
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

45

1993

2-3

*Jozef Kvitkovič**

INTENZITA VERTIKÁLNYCH TEKTONICKÝCH POHYBOV ZEMSKÉJ KÔRY V NÍŽINÁCH SLOVENSKA V HOLOCÉNE

Jozef Kvitkovič: Intensity of vertical tectonic movements of the Earth's crust in the lowlands of Slovakia in the Holocene. Geogr. čas. 45, 1993, 2-3, 11 figs., 51 refs.

In the subject of the Holocene geodynamics of the Earth's crust emphasis was laid on the assessment of the intensity of the vertical tectonic movements in the lowlands of Slovakia on the basis of the Quaternary-geological, geomorphological, palynological, radiometric (^{14}C) methods complemented by the geodetical methods. For the Danube and East Slovakia lowlands profiles of the Quaternary thickness were assessed, as well as the Holocene accumulations from which the subsidence rate was calculated. In East Slovakian lowland out of the thickness of the Holocene sediments the subsidence rate -1.0mm/year was derived. In the Danube lowland from the fossil trunks of the oaks near Gabčíkovo, in the depth of 18 m, whose age was estimated by the ^{14}C method, tectonic movement was detected in the last 8970 years responding to the values of -2.0mm/year . Data concerning the recent tectonic movements must be considered in the designing work.

Key words: morphological development, neotectonics, thickness of the Holocene sediments, recent vertical movements, subsidence of lowlands, subsidence rate in mm/year

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

ÚVOD

V posledných desaťročiach stúpa význam štúdia neotektoniky, včítane recentných pohybov zemskej kôry. Prejavy neotektoniky sa odrážajú v reliéfe, a preto tieto problémy vyvolávajú záujem geomorfológov. Jedným z cieľov výskumov je aj kvantifikácia týchto procesov a foriem, čím sa prispieva k exaktizácii v geomorfológii.

V súčasnosti sa v geovedách nahromadili ďalšie nové výsledky, ktoré umožňujú pristúpiť k riešeniu danej problematiky. Ide predovšetkým o presnejšie stanovenie hraníc pliocén-kvartér na základe vrtného prieskumu v nížinách Slovenska. Popri biostratigrafických metódach sa tu uplatňujú metódy litologické, petrografické, paleogeografické, paleopedologické, metódy absolútneho datovania a iné. Pomocou nich bolo možné bližšie stratigraficky začleniť aj jednotlivé súvrstvia a vo väčšine prípadov odvodiť z nich aj paleogeografické podmienky a procesy, ktoré viedli k ich vzniku. Pre holocénne obdobie kvartéru sa popri všeobecne používaných geomorfologických metódach, pomocou ktorých bolo možné rozlíšiť staroholocénne, mladoholocénne až recentné sedimenty a formy, uplatňujú aj metódy biostratigrafické, sedimentologické, petrografické, ktoré sa používajú pri výskumoch iných období. V posledných desaťročiach nastupujú však nové metódy, najmä palynologické, archeologické, dendrologické a metóda rádiouhlíkového datovania ^{14}C , ktorú na Slovensku v rámci Geologického ústavu Dionýza Štúra rozpracovala a využívala Vaškovská (1969, 1981, 1985, 1986, 1989). Pre našu prácu sme tieto výsledky mohli plne využiť. Dosah tejto metódy je zatiaľ 40 000–60 000 rokov pred súčasnosťou. Pri štúdiu recentných tektonických pohybov, hlavne pre stanovenie pohybových tendencií sa na Slovensku vhodne uplatňujú morfologické a geofyzikálne metódy (Kvitkovič 1961, 1964; Kvitkovič, Plančár 1975, 1977). Dobré sú rozpracované aj geodetické metódy, najmä metóda veľmi presnej a zvlášť presnej nivelácie. Výskum vychádza predovšetkým z opakovaných meraní štátnych nivelačných sietí (Kvitkovič, Vanko 1971, 1972, 1980 1990; Vanko 1988a, 1988b). Je organizovaný aj na medzinárodnej úrovni, v rámci vzájomnej spolupráce geodetických služieb. Ukazuje sa, že súčasná tektonická aktivita Zeme je interdisciplinárnou oblasťou kvartérnej geológie, geomorfológie, geofyziky, geodézie, archeológie a iných. Je nevyhnutná kooperácia tektonikov, geomorfológov, geodetov, seizmológov, geofyzikov, najmä špecialistov z gravimetrie, ako aj fyzikov. Na určenie zmien rýchlosti a smeru pohybu hmôt zemskej kôry dnes treba využívať aj laserovú techniku. Osobitný záujem je o presné číselné údaje o vertikálnych a horizontálnych pohyboch a ich vektoroch v rôznych oblastiach planéty vo vzťahu k súčasnej tektonickej aktivite.

Základnou úlohou výskumu recentných pohybov zemského povrchu je odhaľovanie ich zákonitostí a príčin v priestore a čase. Výskum sa sústreďuje na zhromažďovanie a spracovanie údajov, ich analýzu a interpretáciu výsledkov v rôznych morfoštruktúrnych jednotkách.

V posledných desaťročiach bolo vo viacerých krajinách, medzi nimi aj v Českej a Slovenskej republike vypracovaných a uverejnených viacero máp z tejto problematiky. Súčasný vývoj smeruje k vypracovaniu máp, ktoré poskytnú komplexnú charakteristiku súčasného tektonického režimu záujmových území.

Ako sme už uviedli, naše úvahy týkajúce sa tektonických pohybov kvartérneho obdobia budú vychádzať z časovej škály, ktorá je medzinárodne dohovorená v rámci INQUA

(Medzinárodná únia pre výskum kvartéru). Dĺžka kvartéru bola stanovená na 1 mil. 800 tis. rokov. Z toho holocénné obdobie má dĺžku 10 000 rokov. Pre jednotlivé jeho stupne boli rádiometricky metódou ^{14}C stanovené tieto veky, roky pred súčasnosťou (Vaškovská 1989), ktoré dobre korelujú s členením holocénu podľa palynologických, archeologických a iných metód (Ložek 1973, 1980; Krippel 1991):

Subrecent	- SR (1300 BP po súčasnosť)
Subatlantik	- SA (2650 - 1300 BP)
Subboreál	- SB (3200 - 2650 BP)
Epiatlantik	- EA (5950 - 3200 BP)
Atlantik	- AT (7950 - 5950 BP)
Boreál	- BO (9700 - 7950 BP)
Preboreál	- PB (9700 - 10 000 BP)

STRUČNÝ PALEOGEOGRAFICKÝ VÝVOJ NÍŽIN SLOVENSKA A VYBRATÉ PROFILY KVARTÉRNymi SEDIMENTMI

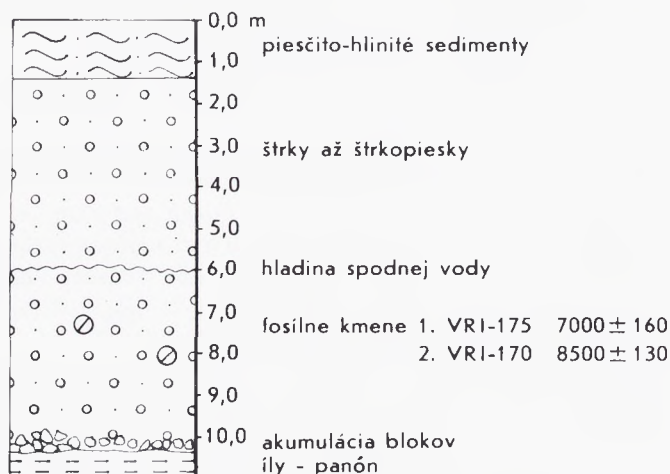
Nížiny Slovenska sú súčasťou neogénnych panví. Ich vývoj bol diferencovaný a závisel od podložínych jednotiek a tektoniky. Ich dnešný rozsah nadobudli až v neotektonickom období, teda koncom miocénu a pliocénu. Boli vyplňované molasami, najmä hlavnou a neskorou molasou, ktoré obsahujú vulkanoklastiká prevažne andezitového vulkanizmu, ktorý mal najväčšie rozšírenie v bádene a sarmate (Vass 1989). Spodnoneogénne sedimenty majú vrásovo-tektonickú prestavbu, kým mladšie sa vyznačujú germanotypnou tektonikou. Významne sa uplatňujú synvulkanické zlomy s veľkou intenzitou poklesov. Intenzívna subsidencia podmienila mocnú výplň panví 6000–7000 m (Mahel' 1984). Poklesy kulminovali v bádene a sarmate. V tomto období prebiehala vo vynorených oblastiach vnútorných a vonkajších Karpát intenzívna denudácia a zarovnávanie, ktoré pokračovali aj v panóne a ponte. Reliéf Západných Karpát bol v tomto období ešte plochý, málo diferencovaný, nakoľko zdvihy boli kompenzované denudáciou a poklesy v panvách akumuláciou molás. Reliéfotvorné štádium vzniklo až v pliocéne deformáciou miocénneho zarovnaného povrchu – stredohorskej rovne, ktorá bola pozdĺž karpatských zlomových systémov deformovaná a nerovnomerne vyzdvihnutá miestami až do vysokohorských výšok. V tomto období sa prikarpatské panvy a niektoré vnútrohorské kotliny zaplňali jazernými a fluviálnymi sedimentmi, najmä štrkovými formáciami. V okrajových oblastiach nížin a pozdĺž väčších riek prebiehalo vo vrchnom pliocéne zarovnávanie – vznikla poriečna roveň, ktorá v mnohých prípadoch mala formu pedimentu, resp. glacis. Táto povrchová forma v okrajových častiach našich nížin vytvárala pahorkatinný stupeň regionálneho významu.

