

# HODNOTENIE VODNÉHO REŽIMU PÔD V RÔZNYCH EKOSYSTÉMOCH

## EVALUATION OF SOIL WATER REGIME AT DIFFERENT ECOSYSTEMS

V. Stekauerova, V. Nagy

Institute of Hydrology of Slovak Academy of Sciences, Racianska 75, 83102 Bratislava, Slovak Republic, [stekauer@uh.savba.sk](mailto:stekauer@uh.savba.sk), [nagy@uh.savba.sk](mailto:nagy@uh.savba.sk)

### Abstract

Some areas in Slovakia witness extreme maximum or minimum or lacking precipitation much more frequently. The first example results into floods and the second one into excessive soil drying. Water regime, which determines soil productive ability, depends on water inflow and outflow into or out of unsaturated soil zone. Soil as vital entity of the biosphere is not homogenous medium. Unsaturated soil zone is one of the most important and complicated part evaluated water movement in hydrologic cycle.

The water supply in the unsaturated soil zone is directly influenced by a water transfer through its upper and lower boundary. The lower boundary is usually delimited by water ground table. The upper boundary is the soil surface with or without plant canopy. It reacts directly on meteorological and climate conditions through evapotranspiration. It is a place enabling the water inflow from precipitation into lower layers of a soil profile. Quantification of changes of various physical and hydrophysical of the surface layer of soil tapes depending also on the kind of vegetation.

Water storage in unsaturated soil zone was determined by monitoring of water content in soil profile and groundwater tables in localities in region around Danube in Slovakia. It was evaluated to relation to amount of plant available water in soils of various localities during years 1999-2004. The localities relate to forest ecosystem and also to agricultural cultivated soil.

Key words: soil water regime, hydrolimit

### Úvod

Vodný režim zóny aerácie pôdy vyjadruje priebeh integrálneho obsahu vody v zóne aerácie pôdy počas sledovaného obdobia. Jeho dlhodobé sledovanie umožňuje klasifikovať vodný režim pôd v určitej lokalite, resp. regióne, z pohľadu napríklad hydrologického, ekologického, agronomického. Závisí predovšetkým od prítoku vody do pôdy a odtoku vody z nej. Na nížinách je prítok vody tvorený prítokom vody z infiltrácie a prítokom vody od hladiny podzemnej vody (ak je ňou zóna aerácie pôdy ovplyvňovaná). Odtokovou zložkou je výpar (buď z holého povrchu pôdy, resp. z vegetácie) a odtok do podzemných vôd.

Vo všeobecnosti je tvorba vodného režimu zóny aerácie pôdy ovplyvňovaná rôznymi faktormi, z ktorých najdôležitejšie sú :

- poloha pôdnej lokality v reliéfe terénu,
- hydrofyzikálne vlastnosti pôdy a spodiny,
- podzemná voda,
- klimatické podmienky,
- vegetácia,
- vplyv človeka.

Pre kvantifikáciu vodného režimu pôd sa využíva vlhkostný režim pôd. Pre hodnotenie obidvoch režimov v danom regióne sú potrebné nasledovné charakteristiky (Šútor a kol., 2002):

1. pre vlhkostný režim pôd:

- priebeh vlhkosti v danom časovom intervale v jednotlivých horizontoch zóny aerácie pôdy,

- rozdelenie vlhkosti po výške zóny aerácie pôdy pre vybrané časové horizonty v danom časovom období.
2. pre vodný režim pôd:
- priebeh integrálneho obsahu vody v jednotlivých horizontoch zóny aerácie pôdy počas analyzovaného časového obdobia,
  - priebeh integrálneho obsahu vody v zóne aerácie pôdy o danej mocnosti pre jednotlivé časové horizonty počas analyzovaného časového obdobia.

Vlhkostný režim zóny aerácie pôdy je možné určiť buď monitoringom, t.j. priamym meraním vlhkosti pôdy v jednej, resp. viacerých vertikálach vo vybraných lokalitách tak, aby termíny medzi meraniami boli čo najmenšie. Druhou metódou je numerická simulácia vlhkostného režimu zóny aerácie pôdy na matematických modeloch. Simulácia na matematických modeloch má výhody v tom, že sa získa kontinuálny priebeh vlhkostí pôdy v horizontoch pôdneho profilu zvyčajne s jednoduchým krokom avšak niekedy na úkor presnosti. Na druhej strane je možné vypočítať denné priebehy tokov vody (teda prakticky okamžité) na hranici zóny aerácie pôdy a hladina podzemnej vody (resp. inak určená dolná hranica v zóne aerácie pôdy), čo nie je možné určiť monitorovaním (Šútor, J., Štekauerová, V., 1999; Šútor, J. a kol., 2001; Štekauerová, V. a kol., 2001).

