

VÝVOJ VLNKOSTNÉHO REŽIMU NA VYBRANÝCH LOKALITÁCH OVPLYVNENÝCH VODNÝM DIELOM GABČÍKOVO

Igor Matečný, Zoltán Bedrna*

* Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava, matecny@fns.uniba.sk, bedrna@fns.uniba.sk

Development in the moisture regime on selected sites affected by the Gabčíkovo Waterworks

Construction and operation of the Gabčíkovo Waterworks has influenced the environment of the region. Three years before the waterworks were put into operation the monitoring (controlling and watching system) of the environmental impact of the Gabčíkovo waterworks started. This complex monitoring system included the Monitoring System of Biota involved with observation of fauna and flora. The role of this monitoring is to observe changes in the relatively undisturbed ecosystems of the Danube floodplain and adjacent area potentially endangered by construction and operation of the waterworks. Changes in the moisture regime have a basic impact on terrestrial ecosystems. The paper provides an example of the methodological approach to long-term monitoring of soil moisture regimes and an overview of results collected during 20 years of observations. The data demonstrate the change in the moisture regime and its impact on the affected terrestrial ecosystems.

Key words: monitoring of biota, soil moisture regime, geosystem habitat conditions, Gabčíkovo waterworks

ÚVOD

V posledných desaťročiach bola v zahraničí venovaná zvýšená pozornosť teoretickému i aplikovanému výskumu veľkých riek, osobitne ich inundačným územiám (Ward a Stanford 1995, Schiemer et al. 2001 a Ward et al. 2002). Význam hydrologickej konektivity medzi riekou a jej inundačným územím zdôraznili napríklad Amoros and Roux (1988), Amoros and Bornette (2002) a Chovanec et al. (2005). Výstavba priehrad na veľkých riekach mala významné negatívne dosahy na ich ekosystémy, osobitne s ohľadom na narušenie hydrologickej konektivity medzi hlavným tokom a ostatnými vodnými telesami v rámci inundácie (Tockner et al. 1998 a Ward et al. 1999). Snaha o nápravu negatívnych dôsledkov vodných diel viedla k návrhom na revitalizáciu smerujúcu k ich zmierneniu (Schiemer et al. 1999 a Jungwirth et al. 2002). V našich podmienkach bol v odbornej verejnosti široko diskutovaný problém možného negatívneho vplyvu výstavby a prevádzky Vodného diela Gabčíkovo (ďalej VDG) na prírodné prostredie.

Z uvedeného dôvodu v roku 1989, tri roky pred výstavbou VDG, sa začal budovať a doteraz sa prevádzkuje systém monitorovania vplyvu vodného diela na prírodné prostredie. Komplexný monitoring si kládol za cieľ zachytiť zmeny vyvolané výstavbou a prevádzkou VDG na prírodné prostredie (Mucha a Lisický, eds. 2006). Popri monitorovaní zmien a kvality povrchovej a podzemnej vody či monitoringu poľnohospodárskych pôd i lesných ekosystémov

významnú časť z hľadiska environmentálneho predstavuje monitoring bioty (Matečný 2008). Monitoring bioty je zameraný na sledovanie zmien fauny a flóry v dotknutom území s ohľadom na zmeny vlhkostných pomerov vplyvom výstavby a prevádzky VDG. Okrem sledovania vybraných skupín fauny a monitorovania flóry sa ako významný podklad pre hodnotenie vývoja ekosystémov využívajú údaje o zmenách vlhkostného režimu prostredia a jeho vplyv na biotu (prioritne na flóru a suchozemské spoločenstvá fauny). Cieľ monitorovania menovaných ukazovateľov spočíval v sledovaní prípadných negatívnych vplyvov na vysušovanie niektorých lokalít z hľadiska rozsahu aj intenzity. Súčasne sa preverovala možnosť riešenia eliminovania týchto javov počas výstavby a prevádzkovania vodného diela. Dlhodobý rad sledovaní tak zabezpečuje získanie objektívnych údajov, ktoré v prípade vlhkostného režimu prostredia vyžaduje nepretržitý rad nameraných údajov počas niekoľkých rokov. Okrem dĺžky trvania monitoringu má veľký význam aj počet a umiestnenie pozorovacích lokalít. Najvýraznejší a bezprostredný vplyv na vlhkostný režim pôd a prostredia sa prejavuje v priestore medzi novým a starým korytom Dunaja, ktorý je inundačným územím so systémom ramien (obr. 1). Vplyv VDG však možno pozorovať aj v oblasti priľahlej k zdrži Čunovo, pod vodným dielom, aj na veľkej časti Žitného ostrova.

Vlhkostný režim pôd, najmä z aspektu hladiny podzemnej vody, za roky 1969-1996 na 20 stanovištiach územia Žitného ostrova zhodnotili Fulajtár et al. (1998). Konštatovali, že vývoj hladiny podzemnej vody bol za štyri roky prevádzkovania vodného diela takmer na celom území Žitného ostrova vzostupný, čo je zásadná pozitívna zmena. Na hornom Žitnom ostrove výrazný vzostup hladiny podzemnej vody a jej kapilárneho zdvíhania do evotranspiračnej zóny pôdnej pokrývky znížil v príbrežnej zóne závislosť vodného režimu pôdy od atmosférických zrážok. V polohách s hladinou podzemnej vody v štrkovom súvrství sa zachoval pôvodný vodný režim stanovišť. Mierne stúpajúca hladina podzemnej vody v neskeletovitých pôdach, v ktorých kapilárna voda vystupuje až do povrchových vrstiev, zachováva a stabilizuje pôvodný veľmi priaznivý vodný a vlhkostný režim pôd. Nenaplnili sa tak obavy z výrazného poklesu hladiny podzemnej vody spojenej so zmenou hydromorfného na automorfný vodný režim, sprevádzaný mineralizáciou pôdnej organickej hmoty, rozširovaním plochy zasolených pôd a celkovým poklesom kvality pôdneho fondu.

