



Využitie modelu MIKE BASIN pre simuláciu vodohospodárskej bilancie v povodí rieky Hron

Kohnová, S.¹, Gibala, T.², Svetlíková, D.¹, Szolgay, J.¹, Hlavčová, K.¹, Kurkinová, E.¹

¹)Katedra vodného hospodárstva krajiny, Stavebná fakulta STU v Bratislave,

Radlinského 11, 81368 Bratislava

²)DHI Slovakia, s.r.o., Hatalova 12, 831 03 Bratislava

Anotácia

Článok sa zaoberá možnosťami uplatnenia komplexného rozhodovacieho systému MIKE BASIN pre plánovanie a rozhodovanie v integrovanom manažmente vodných zdrojov na povodí Hrona. Systémom MIKE BASIN bola simulovaná kvalitatívna a kvantitatívna vodohospodárska bilancia na rieke Hron pre rok 2005, s dôrazom na modelovanie zdrojov znečistenia a jeho šírenie v toku. Simulované bolo znečistenie od ukazovateľov BSK₅ a N-NH₄ v 13 uzloch na celom úseku rieky Hron. Na zníženie znečistenia boli navrhnuté dve riešenia. V prvom riešení sa uvažovalo s rozšírením technológie a zvýšením kapacity už existujúcich ČOV, v druhom riešení bola navrhnutá výstavba nových ČOV.

1. Úvod

Úlohou vodného hospodárstva je účelné, hospodárne a trvalo udržateľné využívanie vôd, všestranná ochrana vôd vrátane vodných a od vôd priamo závislých ekosystémov, zachovanie alebo zlepšenie stavu vôd, manažment povodí, zlepšenie kvality životného prostredia a jeho zložiek, zabezpečenie ochrany pred povodňami, resp. minimalizovanie ich dopadov na krajinu a ľudskú spoločnosť dostupnými technickými a technologickými prostriedkami ako aj opatreniami na znižovanie nepriaznivých účinkov sucha pri zabezpečení funkcií vodných tokov a vodných stavieb.

V záujme riešenia problematiky zvyšujúcich sa požiadaviek na využívanie vodných zdrojov v požadovanom množstve a vo vyhovujúcej kvalite s cieľom zabezpečiť jej trvalú udržateľnosť aj pre budúce generácie bola prijatá smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky (Rámcová Smernica o Vode - RSV). Hlavnou koncepciou RSV je koncepcia

integrácie. Realizáciou jej požiadaviek v praxi sa Slovenská republika pripojila k zámeru postupne zavádzať princípy integrovaného manažmentu v povodí do praxe.

V tomto článku sa zaoberáme možnosťami využitia modelu MIKE BASIN pre simuláciu vodohospodárskej bilancie v povodí rieky Hron. Vodohospodárska bilancia porovnáva požiadavky na odbery povrchových a podzemných vôd, na vypúšťanie odpadových vôd a osobitných vôd s využiteľným množstvom vôd a ich kvalitou. Cieľom práce bolo vytvorenie simulačného modelu povodia rieky Hron v systéme MIKE BASIN a jeho využitie na simuláciu kvantitatívnej a kvalitatívnej vodohospodárskej bilancie rieky Hron pre súčasný stav a dva zvolené scenáre na zníženie znečistenia povrchových vôd.

2. STRUČNÝ OPIS MODELU mike basin

Model MIKE BASIN bol vyvinutý Dánskym hydraulickým inštitútom (DHI) ako komplexný podporný systém rozhodovania pre integrovaný manažment vodných zdrojov a plánovanie. Je začlenený do prostredia ArcView GIS, ktoré zabezpečuje plné využitie systému Esri Tool a aplikáciu štandardných prostriedkov modelovania vodných zdrojov. Model poskytuje nástroje na simulovanie distribúcie vody na povodí, ako aj simulovanie kvality vody a podzemných vôd.