Monitoring vlhkosti pôdy je náročný na čas, prístroje, pracovníkov, ale má svoje nezastupiteľné miesto. Získajú sa priebehy vlhkostí v pôdnom profile počas celého roku s dostatočnou presnosťou (čo závisí od metódy merania), vhodnou napríklad aj na verifikovanie matematických modelov. Z viacročných monitorovaných hodnôt vlhkostných profilov možno vypočítať trend vývoja integrálneho obsahu vody v jednotlivých horizontoch alebo v požadovaných vrstvách pôdneho profilu. Ďalej je možné upresniť dolnú hraničnú podmienku, ktorú môže, ale aj nemusí, tvoriť hladina podzemnej vody. V prípadoch, kedy je v pôdnom profile pomerne vysoko štrkové podložie a hladina podzemnej vody sa nachádza hlboko v ňom, vytráca sa vplyv podzemnej vody na integrálny obsah vody vo vrstvách, ktoré sa nachádzajú nad štrkovým podložíom. Takže aj keď hladina podzemnej vody je plytko zaklesnutá, môže byť pre poľnohospodárske plodiny a lesné ekosystémy nedostupná práve kvôli štrkovému podložíu. Potom je vhodnejšie uviesť iný (vyšší) pôdny horizont ako dolnú hranicu pre matematické modelovanie vodného režimu v zóne aerácie pôdy a modelované výsledky sú zvyčajne presnejšie. Hodnoty vlhkostí v takto stanovenom pôdnom horizonte, ktorý bude tvoriť dolnú hranicu, získavame práve monitoringom.

Ak je k dispozícii dostatočne dlhá rada monitorovaných vlhkostných profilov v konkrétnej lokalite, získavame referenčné obdobie, pomocou ktorého spolu s verifikovaným matematickým modelom možno prognózovať vývoj vlhkostných profilov, resp. vývoj integrálneho obsahu vody v zóne aerácie pôdy v budúcnosti.

V súčasnej dobe, kedy sú klimatické zmeny evidentné, je výhodné mať k dispozícii metódu, pomocou ktorej možno predpovedať dopad klimatických zmien na obsah vody v zóne aerácie pôdy. Výskum vplyvu dopadu klimatickej zmeny na integrálny obsah vody v zóne aerácie pôdy v odbornej literatúre a zrejme aj v praxi absentuje. Vzhľadom na náročnosť požiadaviek na vstupné údaje do modelov (hlavne nasýtené a nenasýtené hydraulické vodivosti) pri dvoj-, resp. trojrozmernej priestorovej úvahe, sa pracuje v nížinných oblastiach zvyčajne s jednorozmerným matematickým modelom, ktorým možno simulovať toky vody vo vertikále. Potom je výhodné si pre simuláciu a teda aj monitorovanie vybrať v určitej oblasti viac vertikál. Získa sa tým prehľad o vodnom režime zóny aerácie pôdy s ohľadom na nehomogenitu záujmovej oblasti.

Cieľom práce je porovnať priebeh integrálnych obsahov vody v pôdnych vrstvách 0 – 30 cm a 30 – 60cm v dvoch rozdielnych lokalitách Žitného ostrova (poľnohospodársky obrábaná pôda a lesný ecosystem) ležiacich na území ovplyvnenom vodným dielom Gabčíkovo v priebehu rokov 1999 až 2004.

### **Popis záujmových lokalít**

Z lokalít Žitného ostrova boli vybrané 2 lokality v ktorých nepretržite prebieha monitoring vlhkostných profilov v zóne aerácie pôdy a hladiny podzemnej vody autormi od roku 1999. jedna sa o poľnohospodársky obrábanú pôdu v lokalite Báč a o lesný ecosystem v lokalite Bodíky. Inak

prebieha monitoring vlhkostných profilov v týchto oblastiach už od roku 1986. Lokality sa nachádzajú na území ovplyvnenom vodným dielom Gabčíkovo (obr.1).



Obr.1. Lokality Žitného ostrova – Báč a Bodíky v ktorých prebieha monitoring vlhkosti pôdy. Báč – poľnohospodársky obrábaná pôda, Bodíky – lesný ekosystém.

