TRETÍ VODNÝ ZDROJ V SYSTÉME VODNÝCH ZDROJOV V PODMIENKACH KLIMATICKEJ ZMENY

Július Šútor

Predkladaná štúdia analyzuje mikroštruktúru kolobehu vody v území spolu s vodou bilanciou, so zameraním na zónu aerácie pôdy, v ktorej sa počas uvedeného kolobehu akumuluje voda majúca v prírodných podmienkach funkciu vodného zdroja pre biosféru. S využitím údajov o výmere poľnohospodárskej a lesnej pôdy sna území Slovenskej republiky, údajov o hĺbke, ako aj experimentálne určených vlhkostných retenčných čiar pôdnych druhov boli výpočtom určené objemy vody v zóne aerácie pôdy pre vlhkosti zodpovedajúce poľnej vodnej kapacite (PVK), bodu zníženej dostupnosti vody rastlinám (BZD) a pre bod vädnutia (BV). Berúc do úvahy definície vodných zdrojov povrchovej a podzemnej vody je formulovaná zásoba vody v zóne aerácie pôdy ako vodný zdroj pre biosféru.

Kľúčové slová: Pôdna voda, Vlhkostný režim pôdy, voda v zóne aerácie pôdy

The third water source in the system of water resources under conditions of climatic change. *In the present paper a microstructure of hydrologic cycle in the territory is analysed, together with water balance, directed to unsaturated zone of the soil profile, or canopy, in which during the given hydrologic cycle, water is accumulated, having under natural condition the function of water resource for biosphere. With the use of data on the agriculture and forest land in the territory of Slovak Republic, data on the depth as well as experimentally established moisture retention curves of the soil types, by means of calculation there was determined water capacity in unsaturated soil for the moisture, corresponding to field capacity (PVK), to the point of decreased availability of water to plants (BZD) and to the willing point (BV). Considering the definition of water resources of surface water and groundwater, the definition of soil water is formulated as water resource for biosphere.*

Key words: Soil Water, soil moisture regime, and water in the aeration zone

---

ÚVOD

Zásoba vody v zóne aerácie pôdy tvorí zdroj vody pre biosféru a popri povrchovej vode (ako I. zdroja vody) a podzemnej vode (ako II. zdroja vody) v systéme vodných zdrojov územia predstavuje jeho III. vodný zdroj (Šútor,1991).
Pre analýzu tvorby a dynamiky zásob vody v zóne aerácie pôdy, teda III. vodného zdroja, je potrebné zo systému A-VP-ZAP-PV vymedziť základnú priestorovú jednotku, zabezpečujúcu podmienky interakčných javov prenosu vody v uvedenom systéme. Pomenujme túto jednotku ***kontrolovaným objemom systému atmosféra-vegetačný pokryv-zóna aerácie pôdy-podzemná voda,*** skrátene KOS A-VP-ZAP-PV. Pre jeho definovanie analyzujme jednorozmerný interakčný pohyb vody vo vymedzenom segmente systému A-VP-ZAP-PV zo zvislej súradni-covej rovine XOZ podľa obr. 1. Zvoľme v tejto rovine tri rezy *n+1, n, n-1*, vzdialené od seba Δx. Vymedzme ďalšie rezy medzi *n+1* a *n*, s označením *n,n+1, n* a medzi *n a n-1* s označením *n,n-1*. Ak predpokladáme, že úseky Δx sú jednotkové podobne ako šírka, filtračného prúdu podzemnej vody potom rezy (*n,n+1, n)* a (*n, n,n-1)* vymedzujú rovinu rezu KOS A-VP-ZAP-PV vo zvislej súradnicovej rovine. KOS A-NZ-PV je konvenčnými hranicami vymedzená časť kontinua systému, ktorého geometrický útvar je štvorboký hranol, so základňami definovaných dĺžok (obr. 1).
V súlade so základnými princípmi rastrovej reprezentácie priestorového objektu v GIS-e (Tuček, 1998) hornú a dolnú základňu KOS A-VP-ZAP-PV môžeme pomenovať „pixlom“ (plošná buňka rastru) a trojroz-mernú variantu pixlu, tj. štvorboký hranol, termínom „voxel“.

