

JÁN HANUŠIN\*

**VPLYV PODZEMNÝCH VÔD NA KRAJINNÚ ŠTRUKTÚRU  
ONDAVSKEJ ROVINY**

Ján Hanušin: Influence of Ground Waters on the Landscape Structure of the Ondavská Rovina Plain. Geogr. Čas., 39, 1987, 4; 1 map, 2 figs., 1 graph, 24 refs.

The presented study investigates relation between the ground water and the landscape structure. The first step is physico-geographical analysis of the study area first of all of those landscape components, which determine ground water movement. This is followed by an analysis of the regime factors, a regime of ground waters, solving the ground water and recharge problems. Precipitation in the upper river basins of Ondava and Topľa river is the most important regime factor. The term „hydromorphy“ has been introduced. Hydromorphy is a property of the landscape structure, expressing the ability of the landscape to accept and retain the water. At the same time this property determines the impact of retained (or flowing) water upon the landscape structure. The level of hydromorphy is applied by means of ball method on the study area. It rises from the north to the south, i.e. that the landscape structure in southern part is more influenced by ground waters.

## ÚVOD

Východoslovenská nížina je v poslednom období v strede záujmu nášho geovedného, biologického a poľnohospodárskeho výskumu. Jeho cieľom je zvýšenie efektívnosti poľnohospodárskej výroby v súlade s racionálnym využívaním krajiny. Súčasná poľnohospodárska veľkovýroba na veľkej časti Východoslovenskej nížiny je napriek nemalým investíciám stále determinovaná niektorými nepriaznivými (z hľadiska poľnohospodárskeho využitia) vlastnosťami krajinnéj štruktúry. Ich eliminácii cestou technicko-inžinierskych zásahov by mala nevyhnutne predchádzať etapa identifikácie priestorového a časového rozšírenia tých zložiek prvkov a procesov v krajine, ktoré tieto negatívne vlastnosti podmieňujú. V takomto prístupe vidíme aj široké pole pôsobnosti fyzicko-geografického výskumu.

Dlhoročné skúsenosti ukázali, že najproblematickejšou zložkou krajiny Východoslovenskej nížiny je voda, resp. jej nevhodné rozloženie v priestore a čase. Naliehavým problémom sa po zvládnutí záplav spôsobených povrchovými tokmi stáva podzemná a pôdna voda. Špecifiká územia podmienené vejárovitým tvarom riečnej siete

\* RNDr. Ján Hanušin, CSc., Geografický ústav CGV SAV, Obrancov mieru 49, 814 73 Bratislava.

a geologickou stavbou okolitých pohorí s nízkou akumuláčnou schopnosťou a vysokým podielom priameho odtoku sa rozhodujúcou mierou podieľali na vytvorení extrémne ťažkých ílovitých pôd s nepriaznivými hydrofyzikálnymi vlastnosťami s nízkou prirodzenou úrodnosťou.

V našej štúdií analyzujeme jednotlivé zložky krajiny, pôvod podzemnej vody a jej režim v severozápadnej časti Východoslovenskej nížiny na Ondavskej rovine. Na základe týchto analýz sme zaviedli synteticko-hydrogeografický pojem *hydromorfnosť krajiny*, ktorý sme aplikovali v skúmanom území.

## FYZICKOGEOGRAFICKÁ CHARAKTERISTIKA

Ondavská rovina vyčlenená v zmysle geomorfologického členenia [13] je podcelkom Východoslovenskej roviny. Tvori pruh územia dlhý 46 km, široký 5 – 8 km, uahnucci sa zo SZ časti Východoslovenskej nížiny až do jej stredu s celkovou rozlohou 203 km<sup>2</sup>. Nadmorské výšky kolíšu v rozpätí od 96 do 131 m.

Podlozie kvartérnych fluvialných sedimentov tvorí neogénna výplň prevažne badenského a sarmatského veku. Tektonicky predstavuje Ondavská rovina systém nerovnomerne poklesávajúcich krýh s najintenzívnejšími poklesmi v okolí Vranova s ročnou hodnotou poklesu až 2,7 mm [11] a v južnej časti v okolí Sirníka [1]. Pre strednú časť sa udávajú hodnoty poklesu 1 – 1,4 mm.rok<sup>-1</sup> [11]. Recentná tektonika sa považuje za jeden z možných zdrojov vytvárania nepriaznivých odtokových pomerov z malých území (mikropovodí).

Morfologicky je územie Ondavskej roviny s vyvinutým fluvialným akumuláčným reliéfom tvorené nivami Ondavy, Tople a Trnavky. Zloženie fluvialnej výplne nív je veľmi premenlivé, čo súvisí s divočením tokov s prekladaním koryt v minulosti a s recentným nerovnomerným poklesávaním územia. Komplikovanú stavbu fluvialnej výplne sme vzhľadom na rôznorodosť rozhodujúcich priestorových a časových činiteľov nazvali polycyklickou. Najmarkantnejším javom v charaktere zloženia fluvialnej výplne nivy hlavného toku Ondavy je prevaha hrubších sedimentov v severnej časti územia (približne po čiaru Trebišov–Ložín) a prevaha jemnejších ílovitých a piesčitých sedimentov južne od tejto čiar. Plošne najrozsiahlejším (nie však vizuálne najnápadnejším) morfologickým tvarom územia je mladoholocénny agradačný val Ondavy, zložený z viacerých generácií agradačných valov, v minulosti viackrát rozplavených pri veľkých povodniach. Holocénny agradačný val Ondavy možno rekonštruovať približne v dnešnom smere jej toku s výraznejšou odchýlkou v úseku Moravany–Thovište, kde v minulosti tiekla Ondava bližšie k úpätiu Pozdišovského chrbta. Agradačný val je vyvýšený oproti štruktúrnej rovine o 0,5 – 2,5 m, s miernym sklonom od toku [4]. Popri agradačnom vale sú najvýznamnejším morfologickým tvarom depresie rôzneho pôvodu a rozsahu. Svojou vizuálnou nápadnosťou, ale najmä funkčným prejavom v dynamike krajiny predstavujú jeden z rozhodujúcich fenoménov krajinnéj štruktúry územia.

Podľa genézy sme rozdelili depresie Ondavskej roviny na:

1. *plošné*, ktoré ďalej členíme na:

- medzivalové,
- tektonicky podmienené,

2. *líniové*, ktoré ďalej členíme na:

- korytá súčasných (aktívnych) tokov
- zvyšky starej riečnej siete (mŕtve ramená) v rôznom štádiu zazemnenia.

Najväčší podiel depresných plôch rôznej genézy je v južnej časti Ondavskej roviny. Z akumulčných foriem reliéfu majú význam duny viateho piesku v južnej časti územia.

Klimatické vlastnosti zaraďujú severnú časť Ondavskej roviny (od sútoku Ondavy a Tople) do teplej oblasti, mierne vlhkej, s chladnou zimou; stredná a južná časť patria do teplej oblasti, mierne suchej, s chladnou zimou [10]. Priemerná ročná teplota v Trebišove je 9 °C, najchladnejší mesiac január má priemer -3,8 °C, júl 20,3 °C (za obdobie 1931 – 1960). Priemerný ročný úhrn zrážok v jednotlivých staniaciach Ondavskej roviny kolíše od 583 do 628 mm. V dlhodobom priemere je zrážkovo najbohatší jún, najchudobnejší február. Prevládajú vetry severného smeru.

Povrchové toky sú činiteľom, ktorý v podstatnej miere determinuje stavbu a dynamiku krajinej štruktúry Ondavskej roviny. Hydrografickou osou je Ondava s pravostraným prítokom Tople. Obidva toky majú dažďovo-snehový režim odtoku [21] s najvyššou priemernou vodnosťou v marci a apríli, s najnižšou v septembri-októbri. Priemerný mesačný prietok Ondavy v Horovciach je 23,9 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (za obdobie 1971 – 1980).

## ANTROPOGÉNNE ZMENY V HYDROGRAFICKEJ SIETI

Pre hydrografickú sieť Ondavskej roviny je typický vysoký podiel upravených tokov a umelých kanálov. Z celkovej dĺžky tokov na Ondavskej rovine (454 km) je 91 %, t. j. 415 km úplne alebo čiastočne upravených, resp. vybudovaných umelo. Hustota tokov je v rámci Slovenska nadpriemerná (2,24 km.km<sup>-2</sup>).