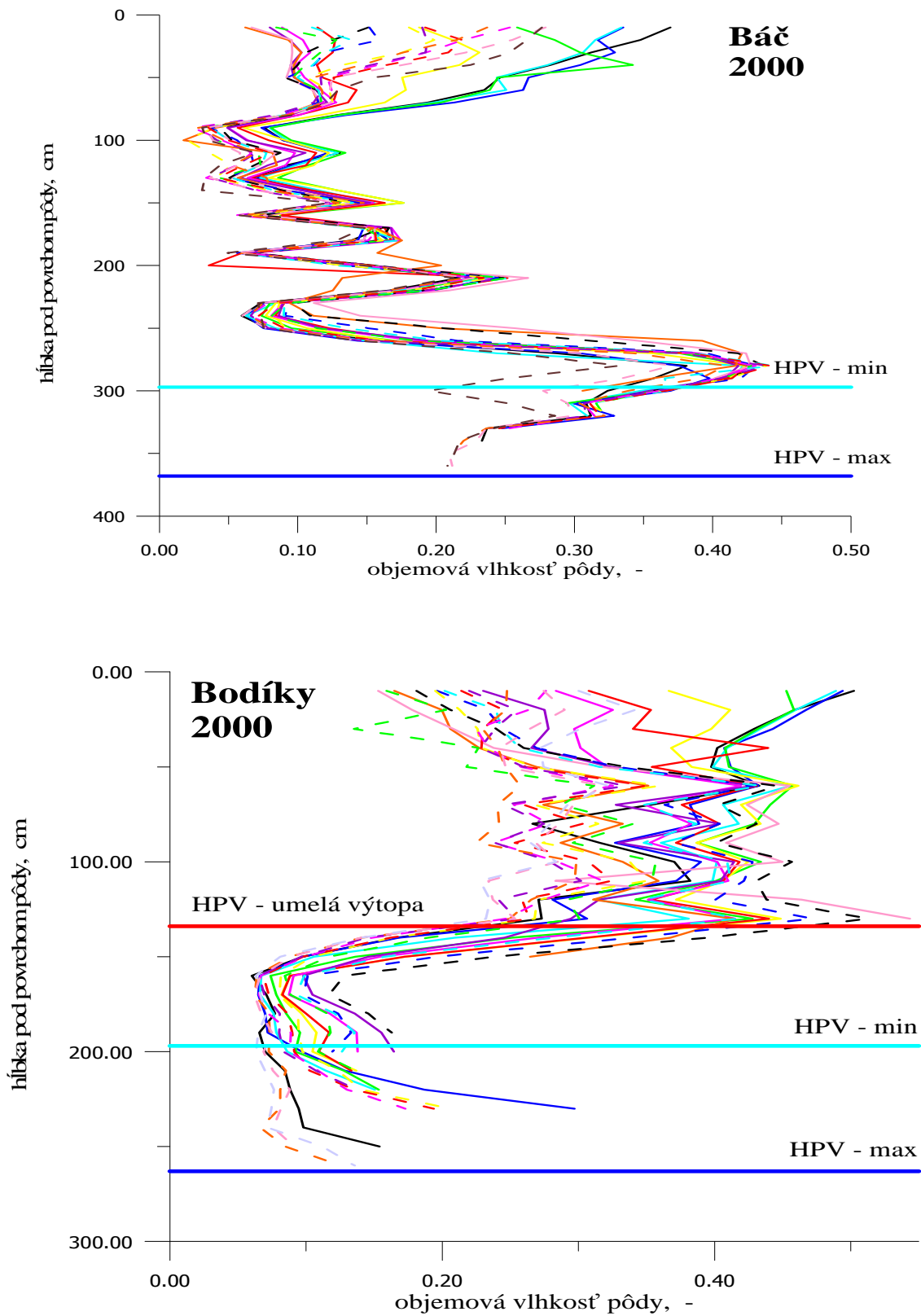
Oblasť v blízkosti Dunaja sa vyznačuje značnou nehomogenitou, ktorá sa prejavuje zvrstvenosťou pôdneho profilu. Pôdny profil v lokalite Báč je do 100 cm smerom dole veľmi zvrstvený. Pôda je na povrchu hlinitá, prechádza do piesočnatohlinitej a v hĺbke asi 90 až 100 cm do piesočnatej a neskôr do štrkového podložia. Bodíky sú do hĺbky 100 cm viac zvrstvené a čo sa týka pôdneho druhu skôr hlinité. V hĺbke asi 120 cm začína piesočnatá pôda, ktorá tiež prechádza do štrkového podložia. Podrobný popis lokalít spolu s hydrofyzikálnymi charakteristikami je uvedený v práci Šútor a Štekauerová, 2000.