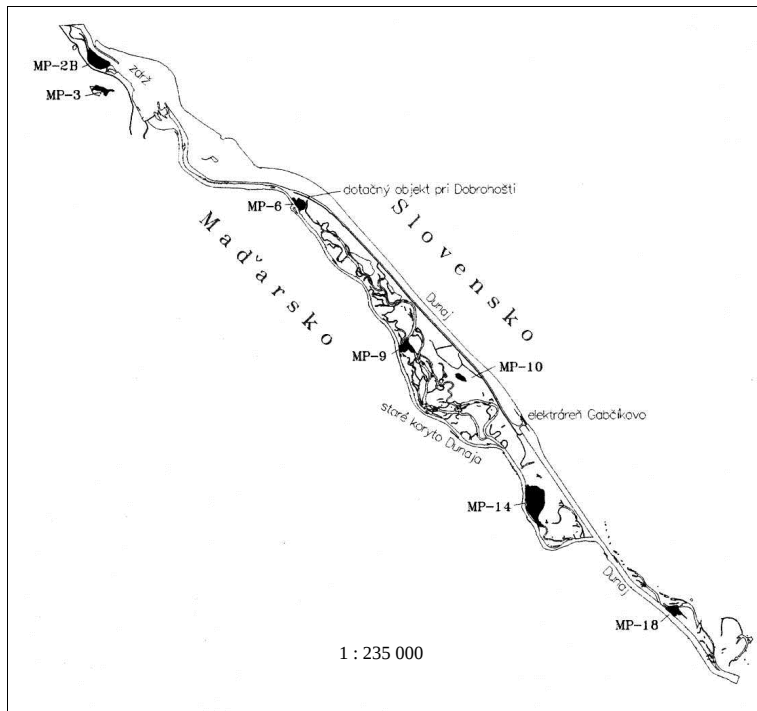
Monitoring prírodného prostredia ovplyvneného VDG zhodnotili v rôznych rokoch aj Mucha, ed. (1995), Mucha a Lisický, eds. (2006), Matečný (2008 a 2010), Matečný, ed. (2011) a Mucha et al., eds. (2012). Doterajšie výsledky monitorovania vlhkostných podmienok vo vzťahu k biote poukázali tak na zlepšenie, ako aj na zhoršenie, respektívne stabilizáciu prírodných podmienok stanovišť v závislosti na ich polohe vzhľadom na vodné dielo. Zdvih hladiny podzemnej vody a zlepšenie vlahovej bilancie i stavu biocenóz sa zaznamenali v oblasti čunovskej zdrže. Pokles hladiny podzemnej vody s negatívnym vplyvom na terestrické spoločenstvá sa zistil na niektorých miestach inundačnej oblasti medzi starým a novým korytom Dunaja. Fluktuácia vlhkostného režimu prostredia a stavu ekosystémov prirodzeného charakteru pokračovala v miestach pod sútokom nového a starého koryta Dunaja pod obcou Sap. Analýza výsledkov monitorovania vlhkostného režimu stanovišť a stavu bioty potvrdila, že VDG vplýva na terestrické spoločenstvá predovšetkým zmenou hydrologic-

kého režimu podzemnej vody. Zistené vysušovanie prostredia na niektorých miestach inundačného územia je možné upraviť a optimalizovať technickým opatrením, ktoré by spočívalo vo vybudovaní dnových prehrádzok v starom koryte Dunaja (Mucha et al., eds. 2012).

Cieľom príspevku je zhodnotenie 20-ročného priebehu stavu vlhkostného prostredia na vybraných stanovištiach monitorovania bioty ako súčasti monitoringu vplyvu VDG na prírodné prostredie s uvedením návrhov na jeho prípadné zlepšenie v lokalitách s negatívnym vývojom vlhkostného režimu.

MATERIÁL A METODIKA

Záujmové územie monitoringu bioty predstavuje stacionárne monitorovacie plochy lokalizované v súčasnej inundácii Dunaja alebo v relatívne tesne nadväzujúcom prihrádzovom priestore (obr. 1).



Obr. 1. Vybrané plochy monitoringu bioty s meraním pôdnej vlhkosti

Na sledovanie vlhkostného režimu prostredia (vlhkosť pôdy, hladina podzemnej vody) v rámci plôch monitoringu bioty bolo vybudovaných sedem monitorovacích plôch (ďalej MP), reprezentatívnych z hľadiska prírodných podmienok sledovaného územia (celkový počet MP bioty je vyšší – z pôvodných 24 MP, založených v roku 1989, sa dodnes trvale sleduje 10 MP).

Lokality MP-2B a MP-3 sa nachádzajú pri čunovskej zdrži. Po výstavbe VDG sa tu predpokladalo zvýšenie vlhkosti prírodného prostredia. Lokality MP-6, MP-9, MP-10 a MP-14 charakterizujú postupne inundačné územie medzi novým a starým korytom Dunaja (obr. 1). Lokalita MP-18 situovaná pod vodným dielom pri obci Kľúčovec mala charakterizovať (spolu s ďalšími MP) zmeny po výstavbe vodného diela Nagymaros. K tomu však nedošlo, a preto predstavuje pôvodné prírodné prostredie.

Tab. 1. Charakteristika vybraných plôch monitoringu bioty vplyvu vodného diela Gabčíkovo na prírodné prostredie

Kód	Názov lokality	Rozloha (ha)	Priemerná nadmorská výška (m)	Pôvodný porast/typ vegetácie (Jurko 1958)	Pôvodná prognóza vývoja vlhkosti
MP-2B	Dolný rusovský ostrov	70,60	130-132	<i>Fraxino-populetum</i>	zamokrenie
MP-3	Ostrovne lúčky	31,72	127-128	<i>Salici-populetum</i>	zamokrenie
MP-6	Dunajské kriviny	33,02	123-124	<i>Salicion albae</i>	vysušovanie
MP-9	Bodícka brána	33,60	119	<i>Salicion albae</i>	vysušovanie
MP-10	Kráľovská lúka	9,28	115-116	<i>Salicion albae</i>	vysušovanie
MP-18	Sporná sihoť	19,96	112-113	<i>Populeto-salicion</i>	ustálený stav

Základné geoekologické parametre jednotlivých lokalít spočívali v opise pôdnych profilov, fyzikálnej charakteristike (zrornosť, pórovitosť, objemová hmotnosť redukovaná, merná hmotnosť a maximálna kapilárna kapacita) a chemickej charakteristike (obsah humusu, solí, pôdna reakcia, obsah dusičnanového N, fosforu, draslíka, horčíka, humusu, uhličitanov, obsah rozpustných solí, sorpčné vlastnosti, pH/H₂O a pH/KCl) pôdnych vzoriek zistených metódami podľa príručky Hraška et al. (1962), resp. Fialu, ed. (1999). Parametre pôdy boli sledované v roku 1989, v rokoch 1991-1995 a v roku 2006 na všetkých siedmich MP.

