



SKOV služba pre kvalitu a ochranu vôd, s.r.o.

Dúbravská cesta 9, 841 04 Bratislava tel./odkazy: 0905/640518 fax: 02/65424437
e-mail: skov@hory.sk www.hory.sk/skov

Revitalizácia jazier komplexného strediska cestovného ruchu Sekule

expertízna štúdia



zadávatel': Majetkový holding, a.s.
Prievozská 2/A
821 09 Bratislava

zodpovedný riešiteľ': RNDr. Stanislav Klaučo
spoluriešitelia:

RNDr. Helena Oľahelová, CSc.
RNDr. Alica Hindáková, CSc.
prof. RNDr. František Hindák, DrSc.
RNDr. Ferdinand Šporka, CSc.
RNDr. Miroslav Drahoš
prof. Karol Kovářik, DrSc.
RNDr. Peter Vyskočil
Mgr. Lucia Klaučová

Bratislava, september 2009

1. Úvod

Cieľom riešenej úlohy bolo zistiť aktuálny ekologický stav jazier na lokalite Mláky, ktoré budú súčasťou komplexného strediska cestovného ruchu Sekule a navrhnuť spôsob manažmentu jazier, ktorý by zlepšil a udržal kvalitu vody v jazerách ako aj ich estetický aspekt vodnej hladiny.

Riešenie úlohy sa preto zameralo najmä na vodu jazier, na zistenie súčasného hydrobiologického režimu jazier, na základe ktorého by bolo možné navrhnuť požadované revitalizačné opatrenia. Preto sa vykonané pozorovania zamerali nielen na celkovú charakteristiku abiotických faktorov (najmä batymetrickú charakteristiku jazier a distribúciu dnových sedimentov), ale najmä na špecifické charakteristiky súčasného hydrobiologického režimu jazier (druhovú zloženie zoobentosu, fytobentosu, stav a druhové zloženie biomasy vyšších vodných rastlín, brehové porasty vodných a močiarnych rastlín) ako aj fyzikálno-chemickú, mikrobiologickú a bakteriologickú charakteristiku vody jazier.

Terénne pozorovania hydrobiologických charakteristík sa uskutočnili v r. 2009 počas letnej fázy vegetačného obdobia, teda za plného oživenia jazier. Táto voľba časového obdobia bola zvolená najmä z hľadiska identifikácie potenciálnych negatívnych prejavov oživenia jazier najmä z pohľadu ich plánovaného rekreačného využitia. Časť abiotických charakteristík bola dokumentovaná v druhej polovici vegetačného obdobia.

Úloha bola vypracovaná v súlade so zmluvou o dielo medzi zadávateľom Majetkový holding, a.s., Bratislava a zhotoviteľom SKOV - služba pre kvalitu a ochranu vôd, s.r.o., Bratislava zo dňa 6.6.2009.



Obr. 1 Situácia jazier a názvoslovie v širšom okolí

2. Rozsah a zameranie uskutočnených pozorovaní

Všetky dokumentačné body nižšie uvedených pozorovaní sú uvedené na obr.2.

Charakteristika abiotických faktorov

V rámci tejto skupiny pozorovaní sa uskutočnilo podrobné meranie hĺbky dna jazier ako aj spresnenie výskytu dnových sedimentov. Tieto pozorovania boli uskutočnené nadväzne na výsledky vrtných prác, ktoré uskutočnila spoločnosť Ekogeos, s.r.o., Bratislava. Merania hĺbky vody sa uskutočnili meraním sonarom, hĺbka dnových sedimentov bola overená tyčovou sondou.

Fyzikálno-chemické vlastnosti vody

Pre charakteristiku kvalitatívnych vlastností vody jazier bol uskutočnený rad terénnych meraní základných fyzikálno-chemických ukazovateľov (teplota, obsah kyslíka, vodivosť, pH, priehľadnosť) a odobralo sa X vzoriek vody pre celkovú charakteristiku kvality vody. Vzorky vody spracovalo akreditované laboratórium Bel-Novamann, a.s., Bratislava.

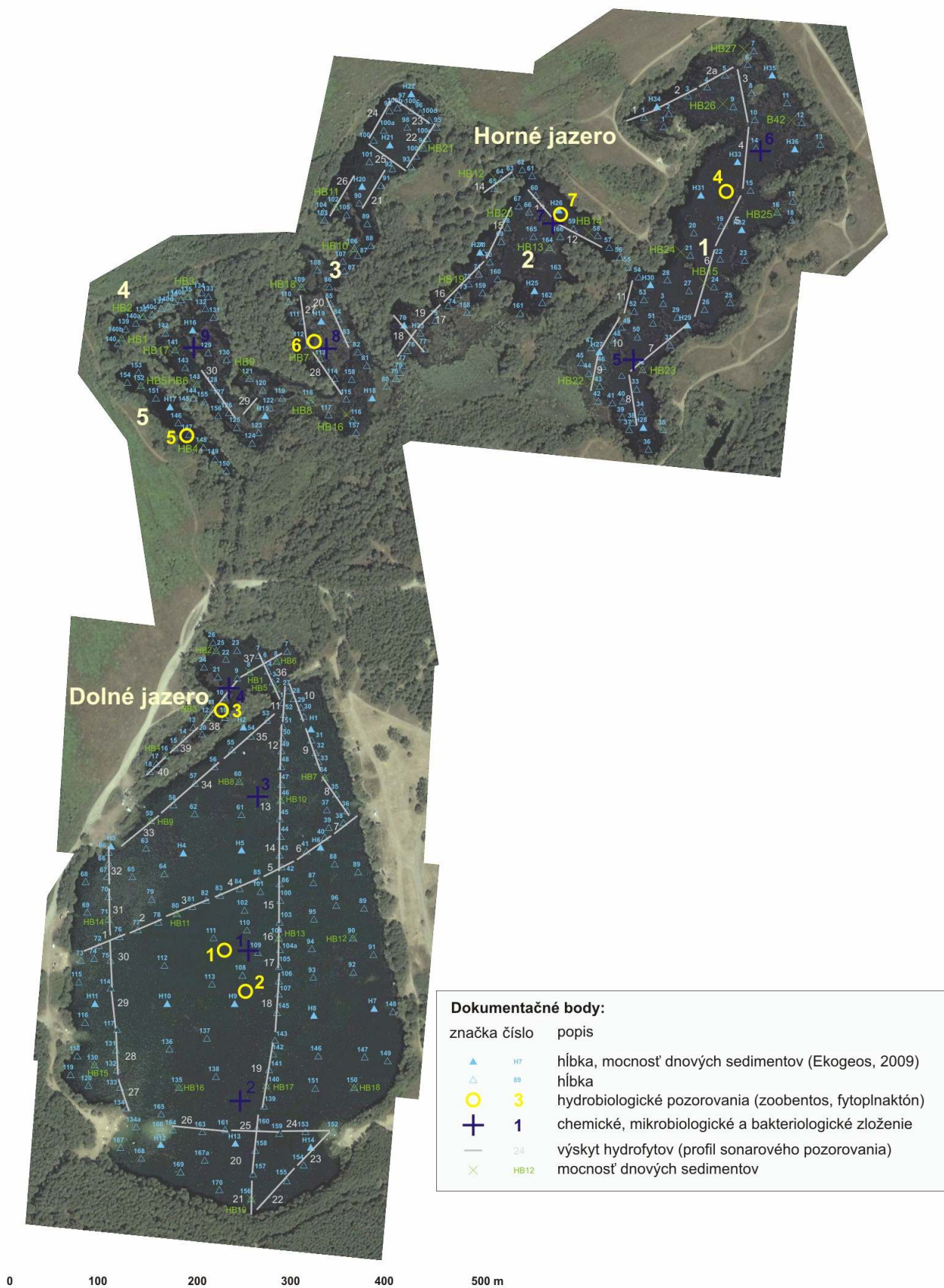
Hydrobiologická charakteristika jazier so zameraním na mikroskopické organizmy

Pre popísanie stavu hydrobiologického režimu bolo celkovo odobratých 4 vzoriek pre stanovenie fytoplanktónu, 5 vzoriek pre charakteristiku zoobentosu (vzorky odobrali pomocou drapáku a planktónovej siete spracovali experti Zoologického a Botanického ústavu SAV, Bratislava) a 6 vzoriek pre základnú mikrobiologickú a biologickú charakteristiku (vzorky spracovalo akreditované laboratórium Bel-Novamann, a.s., Bratislava). Miesta vzorkovania boli volené tak, aby bolo možné uskutočniť charakteristiku pre všetky jazerá (do úvahy sa bralo aj prepojenie častí Horného jazera).

Hydrobiologická charakteristika jazier so zameraním na vyššie vodné rastliny a živé organizmy

Osobitná pozornosť bola venovaná charakteristike biomasy vyšších vodných rastlín a ich druhovému zloženiu. Preto bolo uskutočnené podrobné mapovanie výskytu týchto rastlín pomocou sonaru tak, aby bolo možné aproximovať ich abundanciu v semikvantitatívnej škále do štvorcovej siete s rozmerom okolo 25 x 25 m. Okrem bodového mapovania (počas merania hĺbky a mocnosti dnových sedimentov) bol pre ďalšiu vizuálnu charakteristiku uskutočnený rad záznamov ich typického výskytu v pozdĺžnych profiloch. Počas tohto mapovania bola zaznamenávaná aj ich druhová skladba. Mapovanie sa uskutočnilo v spolupráci s Botanickým ústavom SAV.

V rámci tejto skupiny charakteristík boli zmapované aj pobytové znaky bobra vodného.



Obr. 2 Mapa dokumentačných bodov pozorovan 

3. Charakteristika abiotických charakteristik jazier

3.1 Morfológia dna jazier

Horné jazero

Jazero pozostáva z 5 častí, ktoré boli v posledných rokoch navzájom prepojené. Jednotlivé jazerá vznikli ťažbou piesku, čo dalo dnešnému celku mimoriadne členitý tvar. Ťažba piesku však nebola hlboká (ťažba sa realizovala prakticky na úpätí pieskovej duny), preto je jazero relatívne plytké a dno nevykazuje významné morfologické zmeny. Jedinou výnimkou je severná časť jazera č.3, ktorá je v rámci celého Horného jazera najhlbšia. Dno jazera dosahuje až 3 m. Inak sa hĺbka jazera v priemere pohybuje od 0.8 do 1.6 m, priemerná hĺbka je 0.87 m. Spojovacie kanály dosahujú hĺbku do 1 m.

Jazero má plytké brehy, aj keď na samotnej brehovej čiare je v prevažnej časti vytvorený terénny skok približne 0.3 až 0.5 m vysoký.

Daný tvar dna jazera, najmä relatívne malá hĺbka nevytvára dostatočné predpoklady pre vznik výraznejšej vertikálnej teplotnej zonácie vody počas roka, a tým ani pre samovoľnú cirkuláciu vody, ktorú podmieňujú práve teplotné rozdiely vo vodnom stĺpci. Počas letného obdobia bola voda tohto jazera prehriata rovnomerne v celom objeme (24.1 °C).

Dolné jazero

Pre Dolné jazero je charakteristický kompaktný tvar s podstatne väčšou hĺbkou dna. I tu sú v členitosti dna badateľné výrazné stopy po ťažbe štrkov a štrkopieskov. Jazero dosahuje hĺbku až 4 m, a to v jeho severovýchodnej časti. Priemerná hĺbka jazera je 2,19 m. Charakteristické sú 3 vyvýšené chrbty dna, ktoré sa tiahnu od východného brehu do stredu jazera ako aj relatívne kompaktná hlboká časť situovaná pri západnom brehu jazera. Istú morfológickú anomáliu tvorí len výbežok plytčiny v južnej časti jazera.

Osobitnou časťou Dolného jazera je pomerne rozsiahla zátoka na jeho severe, ktorá je oddelená od samotného jazera prieplavom. Táto časť v minulosti slúžila na premývanie vyťaženej materiálu a v minulosti boli cez túto časť spojené Horné a Dolné jazero z dôvodu ťažby. V zátokke ako aj v celom Dolnom jazere sa ťažba ukončila pred viac ako 30 rokmi.

Tvar a hĺbka jazera vytvára dobré predpoklady pre samovoľnú termickú cirkuláciu vody, čo zabezpečuje rovnomerné rozloženie živín, no najmä kyslíka v celom vodnom stĺpci.

3.2 Výskyt dnových sedimentov

Horné jazero

Dnové sedimenty sú tvorené dvoma vrstvami bahna. Vrchnú vrstvu tvorí čierne sfarbené bahno, zložené najmä z rozkladajúceho sa detritu organickej hmoty, najmä odumretých živočíchov a vyšších vodných rastlín. Mocnosť tejto vrstvy sa pohybuje v intervale od 5 až 10 cm do 0,5 m, miestami až 0,7 m. Táto organická vrstva bahna vykazuje významne znížený obsah kyslíka, čo sa prejavuje najmä organolepticky zápachom po zahŕňaní. Pod touto vrstvou sa nachádza hlavná vrstva bahna, ktorá je prevažne tvorená sivým ílom prenikajúcim až do povrchu podložných pieskov. Táto vrstva bahna je

osobitne dôležitá lebo vytvára tzv. kolmatačnú zónu, ktorá významným spôsobom obmedzuje komunikáciu vody v jazere s okolitými podzemnými vodami.

Výskyt bahenných sedimentov si v jednotlivých častiach jazera zachováva podobný vývoj.

Väčšie akumulácie bahna, presahujúce mocnosť 0.5 až 0.75 m, zaberajú na dne jazier len menšiu plochu. Prevažná časť povrchu dna je pokrytá najmä čiernym a sivým bahenným sedimentom do celkovej mocnosti 0.25 až 0.5 m. Pre zlepšenie komunikácie podzemných vôd s jazerom je kľúčové odstrániť kolmatačnú vrstvu z čo najväčšej plochy dna a brehov. V prípade Horného jazera by to znamenalo odstrániť práve vrstvu bahna aspoň do 0,25 m, čím by sa vyčistilo takmer 51 % plochy dna tohto jazera.

Objem bahenných sedimentov je pre jednotlivé časti Horného jazera ako aj objem bahna do mocnosti 0,5 m vyčíslený v tab.1.