## Metodika

Vlhkosť pôdneho profilu bola monitorovaná metódou neutrónovej sondy s diskretizáciou 10 cm vždy od povrchu pôdy až po hladinu podzemnej vody. Meranie bolo robené počas väčšiny roka priebežne s frekvenciou 2 týždne. Len v zimných mesiacoch raz za mesiac. Na každej lokalite boli urobené kalibračné krivky v rôznych časových obdobiach. Tieto poslúžili pri spresnení výpočtových vzťahov odporúčaných výrobcom neutrónovej sondy. Monitorovanie prebieha od roku 1999 kontinuálne. Pre hodnotenie vodného režimu pôdnych vrstiev sme vybrali roky 1999 až 2004.

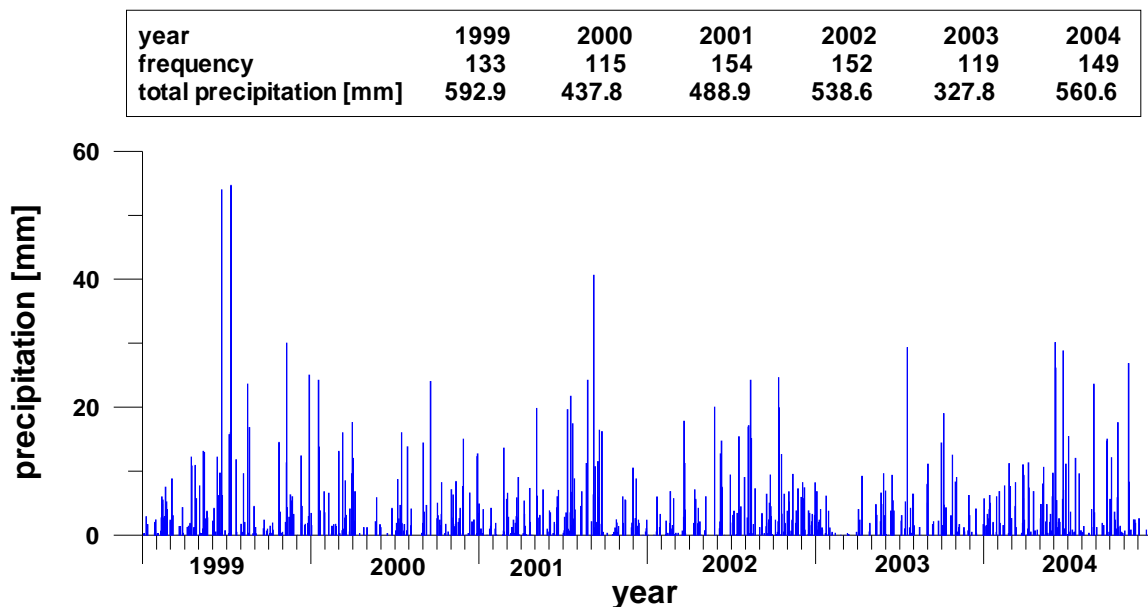
## Výsledky a diskusia

Na obrázku 2 je zobrazený vývoj vlhkostných profilov počas roku 2000. Tvar vlhkostných profilov svedčí o rôznorodosti jednotlivých lokalít a nehomogenite pôdnych profilov, podobne ako bolo popísané vyššie. Hladiny podzemných vôd sa v roku 2000 pohybovali v rozmedzí HPV-max a HPV-min. V bodíkoch sa od roku 2000 začala aplikovať umelá výtopa v jarných mesiacoch. Hladina podzemnej vody sa v lokalite Báč nachádza hlboko v piesočnatom až štrkovom horizonte a horné vrstvy pôdy nie sú touto hladinou ovplyvňované počas väčšiny roka. Podobne je to aj v lokalite Bodíky, kde sa hladina podzemnej vody tiež pohybuje až v štrkovom podloží.