MIKE BASIN je systémový model, v ktorom sú toky reprezentované sieťou vetiev a uzlov. Vetvy predstavujú jednotlivé úseky tokov, uzly reprezentujú sútoky a iné vodohospodársky dôležité miesta. Užívateľ manuálne digitalizuje hlavný tok a jeho prítoky na obrazovke a definuje uzly v nasledujúcom poradí: riečne uzly, nádrže, vodné elektrárne, potreby vody, sútoky, koniec toku aj prítokov a uzly reprezentujúce miesta potreby vody pre závlahy, obyvateľstvo a priemysel.

Základný vstup do modelu pozostáva z časových radov rôznych typov údajov, ako sú prietoky a meteorologické časové rady, vstupné súbory definujúce charakteristiky nádrží a ich manipulačné pravidlá, ako aj iné údaje týkajúce vodných zdrojov alebo zavlažovacích systémov. Časové rady sú v systéme integrované do priestorovej informácie, ktorá je uložená v systéme GIS.

2.1 Modelovanie kvantity a kvality vody

Simulácia kvantity vody predstavuje výpočet odtoku vody a jeho rozdelenie v povodí. Prietokové údaje môžu byť zadávané pre každý uzlový bod povodia alebo simulované zo zrážok pomocou jedného z troch rôznych zrážkovo-odtokových modelov (NAM, UHM a SMAP). Zrážkovo-odtokový model NAM je koncepčný model, ktorý simuluje procesy

odtoku zo zrážok vyskytujúcich sa na povodí a počíta povrchový, podpovrchový a základný odtok, akumuláciu a topenie snehu. Modul jednotkového hydrogramu (UHM) je hydrologický model programu Mike11, ktorý simuluje odtok počas jednotlivých privalových zrážkových udalostí použitím jednotkového hydrogramu. Modul SMAP je hydrologický model programu Mike11, ktorý simuluje odtok z povodia aj s uvažovanými zásobami vlhkosti v nenasýtenej a nasýtenej zóne.

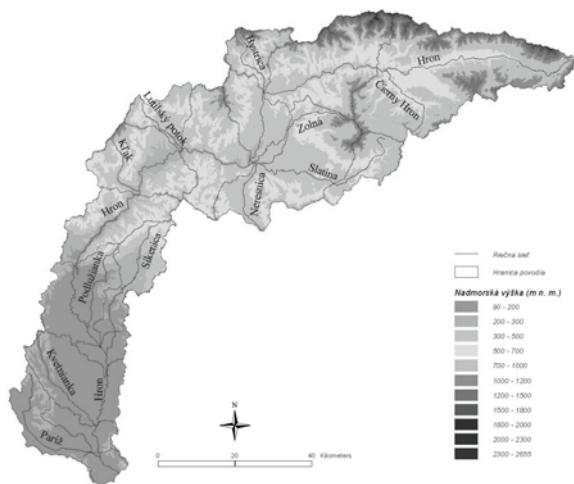
Model MIKE BASIN simuluje bodové a plošné zdroje znečistenia a jeho šírenie. Údaje bodového znečistenia obsahujú všetkých hlavných znečisťovateľov, miesta vypúšťania a merné množstvá parametrov kvality, údaje o komunálnych odpadoch, ako aj vypúšťané znečistené vody zo zavlažovania chemicky postrekovaných rastlín. Plošné zdroje znečistenia ako dôsledok najmä poľnohospodárskej výroby predstavuje odpad z chovu zvierat alebo priemyselné hnojivá.

Model kvality vody uvažuje s nasledujúcimi ukazovateľmi znečistenia: BSK₅ (biologická spotreba kyslíka), O₂ (rozpustený kyslík), NH₄ (amoniakálny dusík), NO₃ (dusičnany), N_{celk} (celkový dusík), P_{celk} (celkový fosfor) a CHSK (chemická spotreba kyslíka).

3. Povodie rieky Hron

Rieka HRON je druhá najdlhšia rieka na Slovensku s dĺžkou 298 km. Pramení v Horehronskom podolí na juhovýchodnom úpätí Kráľovej hole, v nadmorskej výške približne 980 m n. m. Najvyšším bodom povodia je vrchol Ďumbiera (2043,4 m n. m.). Výškové pomery povodia Hrona sú znázornené na obr. 1.