Monitoring vlhkostných podmienok prírodného prostredia inundačného územia a príľahlých lokalít spočíva v periodickom meraní hladiny podzemnej vody a vlhkosti pôdy. Meranie hladiny podzemnej vody sa realizuje automatickými hladinomermi SHMÚ v lokalitách MP-6, MP-9, MP-10, MP-14 a MP-18 dva až trikrát mesačne, v lokalitách MP-6, MP-9 a MP-14 navyše aj v denných intervaloch. Objemová vlhkosť pôdy sa meria neutrónovou metódou v približne 14-denných intervaloch (tab. 2). Sondu na meranie hladiny podzemnej vody a sondu na meranie pôdnej vlhkosti ukazuje obr. 2. Počet ročných meraní závisí tak od prístupnosti lokalít (záplavy), ako aj od financovania výskumu v danom roku. Meria sa v hĺbkach každých 0,1 m až po hladinu podzemnej vody od roku 1990 a v lokalitách MP-2B a MP-3 od roku 1995. Hĺbky merania sú nasledovné: MP-2B do 3,3 m, MP-3 do 3,0 m, MP-6 do 6,0 m, MP-9 do 5,0 m, MP-10 do 2,0 m, MP-14 do 5,0 m a MP-18 do 3,6 m. Metodicky sa vlhkostné pomery stanovíť sledovali podľa zmien vlhkosti pôdy, hladiny podzemnej vody a následnej reakcie bioty. Neregistrovali a nehodnotili sa na jednotlivých stanovištiach atmosférické zrážky, vlhkosť vzduchu, hladiny povrchovej vody a výpar.



Obr. 2. Sondy na meranie pôdnej vlhkosti a hladiny podzemnej vody

Tab. 2. Počet cyklov merania pôdnej vlhkosti za rok

MP	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2B						12	24	30	5	16	21	21	19	21	21	21	21	21	21	20		
3						8	26	30	5	16	21	23	21	21	21	21	21	21	21	20		
6	28	29	30	32	25	28	27	30	14	16	21	23	21	21	21	21	21	21	17	20	21	
9	27	28	27	30	25	21	27	30	14	16	21	22	20	20	21	20	21	19	19	14	17	21
10	28	29	29	30	26	29	27	30	14	16	21	21	21	21	21	21	21	20	20	17	18	21
14	28	29	30	30	26	27	25	30	14	16	21	23	19	21	21	21	21	21	17	18	21	
18	27	29	26	30	24	21	26	28	13	13	20	22	19	21	21	20	21	20	21	16	18	21

Ekologický vlhkosťný režim pôdy sa hodnotil podľa klasifikácie navrhutej Kutílkom (1978). Menovaný na základe hodnôt celkovej pórovitosti (S), maximálnej kapilárnej kapacity (MKK), poľnej vodnej kapacity (PK), zníženej dostupnosti vody (ZD), bodu vädnutia (BV) a čísla hygroskopicity (H) meraných v hĺbkach pôdy 0-0,2 m a 0,3-1 m v porovnaní s priebehom vlhkosti (V) klasifikoval vlhkosť pôdy ako aquatický stav ($V = S$), uvidický ($V = S$ až PK), semiuvidický ($V = PK$ až ZD), semiaridný ($V = ZD$ až BV), aridný ($V = BV$ až H) a hyperaridný interval ($PK < H$). Podľa tejto klasifikácie hodnotil dostupnosť vody pre rastliny v pôdach Slovenska napr. Fulajtár (1986).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

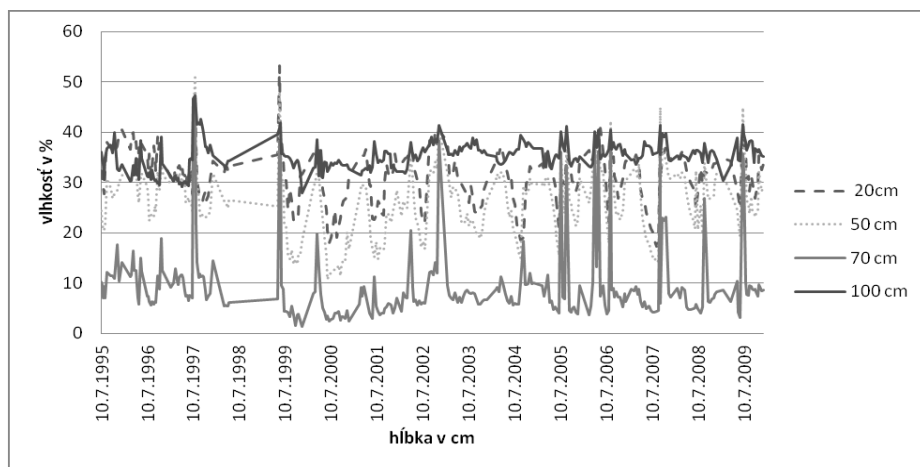
Priebeh vlhkosťného stavu každej lokality hodnotíme zo zostavených grafov údajov vlhkosti pôdy so zohľadnením fyzikálnych vlastností jednotlivých pôdných profilov. Reakciu bioty, v stručnom vyjadrení, uvádzame podľa prác Matečného (2008 a 2010).

Lokalita MP-2B Dolný rusovský ostrov

Plochu tvorí bývalý ostrov ohraničený zvyškom Rusovského ramena. Počas výstavby VDG v roku 1990 začalo vysychať, močiarnie biotopy zanikli. Výstavbou poldra po roku 1993 sa v tejto lokalite zvýšila hladina podzemnej vody o dva až tri metre. Aj keď pôda typu fluvizem modálna karbonátová je v celom profile piesočnatá s malým kapilárnym zdvihom vody, jej blízka hladina pri povrchu pôdy a najmä jej stabilizácia zlepšili vlhové podmienky v pôdnom profile, a teda aj vlhkosť stav celej lokality. Došlo k zlepšeniu vlhovej bilancie fytocenózy (tvrdý a mäkký lužný les). Pôdna vlhkosť (V) sa v jednotlivých rokoch (od roku 1995) a v jednotlivých hĺbkach pôdy pohybovala prevažne od 20 do 40 % obj. (obr. 3) s výnimkou horizontu 70 cm.