Záhorská nížina

Vyvíjala sa ako súčasť Viedenskej panvy. Tvoria ju morské a jazerné sedimenty neogénneho pôvodu. Jej ráz je daný hlavne syngenetickou poklesovou tektonikou. V stavbe nížiny sa striedajú viaceré depresie s vyvýšeninami podmienené nerovnomernými pohybmi jednotlivých kryh, ktoré sú aktívne aj v kvartéri. Reliéf nížiny odzrkadľuje tektonickú

stavbu a pôsobenie rôznych exogénnych procesov, najmä riečnych a eolických. V reliéfe nížiny v severných oblastiach rozlišujeme pahorkatinný reliéf s úvalinovitými a eróznymi dolinami. V ostatnej časti nížiny sa vyskytujú erózo-akumulačné formy poriečnych nív a riečnych terás Moravy, eolické formy, Lakšárska elevácia a podhorské depresie. Holocénne sedimenty sú vyvinuté v úzkom pruhu pozdĺž rieky Moravy v korytovej a nivnej fáci. Zúčastňujú sa na stavbe aluviálnej nivy (Škvarček 1971). Sú to predovšetkým piesky, piesčité hliny, íly, povodňové hliny a ojedinele aj štrky. Ich hrúbka podľa doterajších výskumov dosahuje 2–4 m. Aluviálna niva na rakúskej strane sa spája s podobnou nivou Dunaja, ktorá je známa pod názvom Moravské pole. Tu na Moravskom poli, ktoré sa tiahne až do oblasti Viedne, boli urobené a vyhodnotené dôležité odkryvy (Fink 1966, 1973), ktoré prispievajú k novým pohľadom na vznik a vývoj nivnej terasy, tzv. Praterterrasse, ktorej povrch prechádza pozdĺž Dunaja aj na slovenskú stranu a môžeme ho čiastočne stotožňovať s povrchom Podunajskej roviny, počínajúc petržalskou stranou Dunaja.

Z profilov Praterterrasse, ktoré uverejnil Fink (1973), uvádzame profil pri osade



Obr. 1. Profil „Praterterrasse“ pri osade Rutzenndorf, podľa Finka (1973).

Rutzenndorf (obr. 1), nakoľko sa v ňom našli fosilné kmene dubov, ktoré boli rádiometricky a dendrochronologicky datované. Lokalita sa nachádza na Moravskom poli približne 8 km SV od koryta Dunaja z oblasti Viedne. Fosilné kmene boli nájdené v štrkovej jame, ktorá bola vytvorená bagrovaním. Je zaujímavé uviesť stenu profilu, ktorá dosahuje 10 m výšku. Vrchnú polohu tvoria hliny, piesčito-hlinité sedimenty, ktoré prechádzajú do štrkov a štrkopieskov (obr. 1). Bázu štrkového telesa tvoria íly panónu, na ktorých sa nachádza poloha blokov petrograficky pochádzajúca z Álp a Českého masivu. Je to charakteristický profil-Praterterrasse, ktorá má hlavné rozšírenie na Moravskom poli a tiež u nás. Fosilné kmene dubov sa nachádzajú pod úrovňou hladiny spodnej vody, v našom prípade v hĺbke tesne pod 7 m a druhý kmeň sa nachádza v hĺbke okolo 8 m. Na iných lokalitách, ako vo

Viedni boli pri stavebných prácach, ako uvádza Fink (1973), nájdené kmene dubov aj v úrovni akumulácie blokov, teda na báze terasy.

Uvedená lokalita pri osade Rutzen Dorf nám dokladá poklesávajúcu tendenciu širokej nivnej terasy Dunaja, pričom prispieva k upresneniu veku štrkovej akumulácie Praterterrasse. Analogicky nám môže pomôcť pri vekovej paralelizácii štrkových súvrství s výskytom kmeňov stromov pozdĺž Dunaja, teda aj na Žitnom ostrove pri Gabčíkove. Z tejto lokality sú tiež známe nálezy fosílnych kmeňov dubov a borovic, ktoré boli nájdené v súvislosti s výstavbou vodného diela Gabčíkovo v rokoch 1981–1985 (Horský, Reinprecht 1986; Hrubík, Benčať 1986a, 1986b; Vaškovská 1986, 1989).

Z terasy na Moravskom poli boli vyhodnotené kmene dubov rádiouhlíkovou metódou ^{14}C v Ústave pre výskum rádiológie a jadrovej fyziky Rakúskej akadémie vied. Prvý kmeň v hĺbke tesne pod siedmimi metrami má vek 1. VRI - 175–7000 $\pm$ 160 rokov, kým druhý takmer o 1 meter hlbšie 2. VRI - 170–8500 $\pm$ 130 rokov. Čo sa týka dendrochronologického vyhodnotenia, 1. fosílny kmeň dosiahol vek takmer 100 rokov, kým 2. dub zahynul vo veku 233 rokov (dendrochronologické vyhodnotenie vykonal Botanický ústav Univerzity v Stuttgarte - Hohenheim (Fink 1973)).

Z hľadiska členenia holocénu prvý nález zodpovedá Atlantiku AT (7950–5950 BP), kým druhý je starší a patrila by boreálu BO (9700–7950 BP). Z toho vyplýva, že Praterterrasse, ktorej vek bol dosiaľ nejednotne interpretovaný a jej vznik bol zaradovaný prevažne do posledného glaciálu, bude dnes na základe nových dôkazov o veku pravdepodobne podrobený revízii.

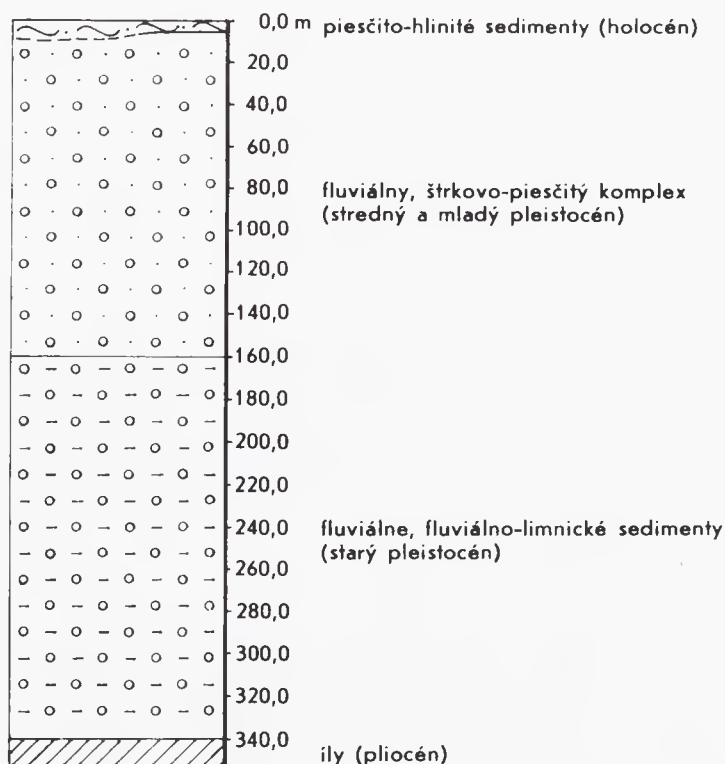
Ak prijmeme názor, že uvedený profil občas zaplavovanej terasy na Moravskom poli sa formoval v holocénnom období, z časových údajov, ktoré zaokrúhlime na 8500 rokov a hrúbky fluvialnej akumulácie (10 m) môžeme vypočítať približnú intenzitu vertikálnych pohybov za toto obdobie. Hovoríme o priemernej intenzite poklesávania, ktorá predstavuje hodnotu -1,17 mm/rok.

Podunajská nížina

Centrálna a južná časť sa formuje až v období panón-kvartér. Mocnosť jazerných sedimentov uvedeného obdobia presahuje 4000 m (Vass 1989). Rovinné časti poklesávajú aj v súčasnosti. Pre morfológickú tvárnosť Podunajskej nížiny je dôležité vrchnopliocénne obdobie, v ktorom sa formuje najmladší zarovnaný povrch v Západných Karpatoch – poriečna roveň. Jej široké a ploché chrbty, členené eróznymi dolinami a úvalinami, sú založené na neogénnych molasách. Centrálna časť Podunajskej nížiny však tvorí rozľahlý rovinný stupeň – Podunajská rovina, formovaná v kvartéri prevažne fluvialnou činnosťou v závislosti od najmladšej tektoniky. Terasové polia sú vyvinuté iba v prelomových a horských dolinách, napr. v Devínskej bráne, kde je zachované spektrum vysokých, stredných a nízkych terás, ktoré dosahujú relatívnu výšku 130–140 m nad korytom Dunaja (Mazúrová 1973). Ich terasové sedimenty v Podunajskej rovine sú uložené v kolmácii podobne ako na dolnom Váhu a tiež čiastočne Nitry. Celková mocnosť kvartérnych sedimentov podľa jednotlivých autorov je rozdielna. Vaškovská (1986) udáva hrúbku kvartérnych sedimentov na Žitnom ostrove 340 m, kým Pospíšil et al. (1978) udáva max. mocnosť štrkopieskového komplexu 379, resp. 440 m JZ od Gabčíkova. Geoelektrickými meraniami v oblasti Gabčíkova zistili max. mocnosť štrkopieskových a pieskových komple-

xov okolo 450 m. V príspevku sa však pridrižujeme údajov Vaškovej (1986). V spodnom pleistocéne sa ukladali fluvialne, resp. fluvialno-limnické sedimenty hrúbky okolo 180 m, kým vrchné polohy okolo 160 m patria k strednému, mladému pleistocénu a holocénu s prevahou alpského materiálu (obr. 2). Dunaj v Podunajskej rovine v priebehu kvartéru budoval rozľahlý náplavový kužeľ v závislosti od mladej tektoniky. Z kryptodepresii je významná Gabčíkovská depresia medzi Malým Dunajom a Mošošským Dunajom v Maďarsku. Zlomy, pozdĺž ktorých poklesávajú jednotlivé kryhy, majú smer SV-JZ a SZ-JV, no nevylučujú sa aj iné smery. Nerovnomerné poklesávanie kryh v oblasti Podunajskej roviny vedie k agradáčnej činnosti Dunaja, ktorej intenzita sa mení s intenzitou poklesu jednotlivých kryh. Na intenzívnejšie klesajúcich kryhách sa zväčšuje agradácia, v oblasti menších poklesov sa agradácia znižuje. Tento mechanizmus vytvárania mladej akumuláčnej roviny podrobne opísali Lukniš a Mazúr (1959). Výsledkom kvartérnej agradácie fluvialných sedimentov Dunaja bolo vytvorenie rozsiahleho nepatrne skloneného náplavového kužeľa s vrcholom pri Bratislave a základňou v oblasti Komárna. Na SV sa podobným spôsobom podieľal na tvorbe Podunajskej roviny Váh a Nitra so Žitavou.

