OPTIMALIZÁCIA PROTIPOVODŇOVEJ OCHRANY

Martin Orfánus[1], Andrej Šoltész[1], Peter Šulek[1], Ján Rumann[1]

Abstrakt

Práca "Optimalizácia protipovodňovej ochrany" sa pokúša ponúknuť nový pohľad na protipovodňovú ochranu oblastí, ktoré to potrebujú. Mala by pokryť relatívne rozsiahlu škálu procesov a javov, ktoré vznikajú počas povodne a stanoviť optimálne opatrenia, alebo opatrenia blízke optimálnym. Keďže predpokladom výstupu by malo byť aj priestorové rozmiestnenie hydrotechnických objektov v teréne a ich základná geometria, jedným zo vstupov je digitálny model terénu.

V štádiu pre-processingu bola určená počiatočná podmienka stavu povodia a vytvorený digitálny model terénu z mapových podkladov. V nasledujúcom kroku bol zostavený hydrodynamický model s celkovou geometriou oblasti. Po prepočte hladinového režimu modelom, boli parametre podrobené regresnej analýze, aby sa vylúčili tie, ktoré proces ovplyvňujú len málo alebo vôbec. Tento krok je dôležitý predovšetkým s pohľadu skrátenia času optimalizácie. V štádiu processingu prostredníctvom možností numerického modelu exportovať výsledky respektíve prepojiť výstupy programu s inými aplikáciami je výstup podrobený optimalizačnému procesu, ktorý parametre vyhodnotí a zoptimalizuje v rámci stanovených limitov. Takto zmenené parametre vráti späť do hydrodynamického modelu a nanovo prepočíta hladinový režim pre rovnaké okrajové podmienky. Výberom najlepšej stratégie s množstva potenciálnych alternatív v tejto oblasti a oblasti plánovania je komplexný multikriteriálny proces výberu. Ideálnym sa javí využitie optimalizačných algoritmov so skupiny evolučných, čo umožňuje, aby proces rozhodovania bol viac efektívny. V súvislosti s adaptáciou viackriteriálneho rozhodovania vo vodnom hospodárstve je táto metóda relevantným a účinným optimalizačným prostriedkom s efektívnym prepojením na GIS systémy.

Kľúčové slová: optimalizácia, hydrodynamický model, digitálny model terénu

1. Úvod

Pri tvorbe metodiky optimalizácie protipovodňových opatrení sa vychádzalo zo základnej filozofie celej problematiky a to, že návrhový prietok v profile na úrovni hornej hranice ochraňovanej oblasti nesmie byť väčší ako kapacitný prietok profilu. Na takýto prietok má vplyv celá škála procesov prebiehajúcich v povodí či už na úrovni hydrauliky alebo hydrológie. Parametre vstupujúce do procesu a ich vplyv na skúmaný prietok sa pokúsime priblížiť v ďalších kapitolách podrobnejšie rovnako ako software použitý pri analýzach a optimalizácii.

Vo všeobecnosti sa dá povedať, že optimalizácia bude spočívať v zmenách parametrov vplývajúcich na proces v rámci stanovených limitov a nastavení týchto zmien tak, aby sme v celkovom efekte znížili prietok na požadovaný. Metodika bude rozdelená do dvoch častí s pohľadu miery zásahu opatrení do prirodzeného charakteru krajiny.

2. Metodický postup

V štádiu pre-processingu sa zameriame predovšetkým na určene začiatočnej podmienky stavu povodia, teda hydrologickej charakteristiky popisujúcej stav povodia, vytvoríme zo zhromaždených mapových podkladov digitálny model terénu respektíve model GIS. V nasledujúcom kroku zostavíme hydrodynamický model s celkovou geometriou oblasti. Hydrologické vstupy akými sú napríklad laterálne prítoky a ich vývoj v čase získame zo zrážkovo odtokového modelu.

Po kalibrácii modelu prepočítame návrhovú povodňovú vlnu a v stanovenom priečnom profile zistíme vypočítaný prietok Qn a porovnáme ho s kapacitným prietokom profilu Qkap. Rozdiel medzi týmito prietokmi ΔQ = Qn - Qkap bude po derivácii podľa času objem vody, ktorý chceme v krajine zadržať.