Vrchná základňa (pixel) je vymedzená na rozhraní podsystémov A – VP, resp. VP – ZAP, tj.- na povrchu pôdy a dolná na nepriepustnom podloží. Dve hrany vrchnej základne sú totožné so smerom osi "X" kartézskej súradnicovej sústavy, v smere ktorej na povrchu pôdy môže vzniknúť povrchový odtok a pod hladinou podzemnej vody v tomto smere prúdi podzemná voda. Vymedzený objem (voxel) je fixný, so zvyšnou časťou kontinua systému interaguje cez vymedzené hranice, a to na

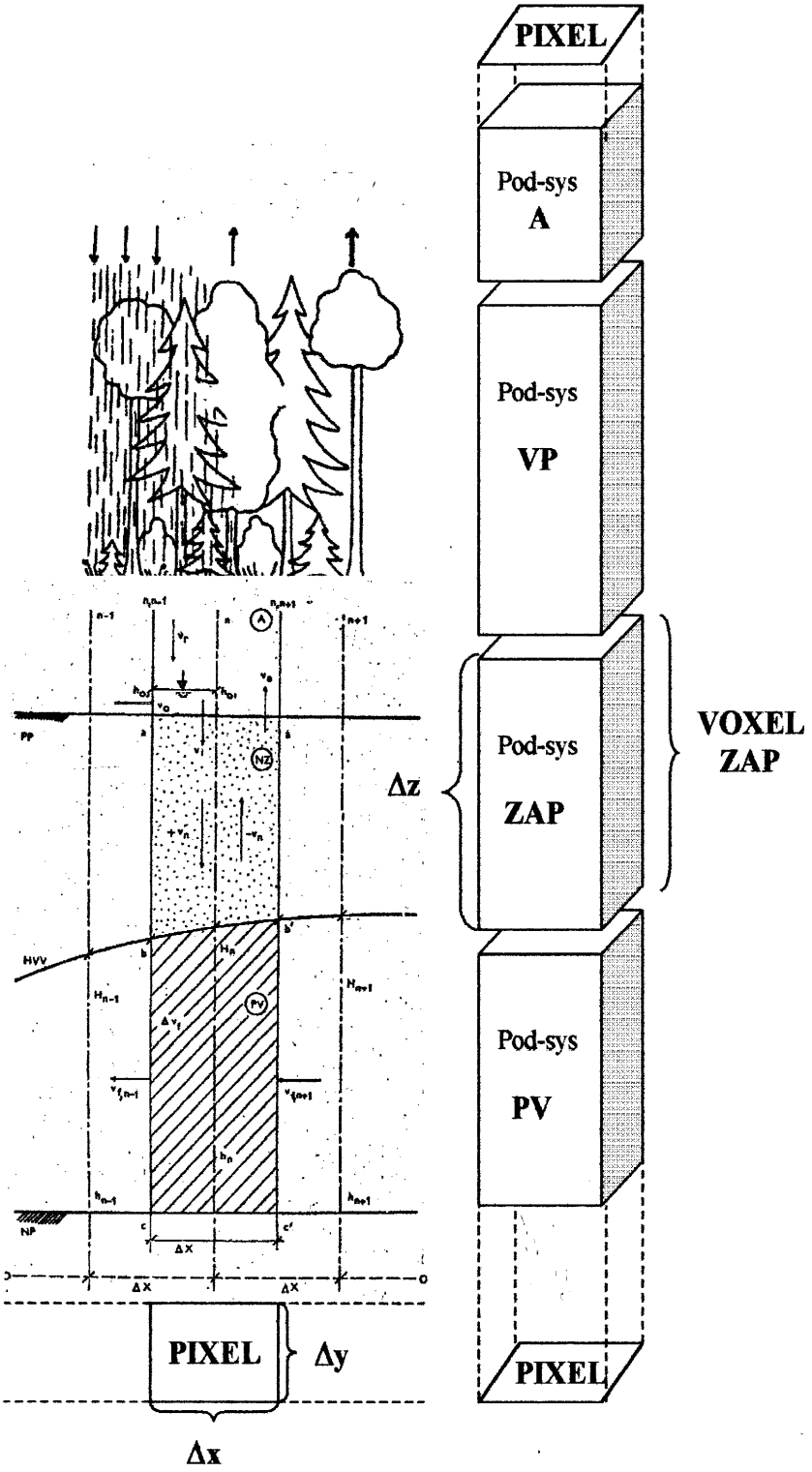
jednom alebo na viacerých miestach vymedzených hraníc. Takto definovaný objem slúži pre kvantifikáciu retencie vody počas hydrologického cyklu, pre pozorovanie režimových charakteristík (premenných stavu jednotlivých podsystémov) a pre štúdium zákonitostí, ktorým sa pohyb vody v systéme A-VP-ZAP-PV podriaďuje. V prípade diskontinuity zóny aerácie pôdy s hladinou podzemnej vody dolná základňa je stotožnená s dolnou hranicou aktívneho horizontu zóny aerácie pôdy. Je to hĺbka s dôležitým hydrologickým významom. Jej hodnota závisí od intenzívnosti prebiehajúcich procesov. Schematické znázornenie sa uvádza na obr.2