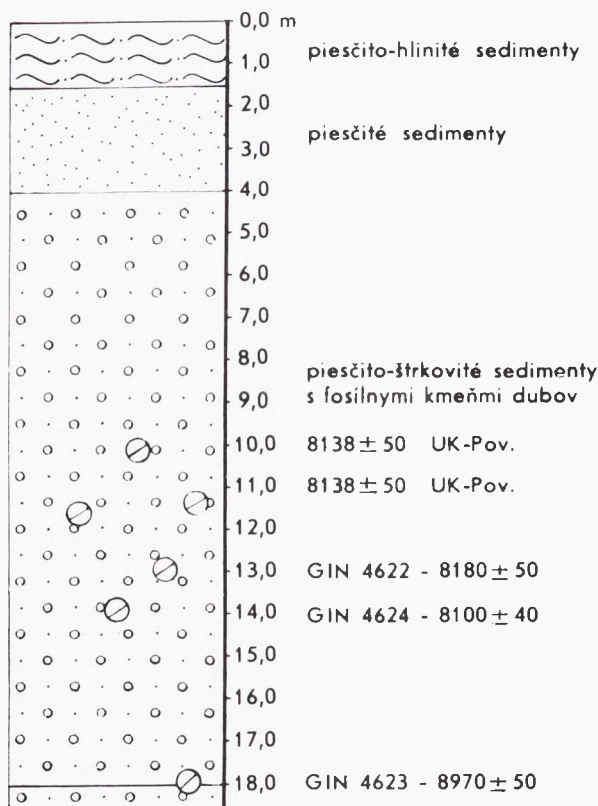
Ako sme uviedli, hlavnou štruktúrnou jednotkou je Gabčíkovská depresia, ktorá predstavuje v rámci Slovenska najintenzívnejšie poklesávanie v kvartérnom období. Táto



Obr. 2. Profil kvartérnych sedimentov v Gabčíkovskej depresii - upravené podľa Vaškovej (1986).

nadmerná akumulácia kvartérnych sedimentov bola odrazom permanentných diferencovaných poklesov, ktorý sa približoval priemerným hodnotám $-0,18$ mm/rok.

Pri holocénnom období môžeme dôjsť k objektivizujúcim hodnotám, nakoľko v štrko-vo-piesčitom komplexe pri výstave VD Gabčíkovo v odpadovom kanáli boli nájdené fosilné kmene dubov a borovic. Boli datované pomocou metódy ^{14}C , ktorá poskytuje tieto hodnoty: Z fosilného kmeňa duba z hĺbky 10–12 m na Matematicko-fyzikálnej fakulte UK stanovil Povinec rádiouhlíkový vek na 8138 ± 50 rokov pred našou súčasnosťou (Hrubík, Benčat' 1986a, b) (pozri obr. 3). Podľa mienky biológov stromy mali tunajší pôvod, nakoľko ich kôra nebola poškodená (Horský, Reinprecht 1986; Hrubík, Benčat' 1986a, b). Rástli v zapojenom lese. Zdravé drevo na lomovej ploche napovedá, že išlo o prírodnú katastrofu, ktorá zničila dubový les.



Obr. 3. Profil holocénnych sedimentov na Žitnom ostrove pri Gabčíkove - upravené podľa Hrubíka a Benčat'a (1986a, b) a Vaškovskej (1989).

Z ďalších nálezov fosilných kmeňov dubov pri Gabčíkove boli zásluhou Vaškovskej (1989) stanovené rádiouhlíkové veku v Radiometrickom laboratóriu Geologického ústavu AV ZSSR v Moskve:

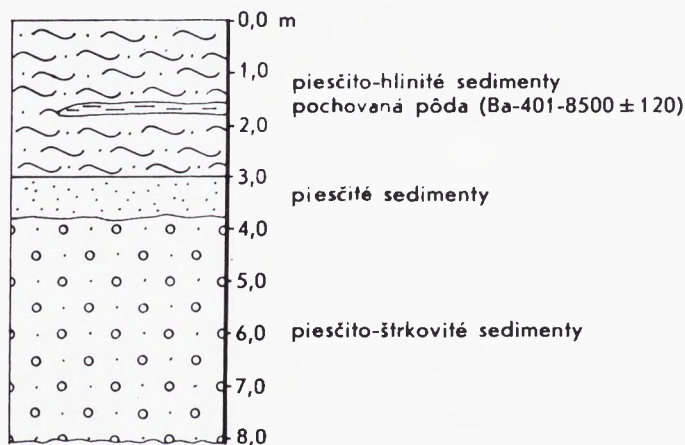
Gabčíkovo – juh 13,0 m GIN 4622 - 8180 ± 50

Gabčíkovo – východ 14,0 m GIN 4624 - 8100 ± 40

Gabčíkovo – juh 18,0 m GIN 4623 - 8970 ± 50

Uvedené štyri nálezy fosílnych kmeňov možno v rámci chronológie holocénu začleniť do boreálu – BO (9700–7950 BP).

Na stanovenie intenzity poklesov v holocénnom období v oblasti Gabčíkova sme vzali posledný údaj, ktorý sa týka hĺbky 18 m s rádio–uhlíkovým vekom 8970 ± 50 rokov. Výsledná hodnota $-2,0$ mm/rok. Pre zaujímavosť môžeme uviesť, že výsledky dosiahnuté metódou zvlášť presnej nivelácie v danom území sa pohybujú v rozpätí od $-0,5$ až do $-1,0$ mm/rok (Vanko 1988a, b, Kvitkovič, Vanko 1990). Získané výsledky týkajúce sa poklesov v posledných takmer 9000 r. v Podunajskej rovine sú veľmi zaujímavé tak z vedeckého, ako aj praktického hľadiska.



Obr. 4. Profil holocénnych sedimentov na Žitnom ostrove pri Topoľníkoch - upravené podľa Vaškovskej (1986, 1989).

Ďalší rádiometrický údaj z Podunajskej roviny pochádza od Topoľníkov pri Malom Dunaji (obr. 4). Profil bol konštruovaný na základe podkladových materiálov Vaškovskej (1986, 1989). Holocénne sedimenty podľa dostupných údajov dosahujú asi 8 m a vytvára ich korytová, resp. korytovo–nivná fácia. V hĺbke ca 1,60–1,80 m bola zistená pochovaná pôda, z ktorej bola odobraná vzorka na stanovenie veku pôdy. Radiouhlíkové datovanie pochovanej pôdy lužného typu poskytlo hodnoty 8500 ± 120 r. pred súčasnosťou, teda z hľadiska členenia holocénu fosílna pôda vznikla v boreálnom období BO (9700–7950 BP). Z hĺbky holocénnych sedimentov 8,0 m môžeme odvodiť intenzitu poklesov v holocénnom období $-0,21$ mm/rok.

Tento profil je zaujímavý aj z inej stránky. V porovnaní s obr. 3 pri Gabčíkove vidíme, že fosílny kmeň stromu s vekom 8970 ± 50 rokov sa nachádza v hĺbke 18 m, kým pri Topoľníkoch fosílna pôda takmer s tým istým vekom sa nachádza v hĺbke len asi 2 m pod

povrchom. Ide tu pravdepodobne o viac vyzdvihnutú a stabilnejšiu kryhu, na ktorej prebiehala sedimentácia menej intenzívne ako na kryhách pri Gabčíkove. Na tieto možnosti diferencovanej akumulácie na nie rovnako poklesávajúcích kryhách poukazovali najmä Lukniš, Mazúr (1959) a Pospíšil et al. (1978).

Rádiometrická metóda datovania organických zvyškov z holocénu a mladého pleistocénu je veľmi sľubná a začína sa čoraz viac používať. Fosílny kmene stromov v údoliach riek sa našli nielen u nás, ale v hojnom počte boli zistené aj v doline Visly v oblasti Krakova (Krapiec 1991–1992). Rádiometrický vek najstarších nálezov patril atlantiku a najmladších nálezov subrecentu. Tieto výsledky spolu s ďalšími údajmi prispievajú k prehĺbeniu paleogeografických poznatkov. Napríklad obdobia, v ktorých sa vyskytuje väčšie množstvo nahromadenia fosílnych kmeňov môžu byť paralelizované s fázami vlhka a ochladenia, kedy zvyčajne nasledovali aj zmeny koryt nížinných riek, a to ich prekladaním za povodní.