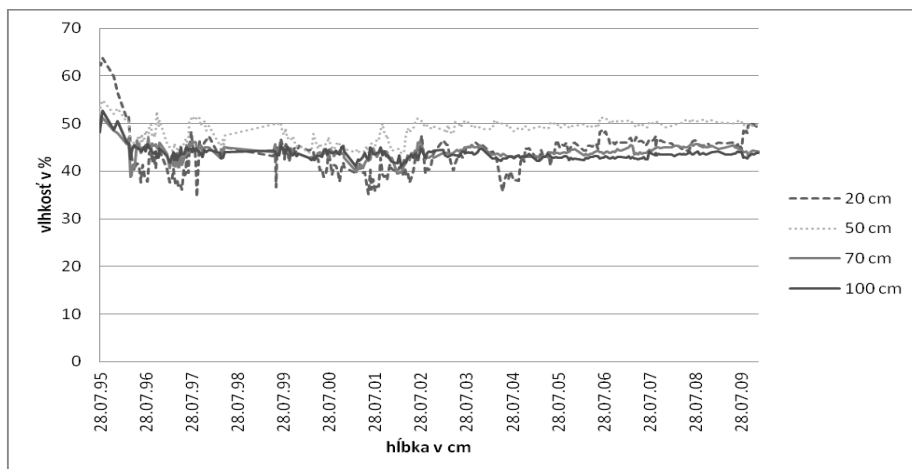
Lokalita MP-3 Ostrovné lúčky

Plocha leží pri čunovskej zdrži mimo inundačného územia. MP v ochrannom pásme vodného zdroja je súčasťou národnej prírodnej rezervácie. Do výstavby VDG, v rokoch 1990-1992, hladina podzemnej vody kolísala v hĺbke pod povrchom pôdy v rozpätí 1 až 3 metre. Od roku 1993 je ustálená v hĺbke 0,5 až 1 m. Tomu zodpovedá aj typ pôdy: fluvizem glejová, hlinitá (s vrstvou piesku v hĺbke 0,7-0,9 m), vyvinutá z karbonátových, stredne ťažkých aluviálnych sedimentov Dunaja. Glejový redukčný horizont (Gr) je v hĺbke 0,9 m. Kapilárna voda je plne využitá vegetáciou lužného lesa. V pôdnom profile meraná vlhkosť bola od roku 1995 stabilne vysoká – pohybovala sa v rozpätí 40-50 % obj. (obr. 4), pri hodnotách $S = 49$ až 72 % obj., $BV = 6$ až 12 % obj. a $H = 3$ až 8 % obj., čo predstavuje stav vlhky v zamokrenej pôde.



Obr. 3. Vývoj pôdnej vlhkosti na MP-2B vo vybraných horizontoch v rokoch 1995-2009

Celkove teda môžeme považovať stanovište za zamokrené, s prevahou aquatického stavu a uvidického intervalu vlhkosti pôdy (obr. 5).



Obr. 4. Vývoj pôdnej vlhkosti na MP-3 vo vybraných horizontoch v rokoch 1995-2009

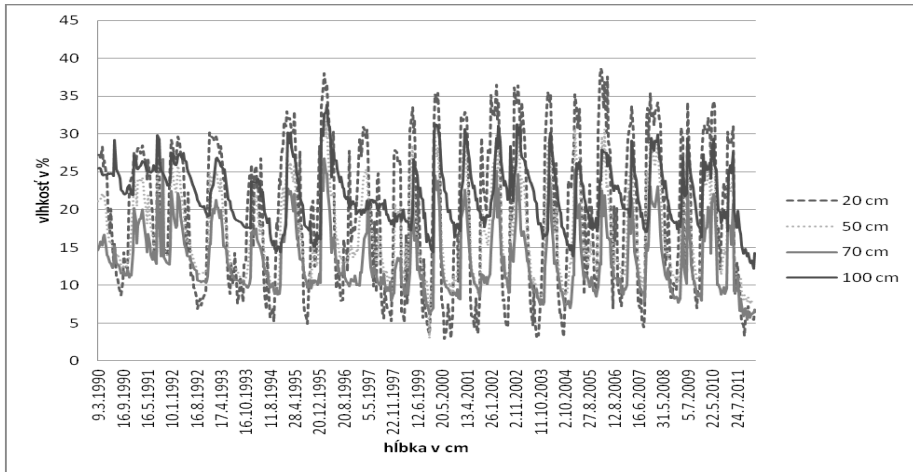


Obr. 5. MP-3 Ostrovné lúčky – hladina vody v obvodovom ramene po sprevádzkovaní VD Gabčíkovo

Lokalita MP-6 Dunajské kriviny

Plocha sa nachádza vedľa začiatku dotačného kanálu pri Dobrohošti. V južnej časti lokality tvorí bariéru stará dunajská hrádza, v severnej časti je to zvyšok staršieho zazemneného ramena Dunaja. V západnej časti sa pred výstavbou VDG nachádzali tri a v južnej časti jeden močiarny biotop, ktoré boli zatápané vždy pri vysokých stavoch vody v Dunaji. Vplyvom výstavby VDG sa predpokladal pokles hladiny podzemnej vody o 3-4 metre. Hladina podzemnej vody bola pred výstavbou VDG rozkolísaná a pohybovala sa v rozpätí 0,5-2,5 m pod úrovňou terénu. Pretože fluvizem modálna hlinitá vytvorená z hlinitých a od 115 cm hlbšie štrkovitých riečnych sedimentov mala dobré podmienky na

vzlínanie kapilárnej vody len pri vysokej hladine podzemnej vody, skutočný pokles po výstavbe vodného diela o 2,5-3,5 m pod úroveň terénu zapríčinil vysychanie stanovišťa a zánik močiarnych biotopov. Hladina podzemnej vody kolíše len slabó (1-1,5 m), a teda pôsobí na priebeh vlhkosti pôdy a stanovišťa len menšou mierou v porovnaní s atmosférickými zrážkami. To sa prejavuje aj vzájomným nesúlodom vlhkosti pôdy do 1 m a hladinou podzemnej vody.



