CS ISSN 0139—7583

ZÁPADNÉ KARPATY

1B107a

SÉRIA

hydrogeológia a inžinierska geológia 6

GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 1985

V edícii ZÁPADNÉ KARPATY – séria HYDROGEOLÓGIA A INŽINIERSKA GEOLÓGIA vyšli doteraz tieto práce:

zv. 1 – 1975, cena 28.– Kčs

HANZEL, V.: Podzemné vody chočského príkrovu a série Véľkého Boku na severovýchodných svahoch Nízkych Tatier

KULLMAN, E. – ZAKOVIČ, M.: Hydrogeológia Chočského pohoria

ŠKVARKA, L.: Zvodnené zlomové línie v oblasti neovulkanitov Slovenska

zv. 2 – 1980, cena 35.– Kčs

KULLMAN, E.: Hydrológia kvartéru a najvyšších častí neogénu Záhorskej nížiny

GAZDA, S.: Hydrogeochemické pomery Záhorskej nížiny

ŠKVARKA, L.: Hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny

ZAKOVIČ, M.: Hydrogeologické pomery paleogénu Levočských vrchov

zv. 3 – cena 21.– Kčs

KULLMAN, E.: L'evaluation du regime des eaux souterraines dans les roches carbonatiques du Mésozoique des Carpates Occidentales par les courbes de tarissement des sources

FRANKO, O.: Geothermal Energy Resources in Slovakia (Problems, methods and results of research)

GAZDA, S. – HANZEL, V: Influence of natural factors on chemical properties of groundwaters in the West Carpathians

ZAKOVIČ, M.: La caracteristique de la perméabilité des sédiments paléogène de la Slovaquie

zv. 4 – 1982, cena 25.– Kčs

MELIORIS, L. – VASS, D.: Hydrogeologické a geologické pomery levickej žriedelnej línie

KULLMAN, E.: Hydrogeológia pohoria Galmus

FRANKO, O. – MICHALÍČEK, M.: Jódo-brómové vody Slovenska

FRANKO, O. – ZAKOVIČ, M. – BODIŠ, D.: Minerálne vody Zvolenskej pahorkatiny

zv. 5 – 1984, cena 43.– Kčs

HANZEL, V. – GAZDA, S. – VAŠKOVSKÝ, I.: Hydrogeológia južnej časti Vysokých Tatier a ich predpolia

zv. 6 – 1985, cena 26.– Kčs

MODLITBA, I. – JEDLA, P. – KLUKANOVÁ, A. – KOVÁČIK, M.: Inžinierskogeologické pomery severovýchodnej časti košického mestského rajónu

HOLZER, R. – HRUŠKOVÁ, A. – KOVÁČIK, M. – MODLITBA, I. – TURAN, J.: Fyzikálno-mechanické vlastnosti výplní puklín

JÁNOVÁ, V. – KOVÁČIK, M. – MODLITBA, I.: Svahové deformácie na lokalite Zázrivá – Veľká Havrania

VLČKO, J.: Optimalizačná analýza v inžinierskogeologickom hodnotení pohronského metropolitného regiónu

99/85
27/8206 4

ZÁPADNÉ KARPATY

SÉRIA

hydrogeológia a inžinierska geológia 6

GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA, BRATISLAVA 1985

Geologick ústav D. Štúra
KNIŽNICA, Bratislava

Signatúra: 1B1076

kat. čís.: 918/85

Kčs kúpa: 26.—

Kčs vým.:

Kčs dar:

© Geologický ústav Dionýza Štúra, 1985

OBSAH — CONTENTS

Geologický ústav Dionýza Štúra
KNIŽNICA
Mlynská dolina 1
817 04 BRATISLAVA

MODLITBA, I.—JEDLA, P.—KLUKANOVÁ, A.—KOVÁČIK, M.: Inžinierskogeologické pomery severovýchodnej časti košického mestského rajónu — Engineering-geologic Conditions in NE part of Košice Town Region 7

HOLZER, R.—HRUŠKOVÁ, A.—KOVÁČIK, M.—MODLITBA, I.—TURAN, J.: Fyzikálno-mechanické vlastnosti výplní puklín — Physical-Mechanical Properties of Joint Fillings 127

JÁNOVÁ, V.—KOVÁČIK, M.—MODLITBA, I.: Svahové deformácie na lokalite Zázrivá—Veľká Havrania — Slope Deformations on Locality Zázrivá—Veľká Havrania 157

VLČKO, J.: Optimalizačná analýza v inžinierskogeologickom hodnotení pohronského metropolitného regiónu — Optimization Analysis in Engineering-Geological Study of the Pohronský Metropolitan Region 175

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 6, s. 7—126, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1985

IGOR MODLITBA—PAVOL JEDLA—ALENA KLUKANOVÁ—MILOŠ KOVÁČIK

Inžinierskogeologické pomery severovýchodnej časti košického mestského regiónu

57 obrázkov, 12 tabuliek v texte, 2 fotogr. tab., angl. resumé

Abstract. Engineering-geologic conditions in the NE part of the Košice town region are characterized. The area is orographically included in the Košická kotlina depression and in the adjacent mountain ranges. The rivers Hornád and Torysa flow across the area.

Geologic structure of the area comprises Proterozoic and Paleozoic metamorphosed rocks, granites, rocks of the Gelnica and Rakovec Groups, Mesozoic quartzites and Triassic dolomites. Neogene rocks are mainly represented by marine fine-sandy Karpatian and Middle Badenian pelites, lacustrine gravelly sediments, and basal tuffite sediments of the Upper Badenian, including a variegated pelite formation and Sarmatian clays. Greatest is the areal extension of sediments of the Košice gravel formation. In the Quaternary the deluvial, fluvial and proluvial sediments deposited in the area studied. Geodynamic phenomena are represented by slope deformations, lateral flow erosion, suffosion, karst phenomena, a.o.

The authors distinguished eight lithologic formations, characterized in detail with respect to their engineering-geologic properties. According to engineering-geologic typology, 16 types of engineering-geologic regions were distinguished.

Obsah

Úvod 8
Orografický opis a hydrografia územia 9
Klimatické pomery 11
Zrážkové pomery 11
Veterné pomery 12
Seizmicita 14
Geologická stavba územia 14
Proterozoikum 14
Paleozoikum 14
Mezozoikum 16
Neogén 16
Kvartér 18
Geotektonický a geomorfologický vývoj územia 19
Predkvartérny vývoj 19
Vývoj v kvartéri 21
Hydrogeologické pomery 22
Súčasné geodynamické javy 25

RNDr. I. Modlitba—RNDr. A. Klukanová—RNDr. M. Kováčik, Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava. RNDr. P. Jedla, Inžinierskogeologický a hydrogeologický prieskum n. p., závod Košice, Rožňavská cesta, 040 11 Košice.

Svahové deformácie 25
Výmoľová erózia 28
Zvetrávanie 29
Prejavy skrasovatenia 30
Sufózne prejavy 30
Činnosť človeka 30
Erózia vodných tokov 31
Inžinierskogeologické vlastnosti hornín 32
Formácia vysokometamorfovaných paleozoických hornín 32
Formácia paleozoických metamorfovaných hornín 33
Formácia variských granitov 38
Spodná terigénna formácia 38
Vápencovo-dolomitická formácia 41
Vulkanická formácia 41
Molasová formácia 42
Formácia kvartérnych sedimentov 71
Inžinierskogeologické rajónovanie územia 101
Geofaktory životného prostredia 115
Literatúra 119
Anglické resumé 121

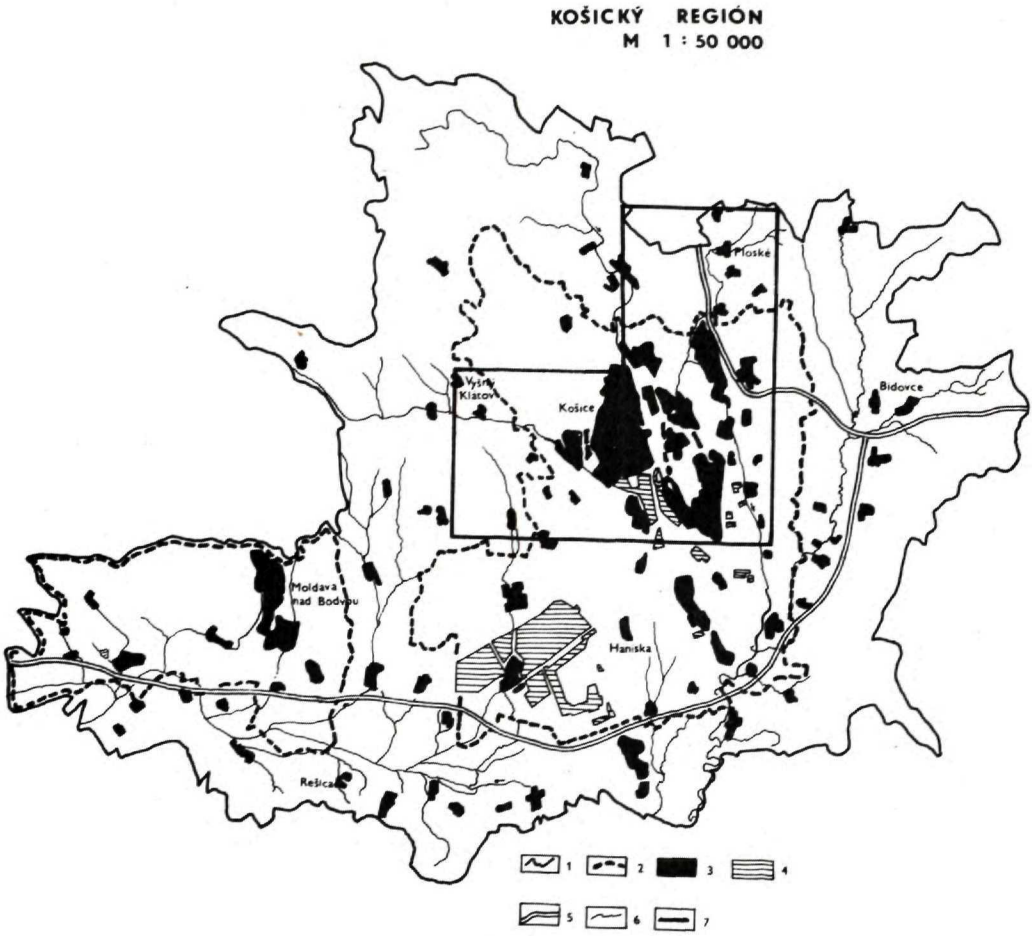
Úvod

Podľa Projektu urbanizácie Slovenskej socialistickej republiky (M. Mrázik 1975) a jeho aktualizácie pre rok 1983, patrí košický mestský región do prvej kategórie mestských regiónov. Zahrňuje aglomeráciu Košíc a Moldavy nad Bodvou, ako aj spádové územia týchto aglomerácií, ktoré sú situované na priesečníku hlavnej južnej horizontálnej urbanizačnej osi (v trase štátnej cesty I. triedy č. 50) a hlavnej vertikálnej severojužnej urbanizačnej osi (v trase štátnej cesty I. triedy č. 68). V rámci perspektívneho procesu urbanizácie celého východného Slovenska je košický región riešený ako bicentrický región metropolitného typu. Z pôvodne bodových foriem urbanizácie Košíc a Moldavy nad Bodvou sa predpokladá vytvorenie výrazného metropolitného typu urbanizácie v Košiciach a výrazného základného typu urbanizácie v Moldave.

V uvedených jadrách aglomerácie (Košice, Moldava nad Bodvou) bude prioritne rozvíjaná funkčná zóna bývania. Predpokladá sa, že do roku 2000 bude potrebné vybudovať 64 073 bytových jednotiek v oboch aglomeráciách, pričom v jadre aglomerácie Košice by sa mala realizovať výstavba 61 619 bytových jednotiek a zvyšok v aglomerácii Moldava nad Bodvou.

Funkčná zóna výroby sa bude rozvíjať v priamej nadväznosti na jej súčasnú územnú dislokáciu, t. j. najmä v jadre aglomerácie Košice (vo výrobnom obvode VSŽ a v južnom, ako aj severnom výrobnom obvode).

Celková situácia košického regiónu je zjednodušene znázornená na obrázku 1.



Obr. 1. Košický mestský región. (Podľa M. MRÁZIKA 1975).
1 — hranica regiónu, 2 — hranica aglomerácie, 3 — obytné plochy, 4 — základné pracoviská, 5 — rýchlostné cesty, 6 — vodné toky, 7 — hranice mapovaného územia.

Orografický opis a hydrografia územia

Mapované územie patrí podľa Mapy regionálneho geomorfologického členenia v mierke 1 : 500 000 (Atlas SSR 1980) do subprovincie vnútorných Západných Karpát, do oblasti lučensko-košickej zníženiny, Košickej kotliny, oddielu Košickej roviny, Medzevskej pahorkatiny, Toryskej pahorkatiny a oblasti Slovenského rudohoria, a to do oddielu Volovských vrchov (oddiel Kojšovská hoľa) a Čiernej hory. Ide o mierne kopcovité územie. Pri modelácii reliéfu mapovaného územia

zohrali významnú úlohu tieto faktory: germanotypná tektonika, odolnosť hornín a stupeň geomorfologického vývoja. Najvyššou časťou územia je horská skupina Hôrka (559,6 m n. m.), najnižšou — Krásna nad Hornádom (180 m n. m.). Všeobecné výškové rozdiely oproti údoliam sú 150—200 m. Svahy sú väčšinou mierne až stredne strmé, prevažne zalesnené. Údolia potokov sú tvorené spravidla na mladých tektonických líniách, prípadne sledujú plochy bridličnatosti a sú pomerne úzke (Kráľovský, Chrastiansky, Hýľovský, Ida, Myslavský potok atď.).

Najväčšiu časť mapovaného územia zaberá Košická kotlina, ktorá má pretiahnutý tvar v severojužnom smere. Na východe je ohraničená Slanskými vrchmi, na západe Šarišskou vrchovinou, Čiernou horou a Voloveckými vrchmi. Smerom na sever končí v údolí Chmeľovca a Pušoviec.

V rámci podrobného morfologického členenia rozlišujú J. Karniš a J. Kvitkovič (1970) v Košickej kotline dva morfologické stupne:

— pahorkatinný
— rovinný.

Pahorkatinný stupeň členia uvedení autori na tri izolované geografické časti:

— Rudohorskú pahorkatinu
— Podslaneckú pahorkatinu
— Hornádsko-bodviansku rovinu.

Rudohorská pahorkatina — sa rozprestiera na území medzi Hornádom a Torysou a pokračuje na západ až do doliny Bodvy. Povrch územia má pahorkatinný reliéf s oblými, hladko modelovanými tvarmi. Pahorkatinný reliéf zvýrazňujú erózne bočné údolia vyvinuté jednak v smere SZ—JV, jednak v smere V—Z, ústiace do poriečnej nivy Torysy. Svahy upadajúce do údolia Torysy majú mierne sklony, ale svahy upadajúce k Hornádu sú strmé a silne postihnuté zosuvnými procesmi.

Podslanecká pahorkatina — týmto názvom J. Karniš a J. Kvitkovič (1970) označujú územie východne od Torysy. Toto územie má tiež výrazný pahorkatinný reliéf s oblými, hladko modelovanými tvarmi. Je rozčlenené eróznymi údoliami, ktoré udržujú globálny smer V—Z. Boli vytvorené intenzívnou hĺbkovou eróziou. Svahy Podslaneckej pahorkatiny sú pomerne mierne, sklonené na západ do doliny Torysy.

Strmšie sú svahy bočných údolí, ktoré bývajú často postihované zosuvnými procesmi.

Hornádsko-bodvianska rovina — nadväzuje na Rudohorskú pahorkatinu v oblasti juhovýchodne od Košíc. Vystupuje pozdĺž rieky Hornád.

Rovinný stupeň — zaberá poriečnu nivu Torysy a Hornádu vrátane terás (okolia Barce a pod.). Územie poriečnych nív je ploché, takmer bez vertikálnej členitosti. Územie poriečnej nivy Torysy prechádza systémom periglaciálnych sedimentov do pahorkatinného reliéfu priľahlých území. Poriečna roveň Hornádu je výraznejšie ohraničená voči priľahlému pahorkatinnému reliéfu zrejme v dôsledku intenzívnejšej eróznej schopnosti Hornádu a väčšej odolnosti okolitých hornín voči erózii.

Torysa preteká v mapovanom území dolným tokom s charakterom nížinnej rieky s nepravidelným spádom 1,0—1,5 %. Brehy sú bez vegetácie. Koryto rieky je zarezané do vlastných náplavov od 4 do 8 m a meandruje v ostrých nepravidelných zákrutách. V súčasnosti je tok z väčšej časti zregulovaný. Torysa má prirodzenú kapacitu koryta asi 200 $m^3 . s^{-1}$; minimálny prietok v profile Nižná Hutka je 1,3 $m^3 . s^{-1}$, maximálny — 9,0 $m^3 . s^{-1}$.