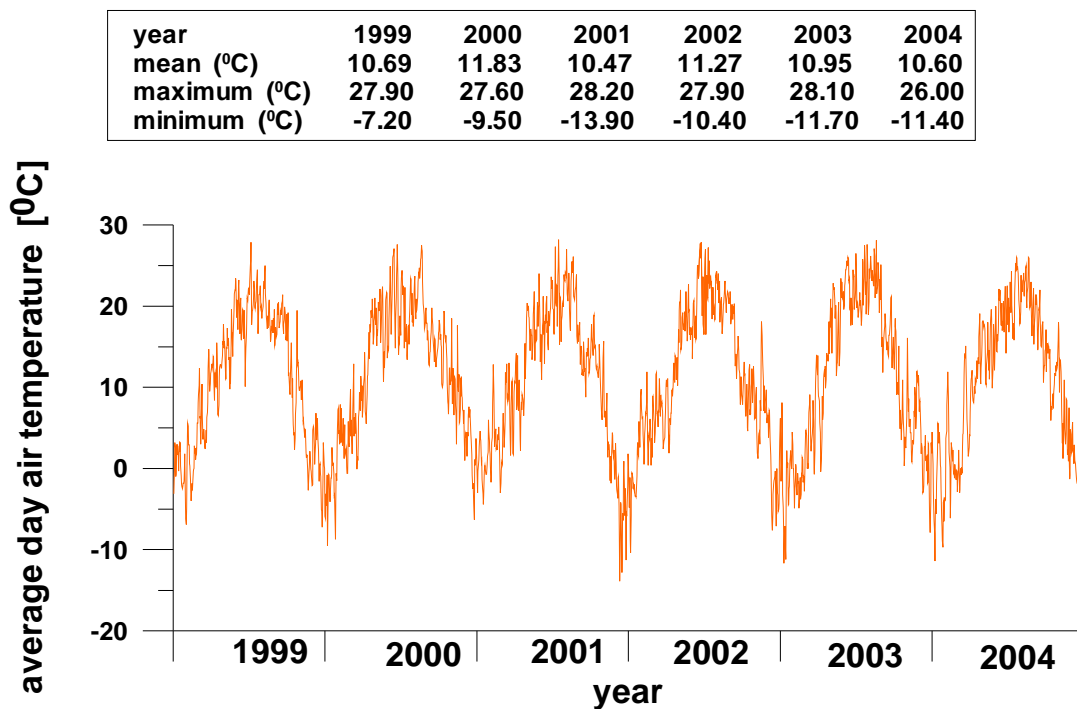


Obr.2. Vývoj vlhkosťných profilov počas roku 2000 v lokalitách Báč a Bodíky.

Z uvedených výsledkov vyplýva, že horné vrstvy pôdy dôležité pre poľnohospodársku výrobu v lokalite Báč bývajú zásobované skôr vodou zo zrážky. Priebeh zrážkových úhrnov počas sledovaných rokov je na obrázku 3 a priebeh priemerných denných teplôt na obrázku 4.

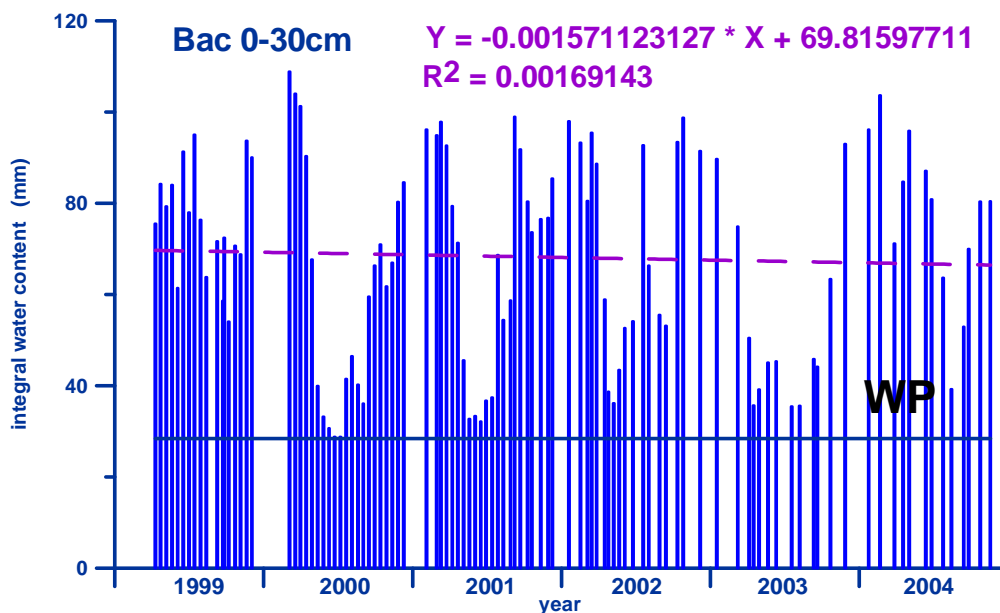


Obr.3. Denné zrážkové úhrny počas sledovaného obdobia 1999 až 2004 z meteorologickej stanice Gabčíkovo (údaje boli získané z SHMÚ).