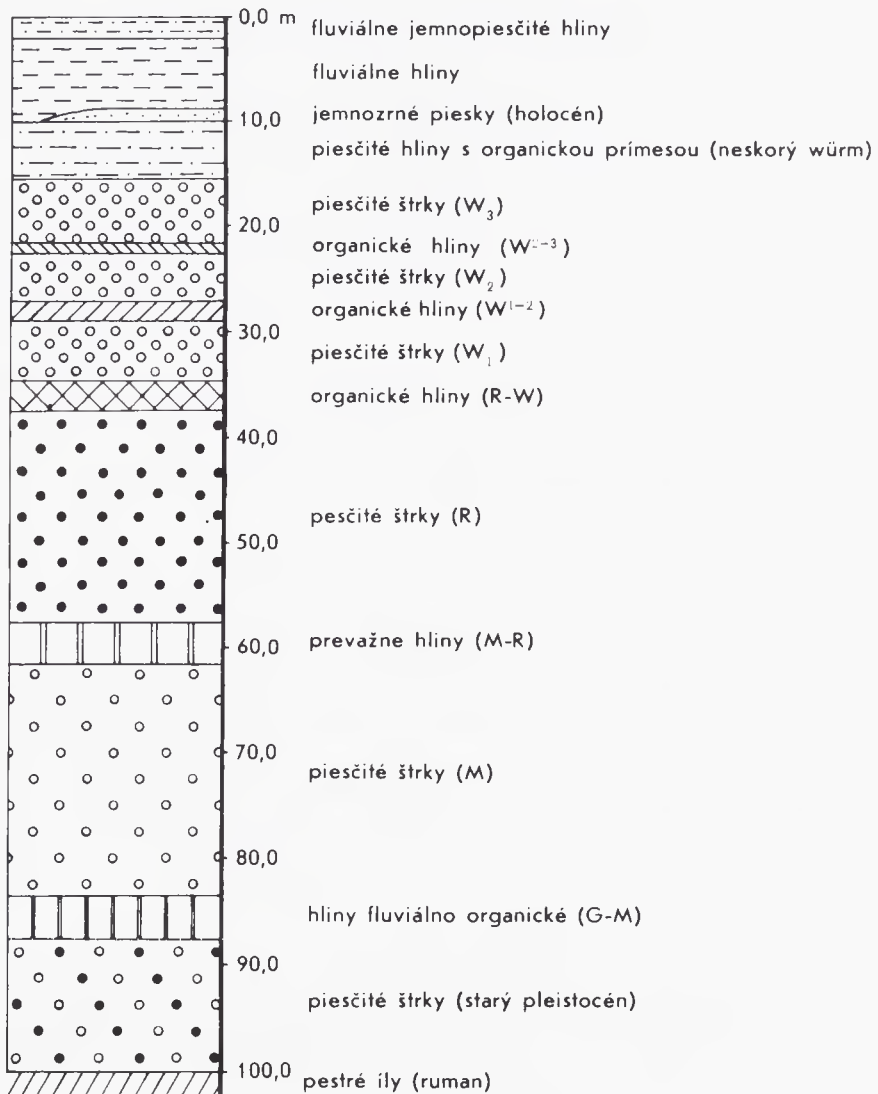
Východoslovenská nížina

V kvartérnom období pokračuje nerovnomerné poklesávanie z neogénu najmä v centrálnych a južných častiach, čím sa morfológicky zreteľne oddeľuje úpätný podhorský stupeň, na ktorom prevláda denudácia. Dnes tento stupeň vytvára Východoslovenskú pahorkatinu, ktorá sa tiež podrobnejšie člení na príslušné podcelky. S pleistocénneho obdobia sa tu zachovali terasy Ondavy a Laborca. Severné výbežky nížiny pozdĺž Tople, Ondavy a Laborca, ako aj jej centrálna a južná časť nerovnomerne poklesávajú za stálej akumulácie riečnych, jazerných a v mladších obdobiach pleistocénnych aj eolických sedimentov. V rámci Východoslovenskej roviny vznikajú depresie s intenzívnejším poklesom, ktoré však agradácia zdrojní Bodrogu stačila vyplňať, takže v dnešnom reliéfe sa morfológicky neprejavujú. Tieto pochované depresie zistil vrtným prieskumom Baňacký et al. (1987, 1989). V severnejších častiach v starom kvartéri vznikla Michalovsko-sliepkovská depresia, kým v južnej časti na Medzibodrockých pláňavách Strážňansko-trakanská depresia. V mladšom štádiu vývoja sa nachádza Podvihorlatská priekopová prepadlina, v ktorej bola situovaná Zemplínska šírava. Ešte mladšia je Senianska depresia a depresia na dolnej Ondave pri Brehove. Iné kryhy sa dvíhajú v podobe izolovaných hrástí, napr. Pozdišovský chrbát, Zálužické pahorky, Chlmecké pahorky, Tarbucká, Veľký vrch a iné.

Z viacerých depresií boli zostavené profile kvartérnej akumulácie (obr. 5, 6, 7, 8), z ktorých boli odvodené rýchlosti tektonických poklesov jednak za celkové obdobie kvartéru a osobitne za holocén. Pre zistenie intenzity akumulácie z najmladších stupňov holocénu sme využili aj palynologické metódy (Krippel 1991), pomocou ktorých sme mohli datovať jednotlivé druhy nivných, resp. korytovo-nivných sedimentov (obr. 9, 10, 11).

Mocnosť kvartérnych sedimentov Východoslovenskej nížiny bola stanovená pomerne presne. Kvítkovič (1961, 1964) predpokladal v J častiach nížiny 100 m hrúbku kvartéru, čo neskôr potvrdil Baňacký et al. (1987, 1989). Na holocénnu akumuláciu hrúbky 2–8 m som usudzoval najmä zo zárezov riek, kde sa v stenách poriečnych nív nenachádzali involučné štruktúry. Tento názor podporili aj výskyt kmeňov stromov na Ondave, ktoré vyčnievali zo stien zárezu rieky v hĺbke 6–7 metrov. Vitrným prieskumom a pomocou ďalších metód, najmä sedimentologických, petrografických a biostratigrafických bola holocénna akumulácia na Východoslovenskej nížine pomerne presne stanovená na 2–10 m

(Kvitkovič 1955, 1964; Baňacký et al. 1987, 1989). V kvartérnom období ide vcelku o riečnu a riečno-jazernú sedimentáciu, ktorú tvorili štrky, piesky, íly a hliny čiastočne modifikované zvetrávaním v teplejších interglaciálnych a interštadiálnych obdobiach, ako aj vznikom pôdnych horizontov. V mladších obdobiach, hlavne v risse a würme sa eolická činnosť prejavuje vo forme sprašových pokrovov a pieskových dún. Rozsiahle riečne nivy tvoria predovšetkým ílovité, piesčito-ílovité a hlinito-kalové sedimenty s vložkami štrkov.

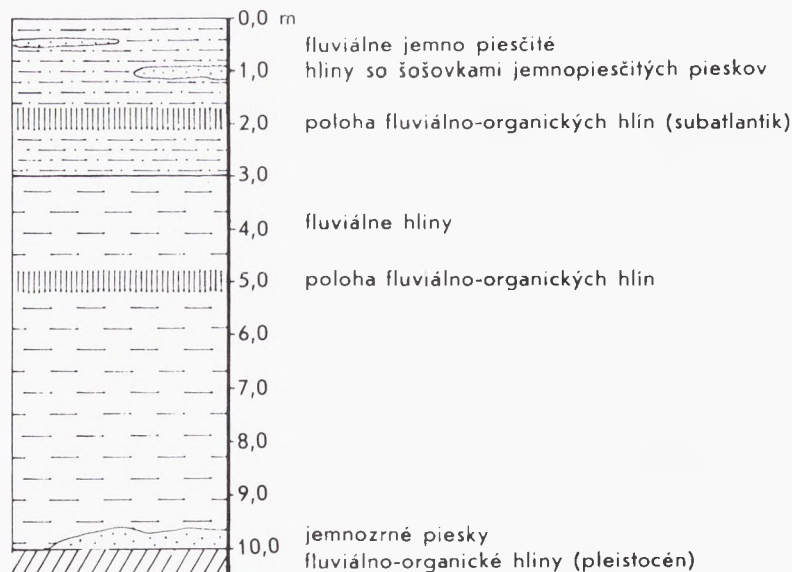


Obr. 5. Profil kvartéru - Michalovsko-sliepkovská depresia - upravené podľa Baňackého et al. (1987).