Po prepočte hladinového režimu modelom, podrobíme parametre, ktoré sa zúčastňujú na procese, regresnej analýze aby sme vylúčili tie, ktoré proces ovplyvňujú len málo alebo vôbec. Tento krok je dôležitý predovšetkým s pohľadu skrátenia času optimalizácie. Regresnej analýze sa budeme venovať v ďalších kapitolách podrobne.

V štádiu processingu prostredníctvom možností HEC-RASu exportovať výsledky respektíve prepojiť výstupy programu s inými aplikáciami podrobíme výstup optimalizačnému procesu, ktorý parametre vyhodnotí a zoptimalizuje v rámci stanovených limitov. Takto zmenené parametre vrátime späť do hydrodynamického modelu a nanovo prepočítame hladinový režim pre rovnaké okrajové podmienky. Tento proces nazvime optimalizačný cyklus.

Cyklus bude prebiehať dovtedy pokiaľ sa konvergencia výstupov nebude približovať k požadovanému prietoku. V prípade, že konvergencia nedosiahne požadované výsledky pristúpime k druhému stupňu procesu a to k invazívnym opatreniam.

3. Prostredie GIS a numerické modely

Správnym skombinovaním respektíve prepojením Geografických informačných systémov a numerických modelov budeme schopný analyzovať vplyvy jednotlivých parametrov na celkový výsledok optimalizácie. Pre tieto účely sme sa rozhodli použiť softvéry ArcGIS 9.3 od spoločnosti ESRI a Hec–Ras od U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center´s River Analysis System.