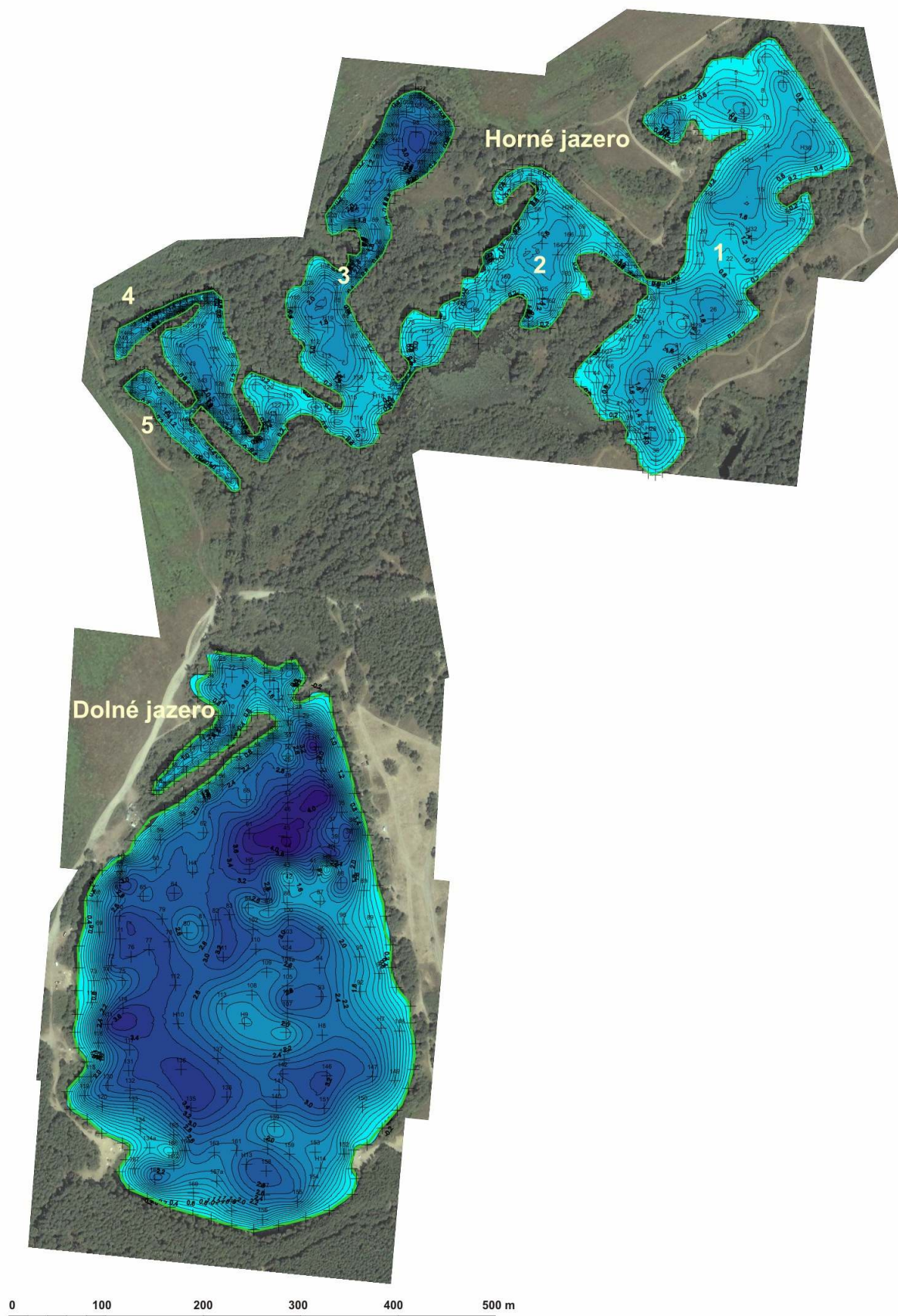
Tab.1 Prehľad objemu dnových sedimentov v Hornom a Dolnom jazere

lokalita	plocha (ha)	priemerná mocnosť (m)	objem (m ³)
Horné jazero 1	4.36	0.34	14900
Horné jazero 2	1.72	0.24	4130
Horné jazero 3	3.19	0.28	8950
Horné jazero 4	0.18	0.12	200
Horné jazero 5	0.35	0.12	420
Horné jazero spolu	9.80	0.22	28600
Horné jazero spolu do mocnosti sedimentu 0.25 m	5.01	0.11	5500
Horné jazero spolu do mocnosti sedimentu 0.5 m	7.50	0.19	14250
Dolné jazero	14.1	0.87	118500

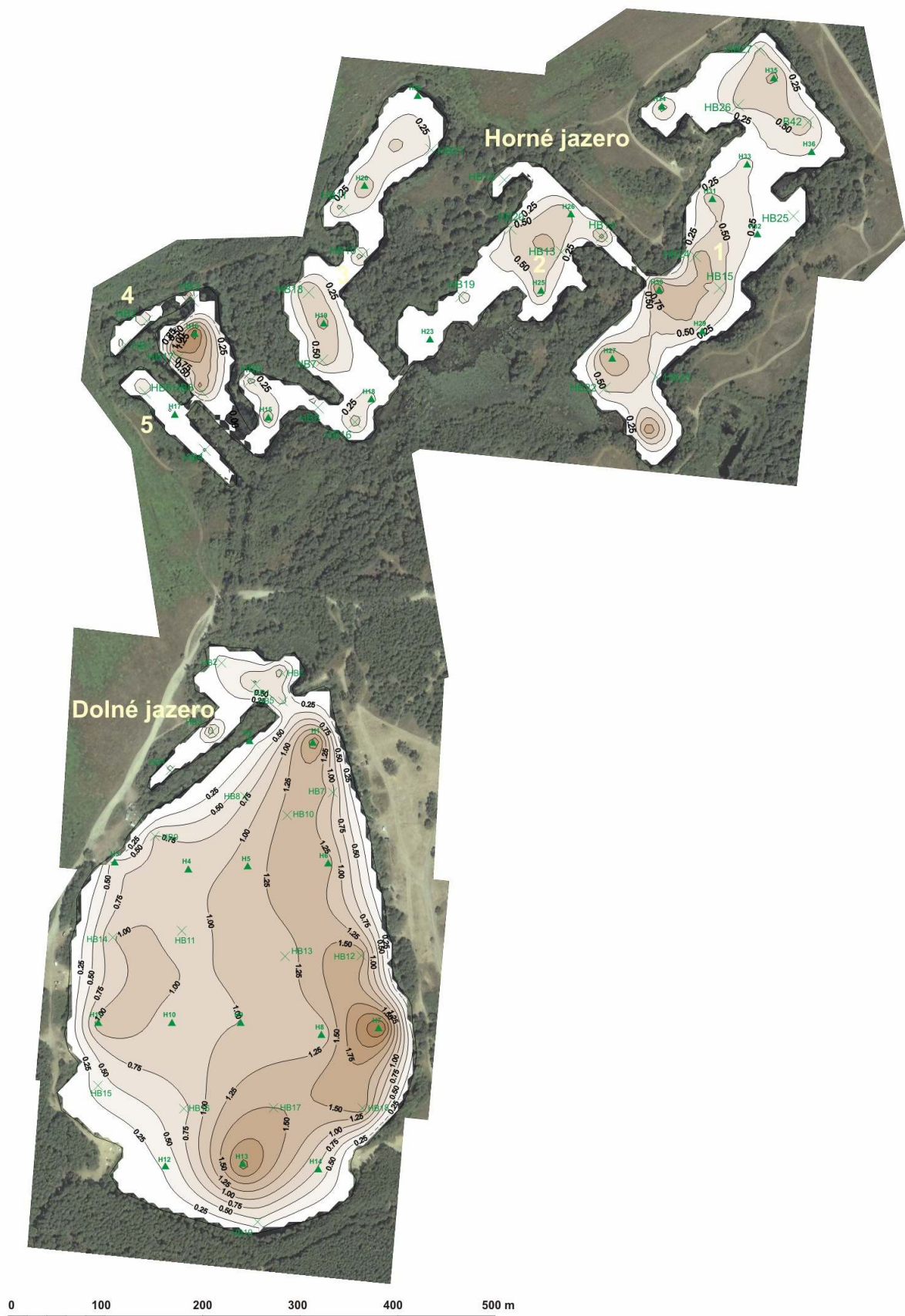
Dolné jazero

Charakter bahenných sedimentov je obdobný ako v Hornom jazere. Vzhľadom na podstatne vyšší obsah kyslíka pri dne jazera, čierny sediment nevykazuje prejavy anaeróbných hnilobných procesov. Mocnosť bahenných sedimentov je v porovnaní s Horným jazerom väčšia a podľa meraní uskutočnených spoločnosťou Ekogeos, s.r.o., Bratislava presahuje na viacerých miestach 2 m. Spolu s nami uskutočnenými meraniami sa zistilo, že priestorová distribúcia dnových sedimentov v Hornom jazere v zásade nekorešponduje s reliéfom dna. Najviac bahenných sedimentov sa nachádza pozdĺž východného brehu. Predpokladáme, že tento jav súvisí s cirkuláciou vody v jazere vyvolanou najmä veternou činnosťou - prevládajúci smer vetra je od severozápadu, čo môže spôsobovať prenos drobných častíc (prachové častice, detrit z odumretých rastlín) k východnému a južnému brehu.

V porovnaní s Horným jazerom je prakticky celé dno pokryté dnovým sedimentom o mocnosti viac ako 0,5 m. Podstatne väčší objem dnových sedimentov na jednotku plochy (priemerná mocnosť, tab.1) v Dolnom jazere jej daná nielen väčším objem biomasy vodných rastlín ale aj plochou jazera, cez ktorú sa akumulujú prachové častice z ovzdušia.



Obr. 3 Morfológia dna Horného a Dolného jazera



Obr.4 Distribúcia dnových sedimentov

4. Kvalita vody v jazerách

Pre posúdenie kvality vody v Sekulských jazerách boli použité nasledovné predpisy:

- STN 757221 – Klasifikácia akosti povrchových vôd – v zmysle tejto normy sa kvalita vody radí do piatich tried:

I – veľmi čistá voda
II – čistá voda
III – znečistená voda
IV – silne znečistená voda
V – veľmi silne znečistená voda

Uvedené triedy sa posudzujú na základe nasledovných skupín ukazovateľov:

A - Ukazovatele kyslíkového režimu
B - Základné chemické ukazovatele
C - Doplňujúce chemické ukazovatele
D – Ťažké kovy
E – Biologické a mikrobiologické ukazovatele
F – Rádiologické ukazovatele

Vzhľadom na charakter a ciele tejto práce boli v prípade Sekulských jazier sledované vybrané ukazovatele skupín A, B, C a E.

- Nariadenie vlády SR č.252/2006 Z.z. o podrobnostiach o prevádzke kúpalísk, o požiadavkách na kvalitu vody kúpalísk, vody na kúpanie a jej kontrolu – s cieľom orientačného posúdenia vhodnosti jazier na kúpanie:

Pre prírodné kúpaliská tento predpis obsahuje 30 fyzikálno-chemických, biologických a mikrobiologických ukazovateľov, pričom pre každý z nich je stanovená medzná hodnota a taktiež režim sledovania v priebehu sezóny.

Zo spomínaných 30-tich ukazovateľov bolo v našom prípade sledovaných 11 (z dôvodov uvedených vyššie).

Pre overenie kvality vody boli uskutočnené jednak priame merania (vodivosť, rozpustený kyslík, pH), jednak sa uskutočnil odber štyroch vzoriek, a to jednej (vzorka č.1) z Dolného jazera a troch (vzorky č.2, 3 a 4) z Horného jazera.

Výsledky analýz odobratých vzoriek sú na priložených protokoloch chemických analýz.

Tab. 2 Prehľadná tabuľka terénnych meraní

dok. bod.	hĺbka (m)	teplota (st.C)	vodivosť (uS/cm)	O2 (mg/l)	%nas. (O2)	pH	hĺbka (m)	priehľ. (m)	číslo vzorky
1	0.15	24.2	546	7.81	95.0	8.6	1.5	0.8	1
	1.4	24.1	549	7.87	95.1	8.7			
2	0.15	24.1	546	7.82	95.0	8.5	2.0	0.6	
	1.9	24.1	548	7.88	55.1	8.6			
3	0.15	24.2	547	7.86	95.0	8.5	1.5	0.6	
	1.4	24.1	548	7.57	52.1	7.9			
4	0.15		552	5.80	70.0	7.9	1.7	0.5	
	1.6		553	1.50	30.0	7.7			
5	0.15	24.9	597	9.10	109.5	8.7	1.5	0.4	2
	1.4	23.6	599	5.10	62.0	7.9			
6	0.15	24.6	599	8.80	97.2	8.3	1.5	0.4	
	1.4	23.3	599	4.50	72.2	8.2			

7	0.15	24.1	592	7.20	89.2	7.9	1.3	0.3	3
	1.2	23.3	593	1.20	15.0	7.5			
8	0.15	24.4	586	7.65	93.0	7.6	1.5	0.3	4
	1.4	23.4	590	2.00	20.0	7.5			
9	0.15	24.5	586	6.88	83.0	7.7	1.7	0.3	
	1.6	23.8	586	0.26	3.1	7.6			

Dolné jazero sa vyznačuje relatívne veľkou plochou a malou hĺbkou vody (do 3 m) a málo členitými brehmi. Kvalitatívne vlastnosti vody boli relatívne homogénne, až na nevelkú zátoku na severnom konci jazera, kde bola voda zjavne odlišná.

Posúdenie kvality vody v zmysle STN 757221

Kyslíkový režim

Koncentrácia rozpusteného kyslíka sa pohybovala pri hladine na úrovni 7.8 mg/l, čo pri danej teplote (24.1°C) predstavovalo stupeň nasýtenia 95%. Táto hodnota zodpovedá I. triede čistoty, t.j. ide o veľmi čistú vodu. Smerom ku dnu sa koncentrácia kyslíka prakticky nemenila.

Odlišné pomery boli v spomínanej zátokke, kde koncentrácia rozpusteného kyslíka pri hladine dosahovala hodnotu len 5.8 mg/l, čo pri danej teplote predstavovalo stupeň nasýtenia cca 70% (III. trieda – znečistená voda). Smerom ku dnu koncentrácia kyslíka výrazne klesala – vo vzdialenosti cca. 5 cm odo dna dosahovala hodnotu len 1.5 mg/l (nasýtenie 30%), pričom smerom ku dnu klesala prakticky až na nulu.

Hodnoty biochemickej spotreby kyslíka (BSK₅) resp. chemickej spotreby kyslíka (CHSK-Mn) predstavovali 1.13, resp. 2.86 mg/l. Obidve hodnoty zodpovedajú I. triede čistoty (veľmi čistá voda). V oboch prípadoch ide o hlavnú plochu Veľkého jazera, zo spomínanej zátoky sa vzorka neodoberala.

Základné chemické ukazovatele

Elektrická vodivosť vody sa pohybovala na relatívne nízkej úrovni - 548 uS/cm so zanedbateľnými rozdielmi na hladine a na dne. Tejto hodnote zodpovedá obsah rozpustených látok na úrovni len 364 mg/l, čo v prevažnej miere súvisí s hydrochemicky málo aktívnym horninovým prostredím viatých pieskov (vysoký podiel kremitej zložky). Obidva ukazovatele zodpovedali II. triede čistoty.