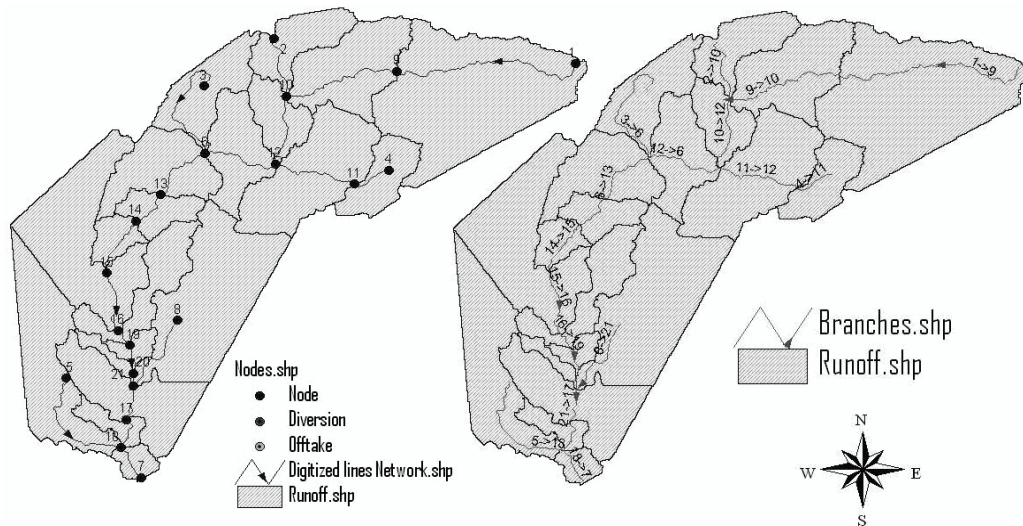
Hron je riekou stredohorskej oblasti, pričom podľa režimu odtoku patrí k stredoeurópskemu (oderskému) typu riek. Dlhodobý priemerný špecifický odtok dosahuje hodnotu 12,95 l.s⁻¹.km⁻², pomer medzi najvyšším a najnižším ročným prietokom je 1:138. Dlhodobý priemerný špecifický odtok v profile ústia do Dunaja je 10,10 l.s⁻¹.km⁻². V hornej časti hlavného toku až po Banskú Bystricu sa špecifický odtok pohybuje v rozmedzí 13-16 l.s⁻¹.km⁻², pri pravostranných prítokoch jeho hodnota presahuje 20 l.s⁻¹.km⁻².



Obr. 1 Výškové pomery povodia rieky Hron a jeho prítokov

4. Vytvorenie základného modelu povodia hron

V prvom kroku bola na základe digitálneho modelu terénu vygenerovaná riečna sieť, ktorá bola rozdelená na 21 uzlov (nodes) a 20 úsekov (branches), vid' obr. 2. Uzly predstavujú miesta na toku, kde dochádza ku zmene množstva alebo kvality vody, napr. sútoky, významné odbery, výuste znečistenej vody, priehrady. Ukážka spracovania povodia Hrona v MIKE BASIN – uzly a bodové zdroje znečistenia sú znázornené na obrázku 3.



Obr. 2 Označenie uzlov (node) a úsekov (branches) rieky Hron v modeli MIKE BASIN



Obr. 3 Ukážka spracovania povodia Hronu v MIKE BASIN – uzly a bodové zdroje znečistenia

4.1 Modelovanie kvantity

Pre modelovanie ako vstupné údaje boli použité priemerné mesačné prietoky za rok 2005. Hodnoty priemerných mesačných prietokov pre jednotlivé uzly boli získané z databázy SHMÚ.

Vstupné hodnoty odberov a vypúšťaní v povodí rieky Hron boli prevzaté z ročenky Štátnej vodohospodárskej bilancie (VHB) povrchovej vody za rok 2005, ktorú spracoval SHMÚ. Tieto hodnoty sú namerané v každom mesiaci roka pre jednotlivých odberateľov a vypúšťateľov v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Celkovo sa na záujmovom toku nachádza 107 vypúšťateľov odpadových vôd a 50 odberateľov vody z povodia. Odberatelia sú rozdelení podľa účelu odberu vody z tokov. Pre priemyselné účely v povodí rieky Hron odoberá vodu 28 odberateľov, na závlahy 15 odberateľov a vodovody 7 odberateľov. Model funguje na princípe riadenia vodohospodárskej bilancie, teda je potrebné uvažovať s nádržami (v tomto prípade sú to nádrže Môťová a Veľké Kozmálovce), všetkými známymi odbermi a vypúšťaniami a tiež prevodom vody do iných povodí.