Úpravy tokov a odtokových pomerov na Ondavskej rovine trvajú temer 140 rokov. Zaczali sa napriamovaním koryta Ondavy v polovici 19. storočia, pokračovali výstavbou odvodňovacích kanálov, v poslednom období sa venuje pozornosť výstavbe drenážnych systémov. Porovnaním starších máp vidíme, že tvar riečnej siete územia sa menil pomerne výrazne v rel. krátkych obdobiach (20 – 30 rokov). Divočenie Ondavy a Tople vytváralo hustú spleť nestabilných korýt s početnými bočnými ramenami. Prepichmi a kanálmi sa skrátli tok Ondavy o 2,9 km, Tople o 3,2 km [7]. Násilné skrátienie toku poznačilo ďalší vývoj pozdĺžneho profilu. Zvýšením sklonu v južnej časti územia došlo k zarezávaniu Ondavy a Tople v severnej časti. V úseku po čiaru Trebišov-Ložín sa v rokoch 1863 – 1880 prehĺbilo dno koryta Ondavy priemerne o 1 m, v úseku od tejto čiaru po Hraň sa za to isté obdobie zaneslo až o 2,5 m [7]. Ak tieto údaje dáme do vzťahu k úrovni zvodnených horizontov, ktoré sa pri úprave a stabilizácii korýt tokov nemenili, zistíme, že úpravy hlavných tokov Ondavskej roviny zmenili vzťahy povrchových a podzemných vôd predovšetkým v severnej časti územia, kde v minulosti pravdepodobne neexistoval taký rel. intenzívny vzťah povrchových a podzemných vôd ako v súčasnosti, kedy korytá Ondavy a Tople na niektorých miestach narezávajú zvodnený štrkový horizont.

Úpravami (napriamovaním, skracovaním) toky stratili možnosť prirodzeného vývoja, pre ktorý je typické meandrovanie a divočenie. Plaveniny a splaveniny sedimentujú v porovnaní s prirodzeným vývojom toku rovnomerne, bez prirodzenej diferenciacie (napr. v ohyboch meandrov). Takýmto spôsobom sa jemnými plaveninami mohli zakolmatovať celé upravené úseky, kde je potom sťažené alebo znemožnené spojenie povrchových a podzemných vôd. Platí to najmä o toku Ondavy v strednej a južnej časti územia. Naproti tomu úpravami nezasiahnuté úseky Ondavy v severnej časti a Tople pri ústí si zachovali spojenie s podzemnými vodami, aj keď v pozmenenom rozsahu a intenzite, vyvolanej zmenou pozdĺžneho profilu.

# POHYB PODZEMNÝCH VÔD NA ONDAVSKEJ ROVINE

Zložitá polycyklická stavba územia vytvára komplikované podmienky pre výskyt a pohyb podzemných vôd. Podľa hĺbky obehu a miesta výskytu môžeme podzemné vody kvartérnych fluviaálnych sedimentov rozdeliť na:

1. podzemné vody súvisle zvodneného súvrstvia prevažne štrkov a pieskov.
2. podzemné vody v nesúvisle zvodnených polohách v zóne prevzdušnenia,
3. pôdnu vodu (jej zaradenie v tomto kontexte môže vyvolať diskusie. Zaraďujeme ju pre jej tesné väzby s podzemnými vodami v zmysle bodov 1–2 na Ondavskej rovine.)

Mocnosť zvodneného súvrstvia je rôzna a pohybuje sa od 1,5 do 3 v oblasti Parchovian [3], po 14 m v profile Trebišova [18]. Mocnosť zóny prevzdušnenia kolíše od 2 do 10 m. Nesúvislé polohy podzemných vôd v zóne prevzdušnenia spolu s pôdnymi vodami tesnejšie interagujú s ostatnými zložkami krajiny (ovzdušie, vegetácia) a sú väčšmi vystavené vplyvom človeka. Zároveň sprostredkujú väzbu medzi súvisle zvodneným horizontom a inými zložkami krajiny.

Jednotlivé fácie fluviaálnej výplne a pôdne typy vytvárajú bariéry rôzneho stupňa prestupnosti pre pohyb podzemných vôd či už vo vertikálnom alebo v horizontálnom smere. Ťažko priepustné až nepriepustné vrstvy podmieňujú existenciu tlakových vôd, ktoré do istej miery skresľujú výsledky pozorovaní hladín podzemných vôd vo vrtoch. Tlaková výška, t. j. rozdiel medzi úrovňou vody navrtanej a úrovňou vody ustálenej nie je časovo homogénny ukazovateľ. Najvyššie hodnoty tlakových výšok pozorujeme vo vrtoch na úpätí vyzdvihnutých štruktúr susediacich na východe s Ondavskou rovinnou (Pozdišovský chrbát, Malčická tabuľa). Vysoké hodnoty tlakovej výšky (nad 8 m) tu dávame do súvisu so stykom kvartérnych sedimentov s neogénnymi sedimentmi pozdišovskej štrkovej formácie.

Kým tlaková výška predstavuje len potenciálny pohyb podzemnej vody, ktorý sa prejaví len za určitých podmienok (prerazenie nepriepustnej nadložnej vrstvy), z hľadiska vplyvu na krajinu sú významnejšie ostatné prirodzenejšie formy pohybu podzemných vôd, ktoré členíme na:

1. *vertikálne pohyby* – interagujú s ostatnými zložkami krajinnej štruktúry v topickej dimenzii. Zaraďujeme sem infiltráciu, kapilárny zdvih výpar z pôdy,
2. *horizontálne pohyby* – interagujú s ostatnými zložkami krajinnej štruktúry v chorickej dimenzii. Patrí sem prúdenie podzemných vôd.

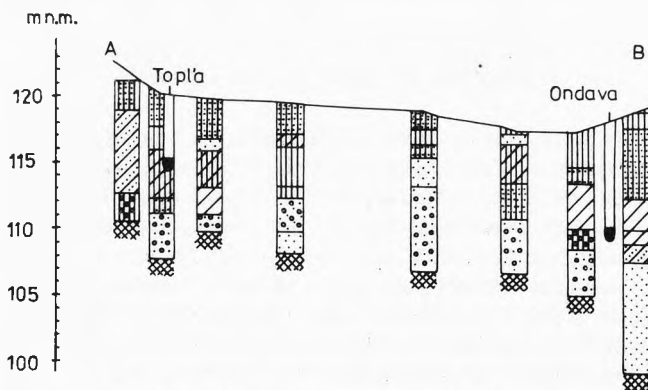
Infiltrácia sa vo všeobecnosti chápe ako prenikanie zrážkovej (závlahovej) vody do pôdy a ďalej k hladine podzemnej vody. Infiltračná schopnosť pôdy klesá s narastaním jej vlhkosti. Nivné pôdy glejové na Latorickej rovine, ktoré sú identické s nivnými pôdami glejovými južnej časti Ondavskej roviny, majú strednú vsakovaciu schopnosť, t. j. hodnoty vsaku sú 100–200 mm vlhky za hodinu [6]. Je dokázaná aj vysoká závislosť vsakovacej schopnosti pôdy od agrotechniky, osevného postupu a druhu porastu.

Kapilárny zdvih je pohyb podzemnej (pôdnej) vody kapilárnymi pórmí proti pôsobeniu gravitácie. Hodnoty výšky kapilárneho zdvihu sa neuvádzajú vždy jednotne. Vo všeobecnosti sa znižovaním priemeru zŕn do určitej hodnoty jeho výška rastie. J. Váša a J. Drbal [23] predpokladajú výšku kapilárneho zdvihu (vzlínania) do 200 – 300 cm. Z. Bedrna [2] udáva pre ílovité lužné pôdy z oblasti Malčíc výrazný vplyv kapilárneho vzlínania len pre hĺbku podzemných vôd 1 m a menej. Ten istý autor upozorňuje na vplyv heterogenity pôdneho profilu na výšku kapilárneho zdvihu. Na základe zhodnotenia výskumov viacerých autorov v rôznych podmienkach a vzhľadom na absenciu výskumov na Ondavskej rovine predpokladáme, že z hľadiska interakcie hladiny pozem-