Reakcia vody (pH) sa podľa priamych meraní pohybovala v mierne alkalicknej oblasti (8.6 - 8.7 – II. trieda čistoty), a to tak na hladine, ako v blízkosti dna jazera. Iba v spomínanej zátokke prevládal viacmenej neutrálny charakter vody (pH 7.7–7.8 – I. trieda čistoty).

Zvýšená hodnota pH v jazerách počas letnej sezóny súvisí predovšetkým s aktivitou autotrofných organizmov, ktoré odčerpávajú z vody minerálne látky a najmä oxid uhličitý, čím posúvajú tzv. uhličitanovú rovnováhu do alkalicknej oblasti. Avšak v prípade spomínanej zátoky tento proces prebieha najmä v horných vrstvách vody, pričom hlbšie – vzhľadom na nedostatok svetla v dôsledku

zvýšeného zákalu – sú významné redukčné procesy (rozklad biomasy), pri ktorých oxid uhličitý naopak vzniká.

Amoniakálny dusík (N-NH₄) a dusičnanový dusík (N-NO₃) vykazovali I. triedu čistoty, rovnako ako aj nerozpustené látky (NL). Celkový fosfor ako jeden z rozhodujúcich eutrofizačných faktorov predstavoval II. triedu čistoty, čo svedčí o miernom zvýšení obsahu nutrientov.

Doplňujúce chemické ukazovatele

Zvláštnosťou je pomerne vysoký obsah chloridov (Cl, 83.1 mg/l) a taktiež sodíka (32.4 mg/l), ktoré zjavne nemôžu byť geologického pôvodu, pričom ide o takmer tretinový podiel na celkovej mineralizácii. Ako príčina tohto javu prichádza do úvahy najmä zimný chemický posyp ciest, predovšetkým neďalekej diaľnice, situovanej na západ od jazera, t.j. proti generálnemu smeru prúdenia podzemných vôd. Možno teda predpokladať, že koncentrácia spomínaných zložiek sa sezónne mení, pričom maximálne hodnoty dosahuje v zime a na jar.

Koncentrácia síranov (SO₄) predstavovala hodnotu 68.6 mg/l (I. trieda čistoty), čo viac menej zodpovedá hydrochemickým podmienkam danej oblasti.

Biologické a mikrobiologické ukazovatele

Hodnota sapróbného indexu ako jediného biologického ukazovateľa zodpovedala II. triede čistoty. Hodnoty kultivovateľných mikroorganizmov pri 22°C, koliformných baktérii, *Esherichie coli* a enterokokov zodpovedali I. triede čistoty.

Posúdenie kvality vody v zmysle NV SR č.252/2006 Z.z.

Zo sledovaných mikrobiologických ukazovateľov (Koliformné baktérie, E. Coli a enterokoky) požiadavkám na prírodné kúpaliská vyhovelí všetky, vrátane rias a siníc. Taktiež bola vyhovujúca hodnota sapróbného indexu.

Hodnota celkového fosforu (0.06 mg/l) bola oproti stanovenému limitu (0.05 mierne zvýšená, celkový dusík (3.8 mg/l) bol v limite (5 mg/l). Priehľadnosť vody (do 0.8 m, v zátokke na severnom konci jazera len do 0.5 m) bola o niečo nižšia, ako požadovaný limit (1.0 m). Nasýtenie kyslíkom a reakcia vody (pH) vykazovali vyhovujúce hodnoty.

4.2 Horné jazero

V prípade Horných jazier ide v porovnaní s Veľkým jazerom o niekoľko menších a členitých jazier, poprepájaných umelo vytvorenými prieplavmi. Hĺbka vody je aj tu pomerne malá (do 2 m). Tieto jazerá nie sú s Veľkým jazerom prepojené žiadnym povrchovým kanálom.

Posúdenie kvality vody v zmysle STN 757221

Kyslíkový režim

Koncentrácia rozpusteného kyslíka bola v hornej vrstve vody porovnateľná s hodnotami z Veľkého jazera (I. trieda čistoty), avšak na rozdiel od neho bol smerom ku dnu zaznamenaný pomerne výrazný pokles (prakticky až na nulu), Tento jav súvisí so zvýšenou priehľadnosťou vody, ktorá sa v Horných jazerách pohybovala na úrovni len 0.5 m.

Hodnoty biochemickej spotreby kyslíka (BSK5) resp. chemickej spotreby kyslíka (CHSK-Mn) sa pohybovali na úrovni 3 mg/l (II. trieda čistoty), resp. 8 mg/l (II. trieda čistoty), čo je zhruba dvojnásobok v porovnaní s Veľkým jazerom.

Základné chemické ukazovatele

Hodnoty elektrickej vodivosti a taktiež **obsahu rozpustených látok (RL)** boli v porovnaní s Veľkým jazerom zhruba o 10% vyššie. Aj v tomto prípade však zodpovedali II. triede čistoty.

Reakcia vody (pH) sa podobne ako vo Veľkom jazere pohybovala pri hladine v mierne alkalickú oblasť (II. trieda čistoty), a to z dôvodov opísaných v predchádzajúcej kapitole. Smerom ku dnu bol však pozorovaný mierny pokles hodnôt pH (I. trieda čistoty), čo súvisí s redukčnými procesmi v hlbších vrstvách.

Amoniakálny dusík (N-NH₄) a dusičnanový dusík (N-NO₃) boli porovnateľné s hodnotami nameranými vo Veľkom jazere a rovnako aj tu vykazovali I. triedu čistoty. Podobná situácia – s výnimkou vzorky č.2 – bola pozorovaná aj u nerozpustných látok (NL). Celkový fosfor bol však podstatne vyšší (až do 0.28 mg/l), čo je zhruba štvornásobok hodnoty z Veľkého jazera. Tomuto javu zodpovedá aj podstatne horšia kvalita vody.

Doplňujúce chemické ukazovatele

V porovnaní s Veľkým jazerom boli koncentrácie chloridov (Cl) vo všetkých troch vzorkách vyššie o cca 20 mg/l (105 -107 mg/l), čo posúva akosť vody až do III. triedy čistoty, t.j. znečistená voda. Zvýšené boli aj hodnoty sodíka (Na), a to na úrovni 42 - 45 mg/l (sodík nie je medzi limitovanými ukazovateľmi). Aj v tomto prípade ide najskôr o vplyv zimného posypu, ibaže o niečo výraznejší (zrejme z dôvodu menšej vzdialenosti od diaľnice).

Koncentrácie síranov (SO₄) boli v porovnaní s Veľkým jazerom (68 mg/l) naopak o niečo nižšie (25 – 42 mg/l) a taktiež zodpovedali I. triede čistoty. Klesajúci trend nameraných hodnôt vo vzorkách mal pritom smer od juhu (Veľké jazero) na sever, čo môže súvisieť s vplyvom vôd zo spodnejších vrstiev, prípadne s vplyvom poľnohospodárskej činnosti.

Biologické a mikrobiologické ukazovatele

Hodnota sapróbného indexu boli v porovnaní s Veľkým jazerom zhruba o 10% vyššie (až do 2.1), avšak rovnako vykazovali II. triedu čistoty. Hodnoty kultivovateľných mikroorganizmov pri 22°C, koliformných baktérii, *Escherichie coli* a enterokokov boli taktiež o niečo horšie a vykazovali prevažne II. triedu čistoty.

Posúdenie kvality vody v zmysle NV SR č.252/2006 Z.z.

Zo sledovaných mikrobiologických ukazovateľov (Koliformné baktérie, E. Coli, enterokoky a taktiež sinice) požiadavkám na prírodné kúpaliská aj v tomto prípade vyhovelí všetky, s výnimkou rias v južnej a strednej časti Horných jazier (vzorky č.2 a 3), u ktorých namerané hodnoty až 130 000 jedincov/ml presahovali stanovený limit 10000 jedincov/ml. Hodnoty sapróbného indexu boli vo vzorkách č.2, 3 a 4 vyhovujúce, aj keď zhruba o 10% vyššie, ako u Veľkého jazera.

Hodnoty celkového fosforu boli vo všetkých troch vzorkách v porovnaní s Veľkým jazerom výrazne nadlimitné (až do 0.28 mg/l). U celkového dusíku však boli namerané hodnoty vo všetkých troch prípadoch naopak o niečo nižšie, ako vo Veľkom jazere (do 3.36 mg/l), a teda stanovenému limitu (5 mg/l) vyhovovali.

Priehľadnosť vody sa v Horných jazerách pohybovala len do 0.4 m, čo je zhruba polovica hodnoty vo Veľkom jazere a výrazne menej, ako požaduje stanovený limit (1.0 m). Reakcia vody (pH) bola vo všetkých prípadoch vyhovujúca, nasýtenie kyslíkom vyhovovalo len v hornej vrstve vody.

5. Charakteristika hydrobiologického oživenia vody jazier

5.1 Hydrofytné vodné rastliny a ich biomasa

Hlavným dominantným druhom vyšších vodných rastlín pre obe jazerá je stolístok klasnatý - *Myriophyllum spicatum* (obr. 5c). Jedná sa o trvalku, ktorá je schopná rozmnožovať sa nielen generatívne (semená) ale aj vegetatívne (úlomky rastlín, koreňové podzemky). Výborná schopnosťou rozmnožovať sa a dlhodobo osídliť vodnú plochu predurčuje jej výraznú dominanciu, ale i veľmi dynamický nástup počas vegetačného obdobia. Rastlina sa ľahko premnoží, no zároveň do svojej biomasy odčerpá z vody veľký podiel živín. Táto jej vlastnosť sa dá veľmi výhodne využiť pri regulácii rozvoja fytoplanktónu.

Myriophyllum spicatum - stolístok klasnatý bol zistený v oboch jazerách, pravda s diametrálne odlišným rozšírením. V Hornom jazere, kde síce predstavuje dominantný druh, je celkový výskyt vyšších vodných rastlín prakticky zanedbateľný. Ani v jednej časti Horného jazera nebol prakticky zistený výskyt vyšších vodných rastlín. Ako vidno na obr. 7 na charakteristických pozorovacích profiloch (záznam zo sonaru) je dno Horného jazera prakticky holé, bez porastu vyššími vodnými rastlinami (ďalšie záznamy zo sonarového pozorovania rastlín sú uvedené v prílohe č. 1). Rastliny sa v Hornom jazere nevyskytovali počas vegetačného obdobia aj napriek tomu, že jazero je plytké s možnosťou dostatočného prenikania svetla pod vodnú hladinu, a s dostatočnou pokrývnosťou bahennými sedimentami pre ich zakorenenie.

Zistený bol len ojedinelý výskyt týchto rastlín, spravidla na západných brehoch jazera (obr. 8).

Prvotná príčina tohto stavu spočíva v masívnom nasadení amura bieleho (*Ctenopharyngodon idella*), ktorý za posledné roky skonzumoval všetku zelenú hmotu vyšších rastlín. Tým došlo k premnoženiu fytoplanktónu, s následným zhoršením kyslíkového režimu a zhoršením prenikania svetla k dnu. Tieto faktory priamo bránia opätovnému nástupu vyšších vodných rastlín.