Vyššie definovaný geometrický útvar objektu KOS A-VP-ZAP-PV umožňuje definovať územie ako množinu priestorovo na seba naväzujúcich elementov – voxlov, rôzneho tvaru a veľkosti, ktoré kompletne zapĺňajú skúmaný priestor územia, v našom analyzovanom prípade, povodia. V súlade s uvedeným na povrchu povodia základným zobrazovaním elementom, resp. zobrazovanou bunkou plochy, je pixel. Tvorí základ výpočtovej siete, ktorej štruktúra spravidla býva štvorcového tvaru avšak tento výber je závislý od charakteru riešenia problému.

Pri analýze účinku klimatickej zmeny na bilanciu vody v poľnohospodársky využívanom území Žitného ostrova s využitím numerickej simulácie na matematickom modeli DAISY, v práci Takáča (2001) sa využíva pravidelnú štvorcovú sieť s rozmerom pixlu 300 x 300 m. Štvorcovú nepravidelnú sieť pre diskretizáciu územia používa Kosorin (1997, 1999) pri výskume vzájomného spolupôsobenia kanálovej siete Žitného ostrova, a to s rozmermi pixlu (bunky siete) s variabilnými stranami v rozmedzí 50 až 400m. Pri priestorovej diskretizácii hydrogeologického systému v údolnej nive Váhu na získanie charakteristík filtračného prúdenia podzemnej vody Burger (1998,2000, 2001) používa sieť s rozmermi pixlu 140 x 234m, resp. 200 x 234m.

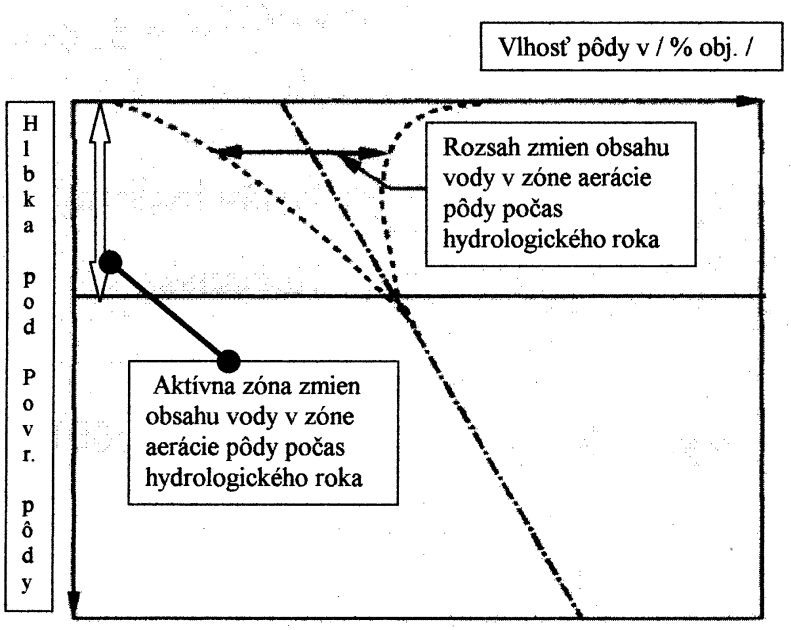
Kvantifikácia zásob vody a jej dynamiky v zóne aerácii pôdy v jeho geometricky vymedzenom útvare - voxli (obr.1), zodpovedá reálnym procesom pohybu vody v systéme A-VP-ZAP-PV v nížinnom území. Ďalej takto formulovaný systém s definovaným geometrickým prejavom umožňuje získanie charakteristík dynamiky vody, t.j. rozdelenie vlhkosti vo vertikále pôdneho profilu, integrálne obsahy vody vo vybraných vrstvách zóny aerácie pôdy, prienik a výstup vody do a z hladiny podzemnej vody, fyzikálny výpar z povrchu pôdy a transpirácia.