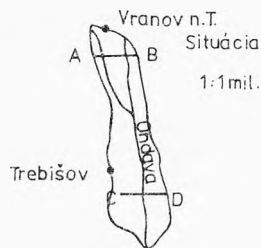
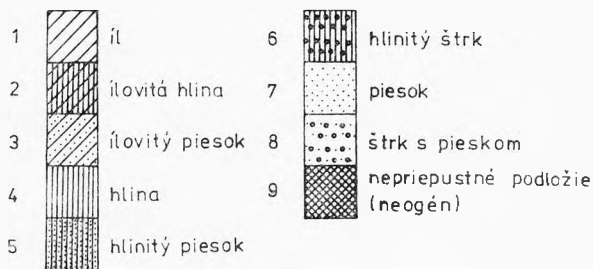
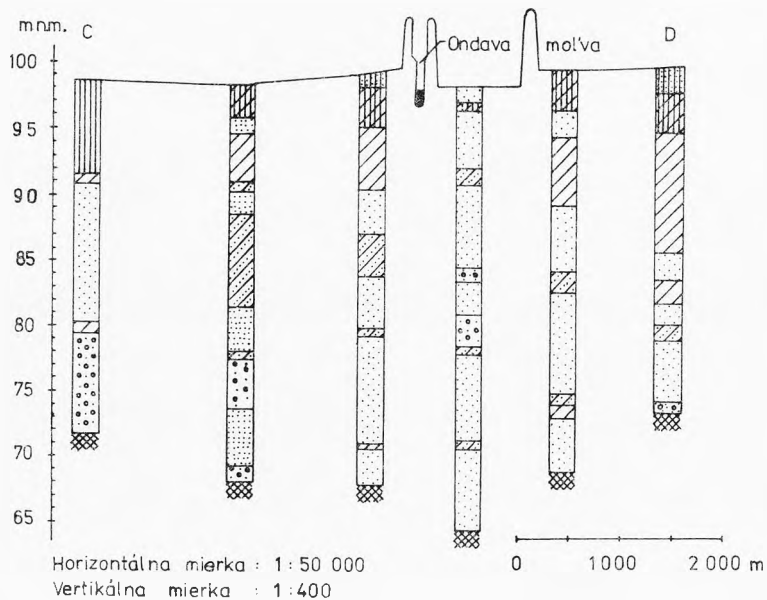
ných vôd s ostatnými zložkami krajiny je v podmienkach sledovaného územia rozhodujúca úroveň hladiny podzemnej vody v rozmedzí od 1 do 2 m pod povrchom terénu. Pri hĺbke menšej ako 1 m dochádza k intenzívnejšiemu vplyvu podzemnej vody na ostatné zložky krajiny štruktúry, pričom z hľadiska poľnohospodárskej výroby ide prevažne o negatívne pôsobenie, zapríčinené prebytkom vlahy v koreňovej zóne. V rozmedzí od 1 do 2 m väzby hladiny podzemnej vody s ostatnými zložkami krajiny postupne slabnú, za určitých podmienok (suché a chladné počasie, mimovegetačné obdobie) sa môžu prerušiť. Pri hĺbke hladiny podzemných vôd väčšej ako 2 m pod terénom predpokladáme interakciu podzemnej vody s ostatnými zložkami krajiny len za mimoriadnych podmienok, napr. pri dlhotrvajúcich zrážkach, kedy pri dostatočných zásobách podzemnej vody a účinnom prevlhčení pôdneho profilu zhora môže dôjsť ku styku kapilárne zavesenej a kapilárne podopretej vody.

Výparom z pôdy sa do ovzdušia dostáva buď podzemná voda, ktorá vystúpila kapilárnym zdvihom z podzemnej vody, alebo pôdna voda infiltrovaná do horných horizontov pôdy. Problematika tohto druhu výparu nie je zatiaľ jednoznačne vyriešená, preto sme sa ani nesnažili určiť jeho konkrétne hodnoty na Ondavskej rovine.

Prúdením podzemnej vody je jej horizontálny pohyb spôsobený sklonom nepriepustného podložia alebo vyrovnávaním hladín podzemnej vody, ktoré sa riadi hydraulickými zákonitosťami pohybu vody v pôrovitom prostredí. Smery prúdenia podzemnej vody sme študovali pomocou hydroizohýps, t. j. čiar spájajúcich miesta s rovnakou nadmorskou výškou hladiny podzemnej vody, zostrojených pre maximálny a minimálny stav hladiny podzemnej vody. Z tvaru hydroizohýps možno usudzovať na SZ – JV smer prúdenia podzemnej vody v severnej časti územia a na pravej strane Ondavy aj v strednej a čiastočne južnej časti. Na ľavej strane Ondavy sa v strednej a južnej časti prúd podzemných vôd vplyvom Pozdišovského chrbta stáča a nadobúda prevažne SJ smer. Tvary hydroizohýps v strednej a južnej časti poukazujú na drenážny účinok Ondavy, ktorý je však sporný vzhľadom na existenciu viac-menej nepriepustných náplavov, v ktorých je koryto Ondavy zarezané. Predpokladáme možný drenážny účinok relatívne lepšie priepustných sedimentov sledujúcich smery starého koryta Ondavy. Rýchlosť prúdenia podzemnej vody (určená zo sklonu hladiny podzemnej vody) je najvyššia v severnej časti, smerom na juh sa znižuje a na medziriečí Ondava-Latorica môžeme hovoriť takmer o stagnácii podzemných vôd. Rozdiely v smeroch prúdenia za maximálnych a minimálnych stavov sú v danej mierke spracovania (1:50 000) zanedbateľné. Prirodzene, menia sa výškové vzťahy.



Obr. 1. Priečny profil nivami Tople a Ondavy.



Obr. 2. Pričný profil nivou Ondavy.

## REŽIM PODZEMNÝCH VÔD

Režim podzemných vôd je výsledkom pôsobenia prirodzených (prírodných) a umelých procesov v priestore a čase. Jednou z významných úloh pri štúdiu režimu podzemných vôd je analýza režimových charakteristík, ktoré sú výsledkom spolupôsobenia režimotvorných faktorov, odrážajúcich vlastnosti krajinej štruktúry. Medzi základné charakteristiky režimu podzemných vôd sme zaradili priemernú úroveň hladiny podzemnej vody a extrémne hladiny za rôzne obdobia (mesiac, rok, desaťročie). Do režimotvorných faktorov sme zahrnuli vplyvy reliéfu, horninového (hydrogeologického) prostredia, klímy, povrchových tokov a človeka. Podiel jednotlivých faktorov na formovaní režimu podzemných vôd sa mení v priestore a čase.

Reliéf ako nehmotná zložka krajiny ovplyvňuje režim podzemných vôd jednak sprostredkovanou, t. j. podmieňuje priestorovú diferenciáciu a vlastnosti tých zložiek

a prvkov krajiny, ktoré ovplyvňujú režim podzemných vôd (klíma, tvar riečnej siete, pôdna a vegetačné pomery), na druhej strane sa reliéf spolupodieľa na tvorbe režimu podzemnej vody aj priamo, t. j. je dôležitým distribútorom spadnutých zrážok, čím do istej miery ovplyvňuje veľkosť infiltrácie.

Horninové (hydrogeologické) prostredie je miestom dopĺňania, pohybu a akumulácie podzemných vôd. Na Ondavskej rovine ho môžeme stotožniť s rozsahom kvartérnych sedimentov fluvialnej výplne a pôdnej vrstvy. Spomínaná komplikovaná poly-cyklická stavba fluvialnej výplne vytvára zložité podmienky pre pohyb a akumuláciu podzemných vôd.

Klíma (miestne klimatické pomery) môže výrazne ovplyvňovať režim podzemnej vody v prípadoch, keď podzemná voda leží plytko pod povrchom a súčasne zónu prevzdušnenia tvoria dobre priepustné sedimenty, zabezpečujúce dostatočný kontakt zrážkovej vody s hladinou podzemnej vody. Na prevažnej časti Ondavskej roviny v dôsledku pokryvu slabopriepustných sedimentov je vplyv miestnych zrážok na režim podzemných vôd zanedbateľný. Ich relatívne väčší vplyv možno pozorovať na náplavových kuželloch tokov stekajúcich zo Slanských vrchov v bezprostrednej blízkosti Ondavskej roviny. Koeficient korelácie medzi zrážkovými úhrnmi a úrovňou hladiny podzemných vôd tu dosahuje vo vlhkých rokoch hodnoty 0,50 – 0,70 (význačná tesnosť vzťahu), v suchých rokoch táto závislosť klesá na 0,20 (nízky stupeň tesnosti vzťahu). Na území vlastnej Ondavskej roviny koeficient korelácie miestne zrážok – hladina podzemnej vody nepresahuje ani vo vlhkých rokoch hodnotu 0,40 a zväčša je pod 0,30, teda nedosahuje ani mierny stupeň tesnosti vzťahu. Viacerí autori tiež nepripúšťajú výraznejší vplyv miestnych zrážok na režim podzemných vôd [16, 20, 22].

