

TECHNICKÁ SPRÁVA

Názov úlohy: ZISTENIE KUBATÚRY PRIETOKU MLYNSKÉHO NÁHONU
Katastrálne územie: KOŠICE – SEVER, KOŠICE - LETNÁ
Mapový list: KE 5 – 8 / 42, KE 5 – 8/44, KE 5 – 9/22, KE 5 – 9/24
Lokalita: KOŠICE
Mestská časť: KOŠICE – SEVER, KOŠICE – STARÉ MESTO

Rozsah prác: $\cong 5,0$ ha
Druh prác: Polohopisno – výškopisná účelová mapa, meranie pozdĺžneho profilu a priečných rezov koryta, určenie kubatúry prietoku pri reálnej hladine, zdvihu hladiny o 10 cm a pri maximálnej prípustnej hladine vody v Mlynskom náhone.
Technické podmienky: Polohový systém – JTSK,
Výškový systém – Bpv,
Kvalitatívne podmienky: STN 01 3410, STN 01 3411, 3. trieda presnosti

V súvislosti s problémom biogénnej akumulácie odumretých zvyškov rastlín na dne koryta a množenia hladinovej vegetácie na viacerých úsekoch Mlynského náhonu vznikla požiadavka na zber geografických informácií potrebných pre stanovenie príčin a vypracovanie vhodného postupu pre odstránenie a prevenciu proti zanášaniu Mlynského náhonu.

Pre analýzy je nevyhnutné, okrem iných podstatných (hydrologických a hydrodynamických) údajov (rýchlosť prúdenia, hustota, tlak a teplota jednotlivých vrstiev, trenie kvapaliny o dno a breh, turbulentné vírenie spôsobené obtekaním telies – prekážok, a pod.) potrebných pre riešenie hydrodynamických rovníc na prúdenie kvapalín (rovnica kontinuity, Bernoulliho rovnice, Eulerove rovnice (zjednodušené Navier-Stokesove CFD rovnice)), ďalej určiť reliéf dna a brehu, spádové, smerové pomery a prierez koryta, ako aj kubatúru prietoku pri reálnej hladine a nárast (pokles) kubatúry pri zmene výšky tejto hladiny.

ÚLOHA:

Vykonať zber geodetických údajov a vyhotoviť geodetické podklady za účelom poskytnutia geografických informácií vhodných ako doplnkové vstupné dáta pre určenie času prietoku a výmeny vody v Mlynskom náhone.

ROZSAH MAPOVACÍCH PRÁC A SÚČASŤ GEODETIČKEJ DOKUMENTÁCIE:

Rozsah prác bol definovaný na základe nielen nutnosti určiť objem vody v Mlynskom náhone, ale výhľadovo aj za účelom možného využitia zozbieraných údajov na tvorbu digitálneho 3D modelu pre počítačové modelovanie - simuláciu prietoku, a prípadné neskoršie použitie týchto údajov vo vytváranom GIS systéme, ako doplnkových geografických informácií na vizualizáciu Mlynského náhonu.

Súčasťou vyhotovenej geodetickej dokumentácie sú preto nasledovné údaje:

1. Geodetické údaje o PBPP pre prípadné neskoršie potrebné merania
2. Podrobný polohopisno- výškopisný plán koryta Mlynského náhonu
3. Pozdĺžny profil dna koryta
4. Priečne rezy koryta
5. Výpočet objemu vody pri reálnej hladine (aktuálnej ku dňu 20.02.2010)
6. Výpočet objemu vody pri vzostupe (poklese) hladiny o 10 cm
7. Výpočet objemu vody pre predpokladanú maximálnu (bezpečnú) výšku hladiny za predpokladu dočasného uzatvorenia navzájom prepojených úsekov koryta Mlynského náhonu.

PREDMET MAPOVANIA A POSTUP MERANIA:

Predmetom mapovania boli základné prvky polohopisu a výškopisu koryta Mlynského náhonu a príľahlých brehov, pričom dôraz bol kladený najmä na profil koryta.