Transformácia zrážok na odtok má niekoľko fáz. V prvej fáze zrážky **(P)** interagujú s vegetačným pokryvom v dôsledku čoho sa ich intenzita znižuje o intercepciu porastom **(Ip).** V tomto ponímaní vegetačný pokryv vystupuje svojou funkciou ako filter - nazývaný tiež zelený filter. V druhej fáze preniknuté zrážky **(P-Ip)** interagujú s rozhraním vegetácia-pôda, s povrchom pôdy. Infiltračné schopnosti pôdy **(Ii)** a intenzita zrážok **(P-Ip)** determinujú v sklonitom území povrchový odtok **(Po), keď Po = (P-Ip)** - **(Ii)** . Teda zrážky sú separované na zložku tvoriacu povrchový odtok a zložku prenikajúcu do zóny aerácie pôdy procesom infiltrácie. V nížinných oblastiach povrchový odtok nevzniká a teda objem vody preniknutý do pôdy **Qin** predstavuje akumuláciu vody v zóne aerácie pôdy. V tretej fáze nenasýtená zóna pôdneho profilu so svojou retenčnou schopnosťou a hydraulickou vodivosťou (mobilnými vlastnosťami) je schopná zadržať objem infiltrujúcej vody cez jej povrch **VVK** (využiteľná vodná kapacita) zodpovedajúci rozdielu hydrolimitov polnej vodnej kapacity **(PVK)** a bodu vädnutia **(BV), tj. (PVK-BV)**. Ak objem vody preniknutý počas zrážkovej udalosti do zóny aerácie pôdy **Qin** je vyšší ako **VVK** , vyvoláva odtok do nižších horizontov. Týmito vlastnosťami zóna aerácie pôdy predstavuje štvrtú fázu transformácie zrážok na odtok. Vzhľadom na tvorbu podpovrchového odtoku jej funkcia má tiež charakter „filtru“, ktorý sa nazýva hnedým filtrom. (Duvigneaud, P.,1988):
Voda zadržaná zeleným a hnedým filtrom sa procesom evaporácie (E) a transpirácie (T) vracia do atmosféry. (E) a (T) sú členmi rovnice vodnej bilancie systému A-VP-ZAP-PV. Ich sumárnym vyjadrením je potenciálna a aktuálna evapotranspirácia, tj. Eto a Eta. Vzhľadom na odtok vody z územia, uvedené členy rovnice vodnej bilancie sa nazývajú členmi stratovými.



Obr. 1.Vymedzenie kontrolovaného objemu systému atmosféra-vegetačný pokryv-zóna aerácie pôdy-podzemná voda (KOS A-VP-NZ-PV - voxel).

Fig.1 Demarcate of the control volume in the system "atmosphere - canopy - zone of aeration - ground water" (in short KOS A-VP-NZ-PV)



Obr. 2. Aktívny horizont zóny aerácie pôdy.

Fig.2 The active horizon in the aeration zone of soil

Počas hydrologického roku, resp. počas vegetačného obdobia, vegetačný pokryv vyžaduje pre zabezpečenie jeho existencie objem vody **Qv**. Pre poľnohospodárske plodiny tento potrebný objem sa uvádza v **Tab.1.** Pre hodnotenie zásobovania vegetačného krytu vodou v rámci hydrologického cyklu vychádzame z úhrnu zrážok preniknutých do zóny aerácie pôdy, **ΣQin** delených s **Qv**, teda **Qin/Qv.**

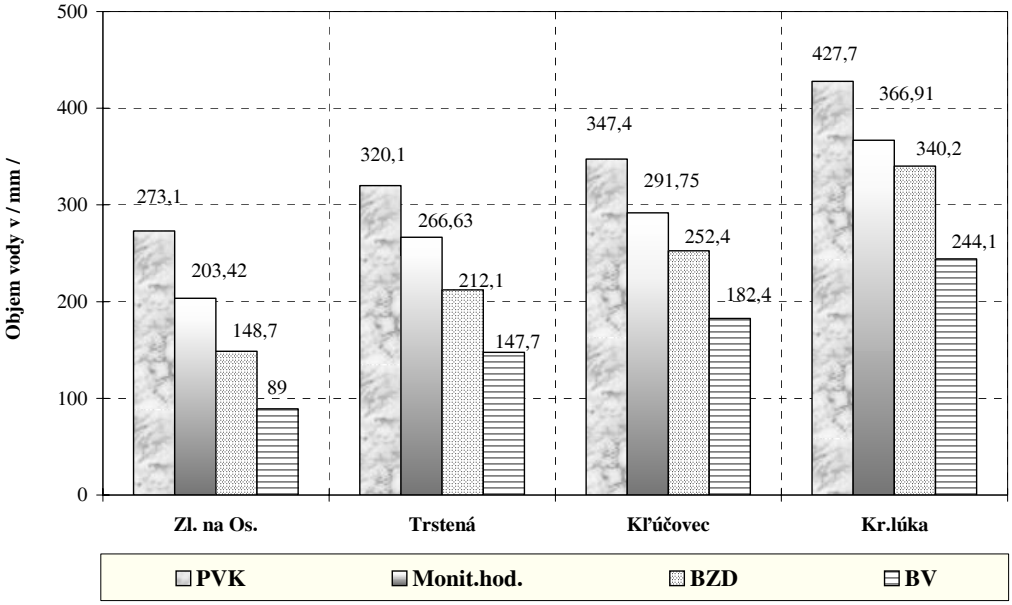
Ak **ΣQin /Qv > 1** vegetačný pokryv môže byť dostatočne zásobovaný vodou (1)