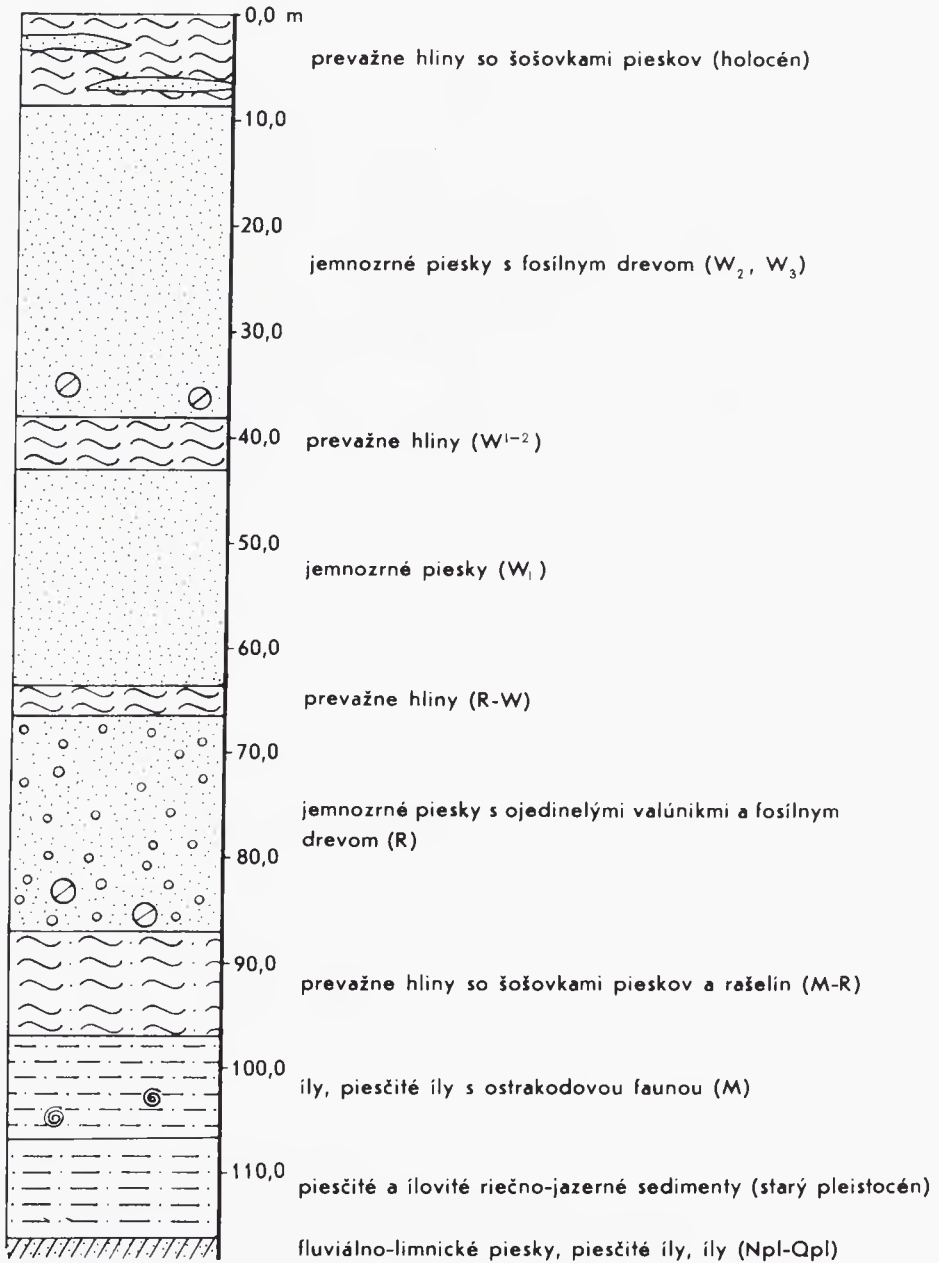
Profilom, ktorý dokumentuje prierez kvartérom v S časti Východoslovenskej nížiny, je profil v Michalovsko-sliepkovskej depresii (obr. 5). Depresia sa morfológicky neprejavuje, vrtným prieskumom ju zistil Baňacký et al. (1987, 1988a). Jej povrch splýva s príslušnou časťou Laboreckej roviny. Je ohraničená zlomami Zálužickej hráste a Pozdišovského chrbta. Severné a južné ohraničenie tvoria menej poklesnuté kryhy. Depresia sa začala vyvíjať v starom pleistocéne. Spodné partie vytvárajú piesčité štrky oddelené interglaciálnymi hlinami a pochovanými pôdami. V horizonte sa našli rašelinové sedimenty s peľovými zrnkami, ktoré Krippel (1968 – súkromný archív) začlenil do starého interglaciálu. Pomerne rovnomerná akumulácia v starom pleistocéne sa v strednom a mladom pleistocéne vrátane holocénu zintenzívňuje. Kým v starom a strednom pleistocéne depresia poklesla približne o 50–60 m, vo wŕme a holocéne, teda v nepomerne kratšom období o 40 m. Zo sedimentov majú prevahu piesčité štrky, ktoré sú stredne a slabo opracované s prevahou pieskocov, rohovcov a s menším zastúpením vulkanitov.

V kvartérnom období intenzita poklesov v Michalovsko-sliepkovskej depresii dosahovala hodnotu – 0,055 mm/rok. Je to celkový pokles, ktorý v obdobiach vzniku organických hĺn, príp. fosílnych pôd v teplejších interglaciálnych obdobiach pleistocénu mohol byť spomalený, resp. zastavený.

Ako z uvedeného profilu vyplýva, na holocén pripadá akumulácia 10 m hrúbky. Jeho bližšie zloženie znázorňuje obr. 6. Profil tvoria väčšinou hliny, jemnopiesčité hliny so šošovkami pieskov, ako aj slabé polohy organických hĺn. Ide prevažne o nivnú fáciu, ktorá v blízkosti koryta riek prechádza do korytovej fácie. V klimatickom optime (atlantik) a v subatlantiku vznikli hliny miestami s prímесou hnilokalov rašelín.



Obr. 6. Profil holocénu - Michalovsko-sliepkovská depresia - upravené podľa Baňackého et al. (1987).



Obr. 7. Profil kvartéru v Strážnansko-trakanskej depresii - upravené podľa Baňackého et al. (1989).

Intenzita poklesov v Michalovsko–sliepkovskej depresii v holocénnom období dosahuje hodnotu – 1,0 mm/rok.

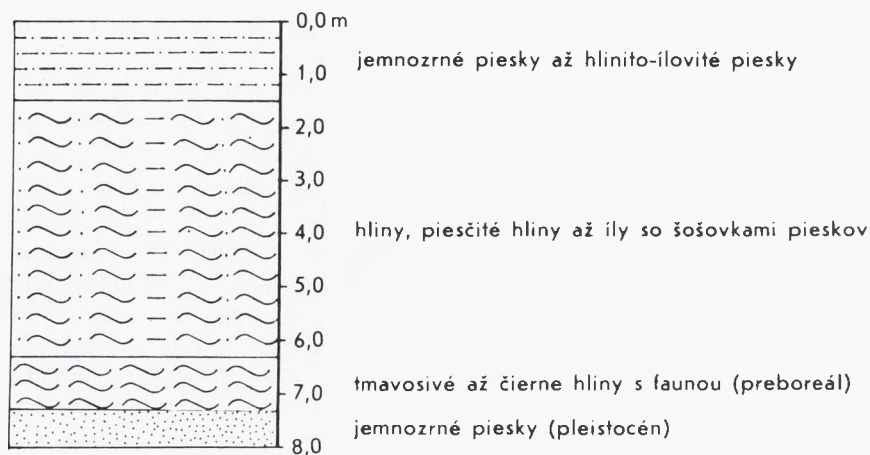
Profil Strážňansko–trakanskej depresie (obr. 7) bol zostavený podľa údajov Baňackého (1988b, et al. 1989), pričom sa brali do úvahy údaje maximálnej mocnosti akumulácie príslušných sedimentov. Z profilu vyplýva, že v južnej časti Východoslovenskej nížiny mocnosť akumulácie kvartéru dosahuje 116 m. Na Medzibodrockých pláňavách tečú rieky pomaly a meandrovaním predlžujú svoj tok. Ide vcelku o piesčito–ílovitú riečno–jazernú akumuláciu, najmä v starom pleistocéne. V mladších obdobiach pleistocénu nadobúda prevahu akumulácia piesčitých, hlinitých až ílovitých sedimentov. Sedimenty kvartéru sú pomerne dobre datované. Napriek ťažkostiam pri určení hranice pliocén–kvartér v Podunajskej nížine, situácia vo Východoslovenskej nížine sa javí ako priaznivejšia. Na základe sedimentárno–petrografických metód (Horníš 1982, 1986), paleomagnetických meraní (Vaškovská 1985) a paleontologického vyhodnotenia ostrakodovej fauny (Jiříček 1969) sa podarilo stanoviť jednak hranicu kvartéru, jednak datovať aj príslušné horizonty sedimentov. Celková hrúbka kvartéru v Strážňansko–trakanskej depresii dosahuje 116 m. Z profilu vyplýva, že pomerne rovnomerná akumulácia v staršom a strednom pleistocéne sa v mladom pleistocéne zintenzívnila, pričom dosiahla hrúbku asi 60 m. Vzhľadom na dĺžku holocénu spadá aj hrúbka sedimentov z tohto obdobia (cez 7,0 m) do zintenzívnenej pohybovej činnosti negatívneho charakteru v mladom kvartéri.

Začiatok kvartéru tvoria riečno–jazerné sedimenty, v ktorých ílovitá vrstva podľa paleomagnetických meraní Vaškovskej (1985) poukazuje na úsek polarizačnej epochy Matuyama z hranice pliocén–pleistocén, tesne nad spodno–pleistocénym obdobím epizódy Olduvai (1,67–1,87 mil. rokov). Uvedený profil môžeme bezpečne umiestniť na začiatku kvartéru a celková hrúbka sedimentov nám udáva intenzitu poklesov za uvedené obdobie. Výsledná hodnota – 0,064 mm/rok sa zdá byť príliš nízka.

Porovnať kvartérne pohyby s recentnými je dosť ťažké. Analýza mocnosti kvartérnych sedimentov nám však poskytuje informácie o tektonickej aktivite v tomto období, ktoré sa ešte pred niekoľkými desiatkami rokov pokladalo za atektonické. Príslušná mocnosť kvartérnych sedimentov nás však oprávňuje tvrdiť, že intenzita negatívnych pohybov vo Východoslovenskej nížine je adekvátne k dĺžke tohto najmladšieho obdobia.

Ďalší profil holocénu v J časti nížiny je zachytený v Brehovskej depresii na dolnej Ondave. Povrchove sa prejavuje nápadným zamokrením. Je to najmladšia kvartérna depresia, ktorá sa vyvíja od neskorého würmu do súčasnosti (Baňacký et al. 1989). Je lokalizovaná medzi Hraňou a Brehovom (obr. 8). Profil, ktorý končí v tmavosivom až čiernosivom hlinitom sedimente a obsahuje zvyšky mäkkýšovej fauny s druhmi *Valvata piscinalis* (Müll.), *Valvata naticina* Menke, *Valvata pulchella* (Stud.), *Viviparus viviparus* (L.), *Sphaerium rivicola* (Lam.), *Pisidium supinum* A. Sch. dosahuje hĺbku 7,3 m. Malakofauna predstavuje podľa Schmidta (1974) teplé spoločenstvo starého holocénu (preboreál) PB (9700–10 000 BP). Vyššie časti profilu tvoria hliny, piesčité hliny a prachovité piesky, ktoré boli naviate do depresie z blízkyh sprašových pokrovov a pieskových dún. Najvyššie horizonty reprezentujú jemnozrnné piesky až hlinito–ílovité piesky hrúbky 1,5 m, ktoré Baňacký začleňuje do subboreálu.