4.2 Modelovanie kvality

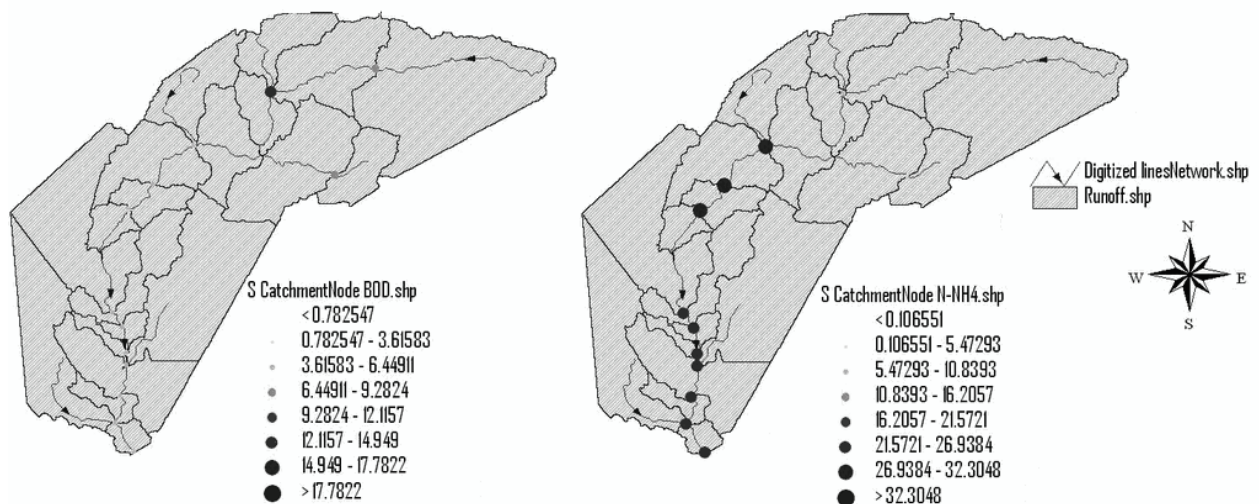
Model MIKE BASIN umožňuje modelovať nasledovné ukazovatele kvality vody: BSK_5 , rozpustený kyslík, NH_4 , NO_3 , N_{celk} a P_{celk} . V rámci štúdie sme sa zamerali na analýzu dvoch kvalitatívnych ukazovateľov; a to BSK_5 a N-NH_4 . Priemerné mesačné hodnoty koncentrácie BSK_5 a N-NH_4 vypúšťaných do povrchových tokov povodia rieky Hron boli

poskytnuté SHMÚ. Celkový počet vybraných bodových znečisťovateľov na povodí Hrona za rok 2005 bol 61.

4.3 Vyhodnotenie súčasného stavu bodového znečistenia za rok 2005

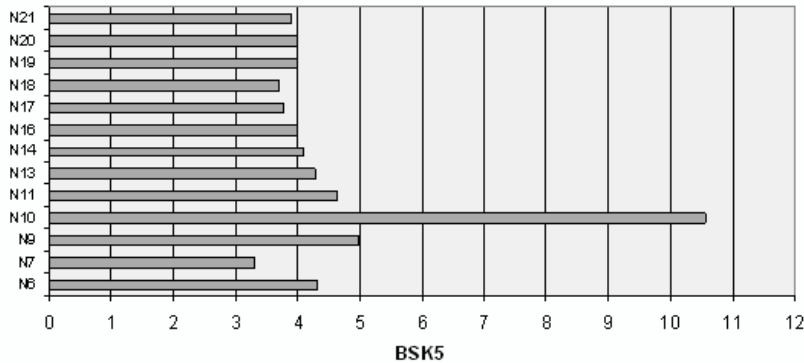
Súčasný stav bodového znečistenia reprezentovaný ukazovateľmi BSK₅ a N-NH₄ v povodí rieky Hron je znázornený na obr. 4. Hodnoty BSK₅ a N-NH₄ namodelované v jednotlivých uzloch sme porovnávali s limitnými hodnotami podľa Naradenia vlády 296/2005 Z.z. a podľa STN 75 7221 (1999).