Prebytočná voda preniká do nižších horizontov. Z obr.1 je zrejmé, že odtok vody z podsystému ZAP zásobuje podzemné vody.

Ak lim **ΣQin -Qv** sa blíži k **1**, postupne sa znižuje odtok do podzemnej vody a hladina podzemnej vody má tendenciu klesať. Poklesom hladiny podzemnej vody v danom regióne sa znižuje odtok do riečnej siete a teda sa potenciálne znižujú i ich prietoky. Týmto javom je venovaná veľká pozornosť. Dopadom klimatickej zmeny na odtok vody riečnou sieťou , resp. vo vybraných slovenských tokoch sú venované práce Szolgaya a kol. (1997), Szolgaya a Hlavčovej (2000), Hlavčovej a kol. (1999), Hlavčovej a kol. (2000) a v práci Kostka a Holku (2001). Vplyv na chod hladín podzemnej vody v jednotlivých regiónoch Slovenska je kvantifikovaný v prácach Majerčákovej a Takáčovej (1998), Kulmana a kol. (1995), Majerčákovej (1995), Takáčovej (1997) a Fendekovej (1997). Hodnotenie dopadu klimatickej zmeny na zásoby vody v pôde, keď na pôdny profil nemá vplyv hladina podzemnej vody, a to s pomocou charakteristiky evapotranspiračného deficitu, ktorý zodpovedá hodnotám rozdielu potenciálnej Eto a aktuálnou Eta evapotranspirácie (Eto – Eta) sú náplňou prác Tomlaina (1994, 1996, 1997). V uvedených prácach sa štandartne počíta s mocnosťou pôdneho profilu 80 cm, čo vnáša nepresnosti na stavenie Eto a odtoku vody do nižších horizontov.

Z tohoto aspektu „podsystém ZAP“ (pozri obr.1) hrá kľúčovú úlohu pri hodnotení dopadu klimatickej zmeny na vodný režim územia. Katastrofický stav pre odtok vody z územia a klesanie hladiny podzemnej vody nastáva ak (**ΣQin –Qv)=1, alebo je < 1.**

Zásoby vody v zóne aerácie pôdy (teda charakteristiky III. vodného zdroja) nie sú na území Slovenska plošne monitorované. Kvantifikácie, získané nepriamou metódou, overenou monitoringom v podmienkach Žitného ostrova a Východoslovenskej nížiny, poskytujú informatívne údaje o tom, že v poľnohospodárskych pôdach na území Slovenska sa vyskytuje takmer 7,0 mld m^3 a v lesných pôdach približne 3,9 mld m^3 vody pri vlhkosti zodpovedajúcej poľnej vodnej kapacite a približne 5,0 mld m^3 a 2.6 mld m^3 pri vlhkosti zodpovedajúcej zníženej dostupnosti vody rastlinnému krytu (Šútor - Rehák, 1999). Priamym monitoringom dynamiky zásob vody v pôde pri mocnosti pôdneho pokryvu 100 cm sa v prírodnom prostredí Žitného ostrova od roku 1989 až roku 1997 získali hodnoty pohybujúce sa, pre jednotlivé pôdne druhy, medzi vlhkosťami zodpovedajúcimi poľnej vodnej kapacite a bodu zníženia dostupnosti vody vegetačnému pokryvu (Šútor, 1999) . Uvedené je dokumentované na obr.3.