Obr.6. Vývoj pôdnej vlhkosti na MP-6 vo vybraných horizontoch v rokoch 1990-2011



Obr. 7. MP-6 Dunajské kriviny – vysychanie porastu spôsobené poklesom hladiny podzemnej vody

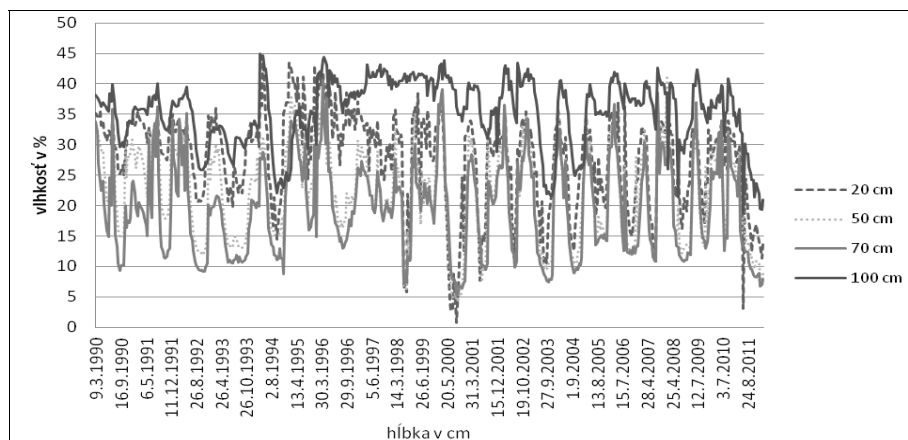
Jednotlivé hodnoty fyzikálnych vlastností pôdy predstavovali: S = 52 až 55 % obj., MKK = 22 až 25 % obj., PK = 35 až 40 % obj., ZD = 16 až 18 % obj., BV = 9 až 11 % obj. a H = 2 až 4 % obj. Pri kolísaní vlhkosti (V) od 5 až 35 % obj. v hĺbke pôdy 0,2 m a 10 až 25 % obj. v hĺbke pôdy 0,3 až 1 m zname-

najú pomerne častý semiaridný až aridný interval vlhkosti s nedostatkom vlhky pre rastliny. Do roku 1993 bola vlhkosť v intervale 15 až 30 % obj., menej rozkolísaná ako v súčasnosti. (obr. 6). Častejšie sa vyskytoval aj semiuvídicový interval vlhkosti pôdy.

V súčasnosti je vlhkosť stanovišťa viac závislá na atmosférických zrážkach ako na podzemnej vode. Podľa Matečného (2008) bolo pozorované vysychanie topoľov a pôvodne mäkký topoľový les (*Salicion albae*) sa mení na tvrdý les s výrazným úbytkom hydrofytov.

Lokalita MP-9 Bodícka brána

Lokalita tvorí polostrov a ostrov vytvorený recentnými riečnymi náplavmi. V severnej časti sa nachádza hlbšie prietochné Šulianske rameno, južná časť mala viacero plytkých neprietochných ramien. Bodícka brána bola jedna z najčlenejších ramenných sústav na slovenskom úseku Dunaja. Ramená komunikovali s hlavným tokom pomocou Šulianskeho ramena. To sa ale v roku 1992 prerušilo a od roku 1993 sa ramená napájajú len vodou z dotačného objektu pri Dobrohošti. Vďaka nemu a vybudovanému systému prehrádzok je úroveň vody v ramenách stabilizovaná. S výnimkou drénovaného pásu pri starom koryte Dunaja nedošlo v lokalite k poklesu hladiny podzemnej vody. Po výstavbe VDG sa predpokladalo zníženie hladiny podzemnej vody o 3-4 m s následným vysušovaním stanovišťa a úplným narušením vlhkomilných biotopov. Vybudovaním dotačného objektu pri Dobrohošti v kombinácii s prehrádzkami sa vytvoril účinný systém obnovenia ramenného systému. Aj ramená predtým neprietochné sa stali trvale prietochnými.



Obr. 8. Vývoj pôdnej vlhkosti na MP9 vo vybraných horizontoch v rokoch 1990-2011

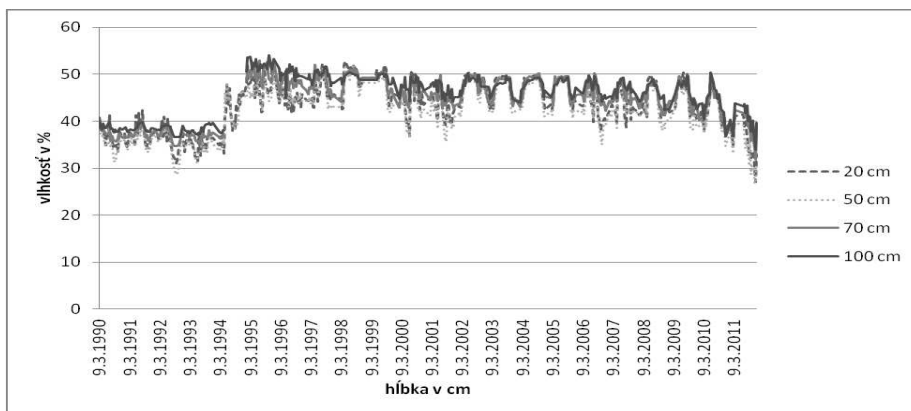
Z hľadiska pôdy predstavuje stanovište lokalitu s fluvizomou modálnou, so striedaním piesočnatých a hlinitopiesočnatých horizontov, pričom v hĺbke od 115 cm je hrubá štrková vrstva. Do tejto vrstvy štrku je pórovitosť pôdy 55 až 63 % obj., MKK = 26 % obj., PK = 38 až 45 % obj., ZD = 18 až 20 % obj., BV = 5 až 12 % obj. a H = 1 až 4 % obj. Hladina podzemnej vody bola pred

výstavbou vodného diela veľmi rozkolísaná v rozsahu 0,5-4,5 m. Po výstavbe diela je ustálenejšia v hĺbke 3-4 m a zriedkavo aj 1 m pod úrovňou terénu, z ramien však sústavne presakuje do okolitého terénu. Vlhkosť pôdy do roku 1993 bola menej rozkolísaná ako po výstavbe vodného diela. Pohybovala sa v rozpätí 10 až 40 % obj., a to ako v povrchových, tak aj podpovrchových horizontoch pôdy (obr. 8). V súčasnosti je 5 až 35 % obj. a v hĺbke 1 m často aj 40 až 45 % obj. V minulosti aj súčasnosti je teda v rozsahu od uvidického cez semiuvidický, semiaridny až po aridny interval.