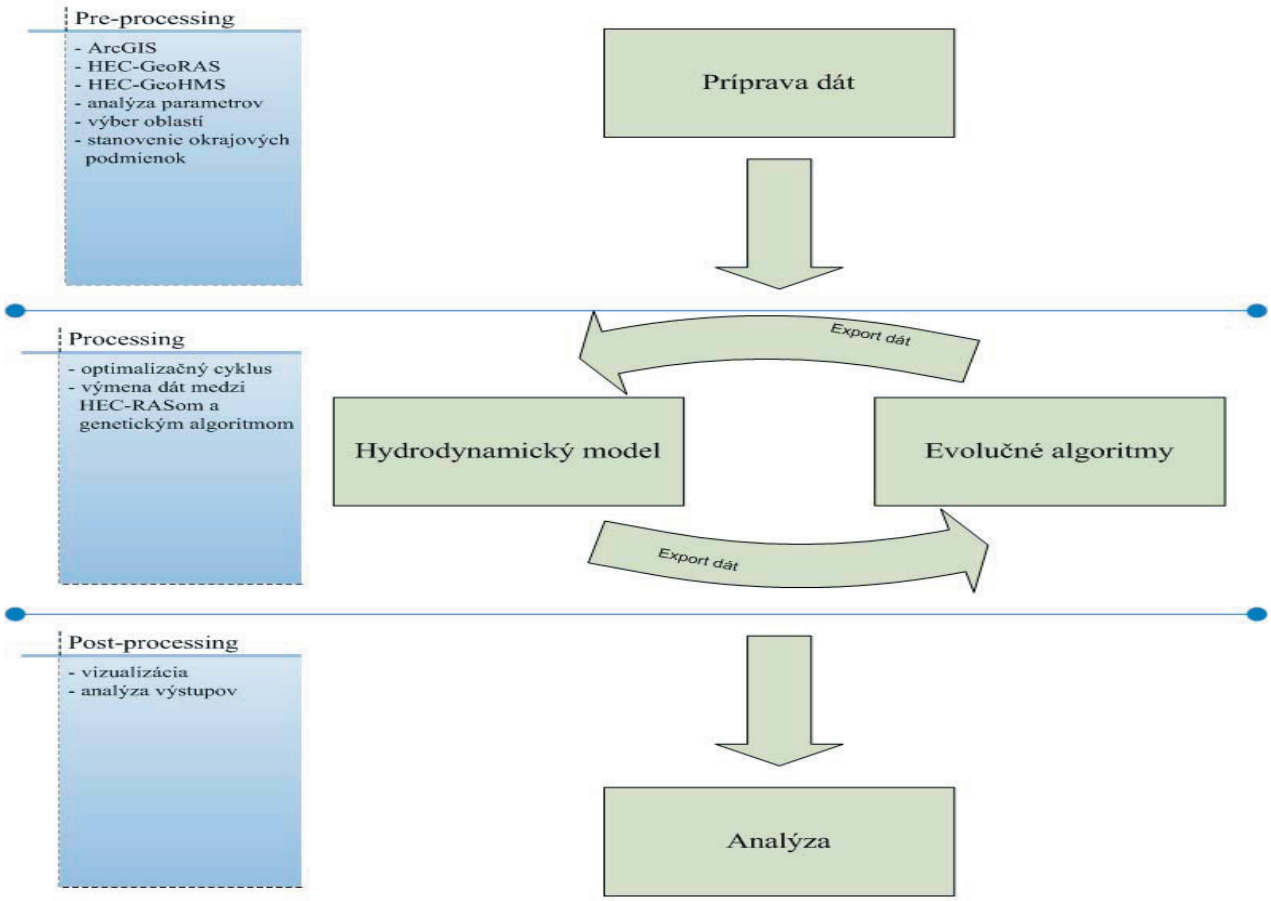
3.1 ArcGIS 9.3

Spoločnosť ESRI (Environmental Systems Research Institute) založili v roku 1969 Jack a Laura Dangermond ako inžiniersku a konzultačnú firmu pre krajinné plánovanie. Aplikácia ArcGIS ponúka niekoľko nástrojov na spracovanie, editovanie analýzu širokej škály mapových podkladov. ArcInfo je funkčne najsilnejším členom rodiny produktov ArcGIS Desktop a GIS najvyššej kategórie so všetkým, čo k nemu patrí. ArcInfo obsahuje všetky funkcie ArcEditora a ArcView a okrem nich ďalších asi 100 nástrojov pre geoprocesing, vrátane všetkých nástrojov pre dátový formát coverage. ArcGIS 3D Analyst je rozšírenie pre ArcGIS Desktop (ArcInfo, ArcEditor a ArcView) umožňujúce efektívnu vizualizáciu a analýzu povrchov. Umožňuje umiestniť rôzne rastrové dáta(ortofotosnímky, mapy využitia územia atď.), alebo vektorové dáta na povrch a vytvoriť scénu, ktorú je možné pomocou nástrojov na navigáciu dynamicky prehliadať. Súčasťou rozšírenia je aplikácia ArcScene určená pre tvorbu 3D vizualizácií a analýzu dát.[1]

4. Prepojenie GIS prostredia s numerickými modelmi

HEC-GeoRAS je nadstavba inštitútu „Hydrologic Engineering Center (HEC)“ pre ArcGIS aplikácie vyvinutými spoločnosťou „Enviromental Systems Research Institute, Inc. (ESRI)“so sídlom v Redlands, California. [1]

HEC-GeoRAS je štruktúra špecializovaných nástrojov slúžiacich na pre-processing a post-processing modelu pracujúcich pod prostredím ArcGIS, ktorý musí mať niektoré ďalšie rozširujúce nadstavby ako napríklad 3D Analysys a Spatial Analysys. Ako processingový hydrodynamický model je využívaný HEC-RAS [2].



Obr.1: Štruktúra metodiky

Aplikácia umožňuje prípravu predovšetkým geometrie modelu ako sú: priečne profily, brehové línie, drsnosti, osi korýt a hydraulických konštrukcií ako sú: mosty, dnové priepusty, hate, prehrádzky.