Obr.3 Priemerné ročné hodnoty zásob vody v 1,0 m horizonte pôdy získané monitoringom a vypočítané z hydrolimitov. PVK - poľná kapacita, BZD-bod zníženej dostupnosti vody pre rastliny (odpovedajúci pF=3.3) a BV-bod vädnutia. Lokality Zlatná na Ostrove, Trstená, Kľúčovec a Kralovská lúka,

Fig.3 The average year values of the water storage in the upper 1.0 m soil layer as measured and calculated from hydrolimit PVK - field capacity, BZD - soil water content of limited availability for plants (corresponding to pF= 3.3) and BV - wilting point in the sites Zlatná na Ostrove, Trstená, Kľúčovec and Královská lúka, in 1994.

Na základe výsledkov porovnania obsahu vody v zóne aerácie piesočnatých a hlinito- piesočnatých pôd (lokalita Zlatná na Ostrove), piesočnato-hlinitých a hlinitých pôd (lokalita Trstená), ílovito-hlinitých pôd (lokalita Kľúčovec) a ílovitých pôdy (lokalita Královská lúka) získaných priamym monitoringom a predloženým výpočtom možno konštatovať, že pre región Žitného ostrova, vypočítané hodnoty s monitorovanými sú reálne pre interval hodnôt obsahu vody v zóne aerácie pôdy medzi BZD a PVK.

Zásoby vody v zóne aerácie pôdy, ako zdroja vody pre poľnohospodárske a lesné ekosystémy, predstavujú zdroj života pre daný región a sú pod silným pôsobením antropogénnej činnosti a pod vplyvom pomalých globálnych zmien, resp. jedným z ich fenoménov známym pod pojmom klimatická zmena.

V posledných rokoch sa klimatickej zmene pripisujú záplavy v jednotlivých povodiach riek strednej Európy. Tieto záplavy spôsobili nielen rozsiahle, nevyčísliteľné škody ale zanechali stopy na prírodnom prostredí, ktoré majú dlhodobé následky. Zásoby vody v zóne aerácie pôdy sú jednou zo zložiek prírodného prostredia na ktorých záplavy zanechávajú svoje časovo takmer nezmazateľné

stopy, a to cez ich impakt na pôdu. Vyplavovaním jemných častíc, resp. kolmatáciou jej pórov, či už na povrchu alebo v nižších horizontoch, zmenou objemovej hmotnosti, zmenou chemizmu, eróziou humusu jej povrchu, deštrukciou pôdneho pokryvu zosunmi alebo odnosom, atď. sa znižujú vodné retenčné hodnoty III. vodného zdroja uvádzané vyššie, zrýchľuje sa odtok vody z povrchu pôdy, zväčšuje alebo blokuje sa odtok vody do nižších horizontov, mení sa vzájomné spolupôsobenie hladiny podzemnej vody s pôdnym profilom, a tým sa narušuje účasť podzemných vôd na vodnej bilancii územia. Inými slovami, narušuje sa status quo interakcie jed-notlivých zložiek prírodného prostredia v danom území so zákonitým negatívnym účinkom na zdroj vody pre biosféru.
Ďalším prejavom klimatickej zmeny je výskyt období sucha, ktoré sú charakteristické: minimalizáciou hladinového režimu v riečnej a kanálovej sieti, vyprázdňovaním bazénu podzemných vôd, znižovaním zásob vody v zóne aerácie pôdy, klesaním výdatnosti zdrojov vody a znižovaním, resp. likvidáciou, rastlinnej produkcie v poľnohospodárskych ekosystémoch.. Všeobecne, negatívne zasahuje do biodiverzity nížinných území, t.j. na rozšírenosť rastlinných druhov, čím nepriaznivo zasahuje do udržateľnosti prírodného prostredia.
Indikátorom pôsobenia extrémnych meteorologických javov na vodný režim územia, je ich pôsobenie na dynamiku zásob vody v zóne aerácie pôdy. Od priebehu týchto zmien sa odvíja znižovanie odtoku vody z územia riečnou sieťou, regionálne klesanie hladín podzemných vôd, a klesanie výdatnosti prameňov. Na základe uvedeného, pre kvantifikáciu tvorby, dynamiky a ochrany III. vodného zdroja je potrebné o tomto zdroji prehĺbiť a rozšíriť poznatkovú základňu hlavne v smere jeho interakcií s procesmi prebiehajúcimi v atmosfére, vegetačnom kryte a s podzemnými vodami.

Súhrn.