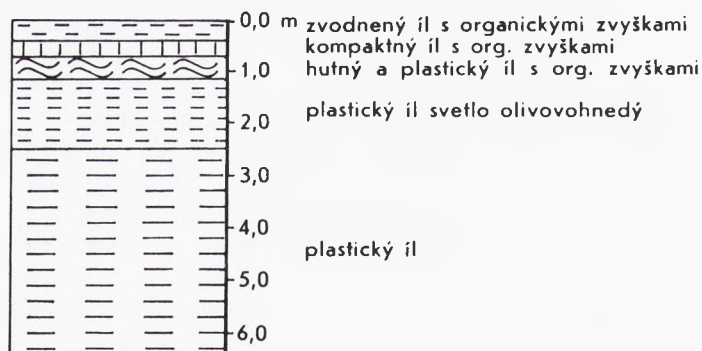
Intenzita poklesov v Brehovskej depresii v holocénnom období dosahuje hodnotu – 0,73 mm/rok.



Obr. 8. Profil holocénu južnej časti nížiny (Dolnoondavská depresia pri Brehove) - upravené podľa Baňackého et al. (1989).

Ďalšie profily holocénnymi sedimentmi južne od Latorice sa vyhodnocovali paly-nologickou metódou.

Profil ručného vrtu Rad – Medzibodrocké pláňavy (obr. 9) siahal do hĺbky 6,30 m. Lokalita sa nachádza JV od obce v nadmorskej výške 99 m. Peľové zrnká sa nachádzali v ílovitých sedimentoch. V profile sa vyskytoval kompaktný íl, hutný a plastický íl s organickými zvyškami.



Hĺbka: 6,30 - 5,00 m koniec atlantického obdobia AT (7950 - 5950 BP)
5,00 - 3,50 m subboreál SB (3200 - 2650 BP)
3,50 - 0,0 m subatlantik SA (2650 - 1300 BP)

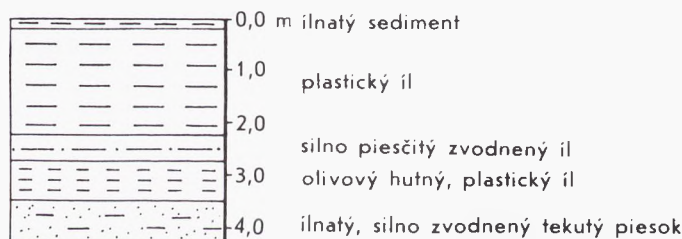
Obr. 9. Profil stredného a mladého holocénu pri dedinke Rad - Medzibodrocké pláňavy - upravené podľa Kríppela (1991).

Na základe vyhodnotenia výsledkov peľovej analýzy, ktorú vykonal Krippel (1991), najspodnejšia vrstva 6,30–5,0 m bola začlenená do konca atlantického obdobia, čo znamená, AT (7950–5950 BP). Z peľových zrníek drevín prevládali zrnká zmiešaných dubín (QM) zastúpené druhmi rodov *Quercus*, *Carpinus*, *Tilia*, *Ulmus* a *Fraxinus*. Nižšie zastúpenie vykazovali peľové zrná *Alnus*, *Salix*, *Betula* a *Corylus*.

Subboreálne obdobie (5,0–3,50 m) nemalo odlišné zloženie peľových zrníek oproti predchádzajúcemu obdobiu. Opäť prevládali peľové zrnká zmiešaných dubín.

Subatlantické obdobie (3,50–0,0 m) sa vyznačovalo ústupom peľových zrníek zmiešaných dubín a zvýšeným podielom peľových zrníek *Salix*, *Alnus* a *Betula*, ako aj peľových zrníek poukazujúcich na činnosť človeka (*Asteraceae*, *Plantago*, *Poaceae* a iné).

Pre nás je zaujímavá dosiahnutá hĺbka najspodnejšej vrstvy, teda hĺbka 6,30 m, ktorá zodpovedá približne časovému úseku 5900 r. pred súčasnosťou. Z tohto profilu môžeme stanoviť hodnotu poklesu – 1,06 mm/rok. Táto hodnota sa pomerne dobre zhoduje s údajmi, ktoré boli v tejto oblasti získané opakovanými niveláciami (Kvitkovič, Vanko 1972, 1990; Vanko 1988a, b), čo značí, že pomocou rozdielnych metód dochádzame k približne zhodným výsledkom. Môžeme tiež konštatovať, že poklesávanie zo stredného holocénu nenadobudlo výraznejšie výkyvy.



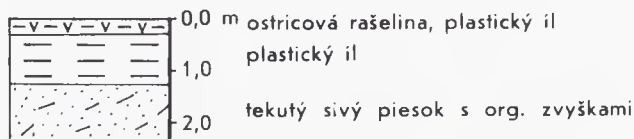
Hĺbka: 4,0 - 3,20 m koniec atlantického obdobia AT (7950 - 5950 BP)
 3,20 - 1,90 m subboreálne obdobie SB (3200 - 2650 BP)
 1,90 - 0,0 m subatlantík SA (2650 - 1300 BP)

Obr. 10. Profil stredného a mladého holocénu pri dedinke Horeš - Medzibodrocké pláňavy - upravené podľa Krippela (1991).

Ďalší vrt Horeš (obr. 10) je lokalizovaný medzi obcami Veľký a Malý Horeš v nadmorskej výške 99 m. Vrt dosiahol hĺbku 4,20 m. V profile sa vyskytujú viaceré druhy plastických ílov. Bazálnu vrstvu (3,50–4,20 m) tvorí ilnatý, silno zvodnený tekutý piesok. Spektrum peľových zrní je podobné predchádzajúcemu vrtu. Prevládajú peľové zrnká zmiešaných dubín. Menšie zastúpenie vykazovali peľové zrnká *Alnus* a *Salix*. Väčšie zastúpenie mali peľové zrnká močiarnych a vodných elementov ako *Sparganium* + *Typha*, *Cyperaceae* a iné. Profil bol začlenený do obdobia konca atlantického obdobia AT (7950–5950 BP). Na výpočet intenzity pohybu môžeme prijať časový úsek 5900 r. pred súčasnosťou. Najmladšia vrstva plastického ílu zodpovedá subatlantiku SA (2650–1300 BP).

Poklesový pohyb od konca atlantického obdobia do našej súčasnosti dosahuje hodnotu $-0,72$ mm/rok.

Ďalšia lokalita Leles leží asi 1 km východne od obce v smere na Kapoňu pri mŕtvom ramene Tice v nadmorskej výške 101 m. Ručný vrt bol ukončený v hĺbke 2,30 m a prešiel vrstvou plastického ílu, vyznel v tekutom piesku s organickými zvyškami (obr. 11). Peľovými analýzami bolo v tomto vrte zachytené mladšie subatlantické obdobie SA (2650–1300 BP). Môžeme ho teda označiť hodnotou 2000 r. pred súčasnosťou. Negatívny pohyb za predmetné obdobie dosiahol hodnotu $-0,86$ mm/rok.



Hĺbka: 0,0 - 2,30 m subatlantik SA (2650 - 1300 BP)

Obr. 11. Profil mladého holocénu pri Lelese - Medzibodrocké pláňavy - upravené podľa Krippela (1991).

Uvedené hrúbky, ako aj datovanie holocénných sedimentov boli stanovené na základe palynologickej metódy. Vidíme, že použité metódy sa navzájom vhodne dopĺňajú. Vypočítané hodnoty negatívnych pohybov nevychádzajú za rámec hodnôt, ktoré boli získané metódou zvlášť presnej nivelácie. Napríklad z mapy recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát pre obdobie 1951–1976 (Kvitkovič, Vanko 1990) vyplýva, že v oblasti Východoslovenskej nížiny sa vyskytujú poklesy v rozpätí $-0,5$ až vyše $-1,0$ mm/rok.

NIEKTORÉ DÔSLEDKY VYPLÝVAJÚCE ZO ŠTÚDIA MLADÝCH A RECENTNÝCH VERTIKÁLNYCH POHYBOV ZEMSKÉJ KÔRY

Údaje o pohyboch zemskej kôry za posledné tisícročia tvoria, ako uvádza Nikonov (1979), predhistóriu súčasných prístrojovo meraných pohybov. Umožňujú nám zistiť kvantitatívno–priestorovo–časové zvláštnosti týchto fenoménov, a pomáhajú tým odhaľovať ich zákonitosti.

Popri tom sa musí venovať pozornosť aj antropogénny m vplyvom v povodiach riek, ako aj odlesňovaniu a rozširovaniu veľkoplošných poľnohospodárskych fariem a výstavby hydroelektrární a priehrad na riekach. Má to nepriaznivé dôsledky na dolnom toku rieky, kde je zbavená záťaže, a tým nadobúda eróznú schopnosť a vymieľa svoje koryto. Sprievodným javom je pokles hladiny spodnej vody, vysušovanie a zostepňovanie krajiny. Napríklad na rieke Dunaj a jeho alpských prítokoch sa v susednom Rakúsku a Nemecku postavilo vyše 30 vodných diel, čo sa nepriaznivo odráža na našom území, kde Dunaj v minulosti ročne prinášal vyše 600 tisíc m³ štrkov (Vidra et al. 1990) a dnes je to iba 100–150 tisíc m³, väčšinou z blízkych nárazových brehov a koryta. Dunaj po východe z Devínskej brány zbavený záťaže zrýchľuje svoj tok a za posledných 30 rokov prehĺbil svoje koryto už o 2 metre. Má to nepriaznivý dosah na oblasť Žitného ostrova, kde poklesla nielen hladina spodnej vody, ale rapídne sa zhoršili aj plavebné podmienky. Hoci Žitný ostrov vplyvom

recentných vertikálnych pohybov ročne poklesáva vyše – 1 mm (Vanko, Kvitkovič 1988a, b; Vanko 1990), predsa tento pokles v riečišti Dunaja prekrýva a prevyšuje antropogénna činnosť prejavujúca sa zosilnenou eróziou a vymieľaním dna. Z nášho hľadiska je preto výstavba vodného diela Gabčíkovo ochranou nielen pred povodňami, ale aj pred vysušením aktívneho pôdného horizontu a jeho devastáciou. Jeho pozitívum vzrastá zlepšením plavebných podmienok, možnosťou obídenia nebezpečného brodového úseku na trase Šamorín - Kľížska Nemá, ktorý by sťažoval požiadavky na hlbší ponor plavidiel, najmä v súvislosti s prepojením kanála Rýn - Mohan na tepnu Dunaja.