a



b

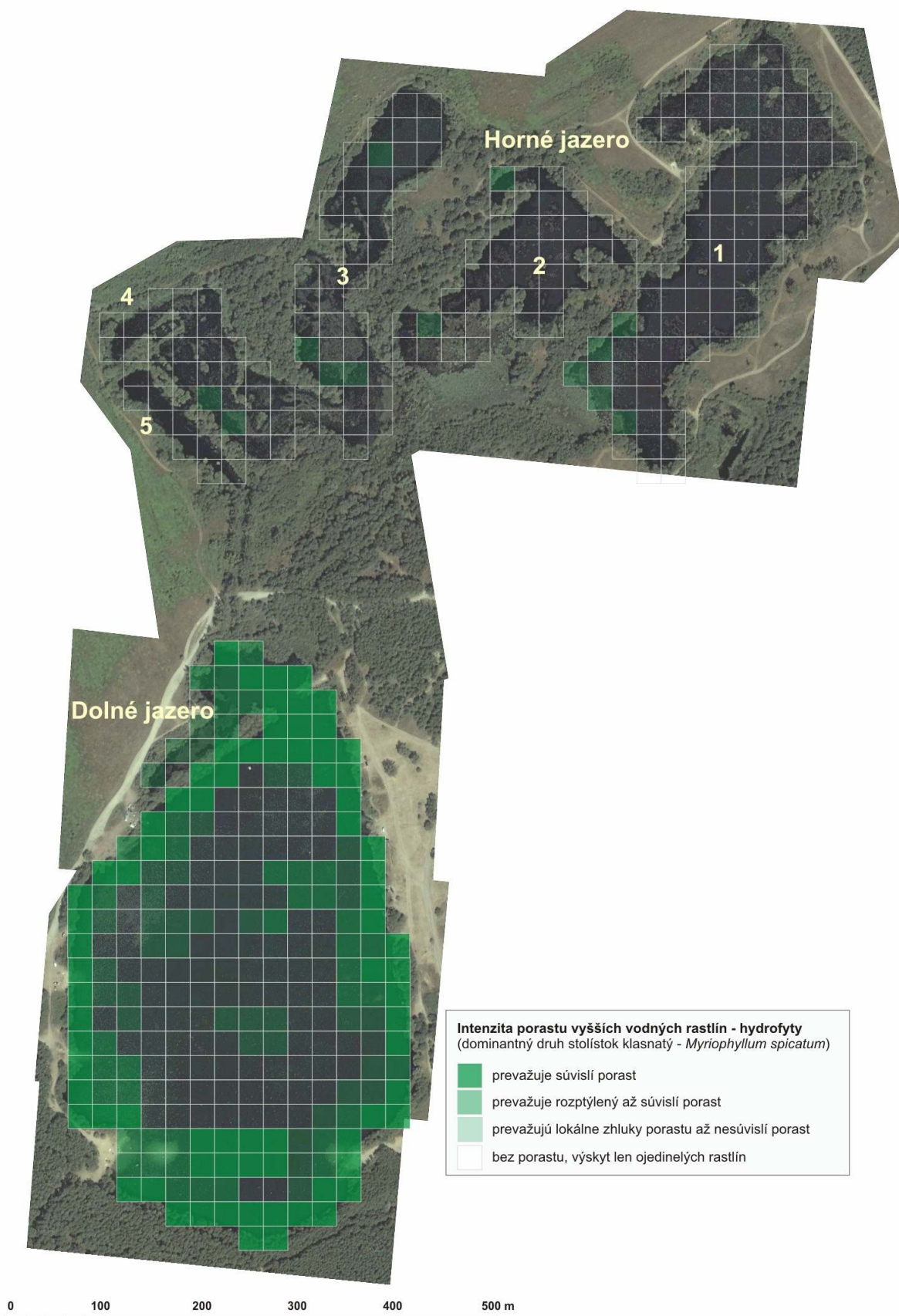


c

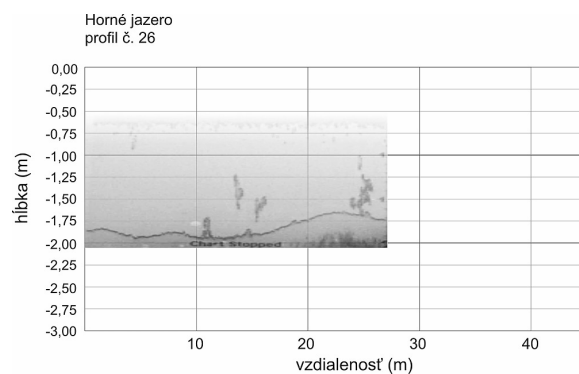
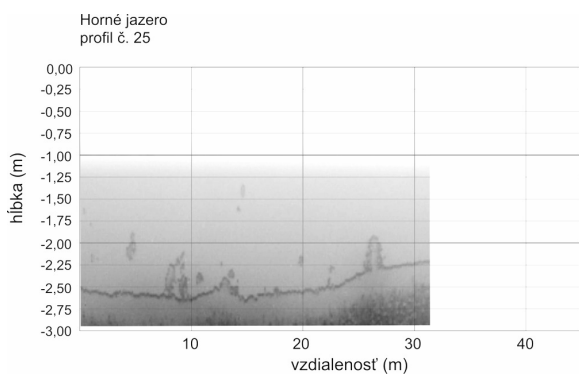
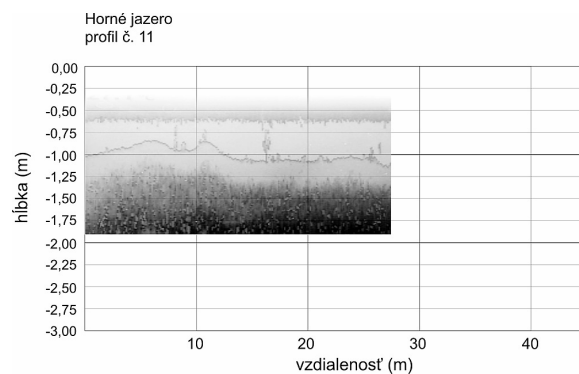
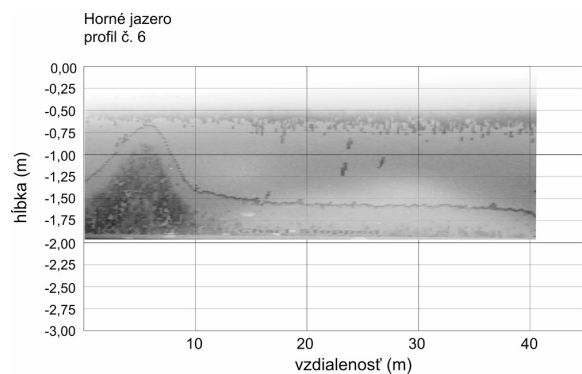


d

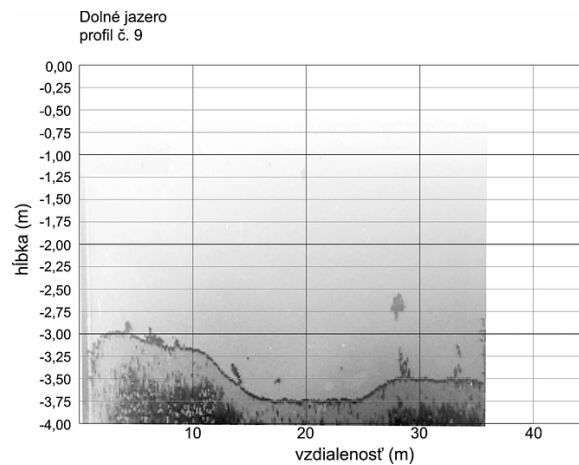
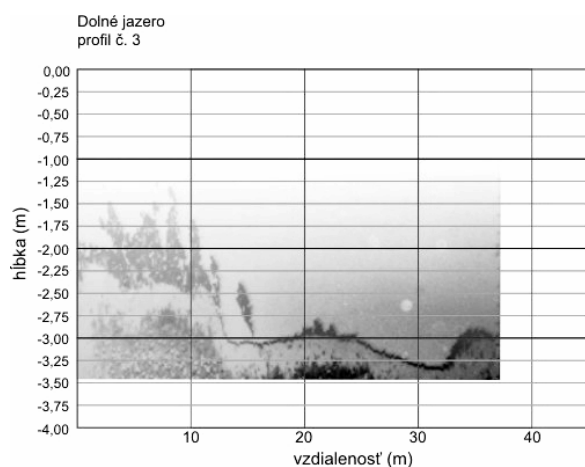
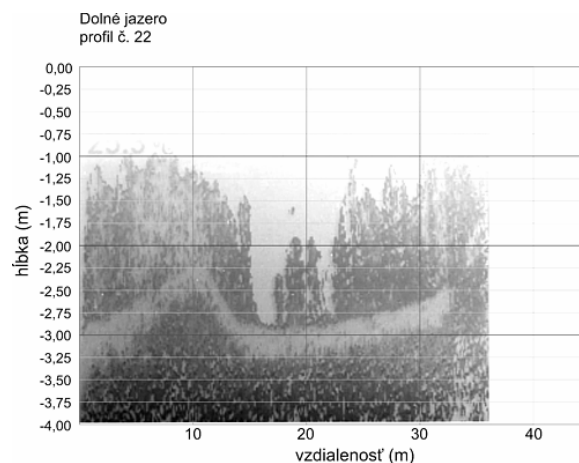
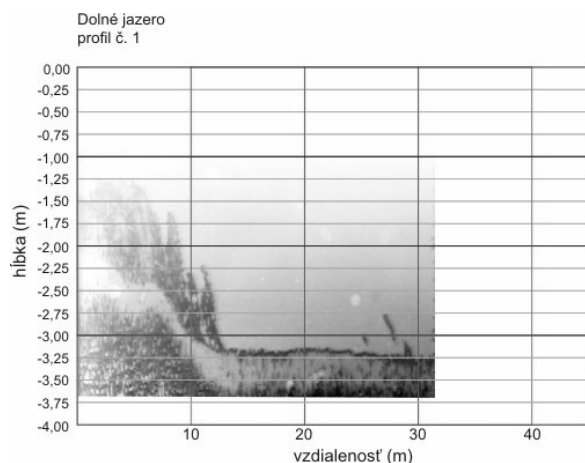
Obr. 5 Vyššie vodné rastliny v Dolnom jazere
(a - *Ceratophyllum demersum*, b - *Hydrocotyle vulgaris*, c - *Myriophyllum spicatum*, d - *Nymphaea alba*)



Obr. 6 Výskyt vyšších vodných rastlín



Obr. 7 Ukážka absencie porastu vyšších vodných rastlín na dne Horného jazera



Obr. 8 Ukážka porastu vyšších vodných rastlín na dne Dolného jazera

Podstatne priaznivejší a ekologicky udržateľný stav bol zistený v Dolnom jazere. Tu boli okrem dominantného druhu zistené aj ďalšie druhy vyšších vodných rastlín (tab. 3), čo poukazuje na primeranú druhovú pestrosť.

Tab. 3 Druhovú skladbu hydrofytných vodných rastlín v Dolnom jazere

druh	výskyt v mapovacej zóne			
	juh	východ	sever	západ
<i>Myriophyllum spicatum</i>	4	1	5	3
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2	2	4	1
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	1	0	0	1
<i>Zannichellia palustris</i>	1	0	0	0
<i>Nymphaea alba</i>	0	0	0	1

abundancia výskytu:

1 - ojedinelý výskyt, 2 - častý výskyt, 3 - veľmi častý výskyt 4 - prevažujúci výskyt, 5 - dominantný

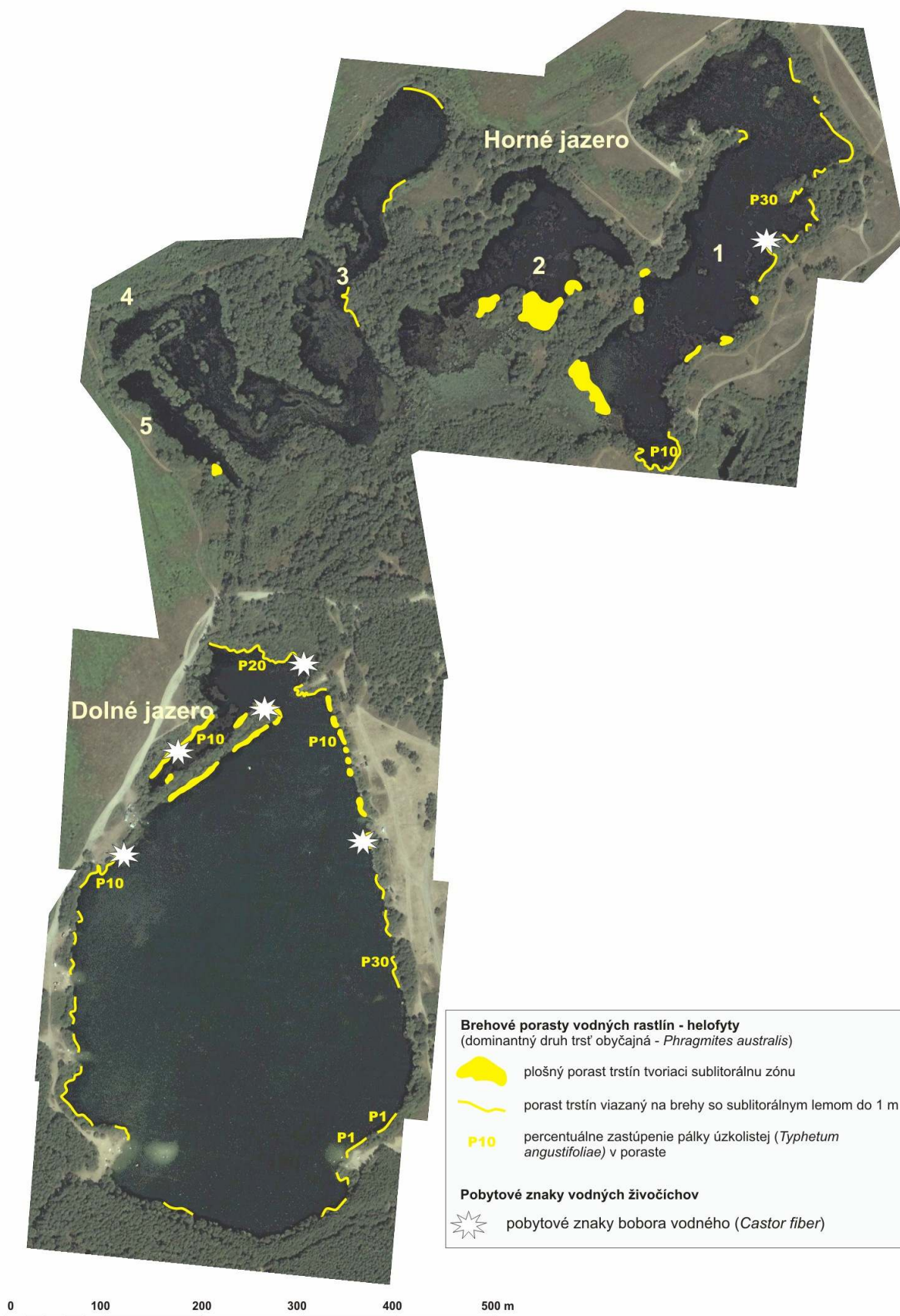
Pozorovaním výskytu vodných rastlín pomocou sonaru sa zistilo, že výskyt rastlín sa viaže najmä na plytšie časti jazera, najmä na brehy. Ich výskyt sa s hĺbkou znižuje a prakticky zaniká pri hĺbke dna 3 m. Zistilo sa tiež, že výskyt vodných rastlín nezávisí od mocnosti dnových sedimentov. Rastliny majú na celej ploche jazera vhodné podmienky na zakorenenie. Počas silných vetrov, kedy dôjde k intenzívnemu vlneniu vodnej hladiny dochádza v hornej časti rastlín (najmä druh stolístok klasnatý) k ich lámaniu, resp. trhaniu, čo sa prejavuje ich nahromadením na hladine vody, pričom sa z odtrhnutých rastlín vytvárajú pri náveterných brehoch plávajúce "koberce".

Celková biomasa vytvorená dominantným druhom stolístkom klasnatým zabezpečuje v jazere hydrobiologickú rovnováhu, počas ktorej ani počas letného prehriatia hladiny vody nedošlo k masívnemu rozvoju siníc a rias, obsah kyslíka bol relatívne vysoký v celom vodnom stĺpci.

5.2 Helofytné vodné rastliny tvoriace brehové porasty

Porasty vodných rastlín, ktoré rastú v jazere v okolí brehov pozostávajú prakticky len z dvoch druhov. Jednoznačne dominujúcim druhom je trst' obyčajná - *Phragmites australis*. Tento druh rastie bezprostredne pri brehu, porast postupuje od brehu smerom do jazera. Podstatne menej častý porast pálky úzkolistej - *Typhetum angustifoliae* rastie obyčajne až na okraji porastu pálky, už vo vode. Rozšírenie týchto typických močiarnych (heofytných) rastlín je zobrazené na obr. 9.

Významné porasty trstiny sú vytvorené len v Hornom jazere, kde postúpili od brehov až niekoľko desiatok metrov. Porast vytvára sublitorálnu zónu, ktorú tvorí spleť koreňov zaplavených vodou. Tieto porasty signalizujú nástup limnologickej fázy zazemňovania jazera, a teda celkový vývoj smerujúci k postupnému zániku jednotlivých častí Horného jazera. Z pohľadu budúceho využitia jazera tvoria tieto porasty významnú biocenózu, s výskytom vodných živočíchov a vtákov. Tieto lokality by bolo preto vhodné počas stavebnej fázy projektu športovo-rekreačného areálu ponechať, keďže v čase jeho rekreačného využitia sa práve na tieto miesta budú viazať najmä vodné vtáky.



Obr. 9 Výskyt brehových porastov vodných rastlín

Porasty a ich bezprostredné okolie môže tvoriť kľudové, oddychové zóny rekreačno-športového areálu a vytvárať pre návštevníkov nevšednú prírodnú kulisu.

Porasty trstiny a pálky na Dolnom jazere sa vyskytujú takmer pozdĺž celého brehu v rôzne dlhých úsekoch. Ani v jednom prípade nevytvárajú súvislé porasty zasahujúce do jazera. V miestach ich prerušenia sa vytvorili prístupy k vodnej hladine. Z hľadiska hydrobiologickej rovnováhy jazera, či jeho celkového vývoja nemajú tieto porasty väčší význam, sú na ne viazané len niektoré výskyty pobytových znakov bobra vodného, a to najmä v samostatnom zálive - zátok na severe jazera.