Vplyv povrchových tokov na režim hladiny podzemnej vody sa prejavuje sprostredkované cez horninové prostredie. Vzťah hlavných tokov (Ondavy a Tople) a podzemnej vody na Ondavskej rovine patrí k najväčším problémom. Väčšina autorov nepredpokladá hydraulické spojenie Ondavy s podzemnými vodami v južnej časti Ondavskej roviny. Predpokladá sa ich spojenie len v severnej, prípadne strednej časti [15, 17]. Na základe doteraz publikovaných prác a našich hodnotení (výšková analýza priečných profilov nivou Ondavy a Tople (obr. 1, 2), hydroizohypsy, korelácie hladín podzemnej vody a hladín vody v toku) môžeme o vzťahu povrchové–podzemné vody na Ondavskej rovine vysloviť tieto zavery:

1. v severnej časti na úseku Nižný Hrabovec – Moravany je Ondava v hydraulickom spojení s podzemnými vodami, Topľa je s nimi v hydraulickom spojení v úseku Božčice – sútok s Ondavou,

2. v strednej a južnej časti územia tečie Ondava zarezaná do vlastných hlinitých a fľovitých náplavov bez hydraulického spojenia so zvodnenou vrstvou, ktorej horná úroveň je v priemere 1,5 – 4 m pod dnom koryta,

3. na periglaciálnych náplavových kuželloch tokov stekajúcich zo Slanských vrchov je závislosť tok – podzemná voda výrazná v dôsledku relatívne lepšej priepustnosti materiálu kuželov, čo platí predovšetkým pre Bačkovský potok a pre Olšavu.

Vplyv človeka na režim podzemných vôd je na Ondavskej rovine prakticky permanentný. Je výsledkom temer úplne novovybudovanej siete tokov, výstavby odvodňovacích systémov (kanály, drenáže) a v neposlednom rade aj odbermi podzemnej vody.

Dôležitou a doteraz nie úplne doriešenou je otázka pôvodu podzemnej vody na Ondavskej rovine. Ak vylúčime možnosti dopĺňania podzemných vôd povrchovými tokmi a miestnymi zrážkami, ktoré, ako sme už uviedli, sú priestorovo a časovo limitované, dostávame sa k problému pôvodu vody vo zvodnenej vrstve a v zóne prevzdušnenia. Podľa niektorých autorov pôvod podzemných vôd na Ondavskej rovine treba

hľadať v tokoch stekajúcich zo Slanských vrchov, v svahových uloženiach, v jarnom topení snehu a jarných zrážkach [17], či v pahorkatinnom geomorfologickom stupni a vo všetkých ďalších vyšších stupňoch v rámci čiastkového povodia Bodrogu [19].

Na základe zistenej miernej až význačnej tesnosti korelačného vzťahu medzi prítokmi na Ondave a úrovňou hladiny podzemnej vody v pozorovacích objektoch vzdialených niekoľko km s výškovým rozdielom viac ako 10 m, ďalej závislosti medzi prítokmi na tokoch stekajúcich zo Slanských vrchov a hladinami podzemnej vody na Ondavskej rovine a napokon závislosti medzi podzemným odtokom na tokoch stekajúcich zo Slanských vrchov a hladinami podzemných vôd na ich nivách, predpokladáme existenciu procesov prítoku vody do územia, ktoré vytvárajú silné jednosmerné väzby medzi okrajovými pohoriami a Ondavskou rovinou.

Podľa nášho názoru existujú tri spôsoby dopĺňania zásob podzemných vôd na Ondavskej rovine, a to:

1. podzemný prítok nivami Ondavy a Tople v profile vtoku uvedených riek na územie Ondavskej roviny,
2. bočný prítok zo Slanských vrchov, transformovaný Podslanskou pahorkatinou a Trebišovskou tabuľou,
3. dopĺňanie hlavnými tokmi územia (Ondavou a Topľou) za určitých podmienok na niektorých miestach.

Podzemný prítok a odtok nivami Ondavy a Tople v profile vtoku a výtoku z Ondavskej roviny, ako aj bočný prítok zo Slanských vrchov sme určili pomocou Darcyho zákona

$$Q_p = k \cdot F \cdot \frac{h}{l},$$

kde  $Q_p$  – podzemný prítok ( $\text{v m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $k$  – koeficient filtrácie ( $\text{v m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),  $F$  – plocha merného profilu ( $\text{v m}^2$ ),  $h$  – strata tlakovej výšky ( $\text{v m}$ ),  $l$  – vzdialenosť, na ktorej dôjde ku strate tlakovej výšky  $h$  ( $\text{v m}$ ).

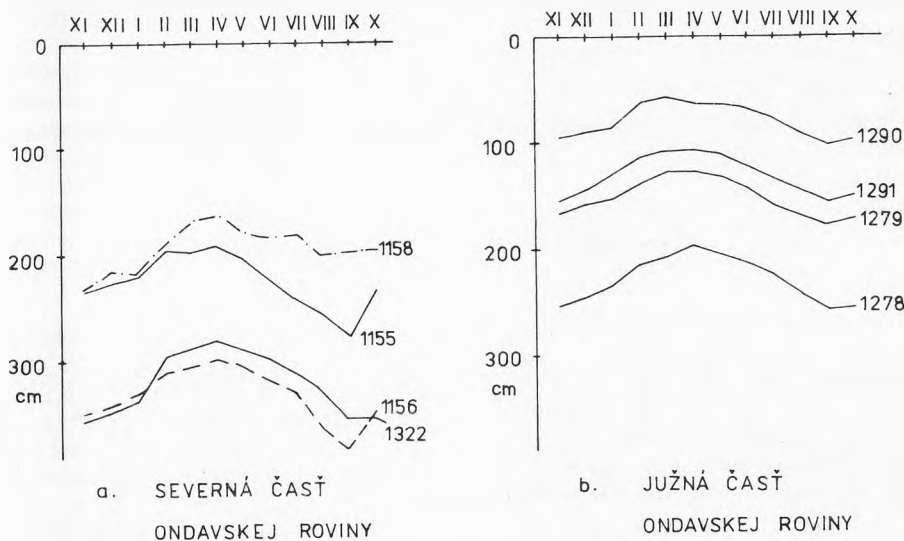
Koeficient filtrácie  $k$  sme určili ako priemernú hodnotu z údajov vypočítaných pri čerpacích pokusoch vo vrtoch v sledovanom profile, plochu merného profilu  $F$  – sme určili ako súčin dĺžky profilu a priemernej mocnosti zvodnenej vrstvy, stratu tlakovej výšky  $h$  – a vzdialenosť  $l$  sme odrátali z mapy hydroizohýps priemerných stavov 1:50 000.

Po dosadení sme získali pre vstupný profil (vtok) Ondavskej roviny (južne od Vranova (obr. 1)) hodnotu  $Q_p$  11–12  $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ , pre výstupný profil (výtok) približne na čiare Zemplínske Hradište–Malčice (obr. 2) tiež hodnotu 11–12  $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ . Hodnotu bočného  $Q_p$  sme zisťovali na nive Olšavy v profile Sačurova, kde sme získali hodnoty  $1,30 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , čo je rádove na 1 m šírky prúdu hodnota  $1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , teda približne toľko, ako udáva L. Cibulka [22]. Ako vidíme, napriek určitému bočnému prítoku zo strany Slanských vrchov nepozorujeme prírastok  $Q_p$  vo výstupnom profile. Na základe tohto usudzujeme, že nevýrazné dopĺňanie zásob podzemnej vody bočným prítokom zo strany Slanských vrchov sa stráca prestupom do Ondavy a Tople v mieste ich hydraulického spojenia s podzemnými vodami, a preto sa nemôže prejaviť prírastkom hodnoty  $Q_p$  vo výstupnom profile. Predpokladáme, že bočný prítok sa uplatňuje len v severnej časti Ondavskej roviny, kde je relatívna blízkosť Slanských vrchov a lepšie priepustné sedimenty náplavových kuželov.



Ďalším prístupom k spoznaniu režimu podzemnej vody bol rozbor čiar časového priebehu hladín podzemnej vody. Zostavili sme čiarový časového priebehu hladín podzemnej vody vo vybraných pozorovacích objektoch za priemerné obdobie 1971 – 1980, za vlhký rok 1974 a za suchý rok 1973.