Hornád preteká mapovaným územím svojím stredným tokom. Spád má väčší — asi 2,5 %, čo sa zreteľne odráža v tvare koryta. Koryto rieky je zarezané 2—3 m vo vlastných náplavoch. Prirodzená kapacita je asi 200 $m^3 . s^{-1}$, minimálny prietok v profile pod Košicami je 5,4 $m^3 . s^{-1}$ a maximálny až 55 $m^3 . s^{-1}$. V súčasnosti je tok na viacerých miestach zregulovaný.

Obe rieky majú vyvinuté terasové stupne, hoci v teréne nie sú veľmi výrazné.

Klimatické pomery

V zmysle klasifikácie klimatických oblastí patrí územie v celom rozsahu do teplej oblasti, vlhkej podoblasti, do teplého, mierne vlhkého okrsku. Táto oblasť je charakterizovaná veľmi dlhým a suchým letom. Prechodné obdobie je krátke, s teplou jarou a jeseňou. Zima je krátka, mierna, suchá až veľmi suchá, s krátkym trvaním snehovej pokrývky.

Košická kotlina a priľahlé pahorkatinné územia patria do oblasti s priemernou ročnou teplotou 8—9 °C, pričom významnú úlohu v teplotnom režime má konfigurácia terénu a expozícia svahov.

Priemerné mesačné teploty vzduchu pozorované v Malej Ide a Košiciach za obdobie 1901—1960 a v Košiciach-letisku za obdobie 1931—1960, sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Priemerné mesačné teploty vzduchu v oblasti Košíc a okolí (v °C)

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Malá Ida	−3,4	−1,7	3,3	8,8	14,3	17,2
Košice	−3,0	−1,8	3,4	8,5	14,2	17,1
Košice-letisko	−3,6	−1,7	2,9	9,2	14,6	17,7
Mesiac	**VII.**	**VIII.**	**IX.**	**X.**	**XI.**	**XII.**
Malá Ida	19,1	18,2	14,2	8,7	3,4	−0,8
Košice	19,2	18,0	13,1	8,7	3,4	−1,0
Košice-letisko	19,6	18,8	14,1	8,8	3,8	−0,4

Zrážkové pomery

Podľa údajov publikovaných v Atlase Slovenskej socialistickej republiky (1980) patrí územie do oblasti s priemerným úhrnom zrážok 600—650 mm za rok.

Priemerné úhrny zrážok v mm pozorované v Malej Ide a Košiciach za obdobie 1896—1960, v Košiciach-letisku za obdobie 1901—1970 a v Ploskom za obdobie 1971—1980 sú uvedené v tabuľke 2.

Tabuľka 2. Priemerné úhrny zrážok v Košiciach a okolí (v mm)

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
Malá Ida	29	29	32	48	72	78	
Košice	31	30	36	49	72	82	
Košice-letisko	30	31	34	45	69	83	
Ploské	35	22,4	27,4	53,5	75,4	84,5	
Mesiac	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.	Spolu
Malá Ida	85	68	53	48	51	38	631
Košice	80	77	58	52	56	40	663
Košice-letisko	84	78	54	47	55	40	650
Ploské	85,4	62	59	54,2	49,5	33,7	642,2

Z rozdelenia zrážok vidno, že ich prevažná časť spadne v letných mesiacoch (máj—august). Minimálne zrážky sú v zime (december—marec). Jarné a jesenné mesiace sú na výdatnejšie zrážky chudobné. Intenzita krátkodobých dažďov (do 15 minút) je pomerne vysoká (280—300 l/s/ha), čo priaznivo vplýva na rozvoj výmoľovej erózie a svahových pohybov.

Snehová pokrývka sa kumuluje v mesiacoch november až marec. Jej priemerný počet dní výskytu v jednotlivých mesiacoch zistený za obdobie 1930—1960 je uvedený v tabuľke 3.

Tabuľka 3. Priemerný počet dní výskytu snehovej pokrývky v Košiciach a okolí

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.—IX.	X.	XI.	XII.	Rok
Počet dní	19,8	15,3	4,6	0,1	—	0,1	1,6	0,1	50,6

Priemernú výšku snehovej pokrývky v cm a jej pravdepodobný výskyt v % udáva tabuľka 3a.

Tabuľka 3a. Priemerná výška snehovej pokrývky v Košiciach a okolí (v cm)

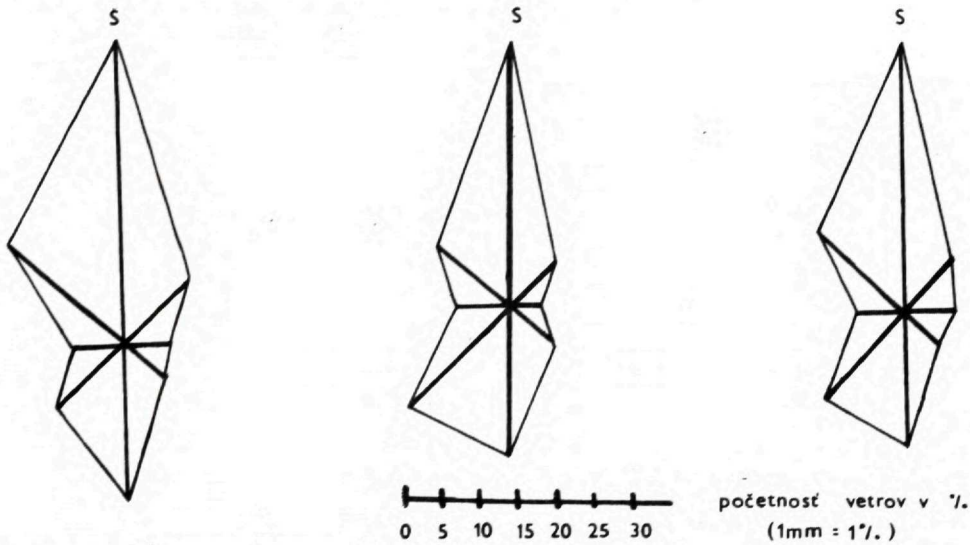
Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.—IX.	X.	XI.	XII.	Zimný priemer
cm	8,4	8,1	6,4	3,0	—	3,5	4,2	6,7	7,5
%	63,4	70,4	17,4	0,7	—	0,2	6,3	32,1	57,3

Veterné pomery

Z pozorovaní v Košiciach za obdobie 1896—1960 vyplýva, že prevládajúcim vetrom v roku je severný a severovýchodný vietor. Početnosť výskytu severného

vetra dosahuje maximum na jar. Severovýchodný vietor sa vyskytuje najčastejšie v júni, a to 14 %. Najmenej sa severný vietor vyskytuje v decembri –20 %, ale i v tomto mesiaci ostáva najčastejším smerom. Severovýchodný vietor dosahuje minimum výskytu v októbri.

Druhým najčastejším smerom vetra je južný, resp. juhozápadný vietor. Maximum ich výskytu pripadá na december, keď ich početnosť prekračuje 10 %. Najmenšia početnosť výskytu bola zaznamenaná v letných mesiacoch. Pomerne časté sú tiež vetry od juhozápadu s maximom v októbri a od severozápadu s maximom v júni. Ostatné smery vetrov sú menej časté (obr. 2).



Obr. 2. Prevládajúce smery vetrov na okolí Košíc. Pozorovacia stanica Košice-letisko. (Podľa Atlasu SSR 1980).

Priemerný počet dní v roku so silným (6 °B) a búrlivým (8 °B) vetrom, meraným na stanici Košice-letisko, je v tabuľke 4.

Tabuľka 4. Priemerný počet dní v roku so silným a búrlivým vetrom v okolí Košíc

Mesiac	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Silný vietor (6 °B)	6,3	6,1	9,2	9,3	10,5	7,4
Búrlivý vietor (8 °B)	1,8	2,1	1,9	2,4	3,1	1,5
Mesiac	**VII.**	**VIII.**	**IX.**	**X.**	**XI.**	**XII.**
Silný vietor (6 °B)	6,0	5,9	4,7	3,4	5,3	5,2
Búrlivý vietor (8 °B)	2,1	1,0	0,4	0,6	1,2	2,0

Priemerný počet dní za rok so silným vetrom (6 °B) je 79,3 a s búrlivým (8 °B) je 20,1.

Seizmicita

Podľa najnovších výskumov (J. Brouček 1980) je seizmicita v záujmovej oblasti pozorovaná za obdobie 1850—1970 6° M.C.S. (Mercalli—Cancani—Sieberg). Početnosť zemetrasení intenzity 6° M.C.S. na 1000 km² za 100 rokov je v intervale 0,3—1. Zrýchlenie pri uvedených otrasoch v Košiciach je viazané hlavne na zlomovú tektoniku (hornádsky zlom). Seizmicita územia nie je zvlášť nebezpečná a pokiaľ sú stavby riešené vzhľadom na účinok vetra, môžeme ju celkom zanedbať.

Geologická stavba územia

Na geologickej stavbe mapovaného územia sa zúčastňujú najvýchodnejšie výbežky jadrového pohoria Čiernej hory, a to kryštalické jadro, mladopaleozoický a mezozoický obal, horniny Volovského pohoria — gemeridy, ako aj neogénne sedimenty Košickej kotliny. Tieto horniny sú z väčšej časti prekryté kvartérnymi sedimentmi rôznej genézy. V zmysle regionálnej rajonizácie územia československých Karpát (M. Matula a kol. 1983) patrí územie do regiónu jadrových pohorí, oblasti jadrových stredohorí a do regiónu neogénnych tektonických vklesnín, oblasti vnútrohorských kotlín.

Proterozoikum

Za najstarší geologický útvar na mapovanom území možno považovať komplex proterozoických, katametamorfovaných kryštalických bridlíc — rúl, ktoré sa nachádzajú ako relikt na kóte Šibená hora, južne od Košíc. Vznikli z monotónnych pelitických až psamiticko-pelitických sedimentov. Sedimentácia bola sprevádzaná výlevmi bázického vulkanizmu. Vývoj geosynklinály bol ukončený vrásnením spojeným so silnou metamorfózou hornín.

Paleozoikum

K najstarším horninám v skúmanom území patria i kryštalické bridlice a granitoidné horniny tvoriace jadro Čiernej hory. V rámci mapovaného územia sa vyskytujú v oblasti juhozápadne od Ťahanoviec, kde lemujú v úzkom pruhu zo severovýchodnej strany výbežok žulového masívu. Sú reprezentované svorovými a fylitovými rulami šedej, zelenej a hnedej farby, jemne bridličnatými, retrográdne premenenými. Z granitoidných hornín sú tu známe strednozrnné, svetlé až zelenkavošedé, chloriticko-biotitické žuly značne tektonicky postihnuté, na juho-

východnom obmedzení až podrvené. Vyskytujú sa napr. v širšom okolí kóty Darius, severne od Ťahanoviec. V dôsledku silného tektonického porušenia sú žuly intenzívne postihnuté hĺbkovým zvetraním. Pod kotlinou sú horniny jadra prekryté mladopaleozoickým a mezozoickým obalom. SSV od Ťahanoviec sa nachádza nepatrný a problematický výskyt drôb, pieskovcov a arkóz, ktoré podľa V. KANTOROVEJ (1950) a J. ILAVSKÉHO (1954) patria ku kontinentálnemu permu. Horniny sú zbridličnatené, majú vzhľad fylitov a fylitických svorov pestrých farieb.

Do oblasti severne od Myslavy, Košíc-Bankova, Nižného Klatova a okolia (t. j. juhovýchodný okraj Voloveckého pohoria) zasahujú horniny staršieho paleozoika tzv. gelnickej série, ktorá patrí ku gemeridám. Séria má flyšoidný charakter. Spodná časť je tvorená klastickými a pelitickými sedimentmi, stredná časť mohutným kyslým vulkanizmom efuzívnych, kremitých porfýrov a ich tufov a vrchná časť pelitickými bridlicami, grafitickými bridlicami, lyditmi a karbonátmi. Po sedimentácii gelnickej série prebehla spišská fáza vrásnenia, zodpovedajúca niektorej mladokaledónskej fáze, spojená so slabou metamorfózou sedimentov, takže z pôvodných peliticko-psamitických bridlíc vznikli chloritické, chloriticko-sericitické, sericiticko-kremité, sericitické a grafitické a tiež piesčité fylity. Ich vznik sa kladie do vrchného kambria až silúru.

V devóne sa obnovila sedimentácia v novovzniknutej variskej geosynklinále, kde sa usadzovali pôvodné sedimenty gemeridnej, tzv. rakoveckej série (fylitovo-diabázová séria). Psamiticko-pelitické a pelitické sedimenty sa tu striedajú s efuzívnymi diabázmi, tufmi a tufitmi. Sedimentácia začína piesčitými až kvarcitickými sedimentmi s polohami bridlíc a s ojedinelými polohami diabázových tufov. V strednej a vrchnej časti sú v pelitických sedimentoch hojne zastúpené vulkanické zložky, najmä efuzívne diabázy, tufy a tufity. Pôvodné sedimenty tejto série mali tiež flyšoidný charakter a tvorili ich ílovité bridlice, pieskovce až kremence a ojedinele šošovky vápencov, ako aj diabázové tufy a tufity, prípadne efuzívne diabázy. Súvrstvie bolo epizonálne metamorfované na chloritické a seritické fylity s polohami diabázových tufitov. V bazálnej časti sú lokálne vyvinuté fialovosivé fylity, ktoré sú považované za hranicu medzi gelnickou a rakoveckou sériou. Vyskytujú sa napr. v zárezе Myslavského potoka v Nižnom Klatove.

Sedimentácia rakoveckej série bola ukončená vrásnením tzv. bretónskou fázou, ktorá vyvolala vyššie spomenutú epizonálnu metamorfózu a územie sa na určitú dobu stáva súšou, na ktorej sa uplatnila silná denudácia.

Vo vrchnom karbóne sa obnovuje plytkomorská sedimentácia reprezentovaná najprv prevažne klastickým materiálom, ktorý sa postupne zjemňoval do pelitických sedimentov so šošovkami organogénnych vápencov. Materiál bazálnych zlepencov je tvorený valúnmi hornín hlavne spišsko-gemerského paleozoika. Lokálne sú na báze karbónu vyvinuté aj peliticko-psamitické horniny. Pelitické sedimenty sú dnes reprezentované tmavými grafitickými bridlicami s polohami pieskovcov. Šošovky organogénnych vápencov boli metasomaticky premenené na magnezity (Bankov). Vrchným karbónom končí morská sedimentácia. Územie sa v dôsledku tektonických pohybov vynára a stáva sa súšou s intenzívnou denudáciou.

V období permu dochádza v medzihorských depresiách a panvách k suchozem-

skej sedimentácii za aridnej klímy, pričom sedimentujú hlavné pestré zlepence, arkózy, bridlice a vzácne aj sadrovce. Sedimentácia je sprevádzaná subsekventným kyslým vulkanizmom kremitých porfýrov. Táto suchozemská sedimentácia končí v dôsledku tektonických pohybov na rozhraní paleozoika a mezozoika. Paleozoické horniny sú pôsobením dlhodobého geologického vývoja do značnej miery spevnené a v dôsledku metamorfózy došlo k výrazným zmenám v mineralogicko-petrografickom zložení. Vďaka nízkemu stupňu metamorfózy (epi- až mezozonálnej) však zostali zachované rozdiely medzi vyvrelými a výlevnými horninami a horninami sedimentárneho pôvodu.

Mezozoikum

Mezozoický obal je zastúpený spodnotriasovými kremencami a dolomitmi stredného triasu.

Južne od Tepličian sa nachádza drobný výskyt svetlošedých až naružovelých kremencov spodného triasu. V strednom triase v plytkovodnom prostredí sedimentovali svetlošedé až šedé dolomity, miestami prechádzajúce do dolomitických vápencov. Zväčša sú silne tektonicky porušené na drobnú ostrohrannú drvinu až dolomitický piesok. Vyskytujú sa tu však i polohy menej porušené. Pred transgresiou bol ich povrch značne skrasovatený a členitý. Vyššie členy mezozoika (ale aj paleogénu) sa v mapovanom území nenachádzajú, takže sedimenty neogénu sú uložené priamo na sedimentoch triasu alebo paleozoika. Dá sa predpokladať, že počas mezozoika a paleogénu (od stredného triasu) prevládal tu suchozemský vývoj s intenzívnou denudáciou.

V kriede a v paleogéne pôsobili dve významné horotvorné fázy karpatského orogénu, v priebehu ktorých došlo k intenzívnemu zvrásneniu a porušeniu hornín paleozoika a triasu a k zavrásneniu triasových hornín do paleozoika.