5.3 Fytoplanktón a ekológia jazier

Na odber vzoriek bola použitá planktónová sieťka s veľkosťou ôk 10µm a 200 ml plastové nádoby, vzorky boli odoberané z hĺbky 1 - 1,5 m (obr. 2). Pre určovanie druhov siníc a rias bol použitý svetelný mikroskop Leitz (zväčšenie 1000x), vzorky sa mikroskopovali živé, časť časť vzoriek bola fixovaná formaldehydom a je uskladnená ako dokumentačný materiál v priestoroch Botanického ústavu SAV v Bratislave.

Keďže všetky vzorky boli bohaté na mikroorganizmy, bolo potrebné určiť dominantné druhy (pre určovanie druhov boli použité určovacie kľúče pre jednotlivé skupiny siníc a rias (Süßwasserflora von Mitteleuropa). Dominantné druhy sú uvedené v tabuľke č.4, spolu s algologicky významnými druhmi boli dokumentované. Všetky identifikované druhy sú uvedené v prílohe č. 2.

Tab. 4 Prehľad dominantných druhov fytoplanktónu

lokalita	dominantné druhy
Dolné jazero	dominantná sinica (<i>Cyanocataena</i> pl.), subdominancia trachelomonád a euglén (<i>Euglenophyta</i>)
Dolné jazero - záliv	subdominancia panciernatky (<i>Dinophyceae</i>) a chryzomonády (<i>Chrysophyceae</i>), zriedkavo siníc a zelených rias
Horné jazero 1	dominantná panciernatka (<i>Ceratium. f.</i>) a zelená riasa (<i>Tetrastrum kom.</i>)
Horné jazero 2	dominantné panciernatky (<i>Peridinium</i>), subdominancia bičíkovcov (<i>Trachelomonas, Phacus; Euglenophyta</i>)
Horné jazero 3	dominantný nanoplanktón (zelená riasa <i>Tetrastrum kom.</i>), kokálne sinice (<i>Aphanocapsa</i>) a bičíkovcov (<i>Dinophyceae, Euglenophyceae</i>)
Horné jazero 4	dominantné panciernatky a bičíkovce (<i>Phacus pl.; Euglenophyta</i>)
Horné jazero 5	dominantné panciernatky (<i>Peridin</i>) a bičíkovce (<i>Phacus orb., Trachel.; Euglenophyta</i>)

Výsledky pozorovaní

Celkovo bolo zistených 34 druhov siníc a 158 druhov rias. Tento vysoký počet svedčí o bohatej druhovej diverzite fototrofných mikroorganizmov.

Vo fytoplanktón Dolného jazera bolo určených 27 siníc a 112 rias. Dominovali populácie bunkovej sinice *Cyanocatena planctonica* (veľkosťou buniek tzv. pikoplanktón), v subdominancii boli populácie euglén a trachelomonád (Euglenophyta), ktoré sa na rozdiel od siníc vo vodnom stĺpci aktívne pohybujú bičíkmi. Druhovú zloženie spoločenstva siníc a rias nasvedčuje dostatočnej prítomnosti nutrientov, preto jazero možno podľa tohto ukazovateľa označiť ako mezotrofné. Pri dostatočnom prehriati vody sa môže zo zistených druhov siníc vytvoriť vodný kvet. V deň nášho odberu sme nepozorovali žiaden masový rozvoj siníc, ktorý by spôsoboval vodný kvet alebo vegetačný zákal.

Vo fytoplanktón komplexu Horného jazera bolo určených 24 siníc a 123 rias. Hoci sú jednotlivé jazerá (č.1-5) navzájom prepojené, líšia sa tvarom aj hĺbkou, čo sa odzrkadilo aj na početnosti a zastúpení dominantných druhov fototrofných mikroorganizmov. V celom Hornom jazere však prevládajú panciernatky rodu *Ceratium*, *Peridinium* (Dinophyta) a bičíkovce *Trachelomonas*, *Phacus*, *Euglena* (zástupcovia Euglenophyta), pričom v jazere č.1 dominovala aj zelená riasa *Tetrastrum komarekii* (v tabuľke č. 4) a v jazere č.3 tá istá zelená riasa (Chlorococcales, Chlorophyta) spolu s kokálnou sinicou rodu *Aphanocapsa* (Cyanophyta; veľkosťou buniek tvoria tzv. nanoplanktón).

Ekológia fytoplanktónu

Druhovú diverzitu fototrofných mikroorganizmov žijúcich aj vo voľnej vode (fytoplanktón) sa mení v priebehu celého roka a napokon v priebehu ďalších rokov. Avšak aj s ohľadom na skutočnosť, že bolo uskutočnené iba jednorázové pozorovanie siníc a rias možno konštatovať veľmi vysokú druhovú diverzitu, ktorá svedčí o vysokom stupni oživenia oboch jazier.

Hoci bolo naše pozorovanie uskutočnené jednorázovo, bola prítomnosť niektorých skupín rozsievkových rias potvrdená v dostatočnej miere, aj keď dosahujú maximálny rozvoj až v jesennom období.

Na základe uskutočneného odberu hodnotíme sledované jazerá pri Sekuliach z hľadiska saprobity a trofie ako mezotrofné/mezosaprobne, s prvkami polysaprobity, ktorú naznačuje najmä bohatý výskyt bičíkovcov najmä v komplexe Horného jazera.

V Dolnom jazere dominovala pikoplanktónová kokálna sinica *Cyanocatena planctonica* (Cyanophyta). Prítomní boli aj zástupcovia rodu *Microcystis* (*M. aeruginosa*, *M. ichtyoblabe* a *M. wesenbergii*), spôsobujúci veľké problémy pri premnožení populácií. Avšak sinicový vodný kvet či vodný zákal nebol v Dolnom a ani v Hornom jazere pozorovaný.

V komplexe Horného jazera je situácia z pohľadu trofie horšia, o čom svedčí prítomnosť bičíkovcov. Ich prítomnosť korešponduje s celkovým procesom postupného zarastania Horného jazera.

Za osobitnú zvláštnosť možno z algologického hľadiska považovať zistenie žltozelených rias (Xanthophyceae) a desmídií (Desmiales, Chlorophyta), z ktorých sa niektoré taxóny našli na Slovensku iba v biotope Horného alebo Dolného jazera a sú preto z odborného hľadiska vzácne pre flóru Slovenska.

Zhrnutie výsledkov pozorovaní

Druhovú diverzitu fytoplanktónu Dolného jazera a komplexu Horného jazera bola na základe uskutočneného pozorovania veľmi bohatá. Zastúpenie jednotlivých skupín siníc a rias sa v sledovaných jazerách odlišovalo vzhľadom na rozdielne fyzikálno-chemické vlastnosti vody, najmä obsah nutrientov, svetelné podmienky, teplotný režim. Keďže jazerá komplexu Horného jazera sú prepojené, navzájom komunikujú, prejavili sa isté spoločné znaky dominancie mikroorganizmov, napr. jazerá č.4 a 5 si boli zastúpením druhov najviac podobné.

Dolné jazero možno podľa druhového zloženia siníc a rias zaradiť k mezotrofným, teda s relatívne vysokým obsahom živín. Kvalita vody sa však dá regulovať najmä udržiavaním primeraného množstva biomasy vodných makrofýtov ich kosením (ako napr. *Myriophyllum*, *Chara* a pod.). Biomasa týchto rastlín dokáže akumulovať podstatnú časť prítomných nutrientov, ktoré sa viažu do rastlín, čím pre rozvoj populácií siníc a rias zostáva k dispozícii menej živín.

Dôležitým bude ďalší monitoring Dolného jazera, keďže toto jazero by bolo možné vzhľadom na kvalitu vody využívať predovšetkým na kúpanie. Na základe priebežného, napr. kvartálneho vyhodnotenia druhového zloženia a kvantít fytoplanktónu, by bolo možné predvídať rozvoj siníc - sinicového vodného kvetu počas leta, kedy bude športovo-rekreačný areál najviac využívaný a kedy z dôvodu zvýšenej teploty vody hrozí najintenzívnejšia tvorba siníc. Práve sinicový vodný kvet je v súčasnosti jedným z najväčších problémov v našich jazerách (známe negatívne príklady sú napr. v Bratislave jazero Kuchajda a Zlaté Piesky, senecké jazerá, vodná nádrž Ružín, Oravská priehrada či Zemplínska Šírava).

Kvalita vody komplexu Horného jazera, ktorá je horšia pri porovnaní s Dolným jazerom, by sa dala do istej miery zlepšiť prehĺbením, zprietočnením ako aj manažmentom rastu vyšších vodných rastlín (vysadenie, kosenie). Tým by sa zlepšili podmienky aj pre rozvoj bentickej fauny. Horšia kvalita vody nie je prekážkou napr. pre rybolov.

Komplex Horného jazera je druhovým zložením mikroorganizmov veľmi zaujímavý najmä pre odborníkov zaoberajúcich sa fytoplanktónom - algológov.

5.4 Zoobentos a ekológia jazier

Pre odbery sedimentov bol použitý drapák typu Ekman-Birge, ktorý i napriek štrkovito-piesčitému charakteru dna sa ukázal ako vhodný pre odber.

Odbery sa sústredili na najhlbšiu mediálnu zónu jazier. Mediálna zóna vzhľadom na usadzovanie sedimentov najlepšie reprezentuje vodné prostredie hodnotených jazier. Sediment odobratý drapákom bol na lokalite premytý cez sito s rozmermi ôk 0.25 µm a takto spracovaná vzorka bola fixovaná formalínom na konečnú 4% koncentráciu. Vyberanie organizmov zo sedimentu sa uskutočnilo v laboratóriu. Vytriedené organizmy boli rozdelené na jednotlivé taxonomické skupiny a ich identifikácia bola vykonaná štandardným postupom.

Denzita jednotlivých taxónov bola prepočítaná na počet jedincov na m².

Jednotlivé metriky – indexy (Slovenský sapróbny index, Diverzita, Ekvitabilita, mikrohabitatové preferencie, potravné preferencie) boli vypočítané pomocou programu ASTERIX 3.1.1, Slovenský sapróbny index bol vypočítaný na základe údajov z publikácie Šporka et al. (2003).

Výsledky pozorovaní

V hodnotených jazerách bolo celkovo určených 19 taxónov z 5. vyšších taxonomických skupín (tab.1).

V Dolnom jazere bolo celkove zistených 9 taxónov. V zátok na severe jazera boli prítomné iba larvy druhu *Chaoborus flavicans* (tab.1-2).

V komplexe Horného jazera sa celkove zistilo 17 taxónov, pričom v jednotlivých jazerách ich počet kolísal medzi 8. - 10. taxónmi. Najvyššia diverzita ako aj ekvitalita boli zistené v Hornom jazere č.1 (1,93 resp. 0,88), najnižšie v Hornom jazere č.2 (1,25 resp. 0,64) (tab.2).

Bentická fauna bola charakteristická druhmi preferujúcimi bahnatý sediment (pelálové druhy), potom piesčité sediment (psamálové druhy), najmenej kamenný substrát (litálové druhy) a štrkovitý substrát (akálové druhy). Podľa potravných nárokov dominovali zberače a zhŕňače (tab.6).

Hodnoty sapróbného indexu sa pohybovali medzi 2,36 a 3,43. Vyššia saprobita bola zistená v jednotlivých jazerách Horného jazera.

Kvantitatívne zloženie

Priemerná denzita makrozoobentosu zaznamenaná na sledovaných materiálových jamách - lokalitách sa pohybovala medzi 133 až 4177 jedincami/m² (tab. 5). Najnižšia denzita bola zistená v lagúne Dolného jazera a najvyššia v jazere č. 2 Horného jazera. Celkove v Dolnom jazere bola denzita bentickej fauny nižšia než vo vodných plochách Horného jazera.

Tab. 5 Základné informácie o sledovaných lokalitách, druhové zloženie makroinvertebrát a ich denzita vyjadrená v počtoch jedincov/m²

druh	Dolné jazero	Dolné jazero lagúna	Horné jazero č.1	Horné jazero č.2	Horné jazero č.3	Horné jazero č.5
	denzita (počet jedincov /m ²)					
Oligochaeta						
Naididae						
<i>Dero obtusa</i> D'Udekem, 1855	22			178	44	800
<i>Dero digitata</i> O. F. Müller, 1773						133
Tubificidae						
<i>Ilyodrilus templetoni</i> (Southern, 1909)				444	400	489
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède, 1862			67	2178	622	356
<i>Limnodrilus claparedeianus</i> Ratzel, 1868			111			
<i>Limnodrilus</i> sp.	178					
Mollusca						
Bivalvia						
<i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758)				44		44
Chaoboridae larvae						
<i>Chaoborus flavicans</i> (Meigen, 1830)	22	133	244	356	489	
Ceratopogonidae larvae div			222	667	267	
Chironomidae larvae						
Tanypodinae						
<i>Tanypus kraatzi</i> (Kieffer, 1912)	89		22		178	

<i>Tanytus vilipennis</i> (Kieffer, 1918)	22			267		
Chironominae						
<i>Chironomus</i> sp.	89				89	
<i>Chironomus thumi</i> gr.			89	44	44	
<i>Polypedilum nubeculosum</i> gr.						44
<i>Polypedilum convictum</i> gr.	22					44
<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker, 1856)						133
<i>Tanytarsus</i> sp. van der Wulp, 1874	89					44
denzita spolu (počet jedincov /m ²)	578	133	755	4177	2133	2266

Tab. 6 Hodnoty metrík na jednotlivých sledovaných lokalitách

metriky	Dolné jazero	Dolné jazero lagúna	Horné jazero č.1	Horné jazero č.2	Horné jazero č.3	Horné jazero č.5
denzita m-2	578	133	755	4177	2133	2266
počet taxónov	9	1	6	8	8	10
Slovenský sapróbny index	2.36	1.9	2.78	3.43	3.08	2.83
Diverzita (Shannon-Wiener-Index)	1.93	0	1.38	1.25	1.59	1.83
Ekvitabilita	0.88		0.86	0.64	0.82	0.8
Mikrohabitatové preferencie	-	-	-	-	-	-
- [%] pelálových druhov	36.1	50	52.5	48.6	45.5	35.4
- [%] psamálových druhov	20.9	0	15	29.1	20.5	18.5
- [%] akálových druhov	3.5	0	0	0.3	0	0.4
- [%] litálových druhov	4.8	0	2.1	1.5	0.7	11.7
Potravné preferencie						
- [%] zberačov a zhŕňačov	70	0	42.9	82.7	63.6	92

Ekológia zoobentosu

Z porovnania sledovaných fyzikálno-chemických parametrov vyplýva, že hodnoty vodivosti v jednotlivých jazeroch sú pomerne vyrovnané (tab. 2), pričom v Hornom jazere boli takmer rovnaké, čo svedčí o ich vzájomnom prepojení. Napriek prepojeniu však vyrovnané hodnoty neboli zaznamenané u pH. V prvom z komplexu Horného jazera hodnoty pH boli vyššie než v ostatných jazeroch a približovali sa hodnotám v Dolnom jazere. Nebezpečnými pre vodné organizmy sú vysoké hodnoty pH, nakoľko pri hodnotách nad pH 8 prechádza prítomný amoniak na toxickú formu NH₃. Najmä fotosyntéza zvyšuje hodnoty pH, ktorá zas súvisí s prevládajúcim oživením vyšších/nížších vodných rastlín.