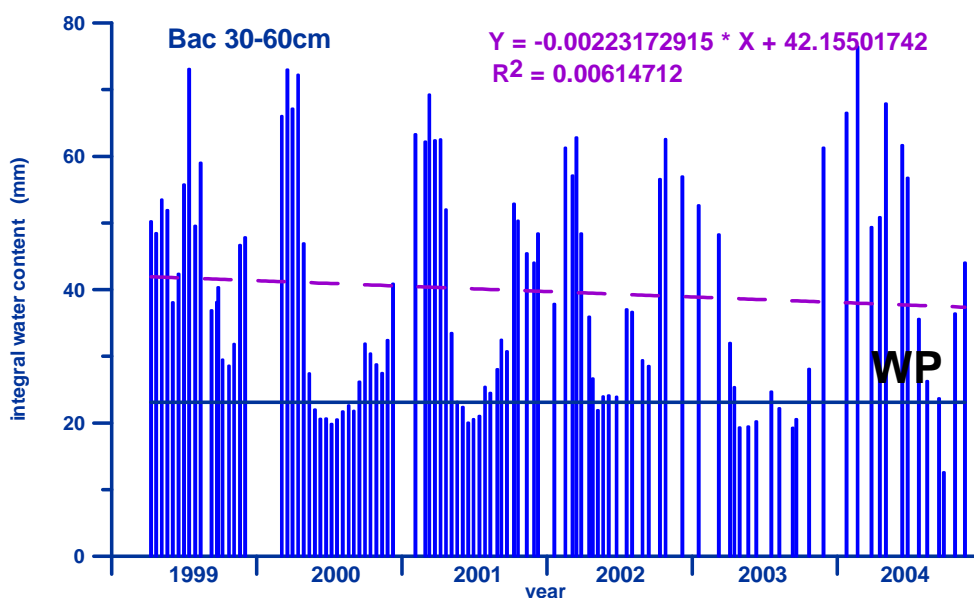


Obr.4. Priebeh priemerných denných teplôt počas sledovaného obdobia 1999 až 2004 z meteorologickej stanice Gabčíkovo (údaje boli získané z SHMÚ).

Z obrázku 3 vidieť, že najviac zrážok zaznamenaných meteorologickou stanicou Gabčíkovo bolo v roku 1999 (592.9 mm) a najmenej v roku 2003 (327.8 mm). Integrálne obsahy vody vo vrstvách 0-30cm a 31-60 cm v Báci reagovali na zníženie zrážkových úhrnov v roku 2003, obr. 5 a 6.



Obr.5. Priebiehy integrálneho obsahu vody vo vrstve pôdy 0-30 cm v lokalite Báč počas sledovaných rokov 1999 až 2004. Čiarkovaná čiara vyjadruje lineárny trend vývoja integrálneho obsahu vody počas sledovaných rokov. WP označuje integrálny obsah vody o vrstve 0-30cm zodpovedajúci bodu vädnutia.