Lokalita MP-10 Kráľovská lúka

Väčšiu časť lokality predstavuje odrezané rameno Dunaja, vo východnej časti čiastočne zazemnené. Ide o prírodnú pamiatku. Hydrologicky je plocha ovplyvnená vodou z povrchových a podzemných zdrojov. Hladina podzemnej vody sa udržuje stále blízko pod povrchom terénu. Pred výstavbou vodného diela bola značne rozkolísaná, v rozsahu 1 až 3 m pod terénom. Po výstavbe je stabilizovanejšia, najčastejšie v hĺbke 1 až 2 m pod terénom a občas aj úplne pri povrchu pôdy. Kapilárnemu vzostupnému pohybu vody v pôde napomáha aj jej zrnitosť. Fluvizem modálna karbonátová je totiž pri povrchu ílovitohlinitej a hlbšie hlinitej textúry. Voda vztláním ovplyvňuje celý pôdny profil. Výrazne redukovaný horizont Gr sa vyskytuje až v hĺbke 1,5 až 2 m, pričom nad ním je mramorovaný, hrdzavý a hnedý Go horizont. Pôda má v celom profile vysoký obsah humusu (2 až 6 %).

Namerané hydrolimity pôdy predstavovali: S = 48 až 60 % obj., MKK = 45 až 47 % obj., PK = 40 až 52 % obj., ZD = 30 až 35 % obj., BV = 7 až 17 % obj. a H = 4 až 8 % obj. Vývoj pôdnej vlhkosti (V) bol pred výstavbou vodného diela v rozpätí 30 až 40 % obj., zatiaľ čo po jeho výstavbe 40 až 50 % obj. (obr. 9). V obidvoch prípadoch ide o uvidický interval a zriedkavejšie aj aquatický stav ekologickej vlhkosti, ktorý plne zabezpečuje vlhové pomery hydrofilných rastlín. Aj napriek určitému zníženiu vlhkosti pôdy v posledných rokoch merania patrí monitorovacia plocha ku stanovištiam s najlepšimi a pomerne vyrovnanými vlhkosťnými podmienkami (obr. 10).



Obr. 9. Vývoj pôdnej vlhkosti na MP10 vo vybraných horizontoch v rokoch 1990-2011

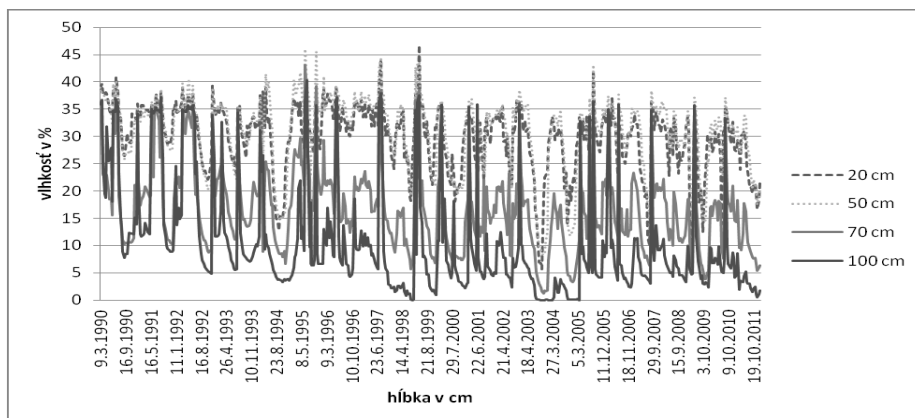


Obr. 10. MP 10 Kráľovská lúka – hladina podzemnej vody je vysoká, vlhkostné pomery sú priaznivé

Lokalita MP-14 Istragov

Stanovište predstavuje ostrov na nárazovom brehu Dunaja ohraničený staršími ramenami, kde boli až do výstavby VDG každoročné záplavy. Po výstavbe VDG sa predpokladal pokles hladiny podzemnej vody o 3-4 m, s negatívnym dosahom na biotu. Pôdne podmienky lokality predstavujú fluvizem modálnu karbonátovú bez skeletu, ale s postupne pribúdajúcou frakciou piesku od povrchu (hlinitý) až do substrátu (piesočnatý). Hodnoty hydrolimitov sa namerali v rozpätí: $S = 50$ až 65 % obj., $MKK = 31$ % obj., $ZD = 16$ až 23 % obj., $BV = 4$ až 12 % obj. a $H = 1$ až 5 % obj. Hladina podzemnej vody bola v minulosti a je aj v súčasnosti značne rozkolísaná, a to $0-3,5$ m a $0-4,5$ m pod povrchom terénu. Klesla cca o 1 m. Ročná dynamika pôdnej vlhkosti je veľmi intenzívna. Pred výstavbou VDG v hornej časti pôdneho profilu $V = 15$ až 40 % obj., zatiaľ čo v dolnej časti $V = 5$ až 35 % obj. Po výstavbe to bolo adekvátne $V = 20$ až 45 % obj. a $V = 1$ až 30 obj. %. (obr. 11). Z tejto skutočnosti vyplýva, že ako v minulosti, tak aj v súčasnosti je škála hodnotenia ekologickej pôdnej vlhkosti značne rozsiahla, a to od semiaridného po semiuvidecký, ako aj hyperaridného po uvidecký interval. Súvisí to zrejme nielen so stavom hladiny podzemnej vody, ale aj s množstvom atmosférických zrážok v jednotlivých suchých (1998 a 2003) a vlhkých (1995 až 1996, 2006 a 2010) rokoch a tiež s povodňami (2002). Pokles pôdnej vlhkosti sa vyznačuje zhoršením vlhkostných pomerov stanovišťa (obr. 12).

Zlepšenie stavu by si vyžadovalo výstavbu dnových prehrádzok v starom koryte Dunaja podobne ako v prípade lokality MP-6 Dunajské kriviny, na čo je však potrebný súhlas a spolupráca maďarskej strany (Mucha et al., eds. 2012).