Aj v iných regiónoch, napr. v horskej časti Nízkych Beskýd, antropogénne zásahy ako je rozširovanie sídiel a poľnohospodárskych pôd s nepriaznivou osevnou štruktúrou, ako aj extenzívne využívanie plôch v poľnohospodárskych a lesných regiónoch vedie k zvyšovaniu povodňových vln s nepriaznivými dôsledkami, najmä vo Východoslovenskej nížine. Aj keď rieky na nížine majú vybudované ochranné hrádze, ktoré sa začali stavať už koncom minulého storočia, predsa však vplyvom permanentných poklesov na rovine dochádza k postupnému vyplňovaniu medzihrádznych priestorov plaveninami a splaveninami, čím dochádza k zmenšovaniu objemov týchto traťových priestorov. Akumuláciou zdvihnuté dno v medzihrádznych priestoroch je už 1,0 m nad úrovňou aluviálnej nivy. Je to dôsledok zníženia sklonu riek pri vyústení z Nízkych Beskýd do Východoslovenskej nížiny, čím sú nútené akumulovať riečnu záťaž do vlastného koryta v medzihrádznom priestore, a tým dvíhať vlastné dno nad okolitý terén. Keď sa k tomu vyskytne viacdnňová cyklonálna činnosť s výdatnejšími zrážkami – hrozí nebezpečenstvo pretrhnutia alebo preliatia hrádze s veľkými materiálnymi škodami, akých sme boli svedkami napríklad koncom novembra r. 1992 na rieke Uh. Je v záujme geomorfológov venovať tejto problematike zaslúženú pozornosť.

ZÁVER

Štúdia sa zaoberá možnosťami zistenia intenzity vertikálnych tektonických pohybov kvartérneho obdobia a osobitne holocénu v nížinách Slovenska. Využili sa na to metódy kvartérno–geologické, geomorfologické, paleogeografické, palynologické, rádiometrické a geodetické (Kvitkovič 1964; Halouzka a Minaříková 1977; Horníš 1982; Baňacký et al. 1987; Vaškovská 1989; Kvitkovič a Vanko 1990; Krippel 1991 a i.). Z morfoštruktúrneho hľadiska sa nížiny Slovenska vyvíjali diferencovane v závislosti od aktivity zlomových porúch predovšetkým smeru SV–JZ, SZ–JV a S–J, ako aj ďalších. Sú vyplnené hlavnou a neskorou molasou. Dĺžka kvartéru podľa INQUA sa prijíma na 1,8 mil. rokov a holocénu na 10 000 rokov. Nížiny majú zdedenú poklesovú tendenciu z pliocénneho obdobia, ktorá pokračuje aj v kvartéri. Najintenzívnejšie kvartérne poklesy sa prejavujú v gabčíkovskej depresii v oblasti Podunajskej nížiny (obr. 2) s hrúbkou sedimentov do 340 m s intenzitou poklesu –0,18 mm/rok a vo Východoslovenskej nížine v Michalovsko–sliepkovskej depresii (obr. 5) mocnosť kvartéru 100 m a intenzita poklesu –0,055 mm/rok. Podobne aj Strážňansko–trakanskej depresii (obr. 7) s celkovou hrúbkou kvartérnych sedimentov 116 m a intenzitou poklesu –0,064 mm/rok.

Holocénne poklesy v Gabčíkovskej depresii (obr. 3) boli stanovené na základe výskytu fosílnych kmeňov dubov v hĺbke 18 m a ktorých vek bol metódou ^{14}C stanovený na 8970

± 50 , ktorý možno začleniť do boreálu BO (9700–7950 BP). Z tohto vychádza priemerný pokles $-2,0$ mm/rok. Holocénne poklesy vo Východoslovenskej nížine v Michalovsko–sliepkovskej depresii s hrúbkou fluvialných sedimentov 10 m vykazujú hodnotu $-1,0$ mm/rok (obr. 6). V Dolnoondavskej depresii pri Brehove boli spodné vrstvy v hĺbke okolo 7,30 m na základe fauny začlenené do preboreálu PB (9700–10 000 BP). Ročná intenzita poklesu je teda $-0,73$ mm/rok (obr. 8).

Ďalšie profily z južnej časti Východoslovenskej nížiny boli vyhodnotené polynologickou metódou. Ide o lokalitu pri dedine Rad (obr. 9), Horeš (obr. 10) a pri Lelese (obr. 11). Ich ročné poklesy sa pohybujú od $-0,72$ mm/rok až do $-1,06$ mm/rok.

Zaujímavé je, že poklesy v posledných tisícročiach neprekračujú hodnoty, ktoré boli v týchto oblastiach získané metódou zvlášť presnej nivelácie (Kvitkovič a Vanko 1972, 1980; Vanko a Kvitkovič 1980; Vanko 1988a, b). Význam štúdia tejto problematiky spočíva v kvantifikácii geomorfologických procesov a datovania foriem reliéfu. Nie sú však zanedbateľné praktické aspekty, najmä pri projektovaní náročných stavieb.

LITERATÚRA

- BAŇACKÝ, V., VASS, D., KALIČIAK, M., REMŠÍK, A., POSPÍŠIL, Ľ. (1987). *Vysvetlivky ku geologickej mape severnej časti Východoslovenskej nížiny, 1:50 000*. Bratislava (Geologický ústav Dionýza Štúra).
- BAŇACKÝ, V. (1988a). *Geologická mapa severnej časti Východoslovenskej nížiny, 1:50 000*. Bratislava (Geologický ústav Dionýza Štúra).
- BAŇACKÝ, V. (1988b). *Geologická mapa južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplinských vrchov, 1:50 000*. Bratislava (Geologický ústav Dionýza Štúra).
- BAŇACKÝ, V., ELEČKO, M., KALIČIAK, M., STRAKA, P., ŠKVARKA, L., ŠUCHA, P., VASS, D., VOZÁROVÁ, A., VOZÁR, J. (1989). *Vysvetlivky ku geologickej mape južnej časti Východoslovenskej nížiny a Zemplinských vrchov, 1:50 000*. Bratislava (Geologický ústav Dionýza Štúra).
- FINK, J. (1966). Die Paläogeographie der Donau. *Limnologie der Donau*, 2, 1–50.
- FINK, J. (1973). Zur Morphogenese des Wiener Raumes. *Zeitschrift für Geomorphologie Neue Folge*, 17, 91–117.
- HALOUZKA, R., MINAŘÍKOVÁ, D. (1977). Stratigraphic correlation of Pleistocene deposits of the river Danube in the Vienna and Komárno Basins. *Sborník geologických věd, Antropozoikum*, 11, 7–55.
- HORNIŠ, J., PRIECHOVSKÁ, L. (1979). Použitie ťažkých minerálov pri štúdiu sedimentárneho komplexu Žitného ostrova. *Mineralia slovaca*, 11, 529–536.
- HORNIŠ, J. (1982). *Sedimentárno-petrografický výskum kvartéru Východoslovenskej nížiny*. Správa, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- HORNIŠ, J. (1986). Výsledky a interpretácia petrografického výskumu kvartérnych sedimentov Východoslovenskej nížiny. *Regionálna geológia Západných Karpát*, 21, 161–166.
- HORSKÝ, D., REINPRECHT, L. (1986). Štúdia subfosilného dubového dreva. *Vedecké a pedagogické aktuality*, 1, 2–70.
- HRUBÍK, P., BENČAŤ, T. (1986a). Súhrn doterajších poznatkov zo štúdia fosilných kmeňov dubov nájdených pri Gabčíkove. *Žitnoostrovne múzeum Dunajská Streda. Spravodaj múzea*, 9, 5–15.
- HRUBÍK, P., BENČAŤ, T. (1986b). Precious find of oak stems at the Danube dam construction in Gabčíkovo. *Folia dendrologica*, 13, 417–428.
- JIRÍČEK, R. (1969). *Hranica medzi terciérom a kvartérom v karpatské oblasti*. Správa, Československé naftové doľy, Gbely.
- KRAPIEC, M. (1991–1992). Dendrochronologia „czarnych dąbów“ z doliny Wisły w okolicach Krakowa. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 25–26, 115–131.
- KRIPPEL, E. (1991). Vývoj vegetácie a životného prostredia človeka vo Východoslovenskej nížine. *Geografický časopis*, 43, 276–295.