- Prípravné práce (rekognoskácia, vyhľadanie a stabilizácia PBPP) boli vykonané v termíne 05.11. – 06.11.2009.
- Terénne práce boli vykonané v termíne 27.11.2009 – 11.12.2010.
- Kancelárske práce boli vykonávané priebežne od 05.11.2009 – 25.02.2010.

Pred vlastným meraním bolo založené bodové pole, pričom priestorová poloha jednotlivých bodov (novozriadených PBPP) bola priebežne určovaná v štátnom súradnicovom systéme JTSK a Bpv (3D – X Y Z) počas vlastného merania koryta Mlynského náhonu z existujúceho bodového poľa prevzatého od firmy GSP-Košice metódou rajónov. Body 7013 – 7016 boli určené metódou GPS externe firmou GPD-Dvořák. Pre podrobné meranie bola použitá metóda tachymetrie v kombinácii s profilovaním tak, ako je to bežné pre dlhé líniové objekty prirodzeného i umelého charakteru. Vlastný postup merania spočíval v určovaní priestorovej polohy bodov pomocou optoelektronickej geodetickej pulznej totálnej stanice TOPCON GPT 3007.

Výsledky merania v teréne boli spracované pomocou viacerých softwarových produktov: PICTURE PUBLISHER v 5.0, MS POWER POINT, CAD systémov - **MICROSTATION V8** (v ktorom bola vyhotovená polohopisno – výškopisná mapa a predbežný 3D model), **AUTOCAD CIVIL 3D -DEMO** (v ktorom bol 3D model **upravený do vhodného tvaru a vygenerované priečne rezy koryta Mlynského náhonu**) a **tabuľkového procesora MS EXCEL** (v ktorom boli vyhotovené GÚ o PBPP a počítané predbežné a výsledné hodnoty kubatúry Mlynského náhonu).

Tlač výkresov bola realizovaná laserovou tlačiarňou formátu A3 HP Color LaserJet 5550.

Presnosť merania a vyhodnotenia zodpovedá 3. triede presnosti podľa platných geodetických predpisov a smerníc pre účelové mapovanie.

POSTUP RIEŠENIA VÝPOČTU KUBATÚRY:

Na predbežný výpočet objemu vody v Mlynskom náhone už počas merania bol použitý Heronov vzorec pre určenie plochy nerovnomerných n- uholníkov rozkladom na trojuholníky. Tento výpočet však vykazuje určitú nepresnosť vzhľadom na skutočnú polohu a priestorový tvar jednotlivých meraných profilových rezov. Tie boli situované s ohľadom na smerové a výškové pomery tak, aby čo najlepšie vystihovali reálny terén a jednotlivé podrobné body boli volené tak, aby pri vyhodnocovaní (2D zobrazení) neboli podľa možnosti husto vedľa seba.

Preto jednotlivé rezy merané v teréne sú vo väčšine prípadov nielen šikmo orientované voči pozdĺžnej osi Mlynského náhonu, ale aj po aproximácii na rovinné útvary sa jedná o nepravidelné mnohouholníky situované v rovine šikmej vzhľadom na vertikálnu rovinu, resp. rovinu kolmú na os. V skutočnosti sú to ale plochy nepravidelných mnohostenov. Na určenie takejto nepravidelnej 3D plochy je vhodný práve Heronov vzorec, pomocou ktorého je plocha telesa (mnohostenu) počítaná ako sústava trojuholníkov. Aj napriek presnosti sú ale výsledky výpočtu objemu v konečnom dôsledku skreslené. Ako hranica výšky bežnej (normálnej) hladiny vody bola uvažovaná hrana medzi betónovými blokmi a polyvegetačnými tvárnicami situovanými na brehoch koryta. Predbežný výpočet poskytol hodnotu $\approx 13\,000\text{ m}^3$, ktorý korešpondoval s výsledkom získaným aproximáciou niekoľkých skutočných rezov z priestorových mnohostenov na n- uholníky v jednej rovine a výpočtom l'Hullierovými vzorcami na výpočet plochy zo súradníc lomových bodov (tie boli vypočítané transformáciou skutočných 3D súradníc (JTSK&Bpv) do lokálnej sústavy situovanej do vertikálnej roviny kolmej na pozdĺžnu os).