Neogén

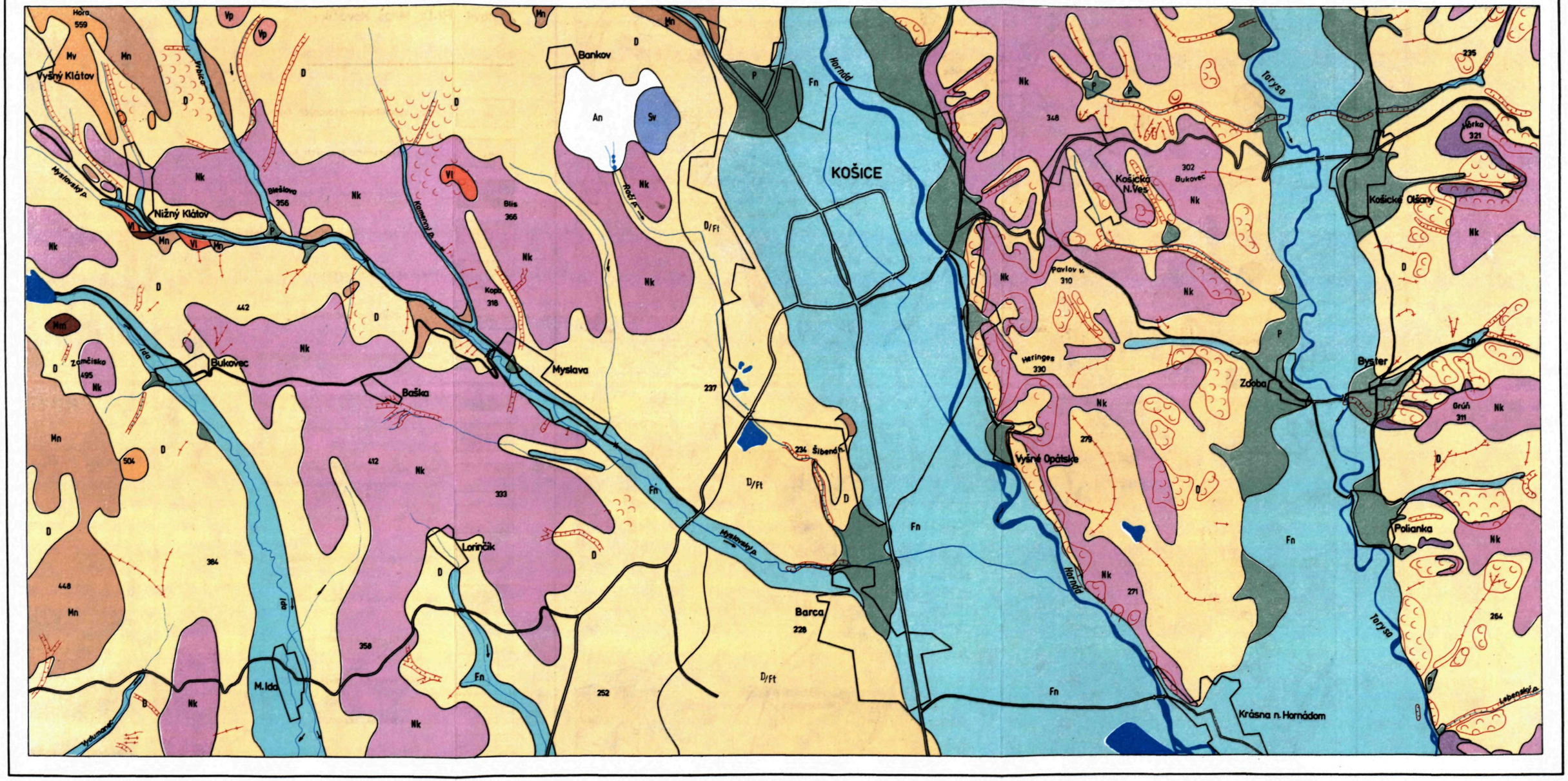
Počas doznievania horotvorných paleogénnych pohybov v Karpatoch došlo k diferencovaným vertikálnym pohybom jednotlivých krýh a k celkovému poklesávaniu Východoslovenskej nížiny (ktorej súčasťou vtedy bola i dnešná Košická kotlina) pri súčasnom vyzdvihovaní gemeríd.

Vo vytvorenej sedimentačnej panve sa v miocéne začali ukladať zelenkavošedé, hnedošedé vápnité, jemnopiesčité, slabo škvrnité pelity, stratigraficky bližšie zaraďované do karpatu. Sporadicky obsahujú zvýšený podiel piesčitej frakcie. Zistená maximálna hrúbka je 600 m.

Na karpate transgresívne a diskordantne leží spodný báden, ktorý však na povrch terénu nevystupuje. Bol zistený iba vo vrtoch ako zelenkavošedé a šedé vápnité íly, väčšinou jemnopiesčité, nezreteľne vrstevnaté. Na povrch vystupujú až pelity stredného bádenu v podobe morských zelenkavošedých až šedých vápnitých ílov s tenkými vrstvičkami, resp. vložkami pieskovcov. Celková hrúbka bola overená na 80—100 m. Vrchný báden je v študovanom území zastúpený

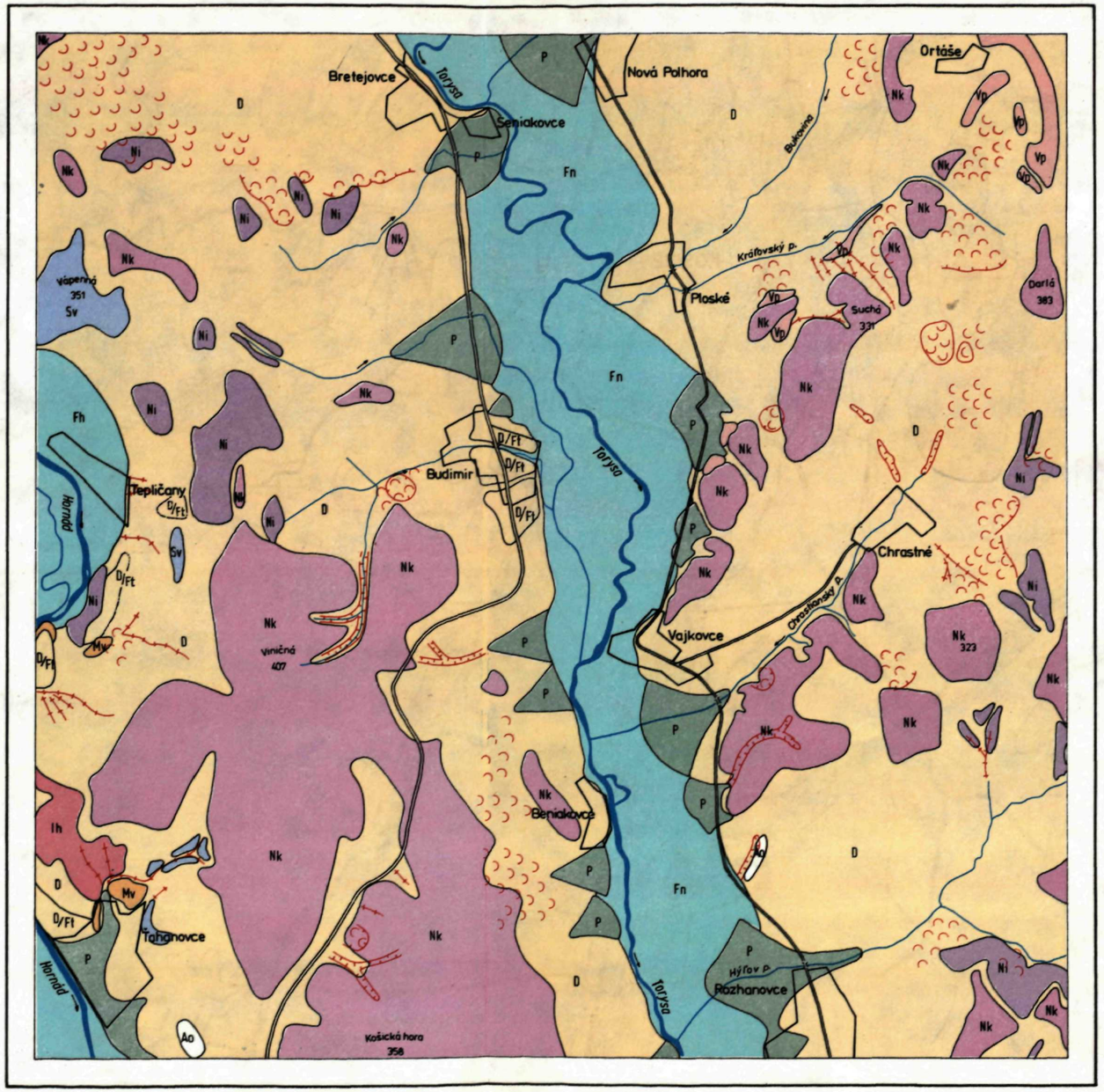
OBLASŤ MYSLAVY

OBLASŤ KOŠÍC



Geologický ústav Dionýza Štúra
KNIŽNICA
Mlynská dolina 1
817 04 BRATISLAVA

OBLASŤ ŤAHANOVIEC



GÚDŠ EČ 42-1985

MAPA INŽINIERSKOGEOLOGICKÉHO RAJÓNOVANIA

Zostavil : RNDr. Miloš Kováčik

0 5km

- Mv — rajón vysokometamorfovaných hornín
- Mn — rajón nízkometamorfovaných hornín
- Mm — rajón masívnych metamorfovaných hornín
- Ih — rajón magmatických intruzívnych hornín
- Vl — rajón efuzívnych hornín
- Vp — rajón pyroklastických hornín
- Sv — rajón vápencovo-dolomitických hornín
- Ni — rajón ílovito-prachovitých hornín
- Nk — rajón striedajúcich sa súdržných a nesúdržných hornín
- D/Ft — rajón deluviálnych sedimentov na pleistocénnych riečnych terasách
- D — rajón deluviálnych sedimentov
- Fn — rajón náplavov nížinných tokov
- Fh — rajón náplavov horských tokov
- P — rajón proluviálnych sedimentov
- An — rajón stavebných násypov a háld
- Ao — rajón navážiek odpadu
- geodynamické procesy : hĺbková erózia; zosuvy

súvrstvím pieščito-ílovitých sedimentov s lignitovými vložkami s polohami pieskov a štrkov, ktoré reprezentujú až sladkovodné sedimentačné prostredie. Toto súvrstvie leží tiež transgresívne a diskordantne na starších miocénnych sedimentoch. Na povrch vystupuje medzi obcami Vajkovce a Rozhanovce, pri obci Beniakovce a bolo zastihnuté i vo vrtoch. Ako odraz vulkanickej činnosti v blízkom okolí sa do týchto sedimentov ukladali i pyroklastické materiály, ktoré podmienili vznik tufitických komplexov.

J. JANÁČEK (1965, 1967, 1974) vyčlenil vo vysladenej sérii vrchného bádenu niekoľko typických vrstevných celkov. V spodných častiach sú to bazálne tufitické pelity reprezentované bentonitickými a tufitickými ílmi a tufitmi svetlozelenošedej až zelenej farby. Na mapovanom území na povrchu neboli zistené. Nasledujú tzv. varhaňovské štrky, ktoré sa pozvoľne vyvíjajú z podložia. Za ich spodnú hranicu považuje M. MIŠÍK (1955) obzor ryolitového tufu, ktorý vystupuje v obci Kráľovce. Materiál valúnov pochádza hlavne z gemeríd a z oblasti Čiernej hory. Prevahu majú metamorfity, kremité porfýry, kremeň, kremence, metakvarcity, menej mezozoické karbonátové horniny. Neobsahujú valúny neovulkanitov. Štrky sa striedajú s krížovo zvrstvenými pieskami, jemno- až hrubozrnnými a so vzácnymi polohami zelenkavošedých a svetlošedých vápnitých ílov. Podradne sú prítomné vložky zlepencov a železitých pieskovcov. Typické pre tento sediment je náhle striedanie granulometrického zloženia vo vertikálnom i horizontálnom smere. Priemerná hrúbka sa pohybuje od 50 do 80 m.

Nad varhaňovskými štrkmi sa nachádza štrkovo-tufitické (aglomeratické) súvrstvie štrku, štrčíku, piesku s tufitmi, ktoré dosahuje hrúbku 100—150 m. Jeho valúnové zloženie je totožné s varhaňovskými štrkmi, naviac však obsahuje andezitové valúny.

Najvrchnejším členom vysladeného vrchného bádenu je pestré pelitické súvrstvie o hrúbke 100—200 m. Po litologickej stránke sú to jemnopieščité vápnité íly s častými vložkami pieskov, vápnitých a tufitických pieskovcov, tufitov a štrkov.

V nadloží vrchného vysladeného bádenu ležia svetlozelené hnedoškvrnité vápnité íly sarmatu. Na študovanom území nájdeme ich v odkryvoch na ľavom brehu Torysy pri obci Rozhanovce.

Väčšia časť územia západne od Torysy v oblasti Košíc a sčasti aj východne od Torysy je tvorená súvrstvím košickej štrkovej formácie. Je to mocný komplex jazerno-riečnych sedimentov zastúpených zrnitostne veľmi pestrou škálou štrkov, pieskov a pelitov v širokom stratigrafickom rozpätí. V zrnitostnom zložení možno sledovať zjemňovanie zrnitosti v smere od pohorí do kotliny. V západnej časti územia sú vyvinuté pomerne hrubozrnné štrky. Valúny dosahujú prevažne priemer 10—15 cm. V oblasti Malej Idy, Lorinčíka a Pereša sú sedimenty košickej štrkovej formácie zastúpené prevažne pelitickými materiálmi typu kaolinizovaných prachovitých hlín a ílov s tenkými vložkami drobného štrku. J. JANÁČEK (1974) tu predpokladá tri sedimentačné cykly, a to:

— spodný sarmat
— bližšie nedefinovaný pliocén
— vrchný pliocén-levant.

Valúnový materiál je tvorený prevažne kremeňom a metamorfovanými horninami gemeríd, ktoré bývajú veľmi často silne zvetrané. Vyššie polohy košickej štrkovej formácie obsahujú lavice limonitických zlepencov a pieskovcov. Táto klastická sedimentácia trvala pravdepodobne od sarmatu cez panón, pont až do levantu, pravdepodobne pokračovala i v staršom kvartéri a mala jazerno-riečny charakter.

Hrúbka sedimentov tejto formácie narastá v smere od pohorí do kotliny. V západnej časti je to 20—30 m, smerom do kotliny narastá hrúbka na 50—100 m.

Kvartér

Prevažná časť hornín predkvartérneho podkladu je krytá rozlične hrubými kvartérnymi sedimentmi rôznej genézy. Rieky Torysa a Hornád si vytvorili široké údolné nivy (priemerne 1,5—2,0 km). Údolné nivy sú vyplnené fluviálnymi hlinami a štrkmi, ktorých hrúbka aj valúnové zloženie je u každej z riek odlišné. Rieka Torysa priteká z oblasti centrálnokarpatského paleogénu, kým Hornád z územia kryštalinika a mezozoických komplexov. V materiáli štrkov Torysy preto prevládajú pieskovce, menej sa vyskytuje kremeň a andezit. Štrky sú značne hlinité, väčšinou strednozrnné, hnedé, poloopracované až opracované, ploché. Štrky Hornádu sú tvorené hlavne kremeňom, kremencami, magmatickými a metamorfovanými horninami, menej vápencami, dolomitmi a pieskovcami. Tieto štrky neobsahujú prakticky žiadnu hlinitú prímes, sú piesčité, väčšinou hrubozrnné až balvanité, s valúnmi poloopracovanými až dokonale opracovanými.

Nivné hliny Torysy sú ílovité; Hornád sedimentoval nivné hliny väčšinou piesčité.

Terasové stupne sú vyvinuté u oboch riek, hoci v teréne sú veľmi málo výrazné. J. Janáček (1974) rozlišuje tri terasové stupne. Nízka terasa sa nachádza 5—8 m nad tokom Torysy a Hornádu. Je viditeľná pri Bretejovciach, Budimíre a Tepličanoch. Stredná terasa sa nachádza 15—20 m nad dnešným tokom Hornádu a je dobre vyvinutá pri Ťahanovciach a Tepličanoch. Vysoká terasa je v úrovni 68—70 m nad Hornádom a je pozorovateľná napr. pri Tepličanoch.

Pri vyústení bočných údolí do aluviálnych nív oboch riek vznikali počas pleistocénu a holocénu dejekčné kužele. Proluviálne sedimenty vznikali najmä v údolnej nive Torysy, menej Hornádu, prívalovou činnosťou povrchových vôd. Materiál proluviálnych sedimentov je značne nevytriedený, typické je náhle striedanie zrnitostného zloženia. Miestami obsahujú organickú prímes.

V sedimentačných priestoroch potoka Ida a Myslava sedimentovali prevažne hrubozrnné štrkovité náplavy. V údolí Idy dosahujú náplavy hrúbku 4—6 m. V oblasti vodnej nádrže Bukovec sa niektorými vrtmi zistilo, že na báze kvartérnych náplavov nie sú v niektorých miestach štrky, ale hlinité drobnoúlomkovité sedimenty. Ide pravdepodobne o splachové sedimenty starších dejekčných kužeľov, ktoré boli vyplavované z ľavostranných údolí, z vyššie ležiacej štrkovej formácie do hlavného údolia. Tieto staršie dejekčné kužele sú prikryté mladšími štrkovými náplavmi potoka Ida, resp. mladšími dejekčnými kužeľmi.

Na povrchu štrkov v aluviálnej nive sú piesčité a prachovité hliny, miestami tiež hlinité piesky o hrúbke 0,8—1,2 m.

V údolí Myslavského potoka a potoka Ida vytvárajú bočné prítoky dejekčné kužele z materiálu prevažne pochádzajúceho z košickej štrkovej formácie.