Na obr. 5 a 6 sú vykreslené hodnoty BSK₅ a N-NH₄ ktoré boli namodelované v jednotlivých uzloch na povodí Hrona. Podľa limitných údajov pre kategorizáciu kvality vody uvádzaných v Nariadení vlády 296/2005 Z.z. je zrejmé, že koncentrácia bodového znečistenia reprezentovaná ukazovateľom BSK₅ bola prekročená v uzle N10 (uzol Banská Bystrica). V ostatných uzloch nebola prekročená hodnota 5,0 mg/l, čo je maximálna hodnota znečistenia v kategórii B. V uzloch N6, N9, N11, N13, N14 a N19 bola prekročená hodnota 4,0 mg/l, čo je odporúčaná hodnota v kategórii B. Ani jedna hodnota v uzloch nemá hodnotu nižšiu ako 3,0 mg/l, čo by zapadalo do kategórie A. Najnižšia hodnota, ktorá bola vypočítaná modelom MIKE BASIN, sa nachádza v uzle N7 (ústie).

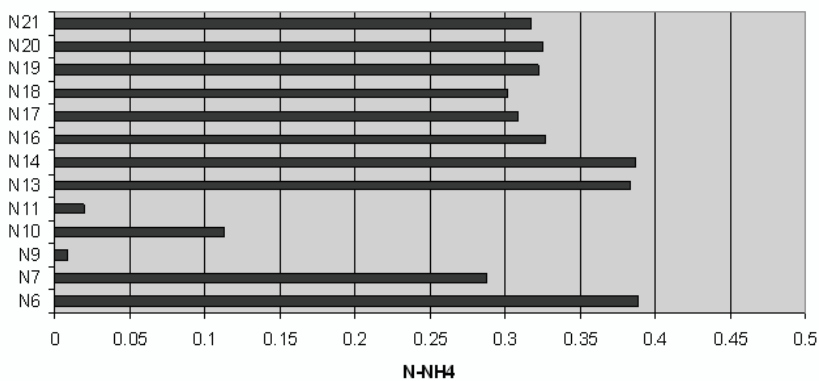


Obr. 4 Zobrazenie súčasného stavu bodového znečistenia v uzloch reprezentovaného ukazovateľmi BSK₅ (obrázok vľavo) a N-NH₄ (obrázok vpravo) v povodí rieky Hron

Podľa normy STN 75 7221 (1999) nebola prekročená hodnota znečistenia reprezentovaná ukazovateľom BSK₅ okrem hodnoty v uzle N10, ktorá spadá do 4. triedy kvality vody podľa citovanej normy. Ostatné uzly patria do 2. triedy kvality vody.



Obr. 5 Hodnoty BSK₅ [mg.l⁻¹] v jednotlivých uzloch (rok 2005)



Obr. 6 Hodnoty N-NH₄ [mg.l⁻¹] v jednotlivých uzloch (rok 2005)