Pre získanie presnejších výsledkov bol použitý práve systém AutoCAD CIVIL 3D (demo), ktorý umožnil vygenerovať automaticky priečne rezy. Na to bolo ale nutné najprv vyhotoviť 3D model terénu. Predbežný 3D model vyhotovený v systéme MICROSTATION V8 bol konvertovaný do systému CIVIL 3D, kde bol ďalej upravený (pri konverzii došlo k niekoľkým vážnejším chybám, ktoré bolo nutné opraviť). Napriek tomu, že sa tieto podstatné chyby podarilo odstrániť, vygenerovaný model stále vykazuje určité nepresnosti, ktoré sú ale spôsobené ešte nedostatočnou znalosťou tohto programového CAD systému. Preto nebolo možné využiť všetky možnosti automatizácie výpočtu objemu, čo by nielen urýchlilo získanie výsledkov (približne o 2 týždne), ale výsledky by boli ešte presnejšie. **Na výpočet plochy jednotlivých rezov bola, vzhľadom na časovú tieseň (demo verzia fungovala korektne iba 30 dní, pričom prvé dni bolo nutné najprv systém vyladiť) použitá len poloautomatická funkcia systému a celkový objem bol potom počítaný v systéme MS EXCEL.**

vyhodnotenie:

V záujme získania reálnych výsledkov, boli 20.02.2010 in situ merané reálne údaje o aktuálnom stave hladiny vody. Pre zvýšenie presnosti výpočtu objemu bolo v systéme CIVIL 3D vygenerovaných 116 priečných rezov tak, aby vystihovali prevládajúci tvar koryta.

Na týchto rezoch bola v systéme CIVIL 3D manuálne definovaná hranica hladiny pre tri rôzne situácie:

1. **Hranica MAXimálnej výšky hladiny**, ktorá bola uvažovaná pre štyri úseky koryta Mlynského náhonu samostatne, tak, ako by to boli nespojené nádoby (dočasné uzavretie prietokov):
 - a. prítok - stavidlo pri moste na Tomášikovej ulici (severná časť Ťahanovských riadkov),
 - b. stavidlá most Tomášiková – most Slovenskej jednoty (Alešovo nábrežie)
 - c. úsek pri parkovisku Ázijskej reštaurácie (stavidlo most Slovenskej jednoty – po hrádzu situovaný na priesečníku predĺženia Bocatievej a Jakobiho ulice
 - d. úsek od hrádzu - odtok (Tyršovo nábrežie)

Celková hodnota objemu vody pre predpokladanú MAXimálnu hladinu je $\approx 22\,400\text{ m}^3$.

2. **Hranica REÁLnej výšky hladiny** (aktuálnej ku dňu 20.02.2010, keď bola výška dodatočne premeraná na niekoľkých význačných miestach). Výška hladiny na ostatných priečných rezoch bola získaná lineárnou interpoláciou a je v rezoch označená ako **INTERpolovaná** výška hladiny.

Celkový objem vody pre REÁLnu výšku hladiny je $\approx 9\,250\text{ m}^3$ (teda približne $10\,000\text{ m}^3 = 100\,000\text{ HI}$).

3. **Hranica hladiny po vzostupe o 10 cm**, ktorá bola získaná jednoduchým posunutím reálnej hladiny na jednotlivých rezoch. Príslušné manuálne získané hodnoty potrebné pre výpočet sú uvedené len v tabuľke výpočtu kubatúry. Tato hranica na rezoch nie je vyznačená kvôli mierke zobrazenia (výškový rozdiel 0,1 m by spôsobil neprehľadnosť kresby).

Nárast celkového objemu vody (pri vzostupe hladiny o 10 cm) má hodnotu $\approx 2\,000\text{ m}^3$ (tj. $\approx 20\,000\text{ HI}$).