Deluviálne sedimenty pokrývajú podstatnú časť územia. Majú zväčša hlinito-kamenitý charakter. Ich hrúbka je značne premenlivá a závislá najmä od expozície svahov a litologického zloženia podkladu. Väčšinou majú soliflukčný charakter. Ak sa nachádzajú na neogénnych sedimentoch, je ich odlíšenie veľmi obťažné.

Geotektonický a geomorfologický vývoj územia

Predkvartérny vývoj

Najstaršou zistiteľnou orogénnou fázou v širšej oblasti mapovaného územia bola tzv. spišská fáza vrásnenia, ktorou boli zvrásnené a epizonálne metamorfované sedimenty kambrosilúrskej a gelnickej série. Na metamorfovanú gelnickú sériu boli v devóne usadené geosynklinálne sedimenty rakoveckej série. V bretónskej fáze hercýnskeho vrásnenia boli znovu obe série epizonálne metamorfované. Tieto staršie tektonické fázy spolu s mladším alpínskym orogénom vytvorili základné rysy tektonickej stavby územia (najmä v západnej a severozápadnej časti mapovaného územia) a podmienili vznik severozápadno-juhovýchodných štruktúr. V oblasti, kde do mapovaného územia zasahujú výbežky Čiernej hory, horniny tohto pohoria sa ponárajú smerom na východ pod neogénnu výplň Košickej kotliny. Tektonika Čiernej hory je výsledkom niekoľkých orogénnych cyklov — kaledónskeho, variského a alpínskeho — pričom alpínske horotvorné pochody zotreli prejavy starších vrásnení. Vo výbežkoch Čiernej hory rozlišujeme horniny kryštalinika a mezozoického obalu. Kryštalinikum je reprezentované mezozonálne a katazonálne metamorfovanými kryštalickými bridlicami postihnutými retrográdnou premenou a tiež granitoidmi. Určenie účinku starších orogénov je krajne obťažné, pretože staršie štruktúry sú zastreté rôznymi typmi metamorfózy a alpínskym orogénom. Alpínske vrásové štruktúry majú smer severozápad—juhovýchod. Výsledkom alpínskych horotvorných pochodov v terciéri je silné tektonické porušenie hornín. Mezozoické dolomity majú preto miestami charakter drobnoúlomkovitej drviny až dolomitického piesku.

Pred neogénnou transgresiou mora bolo územie vystavené procesom denudácie a erózie. Karbonátový povrch bol značne skrasovatený a nepravidelne zvetraný. Spolu s poklesávaním Východoslovenskej nížiny postupovala transgresia mora v smere od juhovýchodu k severozápadu. Počas miocénu dochádza niekoľkokrát k dočasnému ústupu a nástupu mora, pričom podmienky sedimentácie sa menia z morskej na jazernú až jazerno-riečnu. Preto má výplň Košickej kotliny charakter molasovej formácie, ktorej materiál pochádza z denudovaných pohorí centrálnych Západných Karpát a gemeríd. Čiastočne sa uplatňoval i prínos vulkanického materiálu od východu.

K diferencovaniu Košickej kotliny, Voloveckého pohoria, Čiernej hory a Slanských vrchov došlo počas poklesov v neogénne. Najvýznamnejším tektonickým prvkom v Košickej kotline je hornádsky zlomový systém generálneho smeru sever—juh. J. JANÁČEK (1965) sa domnieva, že pôsobil počas sedimentácie celého neogénu. Podľa J. ČVERČKU (1973) vznikli zlomy v danom území vo vrchnom bádene a aktívne boli v dobe najvrchnejšieho bádenu a v sarmate. Zlomy majú charakter poklesov. Posuny alebo prešmyky neboli zistené. Celkove boli v kotline odlíšené tri systémy zlomov:

— pozdĺžny, sledujúci smer severozápad—juhovýchod,
— priečny, sledujúci smer severovýchod—juhozápad,
— kosý, prebiehajúci v smere sever—juh.

K pozdĺžnemu systému zlomov patrí:

— ruskovský zlom, ktorý má smer sklonu k severovýchodu a je zistený v dĺžke 21 km. Sklon má 50°, výška skoku dosahuje až 150 m. Hĺbkový dosah bol zistený do 2500 m;

— myslavský zlom.

Zo systémov priečnych zlomov na mapované územie nezasahuje žiadny.

Z kosého systému zasahujú mapované územie tieto zlomy:

— západný drienovský zlom — má smer sklonu k východu so sklonom 50°. Bol overený v dĺžke 23 km. Výška skoku je asi 50 m. Hĺbkový dosah—2000 m;

— východný drienovský zlom — upadá k východu so sklonom 50°. Je zistený v dĺžke 25 km. Výška skoku dosahuje asi 70 m. Jeho hĺbkový dosah sa odhaduje na 2000 m;

— kostolanský zlom — má smer sklonu k východu až k juhovýchodu so sklonom opäť 50°. Zistený je v dĺžke 30 km. Výška skoku je asi 240 m s predpokladaným dosahom do hĺbky 2500 m;

— západný košický zlom — má smer sklonu tiež k východu až k východo-juhovýchodu so sklonom 50°. Výška skoku dosahuje do 70 m s hĺbkovým dosahom do 2500 m;

— východný košický zlom — má smer sklonu zhodný s predchádzajúcim, t. j. k východu až východo-juhovýchodu. Je overený v dĺžke 21 km. Sklon má 50°, výška skoku je asi 100 m s hĺbkovým dosahom do 3000 m.

Posledné tri zlomy, t. j. kostolanský, západný košický a východný košický, patria do hornádskeho zlomového systému.

Najstaršie sledovateľné morfologické štádium vývoja predstavuje najmä v oblasti Voloveckého pohoria vrchnosarmatská až spodnopliocénna etapa zarovnania reliéfu, ktorého zvyšky predstavujú dnešné chrbty (J. KARNIŠ—J. KVITKOVIČ 1970). Toto obdobie je charakterizované intenzívnym zvetrávaním hornín siahajúcim do značných hĺbok hlavne pozdĺž tektonických porúch a vznikom pomerne zarovnaného reliéfu. Následné tektonické pohyby, ako aj tektonikou vyvolaná erózia a denudácia rozrušili pôvodný reliéf a došlo k morfologickej denudácii reliéfu. Počas erózneho cyklu vo vrchnom pliocéne sa vytvorili zarovnané plochy pozdĺž hlavných riek, tzv. poriečne rovne, na ktorých sa uplatnilo intenzívne zvetrávanie hornín.

V pleistocéne zohrali významnú úlohu najmä klimatické výkyvy prejavujúce sa striedaním chladných glaciálnych období s teplejšími interglaciálmi. V periglaciálnej oblasti bolo počasie chladné a drsné. Zrážková činnosť bola síce obmedzenejšia, ale rušivá činnosť vody bola uľahčená chýbajúcou vegetáciou. Prebiehalo intenzívne mrazové zvetrávanie a premiestňovanie materiálu na svahoch soliflukčnými procesmi k úpätiam, kde sa hromadili vo forme delúvií. Pri vyústení bočných údolí vznikali náplavové kužele, tvorené nevytriedeným materiálom strhávaným prívalovou činnosťou vody.

Výrazným geologickým faktorom bola aj eolická činnosť, ktorá sa prejavila akumuláciou hlín sprašového charakteru. V súčasnosti sú čiastočne zachované na pleistocénnych riečnych terasách.

Rieky mali v období pleistocénu charakter divočiacich riek, ktoré ukladali najmä štrky a piesky v celej šírke údolného dna.

V interglaciáloch dochádza k obnoveniu vegetácie a k prevládajúcej hĺbkovej erózii. Dôkazom teplejšej klímy sú fosílne pôdy.

Počas týchto rozdielnych vývojových cyklov došlo v pleistocéne k detailnému stvárneniu povrchu dnešného reliéfu. Jednotlivým cyklom zodpovedajú zvyšky pleistocénnych terás a svahové sedimenty. Pokročila deštrukcia zvyškov starých povrchov zarovnania a denudácia vrchných častí kôr zvetrávania. V holocéne znova pokračuje hĺbková erózia.

Počas kvartéru došlo aj k morfologickému rozčleneniu Košickej kotliny. Jazerno-riečna sedimentácia sa zmenila na riečnu a sústredila sa v území pozdĺž tokov. Východne od Hornádu sa povrch terénu vplyvom mladej tektoniky dostal nad úroveň riečnych záplav a hĺbkovou eróziou Hornádu, Torysy a Olšavy bolo pomerne rovné dno kotliny rozčlenené na tri izolované úseky:

— územie pôvodného dna kotliny, ktoré je plošne najrozsiahlejšie, zaberá územie juhozápadne od Košíc;

— predhorský stupeň — tiahne sa pozdĺž západného okraja Tokajského pohoria, na mapovanom území zaberá pás medzi Olšavou a Torysou;

— rovinná oblasť — nachádza sa južne od mapovaného územia.

Uvedené oblasti sú rozčlenené periglaciálnymi dolinami a eróznymi zárezmi na reliéf pahorkatinného charakteru.

Odlišný vývoj prebiehal v západnej časti Košickej kotliny, kde i v pleistocéne pokračovala riečna sedimentácia, o čom svedčí prítomnosť riečnych terás. Súčasne, prakticky po celom obvode Volovského pohoria v mapovanom území, dochádzalo v kotline k hromadeniu pliocénnych svahových hlín soliflukciou. Soliflukčné sedimenty ako výplň kotliny dosahujú pomerne značné hrúbky. Staršie svahové sedimenty postupne podliehali ďalšiemu zvetrávaniu a ojedinele i procesom zosprašovatenia. V tejto oblasti sa vytvárali i proluviálne kužele tvorené prevažne štrkopiesčitým materiálom.

V holocéne si Hornád a Torysa vytvorili širokú poriečnu nivu s troma terasovými stupňami, ktoré poukazujú na neustále poklesové pohyby v kotline.

Najvyššia terasa Hornádu sa vyskytuje v úrovni 30—37 m, druhá je v úrovni asi 20 m a tretia len 4—5 m nad úrovňou dnešnej údolnej nivy. Najvyššia terasa je tvorená štrkovitými a štrkovito-piesčitými sedimentmi veľmi podobného charakteru ako pliocénne sedimenty košickej štrkovej formácie.

Trvalé oteplenie a zvlhčovanie podnebia v holocéne spôsobuje zmenu v riečnej sedimentácii. Začínajú sa usadzovať riečne nivné hliny s väčším podielom organickej hmoty, ktorých hrúbka býva niekoľko metrov. Tvoria sa ploché holocénne náplavové kužele s prevahou hlinitého materiálu, ktorý je vyplavovaný na nivu Torysy a Hornádu.

Morfologicky výrazné relikty akumulácie periglaciálnych proluviálnych kužeľov sa zachovali pri vyústení potoka Moňok, pri ústí erózneho údolia juhozápadne od Košickej Novej Vsi, severne od Vyšného Opátskeho a inde.

Terajšia morfologická tvárnosť údolnej nivy Hornádu v mapovanom území bola silne ovplyvňovaná prítokmi z bočných údolí, a to Črmeľským a Myslavským potokom. Hlavné koryto Hornádu bolo postupne zatláčané do východnej časti údolnej nivy, kde bol silne erodovaný priľahlý svah pahorkatiny. Bol postupne oderodovaný a z pôvodných bočných údolí a svahových tokov vyvinutých na pahorkatinnom svahu sa zachovali len ich ukončenia. Tieto relikty bočných údolí môžeme pozorovať nad Vyšným Opátskym a na začiatku cesty Košice—Sečovce.

V súčasnej dobe územie Košeckej kotliny neustále poklesáva. Rieky nadobúdajú preto charakter rovinných až nížinných riek. Hornád, zarezaný v štrkovitom koryte, eroduje svoj východný breh, čím výrazne znižuje jeho stabilitu. Torysa meandruje vo svojom údolí, zarezaná v pomerne hrubej vrstve (4—6 m) náplavových hlín až do štrkov. Spôsobuje neustále podomieľanie svojich brehov a premiestňovanie koryta (R. Holzer et al. 1968).

Hydrogeologické pomery

Proterozoické metamorfity — fácia rúl — vytvárajú priestorovo málo rozšírený komplex hornín, z hydrogeologického hľadiska bezvýznamný.

Masívne paleozoické epimetamorfované horniny, gabrodiority, diority, diabázy a porfyroidy sú charakteristické puklinovou priepustnosťou. Pre cirkuláciu vody je vhodná len puklinová sieť v zóne zvetrávania, pokiaľ nie je vyplnená nepriepustnou výplňou. Pukliny sa smerom do hĺbky tesne uzatvárajú a stávajú sa tiež nepriepustnými. Tieto horniny sú preto prevažne nezvodnené, pramene vytvárajú iba ojedinele a s malou výdatnosťou. Pramene sú väčšinou puklinové alebo sutinové, často rozptýlené do mokradí.

Bridličnaté paleozoické horniny, t. j. fylity s polohami pieskovcov, kremencov a lyditov, tufy a tufity kremitých porfýrov, zlepence, arkózy s polohami pieskovcov a bridlíc, pestré bridlice s polohami vápencov a pod., majú prevažne bridličnatý skalný, miestami poloskalný charakter a vodu prakticky neprepúšťajú. Pukliny a poruchové zóny sú často uzavreté a vyplnené materiálom z produktov zvetrávania.

Z karbonátových hornín najvhodnejšie podmienky pre akumuláciu vôd majú silne rozpukané dolomity. Vďaka svojej rozpukanosti až rozdrobenosti sú veľmi

dobre priepustné pre podzemné vody. Sú napájané zrážkovou vodou, ktorá preniká pozdĺž väčších puklín do hĺbok. Vzhľadom na ich geologickú pozíciu a malý plošný rozsah infiltračnej oblasti podzemné vody nevytvárajú v týchto horninách väčšie zásoby. Časť vôd sa zúčastňuje hlbšieho obehu, kde sa obohacuje o kysličník uhličitý a sírovodík a vznikajú z nich minerálne vody, ktoré vystupujú na povrch na lokalite Gajdove kúpele východne od Ťahanoviec.

Neogénne komplexy sú tvorené väčšinou ílovitými sedimentmi, ktoré majú zväčša minimálnu priepustnosť. Zvodnené môžu byť len piesčitejšie, resp. štrkovité polohy. Najlepšie podmienky pre infiltráciu povrchových vôd majú štrkovité sedimenty v súvrství varhaňovských štrkov a ich ekvivalentov a štrky v súvrství košickej štrkovej formácie. Podzemné vody v týchto sedimentoch si vytvárajú vlastný vodný režim, podmienený geologickou stavbou, v ktorej sa striedajú polohy priepustnejších a nepriepustnejších zemín. Toto striedanie ochudobňuje a často úplne znemožňuje napájanie priepustnejších vrstiev zrážkovými vodami. Územie preto možno charakterizovať ako chudobné na podzemnú vodu. Vyskytujú sa len lokálne zvodnené horizonty. Ich výskyt je závislý na plošnom rozšírení priepustnejších polôh, na ich zrnitostnom zložení a okolitom prostredí. Súvrstvia varhaňovských štrkov a košickej štrkovej formácie sú rozrezané eróznymi údoliami až po nepriepustné podložie, takže infiltrovaná voda je drénovaná buď do hlavných údolí Hornádu a Torysy, alebo do bočných erozívnych údolí, kde vystupuje na povrch vo forme vrstevných a prelivových prameňov s rôznou výdatnosťou. Väčšina prameňov na území vyviera na rozhraní takýchto dvoch odlišných litologických komplexov. Lokálne horizonty v daných komplexoch predstavujú často nepriaznivý prvok pre zakladanie stavieb z dôvodu výskytu napätej hladiny podzemnej vody (zvýšené prítoky do stavebných jám). Pri vykonávaní stavebných prác v komplexe týchto hornín je potrebné uvažovať aj s touto skutočnosťou.

Podzemné vody formácií kvartérneho pokryvu možno z hydrogeologického hľadiska rozdeliť na podzemné vody deluviálnych sedimentov, fluviálnych sedimentov, nivných hlín a proluviálnych sedimentov.

Deluviálne sedimenty tvoria hlavne ílovité hliny až íly, a preto sú pre vodu prakticky nepriepustné ($K = 10^{-8}$ m . s^{-1}). Podľa chemizmu ide v prvej skupine o vody tvrdé, s obsahom síranov 42—86 mg . l^{-1}, agresívny CO_2 nebol zistený. Vyznačujú sa neutrálnou až slabo alkalickou reakciou. V druhej skupine sú to mäkké vody s nízkym obsahom síranov, pre ktoré je charakteristická kyslá reakcia s vysokým obsahom agresívneho kysličníka uhličitého. Vyskytujú sa v oblasti Krásnej nad Hornádom, Košickej Novej Vsi, atď. Podľa ČSN 73 1001 hodnotíme vody z tejto oblasti ako silne agresívne uhličitanovou agresivitou, vyluhovávaním a kyslosťou.