Kyslíkové ukazovatele (rozpustený kyslík a nasýtenie) vykazovali najvyššie hodnoty v Dolnom jazere a Hornom jazere č.1, kým v ďalších z komplexu Horného jazera vo vrstve nad dnom boli veľmi nízke hodnoty.

Bentická fauna sledovaných jazier je druhovo chudobná, pričom sa tu vyskytujú druhy nenáročné na kvalitu vodného prostredia. Jednotlivé jazera sú pomerne plytké, na dnových sedimentoch sa nachádza vrstva detritu. Obsah rozpusteného kyslíka vo vode v Hornom jazere dosahuje kriticky nízke hodnoty, čo spôsobuje okrem zníženia rozkladných procesov organickej hmoty aj výskyt druhov nenáročných na kyslíkové pomery. Z toho dôvodu sa tu vyskytujú len zástupcovia troch

taxonomických skupín a to najmä eutrofné a na vysokú saprobitu nenáročné druhy ako sú druhy r. *Limnodrilus* (máloštetinovce), *Tanypus* sp., *Chironomus* sp. a *Polypedilum* sp. (pakomáre) a *Chaoborus flavicans* (koretrovité). V lagúne Dolného jazera, ktoré možno z hľadiska zoobentosu považovať za najviac eutrofizované, pri kriticky nízkych hodnotách kyslíka boli na dne prítomné iba larvy *Chaoborus flavicans*, ktoré ako jediné sú schopné v tomto prostredí prežívať. Je to umožnené tým, že nepatria k typickým zástupcom bentickej fauny, pretože behom 24 hodinového cyklu sa vertikálne presúvajú (tzv. diurnálna migrácia).

Zhrnutie výsledkov pozorovaní

Stanovené metriky, najmä však sapróbny index poukazujú na skutočnosť, že zatiaľ iba Dolné jazero si zachováva beta mezosapróbný charakter, kým kvalita vody v komplexe Horných jazier už dosahuje alfa mezosapróbný charakter.

Záverom možno konštatovať, že súčasné podmienky urýchľujú zazemňovací proces jednotlivých jazier Horného jazera.

Druhové zloženie je chudobné v oboch jazerách. Vyskytujú sa tu ekologicky nenáročné druhy bentickej fauny.

Odbery vzoriek preukázali, že piesčito-štrkovité sedimenty na dne jazier sú prekryté detritom tvoreným prevažne z vodnej makrovegetácie ako aj listovým opadom z príbrežnej stromovitej vegetácie. Vzhľadom na zistené zlé kyslíkové pomery na dne jazier Horného jazera je predpoklad ďalšieho hromadenia detritu (azoické podmienky zabraňujú prirodzenému rozkladu sedimentovanej organickej hmoty). Táto skutočnosť sa následne prejavuje v zhoršení životných podmienok makrovertebrát, pričom prežívajú len na kyslíkové pomery odolné druhy.

Hodnoty sapróbneho indexu určeného na základe druhovej skladby zoobentosu signalizujú zlú kvalitu vody a to najmä v komplexe horného jazera, kde bolo zistená alfa mezotrofia.

Zistené vysoké hodnoty pH > 8, predstavujú hrozbu nielen pre prítomnú bentickú faunu, ale aj pre rybiu obsádku nakoľko môže dôjsť k vytvoreniu toxikkej formy amónnych iónov, ktoré môže spôsobiť vytrávenie celých jazier.

Na oddialenie prirodzeného starnutia jazier, najmä komplexu Horného jazera možno odporučiť prehĺbenie dna, resp. sprietočnenie jazera, čo môže podstatne zlepšiť kvalitu vodného prostredia, a tým aj zníženie trofie a spomalenie zazemňovania a starnutia jazera.

5. Návrh revitalizačných opatrení

5.1 Dolné jazero

Dolné jazero sa nachádza v relatívne dobrej kvalitatívnej kondícii. Má dobrý kyslíkový režim, dobrú priehľadnosť a to aj napriek relatívne zvýšenému obsahu živín. Dobrej kvalite vody a estetickému vzhľadu vodnej plochy jazero vďaka najmä relatívne väčšej hĺbke dna, kompaktnému tvaru a veľkej súvislej ploche vodnej hladiny. S tým súvisí najmä možnosť uplatnenia procesov nasycovania vody vzdušným kyslíkom, miešania vody pri vlnení hladiny, vznik termického rozvrstvenia vody a následnej termickej cirkulácie vody v jazere. Podstatným faktorom dobrej kondície je aj primerané oživenie vyššími vodnými rastlinami, ktoré sú konkurentmi pre mikroorganizmy, teda aj sinice spôsobujúce vodný kvet.

Voda jazera je antropogénne znečisťovaná len splachmi posypov z neďalekej diaľnice, čo je síce badateľné v chemickom zložení vody, avšak toto znečistenie nemá negatívny účinok na hydrobiologickú rovnováhu v jazere.

Hlavné revitalizačné opatrenia

1. Manažment vyšších vodných rastlín

Pokiaľ sa neudrží v jazere primerané množstvo biomasy vyšších vodných rastlín, môže dôjsť k premnoženiu sinicového vodného kvetu, keďže voda obsahuje zvýšené množstvo živín. Je preto nevyhnutné udržiavať rast vyšších vodných rastlín, najmä dominantného druhu - stolístok klasnatý v súčasnom rozsahu. Likvidácia vyšších vodných rastlín, napr. bylinožravými rybami (amur biely), by viedla k ich rapídneho úbytku a tým narušeniu konkurenčného potravného pomeru medzi vyššími vodnými rastlinami a fytoplanktónom. Prítomné nutrienty by využili sinice a riasy za súčasného premnoženia, čo by za sprievodného zníženia obsahu kyslíka, zakalenia vody a tým zhoršením svetelných pomerov pri dne viedlo k podstatnému zhoršeniu podmienok pre rast vyšších vodných rastlín a ďalšiemu premnožovaniu vodného kvetu.

Keďže v praxi nie je možné úplné odlovenie amura bieleho, môže pri jeho nasadení dôjsť k celkovému decimovaniu vyšších vodných rastlín s následnými negatívnymi dopadmi na rozvoj vodného kvetu. Preto je pre regulovanie rastu vyšších vodných rastlín potrebné aplikovať jeho kosenie pod vodou s následným odstránením pokosených rastlín z vodnej hladiny. Rozsah kosenia je totiž možné určiť dopredu a tak neohroziť celkovú populáciu vyšších vodných rastlín. Rozsah kosenia je možné určiť vždy v jarom, resp. predletnom období, a určuje sa podľa druhového zloženia fytoplanktónu a aktuálneho stavu porastov stolístka klasnatého. Na základe skúseností z iných jazier treba predpokladať, že v zásade pôjde o pokosenie max. 1/4 až 1/3 biomasy stolístka klasnatého v období mesiacov máj až júl s následným odstránením z vodnej hladiny.

Pre uľahčenie manipulácie s biomasou vodných rastlín navrhujeme najmä na južnej strane jazera, kde sa budú vplyvom vetra samovoľne zhromažďovať pokosené rastliny, vytvoriť manipulačný prístup k hladine vody pre nakladanie a odvoz rastlín. Tiež odporúčame, aby sa v blízkosti tohto priestoru

nenavrhovali aktivity pre návštevníkov, keďže počas kosenia a nakladania rastlín pre odvoz, môže za teplejších dní dochádzať k zvýšenej zápašnosti, ktorá by mohla byť návštevníkom na obtiaž.

2. Eliminovanie znečistenia v bezprostrednej blízkosti jazera

Pred spustením prevádzky vodnej plochy ako prírodného kúpaliska bude potrebné upraviť prístupové brehy štrkovým obsypom, vo forme prístupových pláží. Štrkový obsyp by mal nad úrovňou priemernej vodnej hladiny dosiahnuť v týchto miestach šírku 2 až 3 m. Jeho funkcia spočíva v eliminácii bakteriálneho znečistenia, ktoré sa môže dostávať do vody z pláží alebo brehov splachmi tvorenými počas dažďa. Štrkový obsyp ako bariéru proti prenikaniu bakteriálneho znečistenia z brehov nie je potrebné budovať po celom obvode jazera, ale iba v miestach kde z navrhovaných činností vyplynie toto nebezpečie (napr. areál pre vodenie psov a pod.).

3. Eliminovanie potenciálnych zdrojov znečistenia vody z okolia jazera

Ide o jednorázové opatrenie, zamerané na elimináciu potenciálnych zdrojov znečistenia. V súčasnosti sa v okolí jazera nachádza jedna akumulácia odpadu aj s kadavérom psa.

Znečistenie, ktoré by mohlo potenciálne ohroziť kvalitu vody sa môže v budúcnosti tvoriť aj z športovo-rekreačných činností. Bude preto potrebné dbať na to, aby najmä východne od jazera (areál pieskovne) neboli situované činnosti, z ktorých by sa mohlo tvoriť znečistenie podzemných vôd, keďže tie pritekajú do jazera najviac z tejto oblasti.

4. Úpravy brehových porastov vodných rastlín

Vodné rastliny v okolí brehov vytvárajú len úzke nesúvislé porasty, ktoré majú len menší význam pre zachovanie kvality vody v jazere. Ich funkcia bude najmä estetická. Z tohto pohľadu je možné brehové vodné rastliny odstrániť, prípadne nanovo vysadiť podľa dispozície architektonického riešenia činností v okolí jazera tak, aby sa docielil optimálny estetický vzhľad jazera. Pre tento účel odporúčame vhodne vysadiť lekno biele (*Nymphaea alba*, obr. 5d), ktoré je prirodzeným druhom pre toto jazero a to najmä v miestach, kde návštevníci budú môcť pristupovať k brehu, avšak nie vstupovať do vody kvôli kúpaniu.

Pozdĺž brehov, najmä v južnej časti jazera, odporúčame ponechať pôvodné brehové porasty vodných rastlín, ktoré budú tvoriť menšie biocentrá najmä pre zahniezdenie vodného vtáctva.

5. Umelé hniezdne ostrovy

Vzhľadom na zvýšený pohyb ľudí a teda aj vyššiu mieru vyrušovania väčších vodných vtákov v okolí jazera navrhujeme vytvoriť niekoľko (2 až 3) malých umelých hniezdných ostrovov (postačuje plocha do 4x4 m, trvalo zakotvená pontonová konštrukcia pokrytá zeminou s vysadenou trstinou), kde budú môcť hniezdiť väčšie vtáky, ako napr. labute.

6. Vysadenie porastu pálky v severnej zátoke

Zátoka na severe jazera poskytuje možnosť vysadenia porastu pálky (napr. *Typha angustifolia*), čím by sa dala v prípade potreby vytvoriť zóna pre biologické čistenie vody (najmä odbúranie organickej hmoty).

5.2 Horné jazero

Hlavným problémom tohto jazera je nízky obsah kyslíka a vysoký obsah živín, absencia vyšších vodných rastlín a možnosť premnožovania vodného kvetu. Zvýšený podiel živín (nutrientov) sa v tomto jazere postupne akumuloval z okolitej poľnohospodársky obrábanej pôdy.

Negatívnym faktorom je aj samotný tvar jazera, ktorý je veľmi komplikovaný, takže brehová čiara je vzhľadom na plochu jazera veľmi dlhá, s čím súvisia nielen zhoršené svetelné podmienky na brehoch jazera, ale aj zvýšený opad lístia z okolitých stromov do vody jazera. Ďalším negatívnym faktorom je relatívne veľmi malá hĺbka a tým zvýšené prehrievanie celého objemu vody jazera. Daný tvar a morfológia dna prakticky znemožňujú prirodzenú termickú cirkuláciu vody v jazere. Relatívne malá plocha povrchu a komplikovaný tvar jazera s okolitým stromovým porastom významne obmedzujú aj možnosť vzniku vlnenia počas vetra, kedy by mohlo dochádzať k prirodzenému difúznemu dosycovaniu kyslíka z ovzdušia cez hladinu vody.

Voda jazera je v súčasnosti antropogénne znečisťovaná, podobne ako Dolné jazero, len splachmi posypov z neďalekej diaľnice. Vplyv tohto znečistenia je však prakticky zanedbateľný na súčasný zhoršený stav kvality vody.

Jedným z hlavných negatívnych faktorov je prakticky úplná absencia významnejšieho podielu biomasy vyšších vodných rastlín, ktoré boli celkom zničené amurom bielym.

Hlavné revitalizačné opatrenia

1. Obnova porastu vyšších vodných rastlín

Za prioritné opatrenie treba považovať obnovenie biomasy vyšších vodných rastlín. Ich úspešné naštartovanie môže podstatnou mierou obmedziť rozvoj vodného kvetu a zlepšiť kyslíkový režim v jazere. Pre zrealizovanie tohto cieľa je možné pre dané územie využiť prirodzený druh, a to stolístok klasnatý, ktorý v minulosti rástol aj v Hornom jazere. Tento rastlinný druh sa nachádza v blízko ležiacom Dolnom jazere. Jeho podstatnou výhodou je, že okrem generatívneho rozmnožovania je schopný aj vegetatívneho rozmnožovania, čo znamená, že časti rastliny sú schopné vyhnúť koreňky priamo do vody a neskôr po odrastení zakoreniť do dna. Teda je možné uvažovať s vytvorením dostatočného počtu úlomkov stolístka klasnatého v Dolnom jazere, napr. pri kosení, úlomky preniesť do Horného jazera a tam ich z člnu aplikovať do vody. Do úvahy na tento účel pripadá najmä Horné jazero č.1, 2 a 3. Tento úkon je potrebné uskutočniť ešte pokiaľ nedošlo k masívnemu nástupu vodného kvetu vplyvom oteplenia vody v jazere (spravidla nad 20 °C). Toto revitalizačné opatrenie odporúčame preto uskutočniť ešte v jarých mesiacoch, spravidla do konca mája.

Pred samotnou realizáciou tohto opatrenia bude potrebné uskutočniť pokusné premiestnenie menšieho množstva úlomkov stolístka klasnatého (do 5 m³ zelenej hmoty) a jeho rozprestretie na hladine vody v južnej zátok Horného jazera č.1. Podľa intenzity narastania koreňkov na úlomkoch rastlín sa určí optimálne množstvo zelenej hmoty potrebné na aplikáciu do ostatných častí Horného jazera č.1, 2 a 3.