- KVITKOVIČ, J. (1955). Geomorfologické pomery juhovýchodnej časti Potiskej nížiny. *Geografický časopis*, 7, 72–84.
- KVITKOVIČ, J. (1961). Príspevok k poznaniu neotektonických pohybov vo Východoslovenskej nížine a príslušných oblastiach. *Geografický časopis*, 13, 176–194.
- KVITKOVIČ, J. (1964). Concerning the Basic Geomorphological Problems of the East Slovakian Lowland. *Geografický časopis*, 16, 143–159.
- KVITKOVIČ, J., VANKO, J. (1972). Recent Crustal Movements in the Region of Eastern Slovakia. *Geografický časopis*, 24, 151–163.
- KVITKOVIČ, J., PLANČÁR, J. (1975). Analýza morfoštruktúr z hľadiska súčasných pohybových tendencií vo vzťahu k hlbínnej geologickej stavbe Západných Karpát. *Geografický časopis*, 27, 309–325.
- KVITKOVIČ, J., PLANČÁR, J. (1977). Recentné vertikálne pohyby zemskej kôry vo vzťahu k zemetraseniam a seizmoaktívnym zlomom v Západných Karpatoch. *Geografický časopis*, 29, 239–253.
- KVITKOVIČ, J., VANKO, J. (1980). Recent Vertical Movements of the Earth's Crust in the West Carpathians. *Geografický časopis*, 32, 171–179.
- KVITKOVIČ, J., VANKO, J. (1990). Recentné vertikálne pohyby Západných Karpát pre epochu 1951–1976. *Geografický časopis*, 42, 345–356.
- LOŽEK, V. (1973). *Příroda ve čtvrtohorách*. Praha (Academia).
- LOŽEK, V. (1980). Holocén. *Slovenská archeológia*, 28, 107–118.
- LUKNIŠ, M., MAZÚR, E. (1959). Geomorfologické regióny Žitného ostrova. *Geografický časopis*, 11, 161–206.
- MAHEL, M., MALKOVSKÝ, M. (1984). *Vysvetlivky k tektonickej mape ČSSR, 1:500 000*. Bratislava (Geologický ústav Dionýza Štúra).
- MAZÚROVÁ, V. (1973). Príspevok k poznaniu dunajských terás v Devínskej bráne. *Geografický časopis*, 25, 112–121.
- NIKONOV, A. A. (1979). *Sovremennyye dvizheniya zemnoy kory*. Moskva (Nauka).
- POSPÍŠIL, P., VASS, D., MELIORIS, L., REPKA, T. (1978). Neotektonická stavba Žitného ostrova a príslušného územia Podunajskej nížiny. *Mineralia slovacica*, 10, 443–456.
- PRIECHODSKÁ, Z., VASS, D., (1986). Geológia neogénu centrálnej depresie Podunajskej panvy. *Regionálna geológia Západných Karpát*, 21, 105–111.
- SCHMIDT, Z. (1974). *Mákkýše kvartéru južnej časti Východoslovenskej nížiny*. Správa, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- ŠKVARČEK, A. (1971). Základné geomorfologické členenie Záhorskej nížiny. *Geografický časopis*, 23, 133–136.
- VANKO, J., KVITKOVIČ, J. (1980). Recent Vertical Movements of the Earth's Crust (Scale 1:1 mil.). *Atlas SSR*. Bratislava (SAV and SUCK).
- VANKO, J. (1988a). Mapa recentných vertikálnych pohybov Západných Karpát na Slovensku pre epochu 1952–1977. *Geodetický a kartografický obzor*, 34/76, 216–222.
- VANKO, J. (1988b). Rectified Map of Recent Vertical Surface Movements in the West Carpathians in Slovakia. *Journal of Geodynamics*, 10, 147–155.
- VASS, D. (1989). Zhodnotenie rýchlosti sedimentácie v alpínskych molasových panvách Západných Karpát. *Geologické práce, Správy*, 88, 31–43.
- VAŠKOVSKÁ, E., CHRAPAN, J. (1969). Prvé výsledky stanovenia veku fosílnych pôd vrchného pleistocénu rádiouhlíkovou metódou z oblasti Západných Karpát. *Geologické práce, Správy*, 48, 188–189.
- VAŠKOVSKÁ, E. (1981). Rádiouhlíkové datovanie pochovaných a fosílnych pôd kvartéru Západných Karpát. In Vaškovský, I., ed. IV. *Slovenská geologická konferencia*. Bratislava (SGÚ–ČSVTS), pp. 52–59.
- VAŠKOVSKÁ, E. (1982). *Litogeochemický a mikromorfologický výskum hlinitých kvartérnych sedimentov a pôd severnej časti Východoslovenskej nížiny*. Čiastková záverečná správa, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- VAŠKOVSKÁ, E. (1985). *Paleomagnetické interpretácie a rádiometrické datovanie veku fosílnych drev južnej časti Východoslovenskej nížiny*. Čiastková správa, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- VAŠKOVSKÁ, E. (1986). Litogeochemická charakteristika fluvialných sedimentov a pôd holocénu v Podunajskej rovine. *Regionálna geológia Západných Karpát*, 21, 127–137.
- VAŠKOVSKÁ, E. (1989). Použitie rádiouhlíkovej metódy ^{14}C pri výskume kvartéru na území slovenských Karpát. *Regionálna geológia Západných Karpát*, 25, 153–160.
- VAŠKOVSKÁ, E., VAŠKOVSKÝ, I. (1989). Niektoré novšie poznatky o kvartéri severnej časti Bratislavy a okolia. *Regionálna geológia Západných Karpát*, 25, 23–33.

- VAŠKOVSKÝ, I., VAŠKOVSKÁ, E. (1977). *Regionálny kvartérno-geologický výskum Žitného ostrova*. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- VAŠKOVSKÝ, I., BÁRTA, R., HANZEL, V., HALOUZKA, R., HARČÁR, J., KAROLUS, K., PRISTAŠ, J., REMŠÍK, A., ŠUCHA, P., VASS, D., VAŠKOVSKÁ, E. (1982). *Výsvetlivky ku geologickej mape juho-východnej časti Podunajskej nížiny, 1:50 000*. Bratislava (Geologický ústav Dionýza Štúra).
- VIDRA, M., BEDNÁŘ, E., GARDIAN, E., TOMASCHEK, L., ŽIKAVSKÝ, P. (1990). *Sústava vodných diel Gabčíkovo-Nagymaros. Stupeň Gabčíkovo, energetická časť*. Hydroconsult, Bratislava.

JOZEF KVITKOVIČ

INTENSITY OF VERTICAL TECTONIC MOVEMENTS OF THE EARTH'S CRUST IN THE LOWLANDS OF SLOVAKIA IN THE HOLOCENE

The study deals with the possibilities to detect the intensity of the vertical tectonic movements of the Quaternary and especially the Holocene in the lowlands of Slovakia. The results of the past research of several authors obtained by the Quaternary-geological geomorphic, paleographic, palynologic, radiometric and geodetic methods were used here. From the morphostructural point of view the lowlands of Slovakia developed in a differentiated way depending on the activity of fault disturbances above all in the NE-SW, NW-SE and N-S, and other strikes. They are filled by the main and late molasses. The length of the Quaternary after INQUA is accepted at 1.8 million years and that of the Holocene 10 000 years before the present time. The lowlands inherited a subsiding tendency from the Young Miocene and Pliocene periods going on in the Quaternary. The most intensive Quaternary subsidings are manifested in the Gabčíkovo depression in the area of the Danube lowland (Fig. 2) with sediments up to 340 m thick and the subsidence rate of -0.18 mm/year and in the East Slovakian lowland in Michalovsko-sliepkovská depression (Fig. 5) thickness of the Quaternary 100 m and subsidence rate -0.055 mm/year. Similarly also in Strážňansko-trakanská depression (Fig. 7) with the total thickness of the Quaternary sediments 116 m and subsidence rate -0.064 mm/year.

The Holocene subsidences in the Gabčíkovo depression (Fig. 3) were assessed according to the occurrence of the fossil trunks of the oaks in the depth of 18 m whose age was estimated by the ^{14}C method at 8970 ± 50 and classified into the boreal BO (9700–7950 BP). That gives the mean subsidence -2.0 mm/year. The Holocene subsidences in the East Slovakian lowland in the Michalovsko-sliepkovská depression with the thickness of fluvial sediments 10 m yield the values of -1.0 mm/year (Fig. 6). In the Dolnoondavská depression near Brehov were the bottom layers in the depth of 7.30 m and according to fauna they were classified in the pre-boreal PB (9700–10 000 BP). The annual subsidence rate is then -0.73 mm/year (Fig. 8).

Another profiles from the southern part of the East Slovakia lowland were assessed on the palynological basis: It is the locality near the village Rad (Fig. 9), near the village Horeš (Fig. 10) and near Leles (Fig. 11). Their annual subsidences oscillate from -0.72 mm/year to -1.06 mm/year.

It is interesting that the subsidences do not exceed in the last millennia the values that were obtained by the method of especially exact nivelation (Kvitkovič a Vanko 1972, 1980, Vanko a Kvitkovič 1980, Vanko 1988a,b). The importance of the study of this problem lies in the quantitation of the geomorphic processes and dating of the landforms. But the practical aspects are not negligible either, especially for the design of more complicated buildings.

Fig. 1. "Praterterrasse" profile near the commune Rutzendorf.

Fig. 2. Profile of the Quaternary sediments in the Gabčíkovo depression.

Fig. 3. Profile of the Holocene sediments in Žitný ostrov near Gabčíkovo.

Fig. 4. Profile of the Holocene sediments in Žitný ostrov near Topoľníky.

Fig. 5. Profile of the Quaternary – Michalovsko-sliepkovská depression.

Fig. 6. Profile of the Holocene – Michalovsko-sliepkovská depression.

Fig. 7. Profile of the Quaternary – Strážňansko-trakanská depression.

Fig. 8. Profile of the Holocene in the southern part of the lowland (Dolnoondavská collapse near Brehov).

Fig. 9. Profile of the Middle and Young Holocene near the village Rad – Medzibrodské pláňavy

Fig. 10. Profile of the Middle and Young Holocene near the village Horeš – Medzibrodské pláňavy.

Fig. 11. Profile of the Middle and Young Holocene near Leles – Medzibrodské pláňavy.