Nivné hliny majú najväčšie rozšírenie pozdĺž tokov Hornádu a Torysy, kde tvoria povrchovú vrstvu rôznej hrúbky. V údolí Hornádu sú nivné hliny viac piesčité, v údolí Torysy viac ílovité. Ako celok nepredstavujú dôležitý komplex pre akumuláciu podzemných vôd. Voda je v nich viazaná vo forme prirodzenej vlhkosti, ktorá má vplyv najmä na inžinierskogeologické vlastnosti zemín. Z hydrogeologického hľadiska je bezvýznamná. Nie je však vylúčená možnosť vzniku občasných podpovrchových horizontov v priepustnejších polohách.

Fluviálne nesúdržné štrky a piesky sú najvýznamnejšími kolektormi podzemných vôd na študovanom území. Ich rozšírenie je viazané predovšetkým na údolné nivy hlavných riek Hornádu a Torysy. V údolí Hornádu sa štrky a piesky nachádzajú pod povrchovou pokryvnou vrstvou súdržných hlín s malou hrúbkou (1—5 m), resp. v blízkosti koryta rieky sa štrky nachádzajú priamo na povrchu územia, a to hlavne v inundačnom území. V údolnej nive Torysy sú štrkovité náplavy značne hlinité, čo znižuje ich priepustnosť. Kolektory podzemných vôd, t. j. štrky a piesky, sa nachádzajú pod pomerne hrubou vrstvou povodňových hlín. Lokálne však vychádzajú až na povrch. Podzemná voda v údolných nivách oboch riek má súvislú voľnú hladinu. Iba v miestach zníženia prietočného profilu a za vysokých stavov v riekach prechádza do mierne napätej. V globále sa hladina podzemnej vody nachádza v horných úsekoch 5 m pod terénom a v dolných úsekoch toku asi 3 m pod terénom. V inundačných územiach Torysy je hladina 1—3 m pod terénom a závisí od výšky hladiny v rieke. Štrky Hornádu sú piesčitejšie. Koeficient priepustnosti piesčitých štrkov Hornádu sa pohybuje od $6{,}56 \cdot 10^{-4}$ do $1{,}10 \cdot 10^{-3}$ m . s^{-1}. Štrky v údolnej nive Torysy sú menej priepustné, sú viac hlinité. Ich charakteristická hodnota koeficientu priepustnosti sa pohybuje v priemere od $1{,}09 \cdot 10^{-4}$ do $9{,}55 \cdot 10^{-4}$ m . s^{-1}. Priepustnosť je podmienená stupňom zahlinenia.

Priepustné nivné sedimenty oboch riek sú dôležitým zdrojom podzemnej vody na pitné a úžitkové účely.

V chemizme vôd týchto sedimentov boli zistené značné rozdiely. Na mineralizácii sa podieľajú v najväčšej miere bikarbonáty a sírany. Z hľadiska agresivity na betóny možno považovať obsah síranov za mierne zvýšený. Predpokladáme, že lokálne zistený vyšší obsah síranov je aj sekundárneho pôvodu. Reakciou sa vody zaraďujú k typom slabo kyslých až slabo alkalických vôd, väčšinou sú mäkké až veľmi tvrdé. Agresívny CO_2 sa vyskytol len ojedinele a v nízkych koncentráciách. Agresívne zložky vôd (kyslosť, nízka dočasná tvrdosť, zvýšený, resp. vysoký obsah SO_4^{-2}) budú v priepustnejšom prostredí (štrky, piesky) pôsobiť agresívne na betóny, a to tak z portlandského, ako aj z truskoportlandského cementu.

Sedimenty proluviálnych kužeľov predstavujú menej významný celok kvartérneho pokryvu. Zdrojom podzemných vôd v proluviálnych kužeľoch sú hlavne pramene vyvierajúce nad akumuláciou týchto sedimentov, ako aj zrážkové vody. Priepustnosť proluviálnych sedimentov je závislá na premenlivom litologickom zložení sedimentov. Vo všeobecnosti možno konštatovať, že v smere sedimentácie proluviálnych kužeľov so vzdialenosťou od pahorkatiny priepustnosť stúpa so zvyšujúcim sa stupňom vytriedenia materiálu. Hladina vody sa vyskytuje v rôznej hĺbke. Vody týchto sedimentov sú prevažne mäkké. Obsah síranov je miestami tiež mierne zvýšený. Agresívny CO_2 sa vyskytuje len ojedinele. Reakciou sú kyslé až slabo alkalické. Podľa ČSN 73 1001 budú vody proluviálnych sedimentov agresívne pôsobiť na betónové konštrukcie síranovou a lokálne i uhličitanovou agresivitou.

Oblasť Košickej kotliny je chudobná na zdroje kvalitnej podzemnej vody, a preto treba ochrane existujúcich zdrojov venovať náležitú pozornosť. Za potenciálne zdroje znečistenia možno považovať agrochemikálie (umelé hnojivá, pesticídy, herbicídy a iné) používané v poľnohospodárstve, presakovanie látok organického

pôvodu z hnojísk, silážnych jám atď., organický a anorkanický odpad zo skládok často veľmi nevhodne umiestnených do opustených štrkovísk pozdĺž vodných tokov (Vajkovce, Bretejovce) a exhaláty splavované zrážkami (magnezitka Ťahanovce, Bankov a iné).

Súčasné geodynamické javy

Rozvoj súčasných geodynamických javov je podmienený geologickou stavbou územia a jeho geomorfologickým vývojom počas kvartéru. Prakticky každou formou svojho prejavu pôsobia negatívne, resp. deštrukčne na povrch terénu a sťažujú, prípadne obmedzujú tvorivú činnosť človeka v zasiahnutých oblastiach.

V rámci našich mapovacích prác, ale i prác iných autorov (R. Holzer et al. 1968, P. Jedla et al. 1977 atď.), boli na mapovanom území identifikované:

— svahové deformácie
— výmoľová erózia
— zvetrávanie
— prejavy skrasovatenia
— sufózne prejavy
— činnosť človeka
— seizmická činnosť
— erózia vodných tokov.

Svahové deformácie

Postihujú najmä svahy tvorené súdržnými kvartérnymi a neogénnymi sedimentmi, ale vyskytujú sa i v iných geologických štruktúrach.

Hlavným faktorom, ktorý podmienil vznik svahových deformácií v mapovanom území, je intenzívna hĺbková a bočná erózia tokov, ako aj stavebná a banská činnosť človeka. Príčinou zosúvania však spravidla bývajú nadmerné zrážky, intenzívna kumulácia zrážkových vôd vo vhodných geologických kolektoroch, nevhodný zásah do stability svahu stavebnou činnosťou (priťaženie horných častí svahu, odľahčenie päty svahu) alebo eróziou toku, zmena hydrogeologických pomerov a nesprávna voľba sklonu svahov stavebných jám a povrchových lomov.

Ako vhodný geologický kolektor zrážkových vôd môže sa uplatniť napr. súvrstvie košickej štrkovej formácie vďaka výskytu štrkov a vložiek ílov, ktoré tvoria bázu zvodneného horizontu, súvrstvie varhaňovských štrkov, zvetrané delúviá piesčitého charakteru, pyroklastiká a iné. Voda v kolektoroch sa zhromažďuje hlavne v póroch. Priepustnosť kolektora býva rôzna a v zmysle klasifikácie IAEG možno ich označiť ako stredne priepustné až vysoko priepustné. Okrem schopnosti kumulovať zrážkovú, resp. podzemnú vodu musí sa kolektor nachádzať i vo

vhodnej geologickej pozícii voči telesu svahovej deformácie. Buď je nadložím ílovitých zemín, alebo tvorí preplástky, vložky alebo šošovky v ílovitejšom súvrství. V prvom prípade nastáva odvodnenie kolektora do údolia prostredníctvom deluviálnych hlinito-piesčitých alebo hlinito-štrkovitých zemín, ktoré sú spravidla procesmi zvetrávania rozvoľnenejšie a priepustnejšie ako podložné, materské horniny. Sú preto schopné v preferovaných polohách infiltrovať vodu. Tieto vodou nasýtené preferované polohy znížením konzistencie sa vo vhodnom okamihu, t. j. po znížení šmykovej pevnosti zemín pod kritickú hodnotu, stávajú šmykovými plochami, resp. šmykovými zónami. V niektorých prípadoch preferované polohy zasahujú i do zvetranej zóny skalného podložia (najmä do fylitov) a vytvárajú šmykové plochy na rozhraní zvetranej zóny a materskej horniny. Inokedy, ak kolektory vytvárajú vložky v ílovitejšom súvrství pri prepojenom hydraulickom systéme kolektorov, sa vytvárajú horizonty podzemnej vody s napätou hladinou a pri vzniku svahovej deformácie sa na šmykovej ploche negatívne uplatňuje i vztlakový efekt podzemnej vody, ktorý výrazne znižuje účinok pasívnych síl vo svahu.

Svahové deformácie vytvárajú viac-menej súvislé pásmo na juhozápadných svahoch údolia Torysy, a to od Budimíra až k Hrašovíku. Svahy sú tvorené prevažne súdržnými zeminami pestrej pelitickej série a sčasti košickou štrkovou formáciou. Ide o zosuvné formy prirodzenej genézy v rôznych vývojových štádiách, pričom pôvodné morfologické tvary sú zastreté poľnohospodárskou činnosťou človeka. V zmysle klasifikácie A. Nemčoka—J. Pašeka—J. Rybáňa (in A. Nemčok 1982) možno svahové deformácie v tejto oblasti klasifikovať väčšinou ako zosúvanie plošného typu. Zosúvajú sa najmä deluviálne ílovité hliny a podložné neogénne ílovité sedimenty. Šmyková plocha má pravdepodobne zložený priebeh. Nezasahuje hlbšie ako 10—15 m. Svahové deformácie sú dočasne ustálené, ale možno ich považovať za potenciálne. V tejto oblasti, severne od Beniakoviec, sa nachádza aktívna svahová deformácia, ktorá má šírku 100—150 m a dĺžku asi 100—120 m. Jej morfologický prejav na povrchu je veľmi výrazný. Odlučná časť je oblúkovitá a tvorí terénny stupeň vysoký 2,0—2,5 m. Akumulačná časť sa nachádza až na sedimentoch údolnej nivy, pričom čelo zasahuje do mŕtveho ramena rieky. Morfologický prejav nasvedčuje tomu, že v deformácii je vyvinutých niekoľko čiastkových šmykových plôch, ktoré sú prejavom jej rôznych vývojových štádií. Na transportnej časti sú vyvinuté bezodtokové depresie, zátrhy a pomerne početné zamokrenia.

Ďalšou rozsiahlou oblasťou s vyvinutými svahovými deformáciami je oblasť východne od Bretejoviec. Zosúvaním sú postihnuté svahy Košickej kotliny na rozhraní s výbežkami Čiernej hory. Ílovité deluviálne hliny sa pohybujú po neogénnych íloch karpatu a ílovitých vložkách košickej štrkovej formácie. Nie je vylúčené, že šmyková plocha zasahuje až do neogénnych sedimentov. Morfologicky je deformácia nápadná nepravidelne zvlneným povrchom a početnými zamokrenými miestami. Deformáciu možno opäť klasifikovať ako zosúvanie plošného typu s planárnym až zloženým priebehom šmykovej plochy v maximálnej hĺbke asi 10—15 m. Príčinou zosúvania je pravdepodobne znižovanie šmykovej pevnosti neogénnych ílovitých zemín v dôsledku rozmokania. Rozmokanie spôsobuje kumulovanie zrážkovej vody v nadložnej košickej štrkovej formácii.

Pahorkatinné svahy, ktoré lemujú z oboch strán údolnú nivu Torysy, sú zosuvnými procesmi postihnuté v menšej miere. Vyskytujú sa tu väčšinou stabilizované, ukľudnené svahové deformácie plošného alebo frontálneho typu. Výnimku tvorí ľavý svah nad Torysou severne od Nižnej Hutky, kde pôsobením bočnej erózie rieky vznikla rozsiahla kryhová svahová deformácia. V pohybe sú kvartérne deluviálne a podložné neogénne sedimenty. Zosunuté kryhy vytvárajú na povrchu stupňovitý reliéf s prevýšením niekoľkých metrov. V transportnej časti deformácie sa vytvorili bezodtokové depresie. Čelo deformácie je neustále erodované Torysu, a tým udržuje deformáciu v aktivite.

K vývoju rozsiahlych svahových pohybov došlo prakticky aj vo všetkých bočných údoliach oboch hlavných tokov. Neustála hĺbková a bočná erózia vytvára podmienky pre permanentnú aktivitu týchto deformácií. V bočných údoliach sa zosúvajú hlavne deluviálne sedimenty po neogénnom podloží. Na povrchu sú morfologicky výrazné, typické nepravidelným zvlnením a oblúkovitými terénnymi stupňami. Svahové deformácie tohto typu boli lokalizované napr. nad obcami Košické Oľšany, Byster a Košická Polianka.

V ľavom nárazovom svahu údolia rieky Hornádu môžeme sledovať postupný vznik deformácií rôzneho typu vrátane kryhových. V súčasnosti je koryto Hornádu síce na mapovanom území v celej dĺžke zregulované, dochádza tu však k dotváraniu svahov hlavne v obdobiach zvýšených atmosferických zrážok. Posledné väčšie pohyby boli pozorované v území severne od kóty Heringeš (na jeseň 1974 a vo februári 1977) a vo svahu severne od Krásnej nad Hornádom. Z hľadiska stability možno celý ľavý svah údolia označiť ako nestabilný, s frontálnym vývojom svahových deformácií. Svahové deformácie sú sústredené hlavne na úsek svahu od križovatky cesty č. 50 v Košiciach (smer Michalovce) po Vyšné Opátske a Krásnu nad Hornádom. V tomto úseku sa vyskytujú svahové deformácie rôznych typov a vekových generácií. Podľa E. Dobru (1983) sa ich plošný rozsah pohybuje od niekoľko 100 m^2 do 400 000 m^2. Zosúvaním sú postihnuté opäť deluviálne hliny a vrchná časť neogénneho podložia. Hĺbka šmykovej plochy sa pohybuje rádove do desiatok metrov. Medzi najväčšie deformácie v tejto oblasti patrí svahová deformácia kryhového typu južne od Vyšného Opátskeho, ktorá je aktívna a ohrozuje obytné domy v Krásnej nad Hornádom.

Západná oblasť mapovaného územia, t. j. západný okraj Košíc, oblasť Myslavského potoka a potoka Idy bola v minulosti označovaná ako oblasť bez výraznejších svahových deformácií. Nové poznatky získané hlavne sledovaním morfologických tvarov terénu a vrtnými prácami však naznačujú, že i v tejto časti mapovaného územia boli svahy v nedávnej minulosti deformované zosúvaním.

Výskyt svahových deformácií bol identifikovaný hlavne v oblasti styku gemerík a košickej štrkovej formácie. V súvislom pásme od Vyšného Klátova po okolie horárne Gírbeš sa vyskytujú hlavne plošné zosuny, prevažne stabilizované, s nevýraznými morfologickými prejavmi na povrchu. Povrch deformácií je značne pretvorený svahovou modeláciou a činnosťou človeka. Odlučné oblasti a čelá sú tiež nevýrazné, resp. sú značne premodelované. Miestami však tvoria výrazné skalné stupne. Šmykovú plochu majú zloženú a jej hĺbka asi nepresahuje 30 m. Zosúvajú sa hlavne deluviálne sedimenty uložené na zvetraných fylitoch (ale

i iných horninách), prípadne i na íloch štrkovej formácie. Vzhľadom na nevýrazné morfologické znaky musíme predpokladať, že sú veľmi staré (nie však staršie ako holocénne) a stabilizované. Porušením ich prirodzenej rovnováhy zemnými prácami nie je vylúčená ich aktivácia.

Výskyt svahových deformácií bol registrovaný i západne od cesty Košice—Šaca, asi 1 km južne od Košíc, v blízkosti mestského vodojemu. Ich morfologický prejav je opäť málo výrazný. Prejavuje sa miernym zvlnením svahu takmer po celej dĺžke. V pohybe boli sedimenty štrkovej formácie. Deformácia je síce ukľudnená, ako však ukazuje prípad zosunutia svahov stavebnej jamy nového vodojemu na tejto lokalite, pri porušení prirodzenej stability svahu sa veľmi ľahko aktivizuje. Je to tiež plošný typ svahovej deformácie so zloženou šmykovou plochou siahajúcou do hĺbky asi 10 m.

Svahové deformácie menšieho rozsahu boli lokalizované aj v údolí Myslavského potoka (vo východnej časti obce Myslava) a severne od obce Baška, kde sa zosúvajú svahy eróznych výmoľov. Ďalej bol zistený výskyt skalného zosúvania sa bloku fylitov v záreze cesty pri priehradnom múre vodnej nádrže „Hýľov". Blok má rozmer asi 5×5 m.

Okrem uvedených typických svahových deformácií bol zaznamenaný i výskyt tzv. hákovania vrstiev vo zvetranej zóne fylitov a zbridličnatených diabázov. Prejavuje sa intenzívnym vyvlečením úlomkov hornín po svahu na vzdialenosť asi 2—3 m. Ide o prejav tzv. povrchového plazenia, t. j. pomalého zosúvania. Typický prejav bol identifikovaný v umelom odkryve (stavebná jama vodojemu) východne od horárne Gírbeš (tab. I).