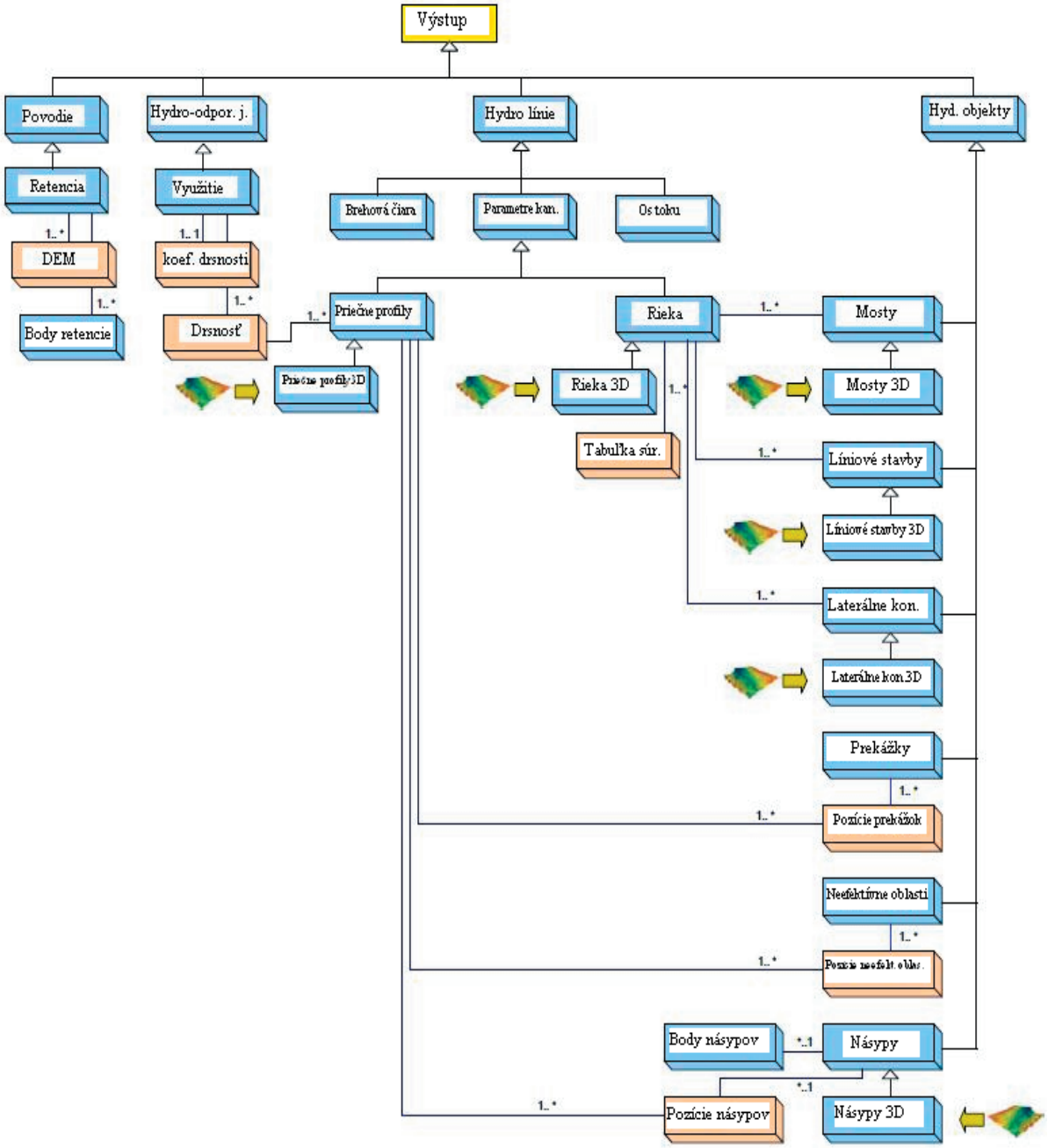
Výstupy hydrodynamického modelu HEC-RAS môžu byť exportované naspäť do ArcGIS prostredia, kde pomocou nadstavby HEC-GeoRAS dokážeme prezentovať výsledky.