Pokiaľ sa podarí znovu obnoviť rast vyšších vodných rastlín v Hornom jazere možno ho v ďalšom období regulovať obdobne ako bolo popísané pri Dolnom jazere kosením. Pre kosenie, zber a

transport rastlín mimo rekreačno-športového areálu bude potrebné vytvoriť manipulačné priestory, ktoré nebudú obťažovať návštevníkov lokality zvýšeným zápachom počas týchto prác.

2. Zlepšenie komunikácie jazera s podzemnými vodami - odbahnenie

Podľa mapovania dnových sedimentov je prakticky celé jazero pokryté vrstvou bahňitého sedimentu. Na rozhraní sedimentu bahna a podložia je vytvorená kolmatačná vrstva, ktorá obmedzuje komunikáciu jazera s podzemnými vodami a obmedzuje prenikanie "čistej" podzemnej vody do jazera počas kolísania hladín.

Pre zlepšenie komunikácie jazera s podzemnými vodami by bolo potrebné odstrániť časť povrchovej vrstvy bahna do mocnosti 0.25 metra. Ako ukazujú výsledky merania hĺbky dnových sedimentov (tab.1) stačilo by odstrániť túto povrchovú vrstvu napr. odsávaním, čím by sa odkrylo dno na podstatnej ploche Horného jazera, a to až na 51% plochy jazera. To by znamenalo prakticky obnovenie komunikácie podzemných vôd s jazerom. Pri takomto čiastočnom odbahnení by vzniklo cca 5500 m³ bahna, ktoré by bolo možné uložiť do zemných vsakovacích kaziet situovaných pri brehoch Dolného jazera (napr. polia medzi severnými výbežkami jazera č.1 a 3). Pri priemernej hĺbke vsakovacích kaziet cca 1.5 by išlo o celkovú plochu cca 3700 m², ktorá sa by sa rozdelila na jednotlivé kazety. V prípade realizácie tohto revitalizačného opatrenia bude potrebné pri návrhu aktivít a stavieb počítať s tým, že v priestore kaziet aj po ich rekultivácii bude nižšia únosnosť zemín pre zakladanie stavieb, takže tu budú môcť byť umiestnené len objekty drobnej architektúry (napr. odpočívadlá, detské ihriská a pod.).

3. Sprietočnenie jazera

Sprietočnenie jazera by prinieslo najradikálnejšiu pozitívnu zmenu v kvalite vody, ale aj v hydrobiologickom vývoji jazera. Aj keď podzemná voda neobsahuje vysoký obsah kyslíka, došlo by k podstatnému vyplaveniu nahromadených živín a vyčisteniu vody v jazere od nahromadených siníc a rias. Za súčasného vysadenia vyšších vodných rastlín (bod 1) a ich ďalšieho manažovania, došlo aj k podstatnému zvýšeniu obsahu kyslíka a zpriehľadneniu vody.

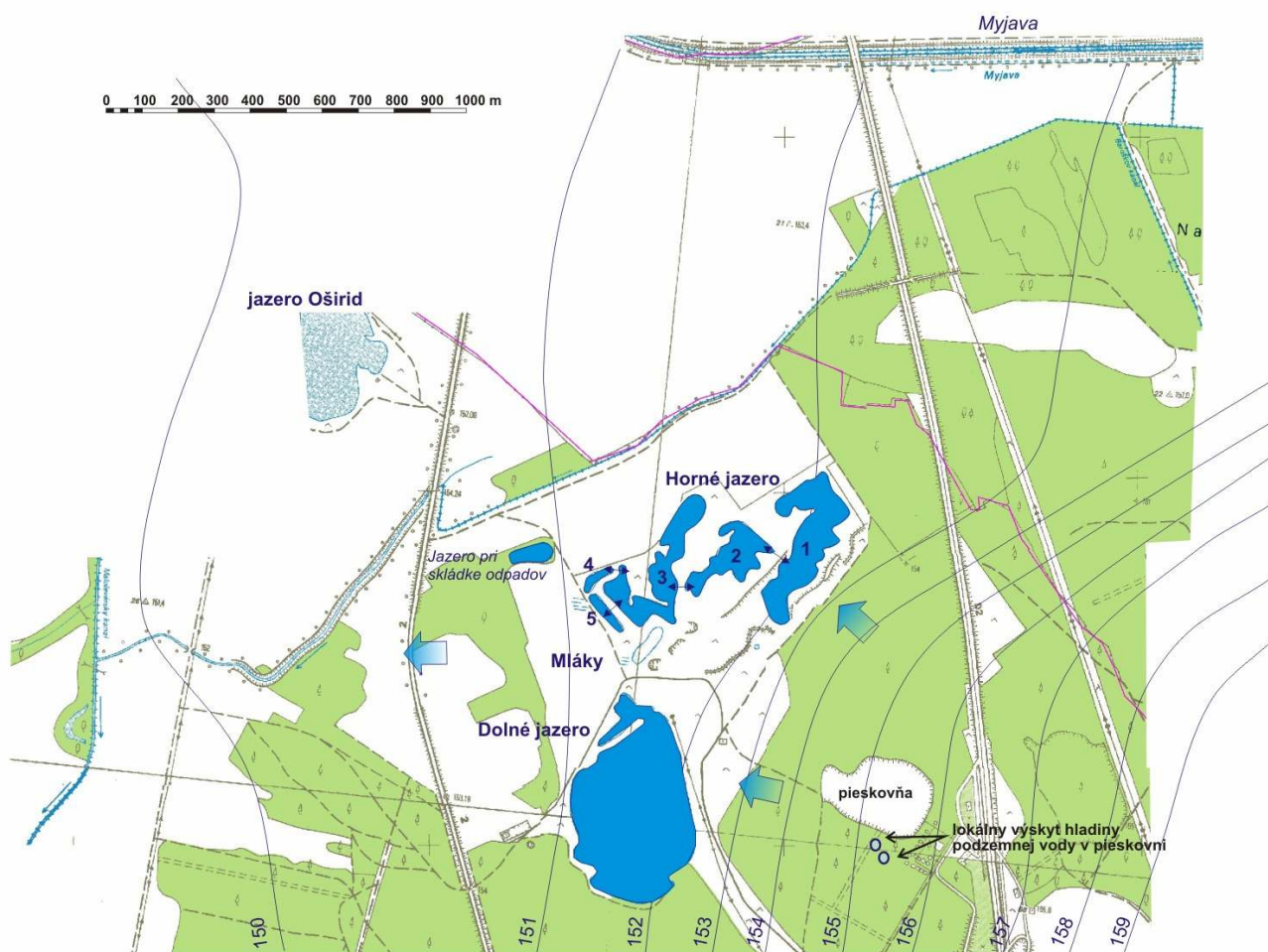
Matematickým modelovaním prúdenia vody a priebehu difúzných a disperzných procesov, ktoré bude prúdenie vyvolávať bolo overené, či vôbec možno v daných podmienkach uvažovať so sprietočnením a ak áno, aký efekt zlepšenia kvality vody by sa dal očakávať v jeho jednotlivých častiach Horného jazera.

Prúdenie vody bolo v jazere simulované pri prietoku 5 a 10 l/s. Ako bude ukázané nižšie pomery prúdenia sa prietokom nezmenili, mení sa len doba prestupu vody celým sprietočňovaným systémom. Ani pre čo najväčšie zapojenie plochy jazera do sprietočnenia nie je rozhodujúci prietok ale miesta kde bude voda do jazera vtekať a kde vytekať. Táto situácia je však determinovaná aj výškovými pomermi a celkovým tvarom jazera, vrátane jeho dodatočne vybudovanými prepojeniami. Vzhľadom na to bolo modelové riešenie uskutočnené pre 2 varianty odlišné prevedením vody cez jazero. Postup, metodika a výsledky modelovania sú uvedené v prílohe č.3.

Prítok vody

Pre sprietočnenie jazera je potrebné vytvoriť zdroj vody. V zásade pripadajú do úvahy dva zdroje. Jedným by bolo prečerpávanie čistej podzemnej vody z novobudovaných jazier, o ktoré sa plánujú rozšíriť severné vetvy jazera č. 1 a 3. Tento variant je finančne náročný z energetického hľadiska, i keď je potrebné zdôrazniť, že prečerpávanie by nemuselo prebiehať neustále, ale dal by sa výhodne aplikovať nočný režim prečerpávania.

Druhým zdrojom vody by mohli byť podzemné vody prúdiace popod pieskovú dunu, ktorá sa nachádza východne od Dolného jazera. Ich prítomnosť dnes možno overiť napr. v pieskovni, kde podzemná voda vystupuje na povrch na dvoch miestach. Podzemná voda je v týchto miestach vyššie oproti úrovni vody v Hornom jazere o cca 2 m, čo vytvára dobré predpoklady na jej gravitačné privedenie v uzavretom alebo otvorenom kanáli. Zistený výskyt podzemnej vody v pieskovni, ako aj výhodný výškový gradient, korešponduje so zobrazením generálnych hydroizohýps (obr. 10, Ekogeos, 2009).



Obr. 10 Priemerná výška hladiny podzemnej vody v širšom okolí Horného jazera a generálne smery prúdenia podzemnej vody (spracované podľa podkladov SHMÚ v práci Ekogeos, 2009)

Ako zdroj vody pre sprietočnenie by mohla slúžiť aj voda z rieky Myjavy, keďže by ju bolo možné dopraviť jestvujúcou sieťou kanálov (obr.1). Nateraz neprekonateľný problém však je kvalita vody v tejto rieke, ktorá podľa pozorovania SHMÚ dosahuje IV. až V. triedu čistoty, teda ide o vodu silne znečistenú najmä v oblasti bakteriologických, mikrobiologických ukazovateľov a v ukazovateľoch kyslíkového režimu. Na základe výsledkov monitoringu kvality vody v rieke Myjava nie je možné uvažovať ani s jarným obdobím, kedy síce stúpne prietok a klesne znečistenie v rieke, avšak aj v tomto prípade ide ešte o vodu znečistenú.

Prietok vody jazierom a vyvolané koncentračné zmeny

Situácia bodu napúšťania a vypúšťania vody z jazera je zrejmá z oboch zobrazených variantov sprietočnenia, ktoré predstavujú prúdenie pri prietoku 10 l/s. Ako vidno (obr. 11 a 12) v oboch prípadoch bude prúdenie prebiehať od severného brehu jazera č.1 po južné ohraničenie jazera č.5. Smer prúdenia vyjadrujú trajektórie - čiary s udaním dosiahnutej výškovej zmeny. V základnej podobe (obr. 11) dôjde už počas prvých 80 dní k celkovej výmene - zriedeniu vody po celej dráhe prúdenia. Intenzita riedenia (koncentračných zmien) bude smerom od prúdnice klesať podľa pomerov, ktoré vyvolá samotné prúdenie. Miera tohto vplyvu vyjadrená v % je zobrazená na oboch obrázkoch farebnými plochami. Ako vidno v prvom testovanom prípade prúdenie už nevyvolá podstatné zmeny v ostatných častiach jazera, kde bude prevládať stagnantný režim prúdenia.

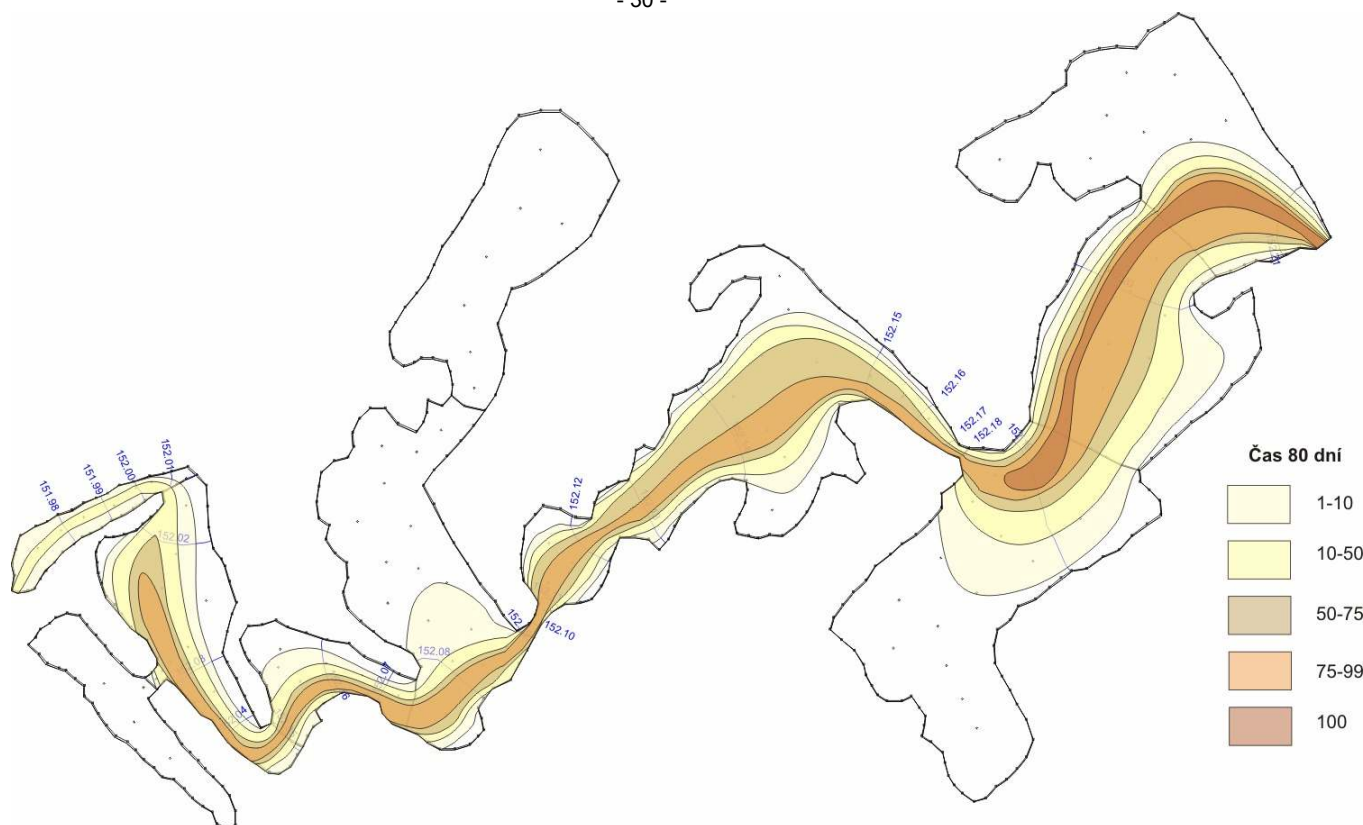
Aby sa dosiahla obmena vody v čo najväčšom objeme vody jazera bola overená aj alternatíva prepojenia severných vetiev jazera č.1 a 3. Prepojenie môže byť realizované otvoreným resp. uzavretým kanálom, podľa požiadaviek využitia tohto územia. Ako ukazuje výsledný obrázok modelovania (obr. 12) možno v prípade prepojenia oboch jazier dosiahnuť oveľa významnejšiu vodovýmenu a pozitívne ovplyvnenie väčšej časti Horného jazera. Vidíme, že rozsah zmien za rovnakú časovú jednotku (80 dní) nezasiahne celé jazero, avšak zmena bude postupovať v smere naznačených trajektórií až k výtoku jazera, teda je to otázka času. Zrýchlenie procesu by sa dosiahlo iba zväčšením prietoku pritekajúcej vody.