V priestoroch povrchovej ťažby magnezitu na bani Bankov došlo v 70-tych rokoch k pomerne intenzívnemu zosúvaniu fylitov vo svahu ťažobnej jamy v dôsledku rozširovania povrchovej ťažby, t. j. zásahom človeka. V súčasnej dobe, vzhľadom na zastavenie ťažby v povrchovom lome, svahová deformácia nespôsobuje žiadne hmotné škody, ale prispieva k postupnej likvidácii povrchovej ťažobnej jamy.

Výmoľová erózia

Je viazaná hlavne na nespevnené kvartérne a neogénne sedimenty. Ďalším dôležitým faktorom, ktorý podmieňuje jej pôsobenie, je nedostatok vhodného vegetačného pokryvu, ktorý by zmierňoval a rozptyľoval povrchový odtok zrážkových vôd, a v neposlednom rade i vhodný sklon svahov. Najmä na strmých svahoch, ktoré sú tvorené sedimentmi málo odolnými voči povrchovému rozmývaniu za výdatných dažďov, dochádza k intenzívnemu a sústredenému povrchovému odtoku zrážkových vôd. Tečúca voda eróziou vytvára úzke a hlboké ryhy v tvare písmena V, ktoré po dosiahnutí bázy tvorenej odolnejšími horninami (napr. fylitmi) sa rozširujú a vytvárajú údolie tvaru písmena U. Nie je zvláštnosťou, že hĺbka takýchto rýh dosahuje až 10 m.

Typické prejavy výmoľovej činnosti môžeme pozorovať v sedimentoch vrchného neogénu tzv. pestrej pelitickej série a v košickej štrkovej formácii. V oblastiach budovaných týmito horninami, napr. na svahoch údolia potoka Ida v okolí

Bukovca, Malej Idy, Poľova, v údolí Myslavského potoka v okolí Myslavy, Byšky a na západných svahoch údolia Hornádu od Košíc až po Vyšné Opátske, sa vyskytujú jednak staršie formy výmoľovej erózie, ktoré sú zaoblené a čiastočne zatrávnené, jednak mladšie formy s charakteristickým tvarom ryhy v tvare písmena V.

Podľa R. Holzera et al. (1968) západne od Košíc zasahuje výmoľová erózia aj hlinité pokryvy pliocénnych štrkov.

V oblastiach výskytu metamorfovaných hornín Voloveckého pohoria postihuje výmoľová erózia hlavne pokryvné útvary. V svahoch údolia Myslavského potoka a potoka Ida sa nachádzajú pomerne hlboké, súvislé erózne ryhy v čiastočne zalesnenom území, ktoré siahajú cez pokryvné útvary až do fylitov. Tieto erózne ryhy vznikli väčšinou ako dôsledok nerozvinutej hydrografickej siete sústredeným odtokom povrchovej vody v znížených častiach terénu (R. Holzer et al. 1968).

V ľavom nárazovom brehu Hornádu, v severozápadnej časti územia, sú vyvinuté výraznejšie výmole v smere SV—JZ, ktoré ústia do údolnej nivy Hornádu. Erózne výmole dosahujú hĺbku 7—14 m a zasahujú cez deluviálne svahové sedimenty až do predkvartérneho vrchnopliocénneho podložia. Vznik týchto rýh môžeme pripísať sústredenému pôsobeniu podzemnej vody a zrážkovej vody, ktorá sa kumuluje vo vyššie ležiacich polohách vrchnopliocénnych štrkov košickej štrkovej formácie.

Eróznymi svahovými procesmi (výmoľovou eróziou) sú postihnuté aj pahorkatinné svahy, ktoré sa tiahnu po oboch stranách údolnej nivy Torysy. Ich vývoj možno sledovať v dvoch štádiách. V strmšej, vyššej časti svahu sú vyvinuté erózne výmole, ktoré majú priečny profil v tvare písmena V, pričom sa prstovite rozbiehajú z jedného miesta, ktoré je situované v mieste zmeny sklonu svahu. V spodnej časti svahu od miesta spojenia eróznych výmolov sa mení priečny profil na tvar písmena U, pričom sa výrazne znižuje aj sklon dna.

Zvetrávanie

Účinok zvetrávania pozorujeme jednak na skalných horninách Čiernej hory, ryolitových pyroklastikách vrchného vysladeného bádenu, jednak na valúnoch neogénnych sedimentov s výnimkou kremeňa. Hĺbkové zvetrávanie podporuje intenzívne tektonické porušenie rúl, žúl a dolomitov. Kôry zvetrávania dosahujú hrúbky až do desiatok metrov. Obnažené ryolitové pyroklastiká sú na povrchu silne zvetrané až na piesčité elúvium, pričom predpokladáme, že hĺbkový dosah zvetrávania je menší ako 5—8 m. Z valúnového materiálu sú najviac zvetrané valúny tufov a tufitov.

V oblasti Myslavy, Klatova a Bukovca sú kvartérne kôry zvetrávania poznačené účinkami pleistocénneho mrazu, ktoré značne zvýraznilo dovtedajšie účinky zvetrávania. Súčasné zvetrávanie tu najviac postihuje fylity (tab. II), u ktorých zóna zvetrávania dosahuje na svahoch až 5 m. V podloží iných hornín dosahuje zóna zvetrávania 2—3 m. Jednotlivé typy gemeridných hornín sa vyznačujú rôznou odolnosťou voči zvetrávaniu, približne v poradí fylity — diabázy — amfibolity, ktoré môžeme považovať za najodolnejšie. Odolnosť voči zvetrávaniu závisí najmä

od podielu piesčitej a vulkanickej prímesi, resp. od stavu tektonického porušenia. V amfibolitových lomoch v Nižnom a Vyšnom Klatove možno pozorovať v miestach tektonického porušenia aj zvetrávaním silne porušené diority, rozložené na reziduálnu hlinu s úlomkami. V tesnom okolí mimo dosah tektonického porušenia sú prakticky nezvetrané, kompaktné amfibolity.

Zvetralinový plášť dosahuje najväčšie hrúbky na miernych svahoch plochých pahorkatín, kde je ich odnos pomerne málo intenzívny. Zo strmších svahov sa produkty zvetrávania gravitáciou alebo splachom hromadia na úpätiach, kde tvoria hlinito-kamenité delúviá.

V súčasnej dobe má zvetrávanie charakter hlavne mechanického, fyzikálneho zvetrávania.

Prejavy skrasovatenia

Prejavy skrasovatenia boli identifikované v severozápadnej časti mapovaného územia. Stopy po skrasovatení sú viazané na dolomity a magnezity, ktoré však nevytvárajú pre krasový fenomén vhodnejšie podmienky. Sú preto vyvinuté iba sporadicky a málo výrazne. Z hľadiska inžinierskogeologických podmienok pre zakladanie inžinierskych objektov sú bez významu.

Sufózne prejavy

Nevýrazné prejavy sufózie boli zistené iba východne od hájovne Gírbeš, smerom na Bankov. Nachádza sa tu niekoľko menších mokradí, ktoré v jarných mesiacoch, pri topení snehu, vykazovali znaky po sufózii hlavne prachovitého materiálu.

Je však treba upozorniť, že v prípade realizácie plánovaných úprav tokov môže nastať zvýšenie hydrodynamických tlakov a filtračných rýchlostí podzemnej vody, čo v prostredí piesčitých sedimentov údolných nív môže vyvolať nebezpečné prejavy súfózie (R. Holzer et al. 1968).

Činnosť človeka

Činnosť človeka sa prejavuje veľmi nepriaznivo v oblasti západne od Košíc, a to najmä v dôsledku ťažby magnezitu v oblasti Bankova, kde sa znehodnotil charakter krajiny vybudovaním háld obrovských rozmerov, ťažobnej jamy a poddolovaním územia.

Medzi Myslavou a Baškou je vybudovaná rozsiahla skládka komunálneho odpadu, ktorá značne znehodnocuje krajinu, a to najmä znečisťovaním prítoku potoka Myslava. Je však potrebné uviesť, že skládka je umiestnená na nepriepustnom podloží, mimo využiteľných zásob podzemných vôd. Nachádza sa však na pomerne strmom svahu a v prípade vytvorenia vhodných podmienok (napr. rozmoknutie zrážkovou vodou) nie je vylúčené jej zosunutie a prehradenie údolia.

Pod obcami Bukovec a Hýľov sú vybudované dve vodné nádrže. Pretvorenie ich brehov je zatiaľ prakticky bezvýznamné vzhľadom na značnú odolnosť hornín v brehoch nádrží voči vlnobitiu a abrázii.

V severnej časti mapovaného územia sa nachádzajú rôzne veľké depónie komunálneho, resp. priemyselného odpadu, prakticky pri každej obci. Obyčajne vypĺňajú hlbšie erózne ryhy alebo mŕtve ramená. Sú potenciálnym zdrojom znečistenia povrchových i podzemných vôd, ovzdušia a znižujú estetickú hodnotu krajiny.

Ráz prírodného prostredia zmenila tiež ťažba stavebného kameňa pri Tepličanoch a Ťahanovciach, keramických surovín na kóte Viničná a mnohé štrkoviská a pieskoviská neriadenej ťažby.

Za vážny ekologický problém treba považovať úlet popolčeka z Magnezitových závodov v Ťahanovciach. Exhaláty vypúšťané do ovzdušia sedimentujú na pomerne rozsiahlom území a neskôr sú splachované dažďovou vodou. Zhoršujú životné podmienky obyvateľstva, spôsobujú devastáciu lesného porastu a menia chemizmus povrchových i podzemných vôd.

V prírodnom prostredí sa negatívne prejavuje aj odkalovacia nádrž popolčeka v údolí severozápadne od Krásnej nad Hornádom.

Erózia vodných tokov

Erózia vodných tokov sa prejavuje najmä u Hornádu a Torysy.

Vzhľadom na to, že v mapovanom území má rieka Hornád charakter stredného toku, má relatívne väčší sklon koryta, a teda aj väčšiu erozívnu schopnosť ako Torysa. O silnej bočnej eróznej schopnosti Hornádu v minulosti svedčí aj vývoj ľavého pahorkatinného svahu nad údolnou nivou. Pôvodný mierne upadajúci svah do údolnej nivy Hornádu bol bočnou eróziou rieky oderodovaný, čím sa vytvoril strmý nárazový breh, v ktorom sa zachovali zvyšky eróznych výmoľov, resp. strží.

Tok Torysy má na rozdiel od Hornádu v mapovanom území charakter dolného toku, z čoho vyplýva jeho menšia erózna schopnosť. Koryto Torysy je zarezané prevažne do hlinitých povodňových sedimentov, ktoré majú veľmi malú odolnosť voči eróznej činnosti, takže nárazové brehy sú silne rozrušené a možno na nich pozorovať stopy po premiestňovaní toku.

Na intenzitu bočnej erózie vplýva aj miestny nedostatok vegetačného pokryvu, ktorý by tvoril prirodzenú prekážku tejto činnosti.

Výrazné prejavy bočnej erozívnej činnosti Torysy môžeme sledovať na južnom okraji obce Košická Polianka, kde je erodovaný priľahlý svah pahorkatiny budovaný neogénnymi sedimentmi (sarmat). Sústavná bočná erózia spôsobuje zatrhávanie svahu, zosúvanie zemín do koryta Torysy a ich odnos.

Bočná erozívna činnosť Torysy sa prejavila aj podomieľaním päty ľavého pahorkatinného svahu severne od obce Vyšná Hutka. Erózny proces spôsobil mohutné zosúvanie svahových a podložných (neogénnych) sedimentov.

I napriek uvedeným príkladom, kedy rieka Torysa spôsobuje bočnou eróziou zosúvanie svahov pahorkatiny, sú postihnuté eróziou najmä vlastné náplavy v údolnej nive rieky.

Podľa regionálnej inžinierskogeologickej klasifikácie hornín Slovenska (M.MATULA et al. 1983) vyčleňujeme na mapovanom území tieto litologické formácie:

— formácia vysokometamorfovaných paleozoických hornín
— formácia paleozoických epimetamorfovaných hornín
— formácia variských granitoidov
— spodná terigénna formácia
— vápencovo-dolomitická formácia
— vulkanická formácia
— molasová formácia
— formácia kvartérnych sedimentov.

Formácia vysokometamorfovaných paleozoických hornín

Formácia vysokometamorfovaných paleozoických hornín je v mapovanom území zastúpená najstarším komplexom hornín, a to svorovými, resp. fylitickými rulami, ktoré vystupujú severne od Ťahanoviec. Boli zistené v drobných odkryvoch, ktoré lemujú severovýchodný okraj žulového masívu. Sú postihnuté spätnou premenou. Podľa stupňa zvetrania ich možno označiť ako navetrané až zvetrané. V dôsledku silného tektonického porušenia majú tenkodoskovitú odlučnosť, ktorá podmieňuje výraznú anizotropiu mechanických a filtračných vlastností. Vplyvom klimatických činiteľov zvetrávania sa na povrchu rozpadajú na hlinito-kamenité elúvium. Zónu intenzívneho zvetrania odhadujeme na 3—6 m.

Do tejto formácie zaraďujeme i proterozoický pararulový komplex, ktorý vystupuje vo forme malého útržku ako skalné bralo na južnom okraji Košíc, v lokalite Šibená hora. Je tvorený biotitickými a dvojsľudnými jemnozrnnými pararulami, miestami slabo injikovanými. Vyznačujú sa charakteristickou bridličnatosťou, sú svetlo- až tmavošedé, s drobnými šupinkami biotitu. Mineralogické zloženie reprezentuje hlavne kremeň a albit — oligoklas, ktorý je sericitizovaný a kataklazovaný. Okrem toho obsahujú tiež muskovit a biotit, ktorý je sericitizovaný a sčasti rozložený. Z akcesorických minerálov sú zastúpené apatit, zirkón, granát, chlorit, sericit a ďalšie. V dôsledku dislokačnej metamorfózy je pôvodná štruktúra zastretá. Vyznačujú sa strednou až malou puklinovitosťou.

Podľa inžinierskogeologických kritérií možno uvedený rulový komplex hornín klasifikovať ako skalné horniny, slabo zvetrané až zvetrané, s doskovitou, často zastretou odlučnosťou, nevýrazne zbridličnatené, so strednou až malou puklinovitosťou. Vyznačujú sa vysokou pevnosťou, stálosťou vo vodnom prostredí, nízkou stlačiteľnosťou a priepustnosťou.

Ako sme už uviedli, v dôsledku typickej doskovitej textúry vrátane bridličnatosti (a zrejme i štruktúrnych daností horniny) vyznačujú sa opísané horniny tejto formácie výraznou anizotropiou mechanických a filtračných vlastností. Najvýhod-

nejšie mechanické vlastnosti, t. j. nízku stlačiteľnosť, vysokú pevnosť a nízku priepustnosť, možno očakávať v smere kolmom na odlučnosť a bridličnatosť. V iných smeroch bude mať hornina nepriaznivejšie vlastnosti. V smere rovnobežnom s dislokačnými plochami bude výrazne nižšia najmä pevnosť a zvýšená priepustnosť.

Podľa M. MATULU (in R. HOLZER et al. 1968) podobné biotitické pararuly z lokality Hnúšťa—Klenovec majú:

Merná hmotnosť ϱ_s:	2,735 g . cm^{-3}
Objemová hmotnosť s prirodzenou vlhkosťou ϱ_n:	2,73 g . cm^{-3}
Pevnosť za sucha:	132,7 MPa
Pevnosť po nasiaknutí:	79,0 MPa

Podľa ČSN 73 1001 pre plošné zakladanie zodpovedá komplex rúl vystupujúcich južne od Košíc horninám skupiny A, 1. triedy, t. j. vyvrelé a premenené, zdravé horniny skalné a poloskalné; a komplex rúl z okolia Ťahanoviec horninám 3. triedy, skupiny A — skalné a poloskalné horniny zvetrané, vyvrelé a premenené so značnou rozpukanosťou. Na základe zhodnotenia fyzikálneho stavu hornín, zvetrania, tektonického porušenia a celkovej kondície odporúčame charakterizovať komplex opísaných hornín týmito smernými hodnotami:

	Horniny	
	1. triedy	3. triedy
Pretvárny modul E_0 [MPa]:	3000	50—100
Poissonove číslo ν:	0,10	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	—	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0:	0,4 MPa	0,4 MPa
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,68	2,6
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,7	2,7

Uvedené údaje pre horniny 3. triedy, t. j. fylitické a svorové ruly, platia pre silne zvetrané horniny. Pre málo zvetrané horniny tejto formácie odporúčame použiť hodnoty uvedené pre 1. triedu.

Podľa ČSN 37 3050 pre klasifikovanie hornín na zemné práce možno horniny zaradiť do 6. až 7. triedy.

Formácia paleozoických metamorfovaných hornín

Do tejto formácie zaraďujeme horniny staršieho paleozoika, a to horniny tzv. gelnickej (kambrium-silúr) a rakoveckej série (devón). Horniny oboch sérií sa vyskytujú hlavne severozápadne od Košíc, kde budujú výbežky Kojšovej hole.

Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností vyčleňujeme v súlade s predchádzajúcim výskumom (Z. BĚLUNEK 1968, R. HOLZER et al. 1968) v tejto formácii nasledovné faciálno-genetické komplexy:

— neriticko-detritický
— bázických intruzív
— diabázov
— karbonátový, plytko-neritický
— porfýrový.