Obr. 11. Vývoj pôdnej vlhkosti na MP14 vo vybraných horizontoch v rokoch 1990-2011

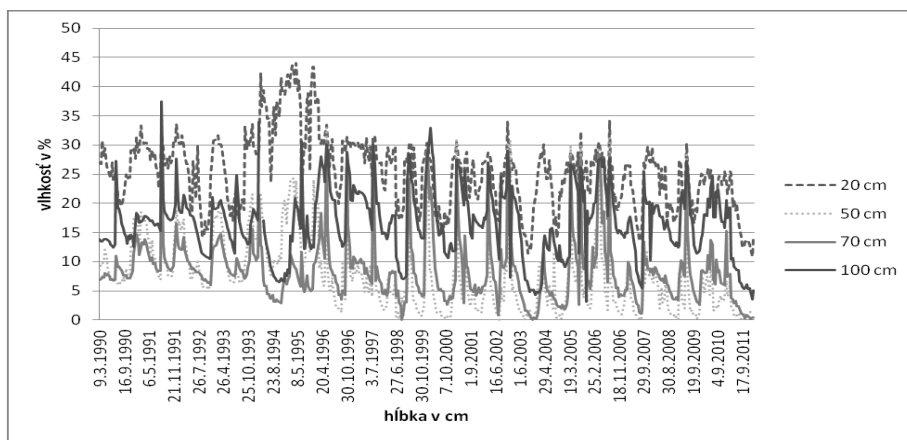


Obr. 12. MP 14 Istragov – pokles hladiny podzemnej vody viedol k vyschnutiu obvodového ramena počas väčšiny roka

Lokalita MP-18 Sporná sihoť

Monitorovacou plochou je súbor biotopov medzi Dunajom a Kľúčovským ramenom, vrátane priľahlej časti litorálu hlavného toku rieky. Výstavba VDG nemala ovplyvniť vlhkosťné pomery stanovišťa. V lokalite bol opísaný pôdny profil fluvizeme modálnej karbonátovej, textúrne bez skeletu, ale v hornej časti piesočnatohlinitý a v dolnej piesočnatý. Namerané hydrolimity majú nasledovné rozpätie hodnôt: S = 40 až 65 % obj., MKK = 22 % obj., ZD = 15 až 18 % obj., BV = 4 až 13 % obj. a H = 1 až 3 % obj. Hladina podzemnej vody pred aj po výstavbe VDG kolísala v rozpätí 0,5-3,5 m pod povrchom terénu. Takto sa správala aj dynamika vlhkosti pôdy. Táto však pred výstavbou diela neklesala vo vrchných častiach pôdy pod 5 % obj. (arídny interval ekologickej vlhkosti).

Avšak vďaka značnému rozpätiu vlhkosti ($V = 10\text{--}30$ až 40% obj.) v dolných častiach pôdy (obr. 13) popri arídnom a semiarídnom aj častom semiuvidickom a uvidickom intervale to výrazne nevlplyvalo ani nevlplyva na stav bioty. Priebeh pôdnej vlhkosti kopíruje stav hladiny Dunaja. Na skúmanej ploche bol a aj v súčasnosti sa nachádza topoľový les z prirodzenej obnovy, vlhkomilné lúky a vodné biotopy. Z vegetácie sú dominantnými životnými formami fanerofyty a nanofanerotypy, ktorých podiel v tejto fytoocenóze naďalej stúpa.



Obr. 13. Vývoj pôdnej vlhkosti na MP18 vo vybraných horizontoch v rokoch 1990-2011

ZÁVER

Tri roky pred výstavbou vodného diela Gabčíkovo na Dunaji sa vybudoval a doteraz sa prevádzkuje systém monitorovania bioty ako súčasť monitorovania vplyvu VD Gabčíkovo na prírodné prostredie. Súčasťou monitorovania je aj sledovanie vlhkostného stavu MP bioty s cieľom navrhnuť možnosti technického eliminovania prípadných negatívnych dosahov VDG. Monitoring potvrdil, že vlhkostný režim pôd, hydrologický režim podzemnej vody a stav bioty najlepšie poskytujú informácie o zmenách podmienených prevádzkovaním VDG. V príspevku sa hodnotí 20-ročný priebeh vlhkostného stavu prostredia na siedmich stanovištiach.

Lokality MP-2B Dolný rusovský ostrov a MP-3 Ostrovné lúčky sa nachádzajú v okolí čunovskej zdrže, kde sa predpokladalo zvýšenie vlhkosti prírodného prostredia. Aj v skutočnosti sa tam zvýšila vlhkosť a ustálila hladina podzemnej vody, vlhkosť pôdy signalizuje zamokrené stanovišťa. Lokality MP-6 Dunajské kriviny, MP-9 Bodícka brána, MP-10 Kráľovská lúka a MP-14 Istragov charakterizujú postupne inundačné územie nachádzajúce sa medzi novým a starým korytom Dunaja po ich sútok pri obci Sap. Pokles hladiny podzemnej vody a stavu vlhkosti pôdy sa zaznamenal na všetkých lokalitách okrem lokality MP-10. Na lokalite MP-9 vybudovanie dotačného objektu vody v kombinácii s prehrádkami v hlavnom toku Dunaja vylepšilo stav vody v ramenách a v pôde. Lokality MP-6 a MP-14 signalizujú zhoršenie vlhkostných

pomerov a zmenu vegetácie lesa s úbytkom hydrofytov. Riešením je vybudovanie prehrádzok v starom koryte Dunaja, na čo však musí byť súhlas maďarskej strany. Vlokalite MP-18 Sporná sihoť sa po výstavbe priehrady pri Nagymarosi predpokladal pokles hladiny podzemnej vody o 3-4 m. K tejto však nedošlo, a tak hladina podzemnej vody kolíše v rozpätí 0,5-3,5 m pod úrovňou terénu v závislosti od prirodzenej dynamiky Dunaja, čomu zodpovedá aj dynamika vlhkosti pôdy na danom stanovišti.

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu č.1/0937/11 financovaného grantovou agentúrou VEGA.