Vzhľadom na možnosť ovplyvniť väčšiu plochu jazera, možno odporúčať variantu so spojením Horného jazera č.1 a 3.

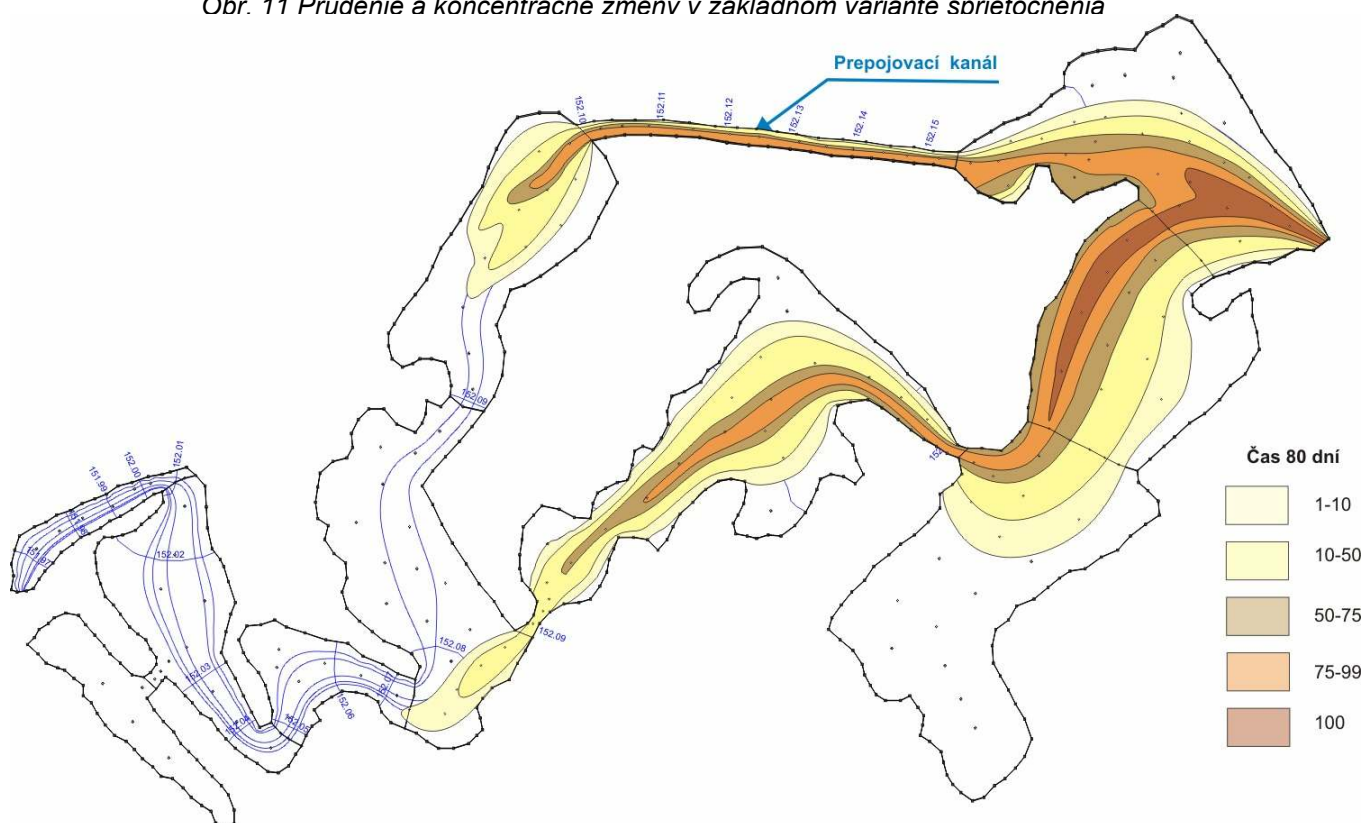
Odtok vody z jazera

Na odtok vody z jazera možno výhodne využiť blízkosť pokračovania Baroškovho kanálu. Ten je situovaný v dostatočnom prietochnom profile severne od Horného jazera. Jeho minimálnu prietochnú kapacitu aj bez vyčistenia koryta možno odhadnúť na viac ako 0.5 m³/s. Prietok vody 10 l/s, ktorý sa uvažuje pri sprietočnení Horného jazera za dostatočný, teda neovplyvní vodohospodárske funkcie tohto kanálu ani za maximálnych vodných stavov.

Z hľadiska riešenia využitia územia však bude potrebné vybudovať odpadový kanál z južného konca jazera č.5. Kanál môže byť vybudovaný napr. pozdĺž poľnej cesty, ktorá smeruje od tohto jazera k jazeru so skládkou odpadu, kde sa v bezprostrednej blízkosti nachádza pokračovanie Baroškovho kanálu, do ktorého by bol zaústený.



Obr. 11 Prúdenie a koncentračné zmeny v základnom variante sprietočnenia



Obr. 12 Prúdenie a koncentračné zmeny vo variante sprietočnenia so spojením severných výbežkov Horného jazera č.1 a 3.

5.3 Ekonomické porovnanie revitalizačných opatrení Horného jazera

Medzi finančne najnáročnejšie revitalizačné opatrenia patrí prehĺbenie dna jazera, odstránenie dnových sedimentov - bahna a sprietočnenie jazera. Oproti tomu je obnova rastu vyšších vodných rastlín finančne najmenej náročným revitalizačným opatrením.

Pre posúdenie ceny jednotlivých opatrení bol uskutočnený prieskum u najznámejších dodávateľov daných prác, resp. u dodávateľov, ktorí už pracovali na danom území.

Tab. 7 Prehľad cien najdôležitejších revitalizačných opatrení na Hornom jazere

revitalizačné opatrenie	oslovený dodávateľ	odhad ceny € (bez DPH)
prebágrovanie dna jazera do hĺbky 3 m	Alas, a.s., Bratislava	830000
	Sonda, s.r.o., Most pri Bratislave	1000000
	Nautilus, s.r.o., Bratislava	950000
odbahnenie dna odsávaním	Nautilus, s.r.o., Bratislava: odbahnenie 5500 m ³ + vsakovacie kazety	40000
	Lignáriu, Bratislava: odbahnenie 5500 m ³ + zaoranie do pôdy	65000
sprietočnenie	zemné práce (prívod.+ odpad. kanál: 12000 m ³ x 15€)	30000 až 180000
	zemné práce záchyt vody - vodný zdroj (5000 m ³ x 15€)	0 až 75000
	prieskum (hydrogeologické práce Ekogeos + modelovanie SKOV)	25000
	spolu	55000 až 280000*
obnovenie porastu vyšších vodných rastlín úlomkami	Lignáriu, Bratislava: kosenie, transport, aplikácia úlomkov do vody	6200
monitoring kvality vody Horného aj Dolného jazera	SKOV: 5 pozorovaní ročne s návrhmi operatívneho manažmentu kvality vody jazier	6000

poznámka:

* cena závisí od spôsobu riešenia, najlacnejší variant je zriadenie iba odtoku, najdrahší je zriadenie vodného zdroja, odtoku a prítoku vody

V tab. č.7 sú uvedené zaokrúhlené ceny, pričom u všetkých dodávateľov boli ceny prác stanovené ako priemerné, od ktorých sa môže skutočná cena, po overení konkrétnych podmienok zvýšiť až o 20 až 30%.

Pri realizovaní opatrení bude potrebné zvážiť, s ktorými sa začne ako s prvými. Vždy po uskutočnení niektorého opatrenia bude potrebné zmonitorovať jeho dopad a rozhodnúť o ďalšom postupe.

Odporúčame začať najjednoduchším a pritom veľmi účinným opatrením - s obnovou porastu vyšších vodných rastlín. Opatrenie je organizačne aj finančne nenáročné a malo by sa uskutočniť v jarom období. Súbežne s ním by bolo vhodné začať s monitoringom kvality vody jazier. Odporúčame tiež realizovať prieskumnú časť sprietočnenia, v prípade potvrdenia niektorého z najlacnejších variantov by sa ušetrili veľké finančné prostriedky potrebné na odbahnenie resp. prehĺbenie.

6. Záver

Počas riešenia úlohy bol uskutočnený celý rad pozorovaní, ktoré boli v rámci vymedzeného času riešenia zamerané na charakteristiku oboch jazier na lokalite Mláky pri Sekuliach. Na základe charakteristiky tvaru a hĺbky jazier, výskytu dnových sedimentov, chemického, biologického a bakteriologického zloženia ako aj niektorých špecifických botanických a zoologických charakteristík bol navrhnutý manažment jazier smerujúci k dlhodobému udržaniu alebo zlepšeniu kvality vody a estetických hodnôt vodných plôch pre rekreačné a športové využitie.

V zásade možno konštatovať, že z pohľadu kvality vody ako aj jej estetických vlastností pre rekreačné a športové využitie plne vyhovuje Dolné jazero. Ide najmä o dobrý kyslíkový režim jazera, primeraný rozvoj vyšších vodných rastlín, kvalitu vody a priehľadnosť vyhovujúcu pre účely kúpania. Navrhované revitalizačné opatrenia sú zamerané najmä na udržanie súčasného dobrého stavu jazera. Jedným z hlavných revitalizačných opatrení je udržiavanie primeraného objemu vodnej biomasy riaditeľným spôsobom, teda napr. kosením.

Podstatne problémavejšie je Horné jazero, kde bola zistená zhoršená kvalita vody, prítomnosť vodného kvetu, nízka priehľadnosť, veľmi nízky obsah kyslíka vo vode, pričom špecifické biologické ukazovatele (najmä zoobentos) indikujú procesy zazemňovania a postupného zanikania jazera. Tento zhoršený stav je daný nielen decimovaním vyšších vodných rastlín bylinožravými rybami, ale aj komplikovaným tvarom jazera a jeho relatívne malou hĺbkou. Ako hlavné revitalizačné opatrenie je navrhované obnovenie porastov vyšších vodných rastlín a ich následné manažovanie kosením vo vzťahu k obmedzeniu vzniku a rozvoja vodného kvetu. Spomedzi všetkých opatrení sa jedná o relatívne najlacnejšie riešenie, aj keď vyžaduje istý odborný dohľad a priebežný monitoring jazera zameraný na kontrolu rastu vyšších vodných rastlín a stavu fytoplanktónu, ako aj využitie potápačov pri kosení vodných rastlín.

Ďalším významným revitalizačným opatrením na Hornom jazere je čiastočné odstránenie bahenných sedimentov a to do mocnosti cca 0,25 m, čím by sa však zlepšila komunikácia jazera s podzemnými vodami na viac ako 50% plochy jazera. Pre uskutočnenie tohto opatrenia bude potrebné zrealizovať vsakovacie kazety - nádrže kde bude bahno premiestnené od sacieho bagra. Toto opatrenie vyžaduje zvýšené finančné nároky nielen na jeho prípravu (úprava sacieho bagra), ale najmä realizáciu (hlavne zemné práce pre vytvorenie vsakovacích kaziet). Nemožno pritom vylúčiť čiastočné zničenie brehových porastov.

Najradikálnejšie revitalizačné opatrenie spočíva v sprietočení Horného jazera. Ide o opatrenie, ktoré je zároveň aj najdrahšie. Matematickým modelom boli v rámci možností riešenej úlohy overené dva základné varianty sprietočnenia, pričom sa predpokladá, že bude možné vytvoriť primeraný zdroj vody ako aj možnosť odvieť vypúšťanú vodu do kanálového systému. Pre overenie ďalších variant sprietočnenia (napr. len napúšťanie alebo len vypúšťanie s umelo vyvolanou drenážou/infiltráciou) bude potrebné získať podrobnejšie informácie najmä o hydrogeologických pomeroch v okolí jazera. Pôjde najmä o konkretizovanie vodného zdroja a jeho výdatnosti, posúdenie možností indukovaného prítoku podzemnej vody umelým vypúšťaním jazera do Baroškovho kanála a pod. Takto zameraná úloha presahuje rámec zadaného rozsahu a mala by byť samostatnou úlohou. Úlohu je možné

rozdeliť do dvoch etáp: 1. modelové overenie možnosti indukovaného vsaku podzemných vôd pri kontrolovanom výtoku - vypúšťaní, 2. overenie možnosti vytvorenia vodného zdroja (cca 4 hydrogeologické vrty, čerpace skúšky) a vyvolania prietoku jazerom.

Vzhľadom na vyššie uvedené, ako aj na finančnú náročnosť revitalizačných opatrení možno odporučiť začať s obnovou porastu vyšších vodných rastlín (stolístok klasnatý), čo je technicky najjednoduchšie a pritom veľmi účinné opatrenie.

Odporúčame tiež realizovať prieskumnú časť sprietočnenia, so zameraním na overenie najlacnejšieho variantu - vyvolanie drenáže a tým aj vodovýmeny v jazere jeho regulovaným vypúšťaním do pokračovania Baroškovho kanála.

Vzhľadom na skutočnosť, že v rámci riešenej úlohy boli uskutočnené iba jednorázové pozorovania, ako aj vzhľadom na závažný stav kvality vody v Hornom jazere odporúčame zaviesť priebežný monitoring kvality vody, stavu vyšších vodných rastlín a rozvoja fytoplanktónu. Tento monitoring by bol veľmi nápomocný pri konkretizovaní jednotlivých revitalizačných opatrení, ale mohol by byť využitý i ako doklad starostlivosti o jazerá voči potenciálnym klientom či návštevníkom budúceho rekreačno-športového areálu.

OBSAH:

1. Úvod
2. Rozsah a zameranie uskutočnených pozorovaní
3. Charakteristika abiotických charakteristík jazier
 - 3.1 Morfológia dna jazier
 - 3.2 Výskyt dnových sedimentov
4. Kvalita vody v jazerách
5. Charakteristika hydrobiologického oživenia vody jazier
 - 5.1 Hydrofytné vodné rastliny a ich biomasa
 - 5.2 Helofytné vodné rastliny tvoriace brehové porasty
 - 5.3 Fytoplanktón a ekológia jazier
 - 5.4 Zoobentos a ekológia jazier
5. Návrh revitalizačných opatrení
 - 5.1 Dolné jazero
 - 5.2 Horné jazero
6. Záver

Prílohy:

- č.1 Laboratórne rozbory vody
- č.2 Záznam zo sonarového pozorovania vodných rastlín
- č.3 Prehľad všetkých zistených druhov fytoplanktónu
- č.4 Matematický model sprietocenia Horného jazera