Charakteristická krivka chodu hladiny podzemnej vody má v dlhodobom priemere približne tvar sínusoidy s maximom v jarňých mesiacoch (marec alebo apríl) a s minimom na jeseň (najčastejšie september). Tvary čiar v pozorovacích objektoch v severnej a strednej časti nemajú taký plynulý priebeh ako čiar v pozorovacích objektoch v južnej časti, kde nepozorujeme taký častý výskyt podružných maxim a minim (graf 1). Z toho usudzujeme, že v severnej a strednej časti sa ešte relatívne výrazne prejavujú vlastnosti hydrologického cyklu Slanských vrchov a horných častí povodia Ondavy a Tople. Kontrastnosť krajinných štruktúr a ich dynamika je tu väčšia ako v južnej časti Ondavskej roviny, ktorá si vzhľadom na väčšiu odľahlosť od Slanských vrchov, ako aj od vplyvu horných častí povodia Ondavy a Tople zachováva väčšiu autonómiu, čo sa následne prejavuje vo vyrovnaneršom priebehu čiar.



Graf 1. Čiarový chod hladín podzemnej vody vo vybraných pozorovacích objektoch základnej siete Slovenského hydrometeorologického ústavu (priemer za obdobie 1971 – 1980) v cm pod terénom.

Vo vlhkých rokoch (obdobíach) sme zaznamenali vyššie priemerné amplitúry kolísania hladín podzemnej vody v objektoch v severnej a strednej ako v južnej časti. Severná a stredná časť Ondavskej roviny tu pôsobí ako nárazníkové územie, v ktorom sa akumuluje voda pritečená z horných častí povodia Ondavy a Tople. Naproti tomu výdatné zrážky v horných častiach povodia sa v južnej časti Ondavskej roviny prejavujú len menej výrazne alebo vôbec nie, pričom kulminácia hladín podzemnej vody je tu v porovnaní so severnou a strednou časťou posunutá.

V suchých rokoch (obdobiah) pozorujeme podstatne vyrovnanjšie hodnoty amplitúd hladín podzemnej vody medzi severnou (strednou) a južnou časťou územia.

Napriek detailnému štúdiu sa nám na základe dostupných výsledkov pozorovaní a meraní nepodarilo diferencovať územie Ondavskej roviny na menšie, z hľadiska režimu podzemných vôd homogénne celky. Výsledky výskumu režimu nám napriek tomu umožnili formulovať tieto závery:

1. najvýznamnejším režimotvorným faktorom podzemných vôd Ondavskej roviny sú zrážky spadnuté na horných tokoch Ondavy a Tople a v Slanských vrchoch, odkiaľ prostredníctvom povrchového, podpovrchového a podzemného odtoku stekajú do Ondavskej roviny, kde sa podieľajú na tvorbe režimu podzemných vôd,

2. pôvod podzemných vôd Ondavskej roviny tiež treba hľadať mimo vlastného územia Ondavskej roviny. Podzemná voda priteká najmä podzemným prítokom nivnými sedimentmi Ondavy a Tople. Možno predpokladať isté, ale menej významné dopĺňanie bočným prítokom zo Slanských vrchov. Najmenší, priestorovo a časovo limitovaný podiel na dopĺňaní zásob podzemných vôd majú miestne zrážky a prestup vody z hlavných povrchových tokov.

3. režim podzemných vôd severnej a strednej časti je dynamickejší. Výkyvy hladín tu dosahujú väčšie amplitúdy a aj priemerný čas na dosiahnutie maxima hladiny je kratší ako v južnej časti,

4. vo vlhkých rokoch (obdobiah) možno pozorovať v jednotlivých objektoch základnej siete väčšie rozdiely v charakteristikách režimu ako v suchých rokoch (obdobiah). Z toho usudzujeme na narastanie diferenciácie krajiny s pribúdajúcim množstvom vody.

## HYDROMORFNOSŤ KRAJINY

Voda ako jedna z najvýznamnejších hmotných, energetických a transportných zložiek v krajine je schopná vďaka svojmu všeobecnému rozšíreniu (aj keď nevytvára kontinuum v priestore a čase) za istých podmienok určovať dynamiku a vývoj krajiny, stáva sa jej riadiacou zložkou. Považujeme preto za účelné definovať a vymedziť takú vlastnosť krajinej štruktúry, ktorá by vyjadrovala jej schopnosť prijať a zadržať vodu a zároveň indikovať spätný vplyv zadržanej (pretečenej) vody na ňu. Túto vlastnosť krajinej štruktúry sme nazvali *hydromorfnosť*.

Hydromorfnosť je vlastnosť krajinej štruktúry, ktorá vyjadruje jej schopnosť prijať a zadržať vodu a zároveň určuje, do akej miery je krajinná štruktúra zadržiavanou (pretekajúcou) vodou spätne ovplyvnená [8]. Na rozdiel od doteraz zaužívaných charakteristík vlhkosti krajiny, z ktorých je najpoužívanejší klimatický ukazovateľ zavláženia (rozdiel medzi potenciálnym výparom a zrážkami), zohľadňujúci len omedzený počet časovo nestálych hodnôt, stupeň hydromorfnosti je komplexnejší, zohľadňujúci vplyv viacerých krajinných zložiek. Stupeň hydromorfnosti je relatívne stála hodnota vychádzajúca zo stabilných, resp. dlhodobopriemerných ukazovateľov. Praktický význam určenia stupňa hydromorfnosti krajiny je predovšetkým indikačný. Ukazuje nám, do akej miery je krajina ovplyvnená vodou, čo možno následne využiť pri štúdiu geochemie krajiny, pri určovaní jej stability, dynamiky, pri štúdiu hydrologickej a energetickej bilancie krajiny. V praktickej problematike možno stupeň hydromorfnosti využiť pri riešení hydromelioračných a vodohospodárskych zásahov v krajine.

Stupeň hydromorfnosti závisí od viacerých faktorov, a to od:

1. množstva hmoty (vody) vstupujúcej do krajiny (formou zrážok, povrchového, podpovrchového alebo podzemného prítoku). S narastajúcim množstvom vody vstupujúcim do krajiny narastá vo všeobecnosti aj stupeň jej hydromorfnosti. Pribúdajúca hmota (voda) podmieňuje postupnú zmenu kvantity na kvalitu, t. j. dochádza k zmene až k prestavbe krajinnej štruktúry,

2. množstva energie (predovšetkým slnečnej a gravitačnej), ktorá je hlavným činiteľom podmieňujúcim existenciu hydrologického cyklu. Stupeň hydromorfnosti je nepriamo úmerný množstvu slnečnej energie vstupujúcej do krajiny a množstvu gravitačnej energie potenciálne v krajine obsiahnutej. Slnečná energia cez výpar a transpiráciu znižuje množstvo vody obsiahnutej v krajine. Gravitačná energia (prostredníctvom podielu svahov) výrazne determinuje veľkosť a rozdelenie odtoku, a tým aj celkové množstvo vody v krajine. Vcelku môžeme tvrdiť, že krajiny s vysokým stupňom hydromorfnosti sa vyznačujú nedostatkom niektorej formy energie.

3. počtu, priestorového a časového usporiadania tzv. bariérových prvkov a bariérových stavov. Bariérové prvky sú prvky krajiny, ktoré spomaľujú rýchlosť hydrologických procesov v hydrologickom cykle a prispievajú k akumulácii (zadrživaniu) vody v krajine. Bariérové prvky majú stále vlastnosti, sú časovo relatívne nemenné. Bariérovým prvkom môže byť depresia alebo agradačný val, prípadne iná forma reliéfu obmedzujúca pohyb vody. V pedosfére a litosfére sú bariérovými prvkami pôdy a horniny so slabou priepustnosťou (íly a pod.). Množstvo a priestorové usporiadanie bariérových prvkov je pre stanovenie stupňa hydromorfnosti rozhodujúce.

Bariérové stavy tiež spomaľujú rýchlosť hydrologického cyklu, ale na rozdiel od bariérových prvkov ich bariérové pôsobenie je časovo obmedzené. Je to len dočasná vlastnosť zložiek, resp. prvkov krajiny, ktorú získavajú buď pravidelne (sezónne), alebo nepravidelne, náhodile. Za bariérový stav považujeme napr. zvýšený obsah vody v pôde po výdatnom daždi, kedy je jej vlhkosť blízka plnej vodnej kapacity. V ovzduší môže nastať bariérový stav pri vysokej relatívnej vlhkosti vzduchu, ktorá znemožňuje výpar alebo podstatne znižuje jeho veľkosť.