5. Optimalizácia

Genetické algoritmy patria do triedy evolučných algoritmov, ktoré okrem nich zahrnujú aj evolučné programovanie, evolučnú stratégiu a genetické programovanie. Sú to vyhľadávacie algoritmy, založené na mechanizme prirodzeného výberu a princípoch genetiky. Ich veľkou výhodou je pomerná jednoduchosť. Ideovým vzorom pre genetické algoritmy boli princípy vývoja, ktoré sa uplatňujú v prírode. Genetický algoritmus definuje operátorovi kríženie, mutáciu a reprodukciu. Operátor kríženie znamená vytváranie nových jedincov podľa nasledujúceho pravidla: Z populácie vyberáme náhodné páry a náhodne zvolíme pozíciu k. Do prvého potomka skopírujeme gény 1 až k prvého rodiča a gény k + 1 až n druhého rodiča, kde n je počet génov, a do druhého potomka kopírujeme gény opačne [3].

6. Metodika

Záujmová oblasť sa nachádza na východe Slovenska v Prešovskom kraji, okres Bardejov s množstvom menších sídelných útvarov sústredených v bezprostrednej blízkosti tokov Sveržovka a Kamenec. Po povodniach v roku 2002 sa pristúpilo k úpravám toku najmä v intravilánoch obcí a výstavbe dvoch poldrov nad obcami Vyšný Tvarožec a Frička.

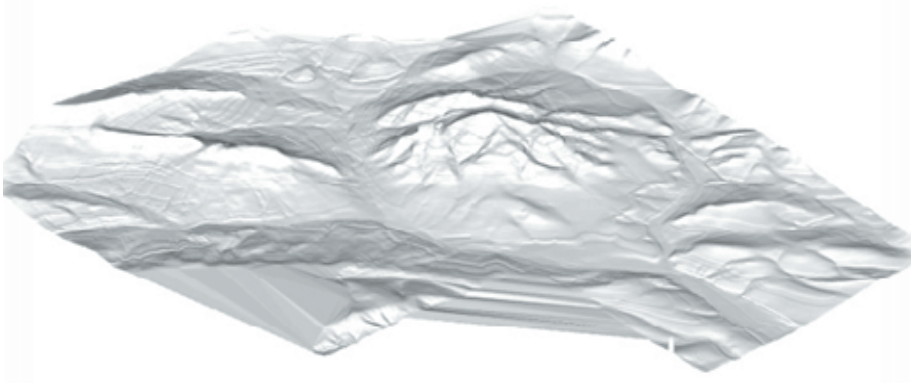


Obr. 2: Štruktúra nadstavby HEC-GeoRAS [4]

V prostredí ArcGIS sme všetky mapové podklady spracovali nasledovne. Importom ASCII textového súboru s vlastným špecifickým syntaxom sme načítali body so súradnicami X, Y, Z. Typ súradnicového systému ostal zachovaný a to v smere X-Y systém S-JTSK a v smere Z systém Balt po vyrovnaní. Zo siete načítaných bodov sme pomocou rozšírenia „3D analyst“ vygenerovali terén v podobe nepravidelnej trojuholníkovej siete TIN (Triangulated Irregular Network). Preložením ortofoto mapy cez digitálny model terénu sme získali relatívne presnú predstavu o polohách sídelných útvarov, charaktere a rozmiestnení vegetácie a mnohých ďalších.

Príprava vstupov prebiehala v prostredí ArcGIS pomocou nadstavby HEC-GeoRAS , ktorá nám umožňuje pripraviť zodpovedajúce modelu a vo veľkej miere vylučuje možnosť chyby pri prenášaní dát s jednej aplikácie do druhej. V tejto fáze sme sa rozhodli vybrať len časť povodia, ktorá by reprezentovala možnosti prípadne limity tohto postupu.

Všetky prvky boli zostavené ako nové hladiny prostredie ArcGIS pomocou polyline a polygónov priamo na mape. Následne automatizovanými nástrojmi HEC-GeoRASu prevedené do formy potrebnej na výpočet priradením staničenia priestorového rozmiestnenia a orientácie vzhľadom na tok. Po prevode týchto dát do .xml formátu sme ich mohli otvoriť priamo v prostredí HEC-RAS a upraviť ak to bolo potrebné.