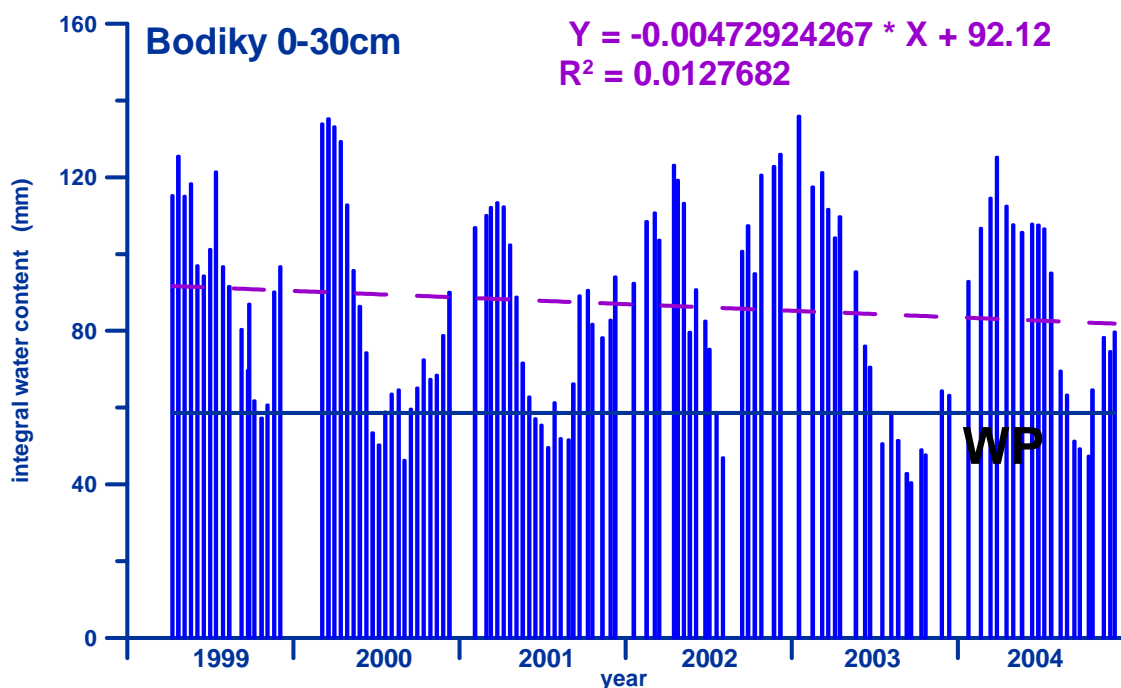
Obr.6. Priebiehy integrálneho obsahu vody vo vrstve pôdy 30-60 cm v lokalite Báč počas sledovaných rokov 1999 až 2004. Čiarkovaná čiara vyjadruje lineárny trend vývoja integrálneho obsahu vody počas sledovaných rokov. WP označuje integrálny obsah vody o vrstve 30-60cm zodpovedajúci bodu vädnutia.

Podobne je vidieť zníženie integrálneho obsahu vody aj v roku 2000, ktorý bol druhým najsuchším, čo sa týka zrážok, v sledovanej rade rokov. V týchto „suchších rokoch“ integrálny obsah uvažovaných pôdnych vrstiev klesal až na alebo pod úroveň hydrolimitu WP- bodu vädnutia. V obidvoch pôdnych vrstvách bol zaznamenaný pokles integrálneho obsahu vody (čiarkovaná čiara). Síce veľmi malý a len málo významný, ako vidieť z uvedených rovníc na obrázku.

Podobný trend sme zaznamenali aj v lesnom ekosystéme Bodíky, obr. 7 a 8. Aj tu bol zaznamenaný pokles integrálnych obsahov vody počas rokov 1999 až 2004 dokonca mierne významnejší (podľa koeficienta korelácie). Ale na druhej strane vidieť, že vo vrstve 30-60 cm neprišlo k poklesu integrálnych obsahov vody pod hodnotu hydrolimitu WP. Takže lesný ekosystém je schopný si podržať viac vody. Treba podotknúť, že obidve lokality majú veľmi podobné zloženie pôdnych horizontov a vplyv hladiny podzemnej vody je tu minimálny.

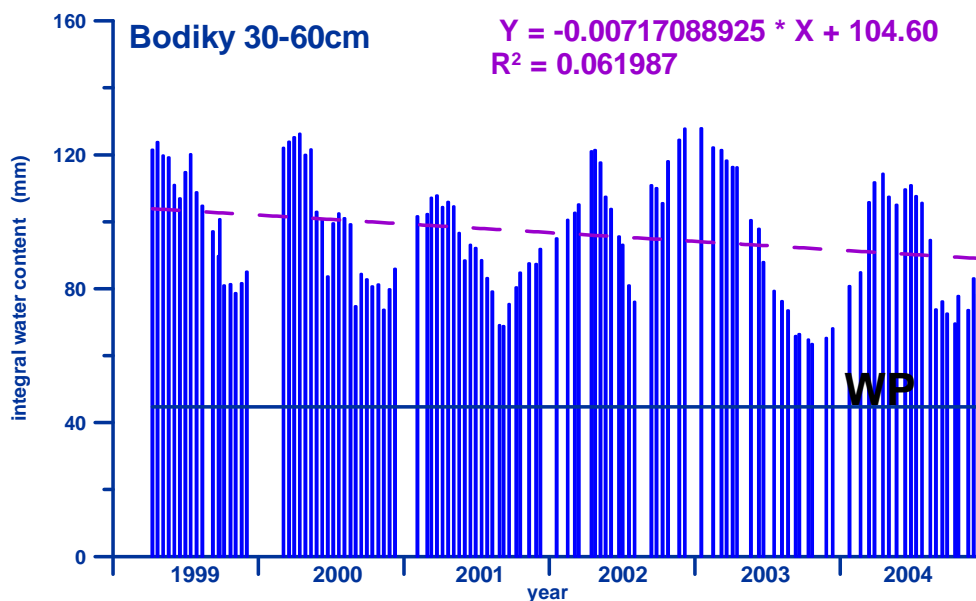
Pre určenie trendu vývoja integrálneho obsahu vody v zóne aerácie je týchto päť rokov veľmi krátkym obdobím.