Množstvo a vlastnosti bariérových prvkov považujeme v našich podmienkach za rozhodujúce činitele určujúce stupeň hydromorfnosti.

Stupeň hydromorfnosti krajiny nestotožňujeme s pojmom vlhkosť krajiny. Vychádzajúc z našich predstáv, nemožno klásť rovnítko medzi krajinu s vysokým stupňom hydromorfnosti a vlhkosť krajiny. Kým v krajine s vysokým stupňom hydromorfnosti prevažujú relatívne stále a nemenné bariérové prvky, vo vlhkej krajine dominujú bariérové stavy, ktoré sú len dočasné, čo znamená, že vlhkosť na rozdiel od stupňa hydromorfnosti je nestála hodnota podliehajúca výkyvom. Narastaním (znižovaním) vlhkosti nedochádza k takému nahromadeniu (ubúdaniu) vody a najmä nie k jej dostatočne dlhému pôsobeniu, ktoré by vyvolalo kvalitatívne zmeny v krajinnej štruktúre. V opačnom prípade, keď už možno pozorovať trvalé kvalitatívne zmeny v krajine vplyvom narastajúceho (znižujúceho sa) pôsobenia vody, môžeme hovoriť o narastaní (znižovaní) stupňa hydromorfnosti.

Naše tvrdenie o narastaní diferenciácie krajiny s pribúdajúcim množstvom vody tak, ako to pozorujeme na študovanom území vo vlhkých rokoch, je založené aj na predpoklade meniacej sa vlhkosti krajiny a nie stupňa hydromorfnosti. Diferenciácia krajiny sa mení s vlhkosťou v rámci dynamických, prípadne rytmických zmien geoeologického invariantu v zmysle L. Mičiana a F. Zatkálíka [14]. Zmena stupňa hydromorfnosti zodpovedá zmene invariantu v zmysle uvedených autorov.

# HYDROMORFNOSŤ KRAJINNÝCH ŠTRUKTÚR ONDAVSKEJ ROVINY

Na základe predchádzajúcich teoretických úvah sa pokúsime určiť stupeň hydromorfnosti krajinných štruktúr Ondavskej roviny. V konkrétnom prípade musíme zohľadniť viaceré limitujúce objektívne i subjektívne okolnosti, ktoré determinujú možnosti praktického určenia stupňa hydromorfnosti. Najvýraznejšou z nich je klimatická homogenita skúmaného územia. Podľa nášho názoru ani na základe detailných mikro- a mezoklimatických meraní by sme nemohli účelne diferencovať územie podľa množstva spadnutých zrážok, veľkosti výparu alebo množstva slnečného žiarenia, ktoré sú rozhodujúcimi klimatickými prvkami na určenie stupňa hydromorfnosti. Ďalšou okolnosťou limitujúcou presné určenie stupňa hydromorfnosti je antropogénny zásah do hydrologického cyklu v podobe sústav kanálov a drenáží. Ich účinnosť nie je vždy dostatočne známa, napriek tomu, že ide o vedomý ľudský zásah. Klimatickú homogenitu a antropogénny zásah považujeme za objektívne limitujúce faktory.

Rozhodujúcim subjektívnym limitujúcim faktorom je nevyhnutnosť interpolácie vybraných faktorov vzhľadom na riedku sieť meracích a pozorovacích objektov. Interpolované údaje v prípade Ondavskej roviny vytvárajú predstavu o homogénnejšej krajinej štruktúre než akou v skutočnosti je. Sú to však všeobecné problémy interpolácií.

Skutočnosť, že nie sme na základe dostupných údajov schopní rozlíšiť hranicami zmeny kvality toho-ktorého prvku, nás viedla k využitiu kilometrovej siete, kde ku každému štvorcu priradujeme jednu hodnotu zvoleného prvku.

Vybrali sme štyri faktory určujúce stupeň hydromorfnosti na Ondavskej rovine, a to:

- koeficient filtrácie ( $v \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ),
- obsah ílových častíc v pôde (podľa percentuálneho zastúpenia zrn I. kategórie, t. j. menších ako 0,01 mm),
- priemernú úroveň hladiny podzemnej vody pod terénom (v m) za obdobie 1971 – 1980,
- podiel prirodzených depresných tvarov terénu (v % plochy).

Vybrané faktory sme rozdelili podľa veľkosti do piatich skupín (intervalov) od hodnot predpokladaného najnižšieho vplyvu na stupeň hydromorfnosti po najvyšší, pričom sme jednotlivým intervalom priradili hodnotu 1–5 balov, kde:

- 1 bal zodpovedá veľmi nízkemu stupňu hydromorfnosti,
- 2 baly zodpovedajú nízkemu stupňu hydromorfnosti,
- 3 baly zodpovedajú strednému stupňu hydromorfnosti,
- 4 baly zodpovedajú vysokému stupňu hydromorfnosti,
- 5 balov zodpovedá veľmi vysokému stupňu hydromorfnosti.

Hodnoty v baloch sme priradili ku každému štvorcu za každý vybraný faktor. Získané hodnoty sme napokon sčítali, čím sme dostali výslednú hodnotu vyjadrujúcu v baloch stupeň hydromorfnosti. Každý štvorec mohol takto získať minimálne 4 ( $4 \times 1$  bal), maximálne 20 ( $4 \times 5$  balov) balov. Výsledný stupeň hydromorfnosti sme rozdelili takto:

- I. stupeň – veľmi nízky stupeň hydromorfnosti (4 – 7 balov),
- II. stupeň – nízky stupeň (8 – 10 balov),
- III. stupeň – stredný stupeň hydromorfnosti (11 – 13 balov),
- IV. stupeň – vysoký stupeň hydromorfnosti (14 – 16 balov),

## V. stupeň – veľmi vysoký stupeň hydromorfnosti (17 – 20 balov).

Výsledné hodnoty znázorňujeme na mape 1.

Koeficient filtrácie udávame v  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Vymedzenie okrajových hodnôt je do istej miery subjektívne a relatívne, zostavené so zreteľom na miestne podmienky Ondavskej roviny. Podobne v dostupných prácach sa relatívne hodnoty koeficienta filtrácie neinterpretujú jednotne [9, 12, 24]. V našom prípade sme vychádzali z približne 70 bodových hodnôt, rozložených nerovnomerne po Ondavskej rovine. Hodnoty  $k$  sme rozdelili takto:

1. $10^{-3} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ a viac	– 1 bal,
7,6 – 9,9. $10^{-4} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	– 2 baly,
5,1 – 7,5. $10^{-4} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	– 3 baly,
2,6 – 5,0. $10^{-4} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	– 4 baly,
2,5. $10^{-4} \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ a menej	– 5 balov.

Obsah ílových častíc v pôde vychádza zo stanovenia percentuálneho zastúpenia zŕn I. kategórie (priemer  $< 0,01$  mm) v jednotlivých pôdnych druhoch. Ako príklad nám slúžila mapa v mierke 1:50 000 autorov E. Fulajtára a J. Čurlíka [5]. Podiel ílových častíc v pôdnom a horninovom prostredí považujeme z hľadiska pohybu vody za významný. Podľa vplyvu jednotlivých pôdnych druhov na stupeň hydromorfnosti sme ich rozdelili takto:

piesočnaté pôdy	– 0–10 % častíc I. kategórie	1 bal
hlinito-piesočnaté a piesočnato-hlinité pôdy	– 10–30 % častíc I. kategórie	2 baly
hlinité pôdy	– 30–45 % častíc I. kategórie	3 baly
ílovito-hlinité pôdy	– 45–60 % častíc I. kategórie	4 baly
ílovité pôdy a íl	– 60–70 % častíc I. kategórie	5 balov

Priemerná úroveň hladiny podzemnej vody udáva jej hĺbku v m pod terénom za obdobie 1971 – 1980. Vychádzali sme z mapy izobát (čiar spájajúcich miesta s rovnakou hĺbkou hladiny podzemných vôd), zostrojenej na základe údajov pozorovacích objektov Slovenského hydrometeorologického ústavu. Vplyv úrovne hladiny podzemných vôd na stupeň hydromorfnosti vo všeobecnosti rastie so znižovaním jej hĺbky. Na tomto základe sme rozdelili priemerné úrovne hladiny podzemnej vody pod terénom takto:

4 m a viac pod úrovňou terénu	– 1 bal
3 – 3,99 m pod úrovňou terénu	– 2 baly
2 – 2,99 m pod úrovňou terénu	– 3 baly
1 – 1,99 m pod úrovňou terénu	– 4 baly
0,99 m a menej pod úrovňou terénu	– 5 balov

Podiel prirodzených depresných tvarov terénu v percentách plochy štvorca sme získali interpretáciou multispektrálnych leteckých snímok, nasnímaných v polovici marca 1982 a čiernobielych leteckých snímok z augusta 1980. Hĺbku depresí sme pre technické problémy pri jej určení nebrali do úvahy. Depresné tvary sa identifikovali na základe intenzity zamokrenia povrchu. Podiel prirodzených depresí (bez ohľadu na ich genézu) považujeme za priamo úmerný stupňu hydromorfnosti. Zvolili sme tieto intervaly:

0 – 20 % podiel rozlohy depresíí z rozlohy štvorca	– 1 bal
21 – 40 % podiel rozlohy depresíí z rozlohy štvorca	– 2 baly
41 – 60 % podiel rozlohy depresíí z rozlohy štvorca	– 3 baly
61 – 80 % podiel rozlohy depresíí z rozlohy štvorca	– 4 baly
80 – 100 % podiel rozlohy depresíí z rozlohy štvorca	– 5 balov

Výsledný stupeň hydromorfnosti odhaľuje priestorovú diferenciáciu územia Ondavskej roviny vzhľadom na vplyv vody, najmä podzemnej, na krajinnú štruktúru. Potvrdzujú sa predchádzajúce závery, sľovené na základe iných metodických postupov. Z mapy I vidíme narastanie stupňa hydromorfnosti smerom na juh, pričom severná a čiastočne stredná časť má nízky až veľmi nízky stupeň hydromorfnosti, juh strednej časti (od čiary Vojčice–Bánovce nad Ondavou) má stredný až vysoký stupeň hydromorfnosti a južná časť má vysoký až veľmi vysoký stupeň hydromorfnosti.

Severná a čiastočne stredná časť má nízky podiel depresných plôch a strednú, miestami až veľmi vysokú hodnotu koeficienta filtrácie (pozdĺž Ondavy). Najnižší stupeň hydromorfnosti má územie pozdĺž Ondavy od Nížného Hrabovca po Tušice, kde okrem obsahu ílovitých častíc, ktorý dosahuje stredné hodnoty, majú ostatné faktory veľmi nízke až nízke hodnoty. V tejto oblasti je najvyšší koeficient filtrácie, hlboká hladina podzemnej vody a nízky podiel depresných plôch. Navyše tu predpokladáme hydraulické spojenie podzemných vôd s Ondavou (dno koryta narezáva zvodnerý horizont). V strednej časti môžeme sledovať pozdĺž Ondavy územie so stredným stupňom hydromorfnosti, ktoré zodpovedá jej agradačnému valu a má relatívne nižší stupeň hydromorfnosti než aký je v okolí. Najvyšší stupeň hydromorfnosti v južnej časti je spôsobený celým komplexom príčin. Územie leží v sútokovej oblasti bývalého Laborca, v súčasnosti v oblasti sútoku Latorice a Ondavy. V minulosti časté prekladanie koryt podmienilo vznik početných depresíí. Fluviaľne sedimenty tvoria jemné íly a povodňové hliny, ktoré podmieňujú okrem iného aj nízky koeficient filtrácie. Krajinná štruktúra je tu najvýraznejšie ovplyvnená vodou.

## LITERATÚRA

1. BAŇACKÝ, V.: New Data on Young (Quaternary) Tectonics in East Slovakian Lowland. Geologický zborník, *Geologica Carpatica*, 31, 1980, 4, 603–609. – 2. BEDRNA, Z.: Vodný a vzdušný režim ľužných pôd Východoslovenskej nížiny. *Vodohosp. Čas.*, 22, 1974, 1, 84–89.
3. CIBULKA, E.: Sečovská Polianka-Parchovany. Hydrogeologický prieskum, I. etapa. Geofond, Bratislava 1969. – 4. ČECHOVIČ, V. – SENEŠ, J. a kol.: Vysvetľivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1:200 000, Trebišov–Čierna. Geofond, Bratislava 1963. – 5. FULAJTÁR, E. – ČURLÍK, J.: Pôdne druhy, skeletovitost a zamokrenie, mapa 1:500 000. Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Bratislava 1980. – 6. GAVENČIAK, Š.: Intenzita vsaku v nížinných oblastiach Slovenska. *Informácie* 46, Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava 1977. – 7. HANUŠIN, J. st.: Vodné družstvo na Ondave. Povereníctvo pôdohospodárstva a pozemkovej reformy, Bratislava 1946. – 8. HANUŠIN, J.: Hydromorfnosť severozápadnej časti Východoslovenskej roviny. In: Zborník abstraktov IX. zjazdu Slovenskej geografickej spoločnosti pri SAV, Banská Bystrica 1986, 64–65. – 9. HYNIE, O.: Hydrologie ČSSR, I. Prosté vody. NČSAV, Praha 1961. – 10. KONČEK, M.: Klimatické oblasti, mapa 1:1 mil. Atlas Slovenskej socialistickej republiky, Bratislava 1980.
11. KVITKOVIČ, J. – VANKO, J.: Recent Crustal Movements in the Region of Eastern Slovakia. *Geogr. Čas.*, 24, 1972, 2, 151–164. – 12. MATULA, M. – MELIORIS, L.: Úvod do inžinierskej geológie a hydrogeológie. Skriptá. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava 1982. – 13.

MAZÚR, E. – LUKNIŠ, M.: Regionálne geomorfologické členenie SSR. Geogr. Čas., 30, 1978, 2, 101–125. – 14. MIČAN, L. – ZATKALÍK, F.: Náuka o krajine a starostlivosť o životné prostredie. Skriptá. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava 1984. – 15. NEUPAUER, L. a kol.: Vyhodnotenie hydrogeologického prieskumu v oblasti Východoslovenskej nížiny, lokality Bánovce nad Ondavou – Dúbravka – Falkušovce – Kačanov – Malčice – Veľké Raškovce. Vodné zdroje, Prešov 1979. – 16. PORUBSKÝ, A.: Hydrogeologické pomery Východoslovenskej nížiny. Zborník ÚSG, Žilina 1958. – 17. POSPÍŠIL, P.: Základný hydrogeologický výskum kvartéru Východoslovenskej nížiny. Geologický ústav D. Štúra, Bratislava 1967. – 18. POSPÍŠIL, P. a kol.: Zostavenie hydrogeologickej mapy v mierke 1:200 000, Trebišov-Čierne. Geologický ústav D. Štúra, Bratislava 1969. – 19. RADČENKO, I. – KRASŇANSKÁ, M.: Štádium vplyvu úrovne hladiny podzemnej vody na vlhkostný režim pôd Východoslovenskej roviny. In: Zborník anotácií referátov z V. československo-poľského seminára Fyzika vody v pôde. Zemplínska Šírava 1982, 8–11. – 20. RADČENKO, I.: Režim hladín podzemnej vody vo vybraných lokalitách Východoslovenskej nížiny. Záverečná správa I. etapy čiastkovej úlohy. Ústav hydrológie a hydrauliky SAV, Bratislava 1983.

21. ŠIMO, E. – ZATKO, M.: Typy režimu odtoku. mapa 1:1 mil. Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Bratislava 1980. – 22. TUMA, W.: Povodie Tople – hydrogeologický prieskum. Vodné zdroje, Prešov 1964. – 23. VÁŠA, J. – DRBAL, J.: Retence, pohyb a charakteristiky pôdnej vody. Práce a studie. sešit 131. VÚV, Praha 1975. – 24. VELEBNÝ, V.: Hydopedológia. Učebná pomôcka na cvičenie. Skriptá SVŠT, Bratislava 1981.

Ян Ганушин

## ВЛИЯНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД НА ЛАНДШАФТНУЮ СТРУКТУРУ ОНДАВСКОЙ РАВНИНЫ

Обширные исследования последних лет направлены на такие возможности повышения сельскохозяйственной продукции Восточнословацкой низменности, которые были бы согласованы с рациональным использованием ландшафта. Для этих целей оказывается необходимым идентифицировать пространственное и временное распределение тех компонентов, элементов и процессов в ландшафте, которые обуславливают проявление отрицательных свойств ландшафтной структуры с аспектов ее сельскохозяйственного использования.