Jednoduchým posúdením hodnoty nárastu objemu pri vzostupe hladiny o 10 cm s rozdielom objemov určených pri maximálnej a reálnej hladine a zohľadnením rozdielu priemerných relatívnych hĺbok môžeme vysloviť predpoklad, že nárast objemu by mohol mať pri vzostupe hladiny lineárny charakter. Pri tomto konštatovaní však neboli zohľadnené ďalšie faktory (napr.: konfigurácia brehu).

VÝSLEDKY:	Priemerná					OBJEM (nárast objemu)	
	výška hladiny	relatívna hĺbka		šírka pri hladine	plocha rezu		
	Bpv	bežná	maximálna				
	[m nm]	[m]			[m ²]	[m ³]	[HI]
Reálna hladina (20.02.2010)	208,88	0,49	0,91	11,62	5,47	9248,29	100 000
Hladina po vzostupe o 10 cm	208,98	+ 0,10	+ 0,10	12,03	+ 1,18	(+ 1983,55)	20 000
Maximálna (bezpečná) hladina	209,53	1,12	1,55	13,86	13,54	22 401,92	224 000

Porovnaním hodnoty $13\,000\text{ m}^3$ (objem, získaný predbežným hrubým výpočtom, zaťažený chybou z nepresnosti pri aproximácii mnohostenu na rovinný rez vo zvislej rovine kolmej na os koryta), a ďalej hodnoty $10\,000\text{ m}^3$ (objem pri reálnej hladine) môžeme hodnotu $2\,000\text{ m}^3$ (nárast objemu pri vzostupe hladiny o 10 cm) vzhľadom na rozsah a presnosť merania pri tachymetrii, počet reálnych meraní i vygenerovaných rezov, ako aj vzhľadom na veľmi jednoduché informatívne určenie výšky reálnej hladiny na niekoľkých miestach považovať za určitý ukazovateľ (kritérium) tolerancie získaných výsledkov voči skutočnému stavu.

Preto je možné konštatovať, že objem vody v Mlynskom náhone sa pri normálnej hladine (pokiaľ výška hladiny aktuálna k dátumu 20.02.2010 zodpovedá aspoň približne výške bežnej – normálnej hladiny) pohybuje v intervale od $8\,000\text{ m}^3$ do $12\,000\text{ m}^3$ ($10\,000 \pm 2\,000\text{ m}^3$).

POZNÁMKA:

Pre dosiahnutie vyššej presnosti objemu je potrebné buď zvýšiť počet rezov, alebo by bolo vhodné využiť možnosti systému CIVIL 3D na určenie kubatúry preložením roviny telesom Mlynského náhonu. Takéto riešenie by umožnilo simulovať rôznu výšku hladiny (nielen z časového hľadiska – časový horizont, ale aj z hľadiska zmeny výšky hladiny vo vzťahu k výškovému rozdielu medzi prítokom a odtokom), a výsledky by v prípade nivelačného premerania skutočnej výšky hladiny na viacerých miestach dosahovali vysokú mieru nielen presnosti, ale aj správnosti a aktuálnosti¹. K tomu by bolo ale potrebné existujúci 3D model ďalej upraviť a vyčistiť, prípadne doplniť o nové údaje. V konečnom dôsledku by bolo možné potom využiť výsledky nielen na vlastné riešenie úlohy – simuláciu prúdenia vody a zisťovanie príčin znečisťovania Mlynského náhonu, ale aj na prezentáciu SMSZ v budovanom GIS (pokiaľ by systém MANIFOLD umožnil zobrazenie 3D modelu s prípadnými ďalšími dopĺňujúcimi informáciami negrafického charakteru (teplota vody, rýchlosť prúdenia a pod.). Výsledky by bolo možné prezentovať aj na Konferencii GIS (<http://www.fberg.tuke.sk/repiska/>).

V KOŠICIACH, 25.02.2010

ING. KAREL HAVLICE, PhD.

¹ presnosť, správnosť, aktuálnosť, pravdivosť – patria k základným vlastnostiam informácií a podmieňujú použiteľnosť týchto informácií