Treba však poznamenať, že monitoring vlhkosti pôdy sa v lokalitách Slovenska realizuje veľmi málo a aj to len v určitých krátkych časových obdobiach. Preto majú takéto údaje veľmi významnú úlohu, ktorá bude ohodnotená zrejme až za niekoľko rokov.



Obr.7. Priebehy integrálneho obsahu vody vo vrstve pôdy 0-30 cm v lokalite Bodíky počas sledovaných rokov 1999 až 2004. Čiarkovaná čiara vyjadruje lineárny trend vývoja integrálneho obsahu vody počas sledovaných rokov. WP označuje integrálny obsah vody o vrstve 0-30cm zodpovedajúci bodu vädnutia.





Obr.8. Priebehy integrálneho obsahu vody vo vrstve pôdy 30-60 cm v lokalite Bodíky počas sledovaných rokov 1999 až 2004. Čiarkovaná čiara vyjadruje lineárny trend vývoja integrálneho obsahu vody počas sledovaných rokov. WP označuje integrálny obsah vody o vrstve 0-30cm zodpovedajúci bodu vädnutia.

## Záver

Boli získané priebehy integrálnych obsahov vody v pôdných vrstvách 0-30 cm a 30-60 cm v lokalitách Bač a Bodíky v rokoch 1999 až 2004. Prvá lokalita je poľnohospodársky obrábaná pôda a druhá je lesný ekosystém. Zistilo sa, že priebehy nie veľmi výraznú, ale klesajúcu tendenciu. Prítom lesný ekosystém je schopný sa lepšie prispôbiť aj suchším obdobiam a lepšie zabezpečiť porast vodou.

## Pod'akovanie

*Autori d'akujú za finančnú podporu z projektov VEGA č. 2/5018/25, APVT -51-019804 a APVT-51-044802.*

## Literatúra

Štekauerová, V., Nagy, V. (2001): Vplyv klimatických podmienok na zabezpečenosť porastu vodou v lokalitách Bač a Bodíky. Acta Hydrologica Slovaca, ÚH SAV, Bratislava, Vol.2, č. 1, 58-63

Šútor, J., Majerčák, J., Štekauerová, V. (2001): Kvantifikácia zásob vody v zóne aerácie pôdy v poľnohospodárskych ekosystémoch. 2. Využitie súborov údajov z numerickej simulácie. Acta Hydrol. Slovaca, Vol.2, č. 1, 72-77.

Štekauerová, V., Majerčák, J., Šútor, J. (2001): Kvantifikácia zložiek vodnej bilancie v nenasýtenej oblasti pôdy. Acta Hydrol. Slovaca, ÚH SAV Bratislava, Vol.2, č. 2, 183-190.

Šútor, J., Štekauerová, V. (1999): Analysis of the unsaturated soil water dynamics for hydrological classification. Proceedings of the International Conference "Problems in Fluid Mechanics and hydrology", June 23-26, Prague, Czech Republic, The Institute of Hydrodynamics Academy of Sciences of Czech Republic, Prague, 439 - 445.

Šútor, J., Štekauerová, V. (2000): Hydrofyzikálne charakteristiky pôd Žitného ostrova, ÚH SAV Bratislava, 166s.



Šútor, J., Majerčák, J., Štekauerová, V. (2001): Kvantifikácia zásob vody v zóne aerácie pôdy v poľnohospodárskych ekosystémoch. 2. Využitie súborov údajov z numerickej simulácie. Acta Hydrol. Slovaca, Vol.2, č. 1, 72-77.

Šútor, J., Gomboš, M., Mati, R., Ivančo, J. (2002): Charakteristiky zóny aerácie ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. ÚH SAV Bratislava, 215s