Наиболее проблематичным компонентом ландшафта Восточнословацкой низменности является вода, главным образом подземная. На примере северо-западной части Восточнословацкой низменности – Ондавской равнины нами изучалось влияние подземных вод на ландшафтную структуру.

Исходным пунктом изучения является физико-географическая характеристика территории. Ондавская равнина – это флювиальная равнина, образованная поймами рек Ондава и Топля. Общая площадь территории составляет 203 км<sup>2</sup>. В качестве типичных признаков необходимо отметить неравномерные современные опускания отдельных участков, сложное строение флювиального заполнения, связанное с частыми изменениями речной сети в прошлом и, наконец, очень интенсивные антропогенные вмешательства в речную сеть, поскольку 91 % общей длины водотоков затронуто вмешательством человека.

Сложное строение флювиального заполнения создает затруднительные условия для передвижения подземных вод. С аспектов интеракции с остальными компонентами ландшафтной структуры, перемещения подземных вод подразделяются на вертикальные (вступающие в т. наз. топические интеракции) и горизонтальные (вступающие в т. наз. хорические интеракции).

Следующим шагом при изучении влияния подземных вод на ландшафтную структу-

ру является анализ режима подземных вод, состоящий из разбора отдельных режимообразующих факторов (рельефа, субстрата, климата, поверхностных водотоков, человека). Проблематика происхождения и способа пополнения запасов подземных вод нами решалась путем вычислений подземного и бокового расходов на основе закона Дарси. В качестве наиболее важного ресурса пополнения подземных вод нами считается подземный приток в поймах рек Ондава и Топля, меньшее, временно и пространственно лимитированное значение имеет боковой приток из Сланских гор, водоотдача из Ондавы и Топли и локальные осадки. В результате разбора линий уровней подземных вод (и их хода во времени) оказалось, что повышенным динамизмом подземных вод характерны северные и средние участки территории (в отличие от южных) и что повышенный динамизм можно наблюдать в годы с повышенной суммой осадков (в отличие от засушливых лет). Наиболее важными режимообразующими факторами подземных вод Ондавской равнины являются осадки, выпадающие в верховьях рек Ондава и Топля.

В следующей части статьи вводится понятие гидроморфности как свойства ландшафтной структуры, под которой подразумевается способность принимать и задерживать воды и, одновременно, она определяет до какой степени на ландшафтную структуру обратно влияет задерживаемая или же протекаемая вода.

Степень гидроморфности является относительно постоянной величиной, зависящей:

а) от количества массы (воды) и энергии, входящих в ландшафт (или находящихся в нем). С повышением количества воды в общем повышается также степень гидроморфности, но с повышением количества энергии (солнечной, гравитационной) степень гидроморфности понижается;

б) от количества, пространственного и временного упорядочения барьерных элементов (как постоянных свойств компонентов и элементов ландшафта) и от барьерных состояний (как временных свойств компонентов и элементов ландшафта). С повышением их числа (главным образом барьерных элементов) повышается степень гидроморфности.

В заключении теоретические знания о гидроморфности ландшафта нами прилагаются на изучаемую территорию. Нами избраны 4 доступные фактора (коэффициент фильтрации, содержание илестых частиц в почве, средний уровень подземных вод под поверхностью и доля естественных депрессий), определяющие степень гидроморфности. Эти фактора мы подразделили на 5 групп (интервалов) начиная от значений предполагаемого минимального влияния на степень гидроморфности по максимальные значения, причем отдельным интервалам нами присуждены значения от одного до пяти баллов. Изучаемую территорию мы подразделили на сеть квадратов 1 км x 1 км и для каждого квадрата определялись балльные значения четырех избранных факторов. Путем считывания баллов по отдельным факторам мы получили окончательную степень гидроморфности.

Карта 1 показывает повышение степени гидроморфности в направлении с севера на юг, относительное понижение степени гидроморфности на агградационном вале реки Ондавы и в области соприкосновения поверхностных и подземных вод.

Карта 1. Анализ факторов влияющих на степень гидроморфности.

Рис. 1. Поперечный профиль пойм рек Топли и Ондавы.

Рис. 2. Поперечный профиль поймы реки Ондавы.

График 1. Линии хода уровней поверхностных и подземных вод на избранных наблюдательных объектах основной сети Словацкого гидрометеорологического института (среднее за 1971 – 1980 гг.) в сантиметрах под поверхностью.

Перевод: Л. Правдова



## INFLUENCE OF GROUND WATERS ON THE LANDSCAPE STRUCTURE OF THE ONDAVSKÁ ROVINA PLAIN

In the last period an extensive research is directed to the possibilities how to intensify the agricultural production in the East Slovakian Lowland which ought to be in harmony with the rational utilization of the landscape. For this purpose identification of spatial and temporal extension of the landscape components and elements with negative impact on the landscape (from the point of view of the agricultural exploitation) is inevitable.

The most problematic component of the East Slovakian Lowland landscape is water, especially ground water. On example of NW part of the East Slovakian Lowland, namely on the Ondavská Rovina Plain the influence of ground waters on the landscape structure has been investigated.

The starting point of the study is a physico-geographical characterization of the region. The Ondavská Rovina Plain is an alluvial plain which consists of the Ondava and Topľa alluvial plains. The total area covers 203 km<sup>2</sup>. Typical features are as follows: the recent uneven decrease of its individual parts, a complicated composition of alluvial filling connected with frequent changes in the river network in last times and at last intensive human influence on the river network where 91 % of the total river network length are changed artificially (by man).

The complicated composition of the alluvial filling represents complicated conditions for the ground water movement. From the point of view of ground water interactions in contact with the other components of the landscape structure, we divide the ground water movements into both vertical ones (those in the topical dimension) and horizontal ones (those in the choric dimension).

Ground water regime analysis is the further step towards the study of influence of ground waters on the landscape structure. Five factors have been analysed: relief, rock qualities, climate, surface waters, man's impact. The problem of origin and recharge of ground waters has been solved by calculation of both underground and lateral inflow by means of Darcy's law. The most important ground water recharge source, ground water inflow through alluvial sediments is regarded. The lateral inflow from the Slanské Vrchy Mountains and the inflow from the Ondava and Topľa rivers as well as local precipitation are of a lesser importance, both spatially and temporally limited. The ground water level analysis has showed us a more dynamic regime in the northern and central parts of Ondavská Rovina Plain in comparison with the southern one. In a similar way we can observe a more dynamic regime in wet years in comparison with dry ones. The most important regime-forming factors are precipitation in the upper river basins of the Ondava and Topľa rivers (outside the study area).

The following part of this contribution elucidates the concept of „landscape hydromorphy“, which is a property of the landscape structure, expressing the ability of a landscape to accept and retain the water. At the time this property determines the impact of retained (flowing) water upon the landscape structure.

The hydromorphy level has a relative permanent value and this depends on:

1. the amount of a mass (the water) and energy entering the landscape (or already included in it). By increasing of water amount the hydromorphy level is rising. By increasing of energy (solar, gravitational) the hydromorphy level is lowering,
2. the number of barrier elements and their spatial and temporal arrangement (i.e. permanent characteristics of landscape elements and components) and barrier states (i.e. temporary characteristics of landscape elements and components). By increasing of them (especially barrier elements), the hydromorphy level is rising.

In the concluding part we apply theoretical knowledge about hydromorphy to the study area. Four available hydromorphy factors have been chosen (a coefficient of permeability, contents of the clay particles in the soil, the mean ground water level, a share of natural depressions). All the factors have been divided into 5 groups (intervals) each of them starting from a supposed lowest influence on hydromorphy to the highest one. The individual intervals have been given values of

1–5 balls. The study has been divided by means of a square net into squares of 1 km × 1 km. In each square four selected hydromorphy factors have been assessed at a 5-ball scale (depending on the effect on the hydromorphy level). The total ball-sum of the particular factors indicates the final hydromorphy level.

The resulting map (Map 1) indicates an increase in hydromorphy level from the north to the south and a relative lowering of hydromorphy level on aggradational embankments of the river Ondava and in the area of contact of surface and ground waters.

Map 1. Analysis of factors influencing the hydromorphy level.

Fig. 1. A cross profile through alluvial plains of the Topľa and Ondava rivers.

Fig. 2. A cross profile through alluvial plain of the Ondava river.

Graph 1. Ground-water level lines in selected observation wells of the Slovak Hydrometeorological Institute basic observation network (in cm below the ground) as an average for the period 1971 – 1980.

Translated by the author