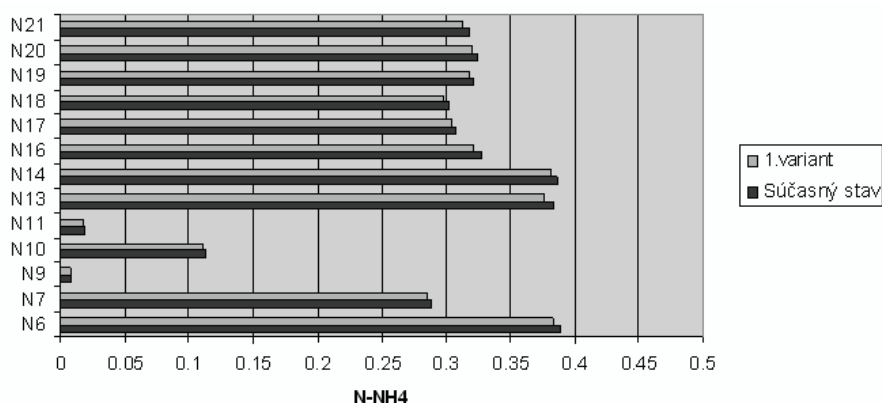
Na obr. 7 vidieť, že limitné hodnoty koncentrácie bodového znečistenia reprezentované ukazovateľom N-NH₄ neboli prekročené podľa Nariadenia vlády 296/2005 Z.z. ani v jednom uzle, respektíve všetky hodnoty spadajú do kategórie A, maximálna hodnota alebo kategórie B, odporúčaná hodnota. Najnižšie hodnoty sú v uzloch N9 (uzol Brezno) 0,008 mg.l⁻¹ a uzol N11 (uzol Detva) 0,019 mg.l⁻¹. Najvyššia hodnota znečistenia bola vypočítaná v uzle N6 (uzol Žiar nad Hronom). Jej hodnota je 0,389 mg.l⁻¹.

Podľa normy STN 75 7221 (1999) spadajú všetky hodnoty znečistenia reprezentovaná ukazovateľom N-NH₄ maximálne do 2. triedy kvality vody. Uzly N7, N9, N10 a N11 spadajú do 1. triedy kvality vody.

4.4 Návrhy opatrení na zlepšenie kvality vody v povodí Hrona

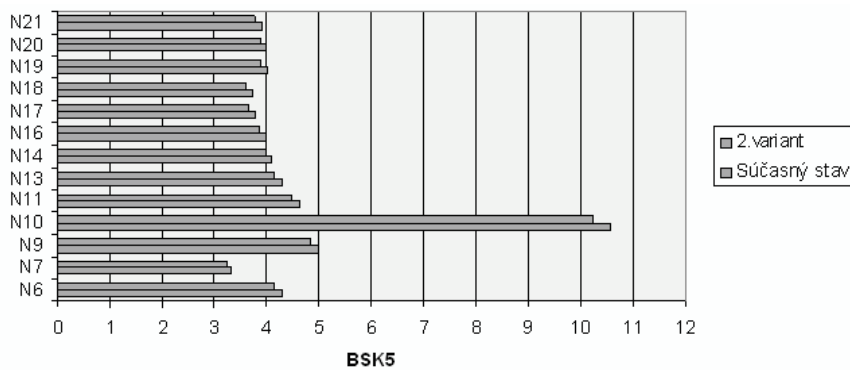
Na zlepšenie súčasného stavu kvality vody sme teoreticky navrhli dva varianty opatrení. V prvom variante išlo o rozšírenie technológie a zvýšenie kapacity už postavených ČOV, konkrétne ČOV Zvolen a ČOV Horná Ves. Z výsledkov simulácie možno povedať, že znečistenie pokleslo pre ukazovateľ BSK₅ o 1,47% a pre N-NH₄ o 1,54%.

Pre kvalitatívny ukazovateľ N-NH₄ (obr. 7) vidieť, že prvý variant opatrení vykazuje mierne zlepšenie, čo je v priemere o 0,004 mg.l⁻¹. V uzloch N6, N13 a N14 sú najvyššie hodnoty N-NH₄. Najnižšie hodnoty znečistenia sú v uzloch N9 a N11, pričom hodnota v uzle N9 spadá do 1. triedy kvality vody podľa STN 75 7221 (1999) a do kategórie A podľa Nariadenia vlády 296/2005 Z.z.. Hodnota v uzle N11 spadá taktiež do 1. triedy kvality vody a do kategórie A podľa maximálnej hodnoty a do kategórie B podľa odporúčanej, pričom hodnoty v ostatných uzloch sú na tom rovnako.