V predloženom referáte sa analyzujú podmienky tvorby a dynamiky zásob vody v zóne aerácie pôdy v nížinných oblastiach pre podmienky klimatickej zmeny s využitím poznatkov o tvorbe a dynamike zásob vody v systéme atmosféra-vegetačný pokryv-zóna aerácie pôdy-podzemná voda, údajov vlhkosti pôdy získané priamym monitoringom a údajov získaných metódou nepriameho výpočtu zásob vody v zóne aerácie pôdy zodpovedajúcich hydrolimitom: PVK (polnej vodnej kapacite), bodu zníženia dostupnosti (BZD) a BV (bodu vädnutia).
Zásoba vody v zóne aerácie pôdy tvorí zdroj vody pre biosféru a popri povrchovej vode (ako I. zdroja vody) a podzemnej vode (ako II. zdroja vody) v systéme vodných zdrojov územia predstavuje jeho III. vodný zdroj (Šútor,1991). Tento zdroj počas celého vegetačného obdobia kontinuálne zásobuje vodou vegetačný kryt. Počas celého hydro-logického roka sa kontinuálne podieľa na odtoku vody do nižších geologických štruktúr a na podzemnom odtoku z povodia.
Na základe urobenej analýzy transformácie zrážok vo vertikále kontrolovaného objemu systému atmosféra – vegetačný pokryv – zóna aerácie pôdy – podzemná voda (v skratke KOS A-VP-ZAP-PV) sa konštatuje, že podsystém ZAP (označovaný tiež ako hnedý filter) má významnú úlohu pri podpovrchovom odtoku a signalizuje katastrofický stav, vzhľadom na extrémne meteorologické javvy, keď celkový úhrn zrážok je spotrebovaný vegetačný pokryvom. Nastáva pokles hladiny podzemnej vody a znižujú sa prietoky vo vodných tokoch. V dlhodobom prejave je vplyv aj na vydatnosť prameňov.
Napriek tomu sa tomuto vodnému zdroju venuje relatívne menšia pozornosť vzhľadom na I. a II. vodný zdroj. Túto skutočnosť dokumentujú aj publikované schémy systému povodia s rozloženými parametrami. Jeden z dôvodov tejto situácie je ten, že celoplošný monitoring zásob vody v zóne aerácie u nás nie je organizovaný. Preto oproti systematickému pozorovanie kvantity a kvality vody vo vodných tokoch, v sieti kanálov, podzemnej vody, zrážok a výparu, sú informácie o zásobách vody v zóne aerácie sporé. Táto absencia údajov a ich interpretácií na súčasnej hydrologickej poznatkovej úrovni poskytuje u nás v posledných rokoch priestor pre šírenie rôznych dezinformácií o účinku klimatickej zmeny na hydrosféru pevniny.

Poďakovanie:
Táto práca bola podporovaná Agentúrou pre podporu vedy a techniky prostredníctvom finančnej podpory č.APVT-51-044802

Literatúra.

Burger, F. (1998): Koncepčný model prúdenia podzemnej vody v údolnej nive Váhu na úseku Kráľová-Hlohovec. Acta Hydrologica Slovaca 1/1998, Pokroky v hydrológii 97, ÚH SAV, Bratislava, 155-174.

Burger, F. (2000): Režim podzemnej vody v poriečnej nive dolného Váhu. Časť I. Súčasný režim, jeho modelovanie a prognóza vývoja, J. Hydrol. Hydromech., 48, 2, 142-162.

Burger, F. (2001): Priestorová diskretizácia hydrogeologického systému do modelu prúdenia podzemnej vody. In: Zborník zo IV. vedeckej konferencie "Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim nížinného územia", ÚH SAV, Michalovce - Zemplínska Šírava, 115-120.

Duvigneaud, P. (1988): Ekologická syntéza. ACADEMIA, Praha, 414 str.

Fendeková, M.(1997): Metódy prognózovania zmien výdatnosti prameňov a ich aplikácie. Podzemná voda III./1997, č.2, s.46/55

Hlavčová, K., J. Szolgay, J. Parajka, J. Čundelík (2000): Modelovanie vplyvu zmeny klímy na režim odtoku v regióne stredného Slovenska. Zväzok č, 9 Národného klimatického programu SR, MŽP SR a SHMÚ, Bratislava, 15-38

Hlavčová, K., J. Szolgay, J. Čunderlík, J. Parajka, M. Lapin (1999): Impact of climate change on the hydrological regime of rivers in Slovakia. Publication of the Slovak Committee for Hydrology No.3. Vydavateľstvo STU a SVH MHP UNESCO, Bratislava, 101 s.

