálnej spolupráce podporuje vzájomnú kooperáciu inštitúcií a zároveň napomáha prihraničným regiónom s nízkou ekonomickou výkonnosťou približovať sa k štandardu Európskeho spoločenstva. Projekt bol oficiálne ukončený 31. decembra 2014, pričom záverečnú konferenciu k projektu zorganizoval vedúci partner dňa 11. decembra 2014 v Szécsény, Maďarská republika. Projekt je dostupný na web stránke: http://iper.vizugy.hu

Priebežné informácie môžete získať aj na stránkach jednotlivých partnerov: http://www.kdvvizig.hu/ http://www.svp.sk/hron/default.asp?id=6&mnu=6

Poďakovanie

Projekt „Vytvorenie spoločného integrovaného hydrologického systému pre povodie rieky Ipeľ, poskytujúceho predpovede a informácie v reálnom čase“ bol podporený v rámci programu cezhraničnej spolupráce Maďarsko – Slovensko 2007-2013, kód HUSK/1101/2.1.1/0012.

Literatúra

Yan, J. and Smith, R. (1994): Simulation of Integrated Surface Water and Ground Water Systems-Model Formulation. Journal of the American Water Resources Association, 30, 879-890. http://dx.doi.org/10.1111/j.1752-1688.1994.tb03336.x

Graham D.N. and Butts M. B. (2005): Flexible, integrated watershed modelling with MIKE SHE. In “*Watershed Models”*, Eds. V.P. Singh & D.K. Frevert. CRC Press.

Kristensen, K. J. a Jensen, S. E. (1975): A model for estimating actual evapotranspiration from potential evapotranspiration. Royal Veterinary and Agricultural University, Nordic Hydrology, 6, 170 – 188.

Informácie o autoroch:

Ing. Ingrid Kušniráková
Ing. Štefan Aschenbrenner, PhD.
SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, š. p
Odštepný závod Banská Bystrica
Partizánska cesta 69
974 98 Banská Bystrica
Slovenská republika
Tel.: + 421 48 4716 127
E-mail: ingrid.kusnirakova@svp.sk
stefan.aschenbrenner@svp.sk

Ing. Papanek László
KDV VIZIG Budapešť
Rákoczi út.41
1088 Budapešť
Maďarská republika
tel: +36 302 512 548
E-mail: papanek.laszlo@kdvvizig.hu

Ing. Pavel Tachecí, Ph.D.
Ing. Filip Krejčí
RNDr. Stanislav Vaněček
DHI a.s.
Na Vrších 1490/5
100 00 Praha 10
Česká Republika
Tel.: +420 267 227 111
E-mail: p.tacheci@dhi.cz

Zsuzsanna Nagy
Gergely Palfi
DHI Hungary Ltd.
Tuzer u.8.
1134 Budapest
Maďarská republika
Tel.: 0036-1-789-1645
E-mail: z.nagy@dhigroup.com

Ing. Martin Mišík, PhD.
Ing. Marián Kučera
DHI SLOVAKIA, s.r.o.
Hattalova 12
831 03 Bratislava
Slovenská republika
Tel.: +421 2 4444 2760
E-mail: m.kucera@dhi.sk