LITERATÚRA

- AMOROS, C., ROUX, A. L. (1988). Interaction between water bodies within the floodplains of large rivers: function and development of connectivity. *Münsterische Geographische Arbeiten*, 29, 125-130.
- AMOROS, C., BORNETTE, G. (2002). Connectivity and biocomplexity in waterbodies of riverine floodplains. *Freshwater Biology*, 47, 761-776.
- FIALA, K., ed. (1999). *Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda*. Bratislava (VÚPOP).
- FULAJTÁR, E. (1986). *Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie*. Bratislava (Veda).
- FULAJTÁR, E., ČURLÍK, J., BARANČÍKOVÁ, G., SEDLÁKOVÁ, B., ŠURINA, B. (1998). *Vplyv vodného diela Gabčíkovo na poľnohospodárske pôdy*. Bratislava (VÚPÚ).
- HRAŠKO, J., ČERVENKA, L., FACEK, Z., KOMÁR, J., NĚMEČEK, J., POSPÍŠIL, F., SIROVÝ, V. (1962). *Rozbory pôdy*. Bratislava (SVPL).
- CHOVANEK, A., WARINGER, J., STRAIF, M., GRAF, W., RECKENDORFER, W., WARINGER-LÖSCHENKOHL, A., WAIDBACHER, H., SCHULTZ, H. (2005). The floodplain index – a new approach for assessing the ecological status of river-floodplain system according to the EU Water Framework Directive. *Large Rivers*, 15, 169-186.
- JUNGWIRTH, M., MUHAR, S., SCHMUTZ, S. (2002). Re-establishing and assessing ecological integrity in riverine landscapes. *Freshwater Biology*, 47, 867-887.
- JURKO, A. (1958). *Pôdne ekologické pomery a lesné spoločenstvá Podunajskej nížiny*. Bratislava (Vydavateľstvo SAV).
- KUTÍLEK, M. (1978). *Vodohospodárska pedologie*. II. přepr. vydání. Praha (SNTL, Alfa).
- MATEČNÝ, I. (2008). *Geografický informačný systém monitorovania bioty ako súčasť hodnotenia vplyvu VD Gabčíkovo na prírodné prostredie*. Dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Bratislava.
- MATEČNÝ, I. (2010). Charakteristika monitoringu bioty ako súčasti hodnotenia vplyvu VDG na prírodné prostredie. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae*, 18, 34-46.
- MATEČNÝ, I., ed. (2011). *Štúdiá vplyvov uvažovaných opatrení na výskyt a kvalitu akvatických biotopov a na vývoj terestrickej vegetácie na území SR v úseku Dunaja Čunovo-Sap*. Bratislava (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave).
- MUCHA, I., ed. (1995). *Gabčíkovo part of the hydroelectric powerproject – environmental impact review*. Bratislava (Faculty of Natural Sciences, Comenius University).

- MUCHA, I., LISICKÝ, M. J., eds. (2006). Slovak-Hungarian environmental monitoring on the Danube 1995-2005. Slovak section. In *Danube monitoring Scientific Conference. 25-26 May, Mosonmagyaróvár, Hungary*. Bratislava (Ground Water Consulting Ltd.), p. 298.
- MUCHA, I., MATEČNÝ, I., RODÁK, D., eds. (2012). *Vyhodnotenie uvažovaných riešení koryta Dunaja v úseku Čunovo-Sap*. Bratislava (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, Slovenský vodohospodársky podnik, Konzultačná skupina podzemná voda).
- SCHIEMER, F., BAUMGARTNER, CH., TOCKNER, K. (1999). Restoration of floodplain rivers: the Danube restoration project. *Regulated Rivers: Research and Management*, 15, 231-244.
- SCHIEMER, F., KECKEIS, H., RECKENDORFER, W., WINKLER, G. (2001). The „inshore retention concept“ and its significance for large rivers. *Large Rivers*, 12, 509-516.
- TOCKNER, K., SCHIEMER, F., WARD, J. V. (1998). Conservation by restoration: the management concept for a river-floodplain system in the Danube River in Austria. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 8, 197-208.
- WARD, J. V., STANFORD, J. A. (1995). Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research and Management*, 11, 105-119.
- WARD, J. V., TOCKNER, K., SCHIEMER, F. (1999). Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones and connectivity. *Regulated Rivers: Research and Management*, 15, 125-139.
- WARD, J. V., TOCKNER, K., ARSCOTT, D. B., CLARET, C. (2002). Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology*, 47, 517-539.

Igor Matečný, Zoltán Bedrna

DEVELOPMENT IN THE MOISTURE REGIME ON SELECTED SITES AFFECTED BY THE GABČÍKOVO WATERWORKS

The monitoring of biota was established three years before construction of the Gabčíkovo Waterworks on the Danube and it provides environmental impact assessment for the waterworks. The monitoring of soil moisture and ground water table is part of the overall monitoring system. The objective is to observe and if necessary to propose technical options for eliminating possible negative impacts of the waterworks. Monitoring confirmed that the moisture regime of soils, the groundwater hydrological regime and the status of biota provide relevant information about changes in the environment resulting from operation of the waterworks. This paper assesses the changes in the moisture state of the environment in seven monitored plots (MP) over 20 years.

The MP-2B Dolný Rusovský ostrov and MP-3 Ostrovné lúčky are situated near the Čunovo reservoir, where the increase of moisture was expected. These expectations were fulfilled: the moisture increased and groundwater level stabilized. Recently the soil moisture and ground water level have indicated waterlogged habitats. The MP-6 Dunajské Kriviny, MP-9 Bodícka brána, MP-10 Kráľovská lúka and MP-14 Istragov sites characterize the inundation area between the Čunovo reservoir and the confluence of the old Danube and the new Danube near the village of Sap. The decline in groundwater level and soil moisture status was recorded for all sites in this area except the MP-10. At the MP-9 the contribution from the water supply complex near Dobrohošť in combination with water weirs in the river branch system improved the water level of river branches and increased soil moisture. At the MP-6 and MP-14 deterioration in moisture conditions and vegetation change in forest with loss of hydrophytes was de-

tected. The solution is to build dams in the old riverbed, which requires the consent of the Hungarian side. At the MP-18 Sporná sihot' a decrease in ground water level of 3-4 meters was expected after the construction of a dam at Nagymaros. This did not happen, and thus the ground water varies between the depth of 0.5 and 3.5 m below the ground level, depending on the Danube discharge. This is also valid for the dynamics of soil moisture at this site.

The construction and operation of the Gabčíkovo Waterworks has influenced the environment of the region. Long-term monitoring allows us to assess the impact of technical work and to propose the necessary measures to mitigate the possible negative impact on natural ecosystems.