Kosorin, K. (1997): Priestorová dynamika podzemných vôd Žitného ostrova, J. Hydrol. Hydromech., 45, No. 5.

Kosorin, K. (1999): Control of groundwater dynamics by means of interaction with channel systems. Zborník z 3. ved. Konferencie "Vplyv antropogénnej činnosti na vodný režim níž. územia",Michalovce, máj 1999, ÚH SAV, 114-118.

Kostka, Z., L. Holko (2000): Vplyv klimatickej zmeny na priebeh odtoku v malom horskom povodí. In: Scenáre klimatickej zmeny a impakty. Zväzok č. 8 Národného klimatického programu SR, MŽP SR a SHMÚ, Bratislava, 91-109

Kullman, E., J. Slamka, J. Gavurník (1995): Zhodnotenie vplyvu klimatických zmien na režim výdatnosti prameňov a predpokladaný dopad týchto klimatických zmien na disponibilné množstvá podzemných vôd. [Správa pre NKP], SHMÚ, Bratislava, str.11

Majerčáková, O. -D. Takáčová (2001): Možné dôsledky klimatických zmien na hladinový režim podzemných vôd v alúviach. In: Nové scenáre klimatickej zmeny a ich využitie.. Zväzok č.11 Národného klimatického programu SROV. MŽP SR a SHMÚ, 31-49.

Majerčáková,O.: Možné dôsledky zmien klímy na hydrologickú bilanciu a na vodné hospodárstvo a opatrenia na ich zmiernenie. Súhrnná správa č.2, NKP, SHMÚ Bratislava, 1995

Majerčáková,O.: Možné dôsledky zmien klímy na hydrologickú bilanciu a na vodné hospodárstvo a opatrenia na ich zmiernenie. Súhrnná správa č.2, NKP, SHMÚ Bratislava, 1995

Szolgay, J., K. Hlavčová (2000): Modelové riešenie odhadov vplyvu zmeny klímy na hydrologický cyklus a vodné hospodárstvo. Životné prostredie, XXXIV., č.2, 75-80

Szolgay, J., K. Hlavčová, J. Párajka, J. Čunderlík (1997): Vplyv klimatickej zmeny na odtokový režim na Slovensku. In: Klimatické zmeny – hydrológia a vodné hospodárstvo SROV. Zväzok č.6 Národného klimatického programu, MŽP SR a SHMÚ, Bratislava, 11-110.

Šútor, J. (1991): Pôdna voda v systéme využiteľných vodných zdrojov. Vodohosp. Čas., 39,č.5-6,s435-447

Šútor, J. (2003): Retencia a dynamika vody v zóne aerácie pôdy ako súčasť hydrologického cyklu. I. Pohyb vody v povodí v systémovej interpretácii. Acta Hydrologica Slovaca, ročník 4, č.1, 10-20.

Šútor, J., Š. Rehák (1999): Evaluation of disposable water supply in soil for biosphere in the area of Žitny ostrov. In: Scientific Papers of the Research Institute of Irrigation . Bratislava, No 24,pp173-187

Takáč, J. (2001): Dôsledky zmeny klímy na bilanciu vody v poľnohospodárskej krajine. In: Monitorovanie klimatickej zmeny na Slovensku a možné dôsledky, NKP, Bratislava, s.16-26.,

Takáčová,D.(1997): Možné dôsledky klimatickej zmeny na hladiny podzemnej vody v oblasti Žitného ostrova [Správa pre NKP], SHMÚ, Bratislava, str.16

Tomlain,J. (1994) : Dôsledky zmien základných klimatických charakteristík na zmeny obsahu vlahy v pôde vo vybraných lokalitách Slovenska. Acta Meteorologica No XXIII, Bratislava.

Tomlain,J. (1996) : Modelové výpočty dôsledkom zmeny klímy na zmeny potenciálnej a skutočnej evapotrasnpirácie na Slovensku. NKP SR, 3, č.4, Ministerstvo životného prostredia SR, SHMÚ, s.45-74

Tomlain,J. (1997) : Modelový výpočet dôsledkov očakávanej zmeny klímy na obsah vody v pôde na Slovensku. Národný klimatický program SR, IV, 1997, zv.7.

Tuček, J. (1998) : Geografické informačné systémy – GIS. Vydavatelství a nakladatelství Computer Press, Praha, 423 str.

RNDr.Július Šútor, DrSc.
Ústav hydrológie SAV,
Račianska 75,
Telefon: +4212 44259,
E-mail: sutor@uh.savba.sk