Obr. 3: Aplikácia CAD, digitálny model terénu



Obr. 4: Aplikácia ArcGIS 9.3, plastický model terénu

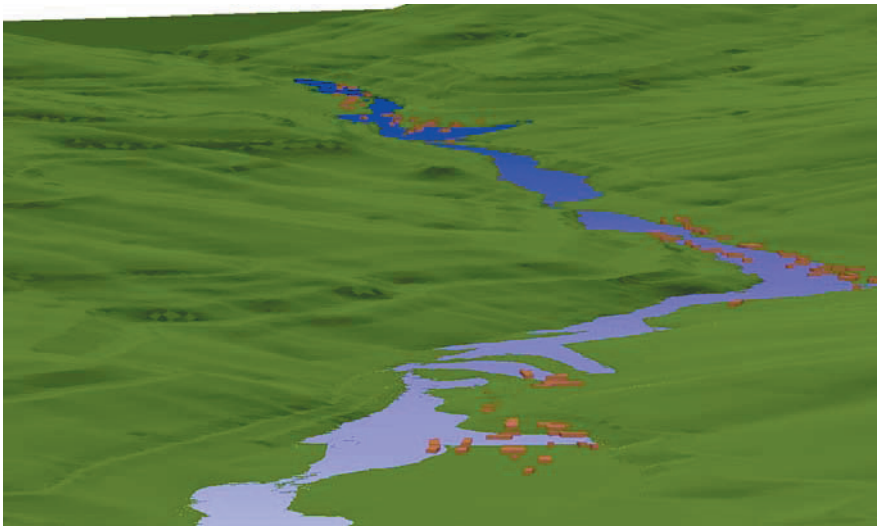
Výpočet v tomto kroku prebehol pre ustálené prúdenie, ktoré nie je také náročné na nastavenie modelu , ale v tomto štádiu postačujúce na ujasnenie možností programu. Výstupom pre povodňovú vlnu Q = 150 $m^3.s^{-1}$ bola záplavová čiara, mapa hĺbok, mapa rýchlostí v prostredí ArcGIS a samozrejme klasické výstupy v programe HEC-RAS ako sú napríklad pozdĺžny sklon s priebehom hladiny, priečne profily s priebehom hladiny, tabuľkové výstupy. Využitie tohto programu má svoje výhody predovšetkým pri prezentácií výsledkov, kde ponúka širokú škálu zobrazení či už v dvojrozmernom alebo trojrozmernom zobrazení.

7. Záver

Práca “Optimalizácia protipovodňovej ochrany” načrtáva metodiku optimalizácie vo vodnom hospodárstve. Výberom najlepšej stratégie s množstva potenciálnych alternatív v tejto oblasti a oblasti plánovania je komplexný multikriteriálny proces výberu. Môže zahŕňať protichodné kvantitatívne a kvalitatívne kritéria. Najideálnejším sa javí využitie optimalizačných algoritmov so skupiny evolučných čo umožňuje aby proces rozhodovania bol viac transparentný, racionálny a efektívny. Konvenčné metódy boli vo vodnom hospodárstve využívané v minulosti. V súvislosti s adaptáciou viackriteriálného rozhodovania vo vodnom hospodárstve je táto metóda relevantným a účinným optimalizačným prostriedkom. S efektívnym prepojením na GIS systémy a ďalšie podporné softvéry sa tento nástroj môže stať účinným v súvislosti s protipovodňovou ochranou.



Obr. 5: Mapa hĺbok



Obr. 6: Mapy záplavových čiar v trojrozmernom zobrazení

Literatúra

[1] ESRI (Environmental Systems Research Institute) – ArcGIS 9.3. Manual.

[2] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER´S RIVER ANALYSIS SYSTEM. HEC-RAS Manual.

[3] SEKAJ, I., 2005. Evolučné výpočty a ich využitie v praxi. IRIS, Bratislava.

[4] U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS, HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER´S RIVER ANALYSIS SYSTEM. http://www.hec.usace.army.mil/SOFTWARE/hec-ras/hecras-download.html

Kontakty na autora

1 Katedra hydrotechniky, Stavebná fakulta, STU v Bratislave, e-mail: martin.orfanus@stuba.sk, andrej.soltesz@stuba.sk, peter.sulek@stuba.sk, jan.rumann@stuba.sk