Obr. 7 Porovnanie súčasného stavu a 1.variantu - ukazovateľ N-NH₄ mg.l⁻¹

V druhom variante sa uvažovalo s vybudovaním nových ČOV, a to v obciach Bíňa, Gbelce, Hronský Beňadik, Slovenská Ľupča a Heľpa. Z výsledkov simulácie možno povedať, že znečistenie pokleslo, dokonca viac ako v prvom variante a to pre BSK₅ o 3,05% a pre N-NH₄ o 3,15% v porovnaní so súčasným stavom. Z porovnaní súčasného stavu a druhého variantu pre BSK₅ na obr. 8 vyplýva, že hodnoty znečistení v jednotlivých uzloch klesli, a to v priemere o 0,14 mg.l⁻¹. Uzol N10 stále vykazuje najvyššie koncentrácie znečistenia, najnižšie sú v uzle N7. Môžeme však povedať, že v porovnaní s prvým variantom, druhý variant vykazuje v priemere zlepšenie až o 0.08 mg.l⁻¹.



Obr. 8 Porovnanie súčasného stavu a 2.variantu – ukazovateľ BSK₅ mg.l⁻¹

5. Záver

Práca sa zaoberala testovaním využitia modelu MIKE BASIN pre riešenie úloh vodohospodárskej bilancie povodia. V tejto štúdii sme aplikovali model MIKE BASIN pre simuláciu bodového znečistenia v povodí rieky Hron v roku 2005. Simulovalo sa znečistenie vody reprezentované dvoma ukazovateľmi znečistenia a to BSK₅ a N-NH₄. Povodie toku Hron bolo rozčlenené do subpovodí podľa 13 uzlov, v ktorých sa znečistenie simulovalo. Uzly sa nachádzali v nasledovných obciach (usporiadané od prameňa po ústie): Brezno, Banská Bystrica, Detva, Zvolen, Žiar nad Hronom, Žarnovica, Nová Baňa, Tlmače, Kalná, Želiezovce, Pohronský Ruskov a Kamenín.

V prvom kroku bolo potrebné vyhodnotiť súčasný stav znečistenia za rok 2005, pričom výsledky boli porovnané s limitnými hodnotami podľa Nariadenia vlády 296/2005 a podľa STN 75 7221 (1999). Keďže niektoré hodnoty bodového znečistenia v uzloch reprezentované ukazovateľmi BSK₅ a N-NH₄ spadajú do vyšších tried kvality vody, boli následne navrhnuté aj dva teoretické varianty opatrení na zlepšenie kvalitatívnych ukazovateľov.

V prvom variante sa jednalo o rozšírenie technológie a zvýšenie kapacity už postavených ČOV, konkrétne ČOV Zvolen a ČOV Horná Ves. Z výsledkov simulácie možno povedať, že hodnota znečistenia pre ukazovateľ BSK₅ poklesla o 1,47%, pre ukazovateľ N-NH₄ o 1,54%.

V druhom variante sa jednalo o návrh na vybudovania nových ČOV, konkrétne v obciach Bíňa, Gbelce, Hronský Beňadik, Slovenská Lupča a Heľpa. Z výsledkov simulácie možno povedať, že znečistenie pokleslo viac ako v prvom variante. Hodnota ukazovateľa BSK₅ sa znížila o 3,05% oproti súčasnému stavu. Pre ukazovateľ N-NH₄ znečistenie taktiež pokleslo, a to o 3,15% v porovnaní so súčasným stavom.

Záverom možno konštatovať, že model MIKE BASIN je predstavuje vhodný nástroj pre riešenie vodohospodárskych úloh v rámci integrovaného manažmentu povodí.

PodĎakovanie

Práca vznikla v rámci riešenia grantového projektu VEGA 1/4021/07 a 1/2032/05. Spracovanie štúdie bolo taktiež podporené Agentúrou na podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č. APVT 20-003204. Autori týmto ďakujú za podporu projektov.

6. Literatúra

MIKE BASIN GUIDE. DHI Water & Environment, 2005, 38s. web: www.dhi.dk

Nariadenie vlády č. 296/2005 Z. z. z 21. júna 2005, ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd. Čiastka 127, 64s.

Smernica 2000/60/ES Európskeho Parlamentu a rady z 23. októbra 2000, ktorou sa ustanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva. <http://eur-lex.europa.eu>

STN 75 7221 “Kvalita vody. Klasifikácia kvality povrchových vôd.“ 1999

Štátna vodohospodárska bilancia SR. Kvantitatívna vodohospodárska bilancia za rok 2005. SHMÚ Bratislava, 2005, 262s.