Komplex neriticko-detritický obsahuje epizonálne metamorfované horniny gelnickej série, a to fylity, piesčité fylity s polohami pieskovcov, kremencov a ojedinele i lyditov. Najrozšírenejším typom sú:

— chloritické fylity — tmavé jemnozrnné, bridličnaté horniny tvorené chloritom, kremencom a sericitom;

— sericitické fylity — šedé, šedozelené, jemnozrnné, bridličnaté, ktoré obsahujú hlavne kremeň a sericit, menej chlorit, turmalín, živce a iné;

— grafitické fylity — tmavošedé až čierne, jemne bridličnaté, často s obsahom pyritu;

— pieskovce a kremence — šedé až tmavošedé horniny s nedokonalou bridličnatosťou, jemne laminované, zreteľne zrnité, tvoria ojedinelé polohy vo fylitoch;

— lydity — tmavej až šedej farby, pomerne celistvé, kompaktné, vytvárajú polohy s hrúbkou od niekoľkých cm do 2 m. Horniny tohto komplexu mali pred metamorfózou charakter sedimentárnych hornín typu prachovcovo-piesčitých bridlíc až pieskovcov.

Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností hodnotíme horniny neriticko-detritického komplexu ako skalné, s doskovitou odlučnosťou, navetrané, puklinovité až porušené, s výraznou anizotropiou mechanických a filtračných vlastností. V porovnaní s inými skalnými horninami sú relatívne menej únosné pre bežné druhy stavieb, ale stále málo stlačiteľné. V smere kolmom na plochy diskontinuít sú prakticky nepriepustné. V smere rovnobežnom s diskontinuitami ich možno charakterizovať ako priepustné, pričom smerom do hĺbky možno v dôsledku uzatvárania puklín očakávať znižovanie priepustnosti. Zvlášť vysokú priepustnosť vo vertikálnom smere možno očakávať v miestach intenzívneho tektonického porušenia najmä mladou tektonikou. Výraznú anizotropiu v závislosti na plochách diskontinuít možno očakávať i u hodnôt pevnosti horniny. Plochy diskontinuít predstavujú plochy, resp. zóny s nízkou pevnosťou. Pre horniny tohto faciálno-genetického komplexu je typický rýchly rozpad na piesčitú frakciu pôsobením klimatických faktorov zvetrávania. Táto vlastnosť sa nepríjemne prejavuje najmä vo výkopoch stavebných jám a zárezov svahov zosúvaním, resp. opadávaním rozvoľnenej zóny a rozmokaním dna základovej jamy.

Podľa ČSN 73 1001 zatrieďujeme horniny neriticko-detritického komplexu do skupiny A — skalné a poloskalné horniny, trieda 3 — zvetrané vyvrelé a premenené horniny so značnou rozpukanosťou. Na základe komplexného zhodnotenia fyzikálneho stavu horniny najmä jej stupňa zvetrania možno odporúčať ako charakteristické tieto smerné hodnoty:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	80
Poissonove číslo ν:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	2,0
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,6
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,7

Uvedené charakteristické hodnoty odporúčame používať najmä v povrchovej zóne zvetrávania, t. j. do hĺbky 3—6 m. Mimo zónu zvetrávania, t. j. pre horniny vo

väčšej hĺbke ako 3—6 m, je možné tieto hodnoty zvýšiť asi o 30—40 %. Pre potreby zemných prác zaraďujeme podľa rozpojiteľnosti horniny tohto komplexu do 5. triedy (ČSN 73 3050).

Komplex bázických intruzív obsahuje amfibolity a diority rakoveckej série. Vystupujú v okolí Vyšného Klatova a Malej Idy. Sú jemnozrnné, šedozelenočierne, s paralelnou textúrou. Štruktúru možno charakterizovať ako prechodný typ medzi blastogabrovou a blastonematogranulárnou. Na tieto horniny sa často viažu melanokrátne diferenciáty, ktoré sa skladajú až z 80 % amfibolu a zvyšok tvoria plagioklasy (R. Holzer et al. 1968). Obsahujú hlavne amfibol, živce, apatit, menej chlorit, zoizit a epidot. Pre tieto horniny je typická ich celistvosť s nízkym stupňom puklinatosti. Stupeň zvetrania je tiež relatívne malý. Sú veľmi pevné, málo stlačiteľné, majú vysokú únosnosť a proti zvetrávaniu sú značne odolné. Ako horninový materiál ich možno považovať za nepriepustné. Nevylučujeme však možnosť hromadenia podzemnej vody v puklinových systémoch. Pozdĺž väčších tektonických dislokácií sú tieto horniny silne porušené a rozložené na eluviálnu hlinu s úlomkami pôvodných hornín.

Podľa kritérií ČSN 73 1001, možno tieto horniny zatriediť pre potreby plošného zakladania do skupiny A, trieda 2 — skalné a poloskalné horniny, navetrané vyvrelé a premenené horniny s malou rozpukanosťou. Na základe komplexného zhodnotenia fyzikálneho stavu odporúčame horniny komplexu bázických intruzív charakterizovať týmito smernými hodnotami:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	5000
Poissonove číslo v:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	4,0
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,70
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,75

Pre tektonicky porušené zóny a zónu zvetrania odporúčame znížiť uvedené hodnoty E_0 a q_0 o 30—50 %. Podľa ČSN 73 3050 pre zemné práce tieto horniny zatrieďujeme do 7. triedy.

Komplex diabázov obsahuje horniny rakoveckej série, a to zrnité až celistvé diabázy s diabázporfyritmi, vrátane ich tufov a tufitov. V mapovanom území sa vyskytujú hlavne v oblasti Košického lesa, západne od Bankova. Ako hlavnú minerálnu zložku obsahujú diabázy a diabázporfyrity hlavne albit, epidot, zoisit, kremeň a chlorit. Sú masívne až silne zbridličnatené. Majú charakter efuzív, ktoré tvoria plošné lávové príkrovy. Tufy a tufity sú väčšinou svetlozelené, masívne aj bridličnaté.

Diabázy a diabázporfyrity sú značne odolné voči klimatickým vplyvom, sú teda málo zvetrané, vyznačujú sa vysokou pevnosťou, vysokou únosnosťou a nepatrnou stlačiteľnosťou. Priepustné sú iba po puklinách, najmä v okolí mladých tektonických porúch. Ako základové pôdy pre plošné zakladanie ich zatrieďujeme do skupiny A, trieda 2 — navetrané vyvrelé a premenené skalné a poloskalné horniny so strednou rozpukanosťou. Za charakteristické považujeme nasledovné smerné hodnoty (ČSN 73 1001):

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	3000
Poissonove číslo v:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	1,0—1,5
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,75
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,7

Z hľadiska rozpojiteľnosti patria horniny diabázového komplexu do 7. triedy (ČSN 73 3050).

Tufy a tufity komplexu diabázov zatrieďujeme tiež do skupiny A, ale vzhľadom na ich litologický charakter do triedy 4 — zvetrané, usadené skalné až poloskalné horniny s doskovitou odlučnosťou, so strednou rozpukanosťou. Pre tieto horniny možno odporúčať nasledovné smerné hodnoty (ČSN 73 1001):

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	80
Poissonove číslo v:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,6
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,3
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,65

Pre účely klasifikovania tufov a tufitov pri zemných prácach zatrieďujeme tufy a tufity komplexu diabázov do 5. triedy.

Komplex karbonátový, plytko neritický je tvorený metasomaticky premenenými magnezitmi a modrošedými vápencami karbónskeho veku. Vápence tvoria spodnú časť súvrstvia, bývajú obyčajne vrstevnaté. Magnezity vo vyšších častiach súvrstvia sú nevrstevnaté alebo hrubolavicovité. Nachádzajú sa v okolí Bankova. Tieto horniny sú čiastočne navetrané, stredne rozpukané, značne odolné proti procesom zvetrávania. Vyznačujú sa vysokou pevnosťou, malou stlačiteľnosťou a vysokou únosnosťou. Podľa ČSN 73 1001 ich zaraďujeme ako základové pôdy pre plošné zakladanie medzi skalné a poloskalné horniny — skupina A, trieda 2 — navetrané a premenené horniny so strednou rozpukanosťou. Ako charakteristické odporúčame používať tieto smerné hodnoty:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	2000
Poissonove číslo v:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	1,0
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,70
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,75

Podľa ČSN 73 3050 možno horniny karbonátového komplexu zaradiť do 6. triedy.

Komplex porfýrový tvoria horniny typu porfyroidov, kremitých porfýrov a ich tufov gelnickej série a tiež permské tufy a tufity kremitých porfýrov.

Porfyroidy, kremité porfýry a ich tufy a tufity gelnickej série sa nachádzajú

hlavne v okolí Nižného Klatova. Tieto horniny postihla jednak výrazná autometamorfóza už počas tuhnutia, jednak intenzívna regionálna metamorfóza počas variských tektonických pochodov. Sú preto výrazne kryštalické, zbridličnatené, silne rozpukané v dôsledku intenzívnej tektonickej porušenosti. Porfyroidy sa vyznačujú sericitizáciou živcov a chloritizáciou biotitu. Štruktúra je spravidla klastoporfyrická, sfarbenie horniny je do sivozelena, textúra plošne paralelná. Základná hmota horniny je lepidoblastická až granolepidoblastická. Výrastlice kremeňa sú šošovkovité, spravidla deformované. Vzhľadom na uvedený fyzikálny stav hornín možno predpokladať značnú anizotropiu mechanických a filtračných vlastností.

V zmysle ČSN 73 1001 zaraďujeme porfyroidy, kremité porfýry, ich tufy a tufity do skupiny A, trieda 1 až 2, keďže v zmysle citovanej normy možno porfyroidné horniny označiť ako skalné, tektonicky porušené, zbridličnatené horniny so strednou až značnnou puklinovitosťou.

Na základe zhodnotenia fyzikálneho stavu horniny, ako aj zhodnotenia výsledkov laboratórnych skúšok publikovaných M. MATULOM (in R. HOLZER et al. 1968) z lokality Nižný Klatov odporúčame pre tento komplex hornín nasledovné charakteristické smerné hodnoty:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	20 000
Poissonove číslo ν:	0,1
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	2,0
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,59
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,72

Podľa kritérií uvedených v ČSN 73 3050 možno opisovaný komplex hornín gelnickej série zaradiť do 6. triedy.

Tufy a tufity kremitých porfýrov permského veku sa vyskytujú severne od Myslavy v okolí hájovne Gírbeš. Podľa R. HOLZERA et al. (1968) je pre tieto horniny charakteristická prevaha pyroklastického materiálu nad porfýrmi. Horniny sú silne dynamometamorfované, v dôsledku čoho obsahujú minerály skupiny sericitu, chloritu a hematitu. V súvrství prevládajú pyroklastiká, sú šedé až zelenkavošedé, dokonale bridličnaté, s občasnými polohami pestrých bridlíc. Porfyroidy sa v súvrství vyskytujú sporadicky. Sú intenzívne zbridličnatené, šošovkovité, s porfyrickými výrastlicami kremeňa. Súvrstvie je silne navetrané, s jemne vrstevnou odlučnosťou. Celkove majú charakter skalných až poloskalných hornín. V porovnaní s predchádzajúcimi komplexmi sú menej pevné, viac stlačiteľné a menej odolné voči procesom zvetrávania. Sú veľmi málo priepustné.

Podľa ČSN 73 1001 ich ako základové pôdy pre plošné zakladanie charakterizujeme ako skalné až poloskalné horniny, t. j. skupina A, trieda 4 — navetrané, s tenkovrstevnatou odlučnosťou. Pripisujeme im tieto smerné hodnoty:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	80—100
Poissonove číslo ν:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,5

Zatriedenie pre zemné práce (ČSN 73 3050): 4.—5. trieda.

Formácia variských granitov

Granitoidné horniny, t. j. žuly, sa v mapovanom území vyskytujú v okolí kóty Darius, severne od Ťahanoviec a smerom na východ sa ponárajú pod neogénnu výplň Košickej kotliny. Predstavujú najvýchodnejší výbežok granitoidných hornín Čiernej hory.

Makroskopicky sú tieto žuly strednozrnné, svetlé, zelenkavé. V ich mineralogickom zložení prevažuje kremeň, živce, biotit a muskovit. Živce bývajú často sericitizované a biotit chloritizovaný. Granity sú silne tektonicky porušené až podrvené, čo vytvorilo vhodné podmienky pre ich hĺbkové chemické zvetrávanie v neogéne a mechanické (pôsobením mrazu) v pleistocéne. Stupeň porušenia hornín je však dosť premenlivý. Predpokladáme, že zóna zvetrania dosahuje hĺbku 10 a viac metrov.

Podľa ČSN 73 1001 zatrieďujeme tieto horniny do triedy A — horniny skalné a poloskalné, trieda 3 — zvetrané, vyvrelé a premenené horniny so strednou rozpukanosťou. Na základe zhodnotenia fyzikálneho stavu hornín odporúčame ich charakterizovať nasledovnými smernými hodnotami:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	100—500
Poissonove číslo ν:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,6
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,6
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,65

Podľa ČSN 73 3050 zatrieďujeme tieto horniny do 6. triedy.

Spodná terigénna formácia

Obsahuje detritické súvrstvia permského až triasového veku. Ich vznik teda spadá do obdobia mezozoického vývoja karpatskej geosynklinály. Oblasť sedimentácie sa vyznačuje intenzívnou subsidenciou, postupujúcou transgresiou a zmenou paleogeografických podmienok a tiež prejavmi iniciálneho vulkanizmu. Táto rôznorodosť podmienok sedimentácie sa prejavila i v celkovom charaktere hornín.

Na základe zhodnotenia litologického charakteru hornín spodnej terigénnej formácie, ale najmä na predpokladanej rovnorodosti inžinierskogeologických vlastností je možné vyčleniť v tejto formácii tri faciálno-genetické komplexy (Z. Bělunek 1968):

— suchozemský a sublitorálny
— neriticko-detritický až detritický
— neriticko-detritický.

Suchozemský a sublitorálny komplex — obsahuje horniny kontinentálneho permu, a to pestrofarebné arkózy, droby, pieskovce a zlepence, ktoré v tejto oblasti možno považovať za najrozšírenejší petrografický typ. Zlepence sú tvorené nedokonale opracovanými valúnmi kremeňa, pieskovca, kremenca

s ojedinelým výskytom lyditov alebo granitoidov. Tmel zlepencov je piesčito-kremitý, pestrého sfarbenia. Zlepence často prechádzajú do arkóz, pieskovcov a drôb, ktoré v niektorých územiach i prevládajú. Arkózy sú stredne až hrubozrnné, svetlé, podobného charakteru ako zlepence. Droby sú väčšinou kaolinizované, tmavých červenofialových odtieňov (R. HOLZER et al. 1968). Vrstvy kontinentálneho permu sú zbridličnatené, majú vzhľad fylitov a fylitických svorov.

Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností sú to skalné horniny s vysokou pevnosťou a odolnosťou voči klimatickým činiteľom, vysokou únosnosťou a malou stlačiteľnosťou. Sú priepustné najmä po puklinách, ale nie je vylúčená i menšia pórovitá priepustnosť. I napriek odolnosti voči klimatickým činiteľom sú značne navetrané, s lavicovitou až doskovitou odlučnosťou, strednou až značnou puklinovitosťou. Stupeň porušenia hornín je značne premenlivý.

Na základe uvedených vlastností zaraďujeme tento litologický suchozemský a sublitorálny komplex hornín (podľa ČSN 73 1001) do skupiny A, trieda 3., t. j. k usadeným skalným až poloskalným horninám navetraným, s doskovitou odlučnosťou, strednou až značnou puklinovitosťou. Pre suchozemský a sublitorálny komplex odporúčame používať tieto smerné hodnoty:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	1000
Poissonove číslo ν:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,7
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,60
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,65

Uvedené charakteristické smerné hodnoty platia pre horninový masív v prirodzenom stupni porušenia. Podľa údajov M. MATULU (in R. HOLZER et al. 1968) pre horninový materiál možno uvažovať s podstatne vyššími hodnotami. Na vzorkách permských arkóz z lokality Polkanová boli laboratórne namerané tieto hodnoty:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	31 800
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,63
Pevnosť v prostom tlaku v suchom stave [MPa]:	75,5
Pevnosť v prostom tlaku po nasiaknutí [MPa]:	55,5

Podľa kritérií rozpojiteľnosti uvedených v ČSN 73 3050 klasifikujeme komplex suchozemských a sublitorálnych hornín pre potreby zemných prác do 5. (bridlice) a 6. (zlepence) triedy.

Komplex neriticko-detritický až detritický — vyskytuje sa hlavne v okolí Myslavy. Sú to jemnozrnnejšie klastické sedimenty vrchného permu, najmä pestré bridlice s polohami pieskovcov, drôb, arkóz a zlepencov. Petrograficky ide o piesčité, ílovité bridlice červenej, fialovej, zelenej až šedej farby so zlepencovými, pieskovcovými až arkózovými vložkami. Sú typické doskovitou odlučnosťou. Stupeň ich navetrania je rôzny. Oproti predchádzajúcemu je tento komplex jemnozrnnejší.

Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností ich môžeme charakterizovať opäť ako horniny skalné až poloskalné so stredne vysokou pevnosťou, strednou odolnosťou voči procesom zvetrávania, dobrou únosnosťou a malou, bezvýznamnou

stlačiteľnosťou. Priepustnosť týchto hornín je zanedbateľná. Podľa ČSN 73 1001 zodpovedajú teda skupine A, trieda 4, t. j. navetrané, usadené s tenkovrstevnatou odlučnosťou. Ako smerné hodnoty odporúčame:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	100
Poissonove číslo v:	0,25
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,83
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,6

Podľa ČSN 73 3050 je ich rozpojiteľnosť porovnateľná so 4. (navetrané a porušené horniny), ale hlavne s 5. triedou.

Komplex neriticko-detritický sa vyskytuje hlavne v okolí Myslavy, východne od Vyšného Klatova a južne od Tepličian. Prezentuje spodnomezozoické sedimenty, ktoré voči horninám predchádzajúcich komplexov spodnej terigénnej formácie sú jemnozrnnejšie. V neriticko-detritickom komplexe sa najčastejšie vyskytujú pestré ílovité bridlice s polohami kremencov a pieskovcov. Vo vyšších častiach súvrstvia sa vyskytujú i polohy slienitých bridlíc a vápencov. Ílovité bridlice sú červenofialovej, okrovej a šedozelenej farby. Pieskovce sú miestami typické krížovým zvrstvením. Z hľadiska zrnitosti ich možno označiť ako jemno- až strednozrnné. Sú šedé alebo ružové. Hrúbka polôh je len 5—20 cm. V najvyšších častiach súvrstvia pozvoľne prechádzajú ílovité bridlice do slienitých bridlíc zelenošedého, žltkastého sfarbenia, s polohami tenkodoskovitých vápencov. Kremence sa vyznačujú lavicovitou odlučnosťou a sú mimoriadne odolné voči zvetrávaniu. Majú vysokú pevnosť, únosnosť a nepatrnú stlačiteľnosť. Sú však krehké, a preto v nich nevylučujeme existenciu silnejšie tektonicky porušených zón. Sú priepustné len po puklinách.

Vzhľadom na pomerne pestrý charakter komplexu s prevládajúcimi pestrými ílovitými bridlicami, ktoré reprezentujú z hľadiska inžinierskogeologických vlastností najnepriaznivejší prvok súvrstvia, prisudzujeme tomuto komplexu vlastnosti hornín skalných až poloskalných, navetraných, tenkodoskovitých. Podľa ČSN 73 1001 možno ich porovnávať s horninami skupiny A, trieda 4, t. j. horniny skalné až poloskalné, zvetrané, usadené, s doskovitou odlučnosťou, príp. navetrané, s vrstevnatou odlučnosťou a strednou puklinovitosťou. Vzhľadom na ich fyzikálny stav odporúčame ich charakterizovať pre potreby plošného zakladania týmito smernými hodnotami:

Modul pretvárnosti E_0 [MPa]:	50—80
Poissonove číslo v:	0,25
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,83
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,5

Zatriedenie pre zemné práce podľa ČSN 73 3050 je 4.—5. trieda podľa stupňa zvetrania.

Z hľadiska priepustnosti možno celý komplex charakterizovať ako nepriepustný, okrem pieskovcov, kremencov a vápencov, u ktorých sa môže vyskytovať puklinová, u pieskovcov i pórová priepustnosť.

Vápencovo-dolomitická formácia

Horniny tejto formácie tvoria výrazný masív kóty Vápenná severne od Tepličian. Malé útržky hornín sa vyskytujú i východne od Tepličian a severovýchodne od Ťahanoviec. Ide o dolomity stredného triasu mezozoického obalu Čiernej hory. Smerom na východ sa ponárajú pod neogénnu výplň Košickej kotliny.

Dolomity sú šedé až svetlošedé, veľmi krehké, v dôsledku čoho sú z väčšej časti mimoriadne rozpukané až podrvené na dolomitickú brekciu až piesok. Sú jemno až hrubozrnné, miestami brekciovité, spravidla kompaktné, celistvé, lokálne, napr. južne od Košických Hámrov, sú lavicovité, s preplástkami šedých, ílovito-kremitých bridlíc. Hrúbka lavíc sa pohybuje od 30 do 100 cm (R. Holzer et al. 1968). Ojedinele sa v dolomitoch nachádzajú polohy šedých vápencov. Reliéf povrchu dolomitov, pokiaľ je krytý neogénnymi a kvartérnymi sedimentmi, je veľmi nepravidelný a skrasovatený. Je to dôsledok intenzívneho zvetrávania pred neogénnou záplavou morom. Sú priepustné najmä po puklinách. U podrvených variet piesčitého charakteru priepustnosť má až pórový charakter. Nevylučujeme výskyt krasových dutín. Vzhľadom na charakter porušenia možno očakávať veľmi rozdielne mechanické, ale i fyzikálne a filtračné vlastnosti. Zvlášť nepriaznivo sa prejaví možnosť nerovnomerného sadania a rôzna únosnosť podložia. Pri využívaní týchto hornín ako základovej pôdy je preto potrebná istá opatrnosť a dôkladný inžinierskogeologický prieskum.

Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností je možné vápencovo-dolomitickú formáciu charakterizovať ako skalné sedimentárne horniny, celistvé, ojedinele lavicovité, navetrané, so značnou puklinovitosťou, s dobrou pevnosťou a únosnosťou, veľmi málo stlačiteľné.

Podľa ČSN 73 1001 zatrieďujeme pre potrebu zakladania neporušený dolomit do skupiny A, trieda 2.—3. a prisudzujeme mu tieto smerné hodnoty:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	200
Poissonove číslo ν:	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,98
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,6—1,0
Objemová hmotnosť ϱ_n [MPa]:	2,60
Merná hmotnosť ϱ_s [g . cm^{-3}]:	2,65

Pre potrebu zemných prác zaraďujeme podľa rozpojiteľnosti dolomity do 6. triedy, silne porušené dolomity (piesok, drvina) do 4. triedy (ČSN 73 3050).

Pre porušené dolomity do veľkosti piesčitých frakcií odporúčame používať hodnoty fyzikálno-mechanických vlastností hornín skupiny C — zeminy piesčité, trieda 12. a 14. (ČSN 73 1001).

Vulkanická formácia

Vystupuje na juhovýchodnom okraji medzi Zdobou a Hutkou ako ryolitové pyroklastiká. Sú produktom druhej ryolitovej fázy. Vystupujú v spodnom brakickom sarmate a obsahujú prímesi andezitického alebo dacitického materiálu. Výskyt samotných ryolitov bol zistený iba sporadicky.

Pyroklastiká sa vyznačujú veľkou variabilitou petrografického zloženia. Tvorené sú prevažne popolovitými tufmi s istým podielom aglomeratickej frakcie. Materiál je väčšinou ryolitový, spravidla pemzovitého charakteru. V tufoch sú časté polohy tufitov, ktoré sú polymiktné. Vyskytujú sa v nich ryolitové, dacitové, andezitové, a samozrejme i sedimentárne zložky. V závislosti od miesta znosu sú pelitické až hrubozlepencovité. Podľa R. Holzera et al. (1968) sú lokálne presýtené kyselinou kremičitou a obsahujú i ojedinelé vložky bentonitických ílov, bentonitov a montmorillonitov.

Na základe zhodnotenia fyzikálneho stavu hornín tejto formácie môžeme ich klasifikovať ako poloskalné, spevnené až stredne spevnené, málo pevné a málo odolné voči klimatickým a iným faktorom rozrušovania. Pre bežné druhy stavieb sú však dostatočne únosné a primerane stlačiteľné. Tufové horniny možno považovať za relatívne priepustné, tufitické za málo priepustné až nepriepustné (R. Holzer et al. 1968). Ako smerné hodnoty inžinierskogeologických vlastností odporúčajú R. Holzer et al. (1968) uvažovať:

Modul pružnosti E_0 [MPa]:	50—80
Poissonove číslo v:	0,25
Odvodené normové namáhanie q_0 [MPa]:	0,4
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	1,9—2,2

Pre zemné práce horniny vulkanickej formácie klasifikujeme podľa ČSN 73 3050 do 4. triedy.

Molasová formácia

Tvoria ju sedimenty pestrého litologického zloženia, ako napr. íly, hliny, piesky, štrky a ich variety. Vzhľadom na to, že niektoré sedimenty majú zhodné litologické zloženie a vlastnosti, a teda možno ich považovať za geologicky rovnorodé, vyčlenili sme v molasovej formácii štyri geneticky rovnorodé typy neogénnych sedimentov:

— jemnopiesčité ílovité morské sedimenty karpatu a bádenu
— varhaňovské štrky a štrkovoaglomeratické súvrstvie
— pestré ílovité jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu
— košická štrková formácia.

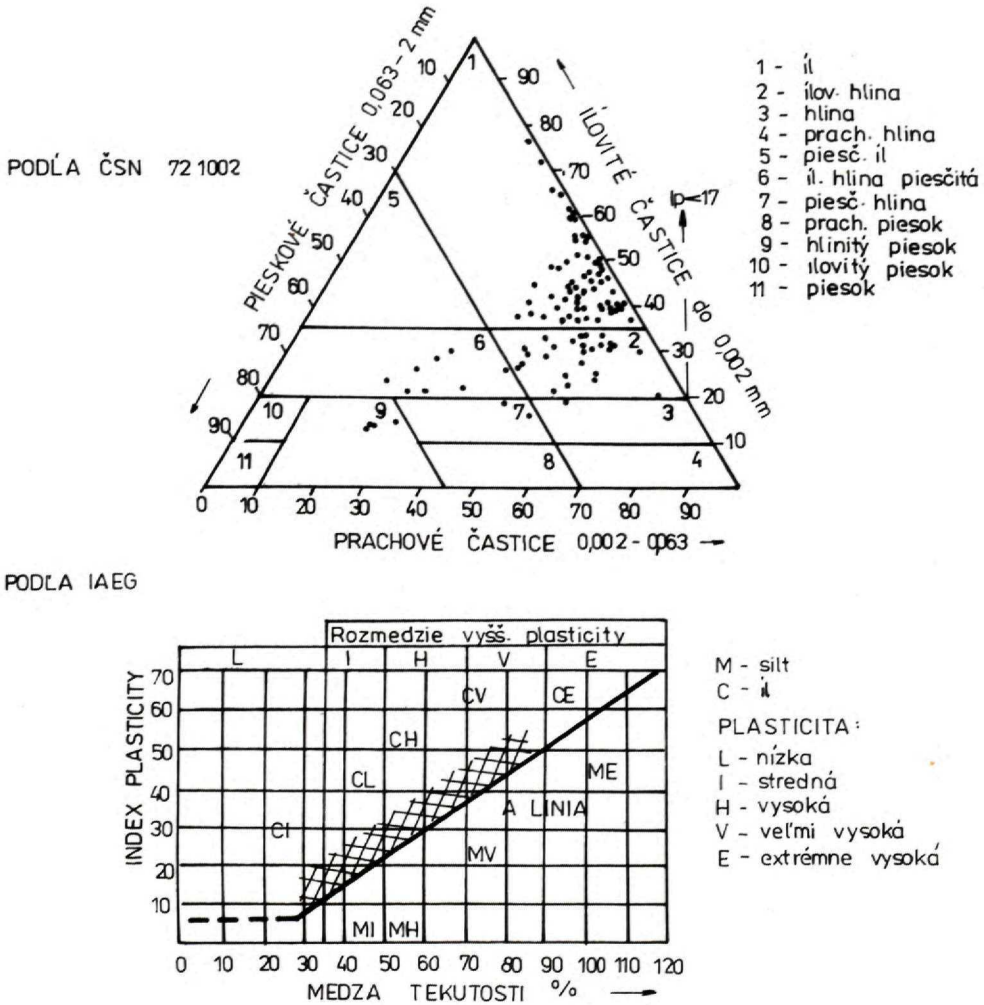
Jemnopiesčité ílovité morské sedimenty karpatu a bádenu

Nachádzajú sa severne od Tepličian a Budimíra, na pravom brehu Torysy. Zasahujú aj na ľavý breh, kde sú kryté deluviálnymi hlinami väčšej hrúbky. Litologicky môžeme jemnopiesčité ílovité sedimenty karpatu a bádenu považovať za pomerne rovnorodé. Reprezentované sú prevažne ílmi s premenlivým množstvom piesčitej prímesi. V niektorých prípadoch obsah piesku zodpovedá zatriedeniu ílovitý piesok. Farba býva šedá, niekedy s jemným odtieňom do hneda alebo do zelena. Sú slabo vápnité. Podiel štrkovitej frakcie je prakticky nulový.

Jemnopiesčité ílovité morské sedimenty karpatu a bádenu môžeme podľa trojuholníkového diagramu (obr. 3) klasifikovať hlavne ako íly a ílovité hliny

a ojedinele i ako ílovité hliny piesčité, piesčité hliny a hlinité piesky. Obsahujú priemerne 42,5 % ílovitej frakcie, asi 50 % prachovitej frakcie a 15 % piesčitej frakcie. Rozptyl hodnôt obsahu frakcií je značný a je uvedený v tabuľke 5.

Podľa diagramu plasticity IAEG prevažujú v tomto karpatsko-bádenskom súvrství zeminy so strednou a vysokou plasticitou. Ojedinele bol zaznamenaný aj výskyt veľmi vysoko plastických ílov (obr. 3) prevažne tuhej, menej pevnej a mäkkej konzistencie. Charakteristické štatistické hodnoty fyzikálnych a mechanických vlastností jemnopiesčitých ílovitých sedimentov karpatu a bádenu sú uvedené v tabuľke 5. Vzhľadom na fyzikálnu podstatu týchto zemín je možné predpokladať ich vysokú schopnosť napúčania a zmrašťovania.



Obr. 3. Trojuholníkový diagram a diagram plasticity morských sedimentov karpatu a bádenu.

Tabuľka 5

Fyzikálne a mechanické vlastnosti morských sedimentov karpatu a bádenu

		$\bar{x}$	x max	x min
Obsah ílovitej frakcie (<0,002 mm)	%	42,5	55,0	12,0
Obsah prachovitej frakcie (0,002—0,063 mm)	%	50,8	63,0	18,0
Obsah piesčitej frakcie (>0,063 mm)	%	14,6	35,0	1,0
Medza tekutosti W_T	%	56,4	90,0	30,0
Medza tvárlivosti W_P	%	23,8	44,5	16,4
Index plasticity I_P		32,3	54,7	10,8
Číslo konzistencie I_C		0,92	1,37	0,42
Prirodzená vlhkosť W_N	%	26,7	46,9	12,6
Objemová hmotnosť suchej zeminy ϱ_d	g . cm^{-3}	1,52	1,70	1,36
Objemová hmotnosť vlhkej zeminy ϱ_n	g . cm^{-3}	1,93	2,25	1,75
Merná hmotnosť ϱ_s	g . cm^{-3}	2,67	2,71	2,60
Pórovitosť n	%	43,6	49,2	36,9
Stupeň nasýtenia S_N	%	92,2	100,0	76,1
Obsah uhličitanov O_u	%	6,8	19,6	0,1
Obsah organických látok O_m	%	0,4	0,8	0,0
Uhol vnútorného trenia φ_u		7°23′	—	—
Súdržnosť c_u	MPa	0,08	—	—
Oedometrický modul M_o	MPa			
— pre priťaženie 0,1 MPa		6,78	—	—
— pre priťaženie 0,1—0,3 MPa		8,20	—	—
— pre priťaženie nad 0,3 MPa		9,73	—	—

V rámci štatistického spracovania výsledkov boli vyšetrované i vzájomné závislosti niektorých fyzikálnych hodnôt pomocou korelačných vzťahov. Pomerne výrazný vzťah bol potvrdený medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm (ílovitej) a indexom plasticity I_p. V rozmedzí skúmaného súboru (obr. 4) platí lineárny korelačný vzťah vyjadrený rovnicou

$$y = 4{,}12 + 0{,}73x.$$

Uvedený vzťah definuje narastanie indexu plasticity s narastaním obsahu ílovitej frakcie. Ak sa obsah ílovitej frakcie zvýši o 10 %, index plasticity vzrastie o 7,3 %.

S obsahom ílovitej frakcie podľa lineárneho korelačného vzťahu pomerne tesne, ale nevýrazne súvisí i pórovitosť n. S výrazným narastaním obsahu tejto frakcie mierne stúpa pórovitosť. Ak obsah ílovitej frakcie stúpne o 10 %, možno očakávať zvýšenie pórovitosti asi o 1,3 % (obr. 5).

Výrazný lineárny korelačný vzťah bol overený i medzi medzou tekutosti W_T a indexom plasticity I_p (obr. 6). Tento vzťah síce vyplýva priamo z výpočtu indexu plasticity, avšak jeho poznanie umožňuje okamžite po stanovení medze tekutosti určiť počtovo približnú hodnotu indexu plasticity. Vzťah je definovaný lineárnym korelačným vzťahom:

$$y = 0{,}662x - 4{,}516$$

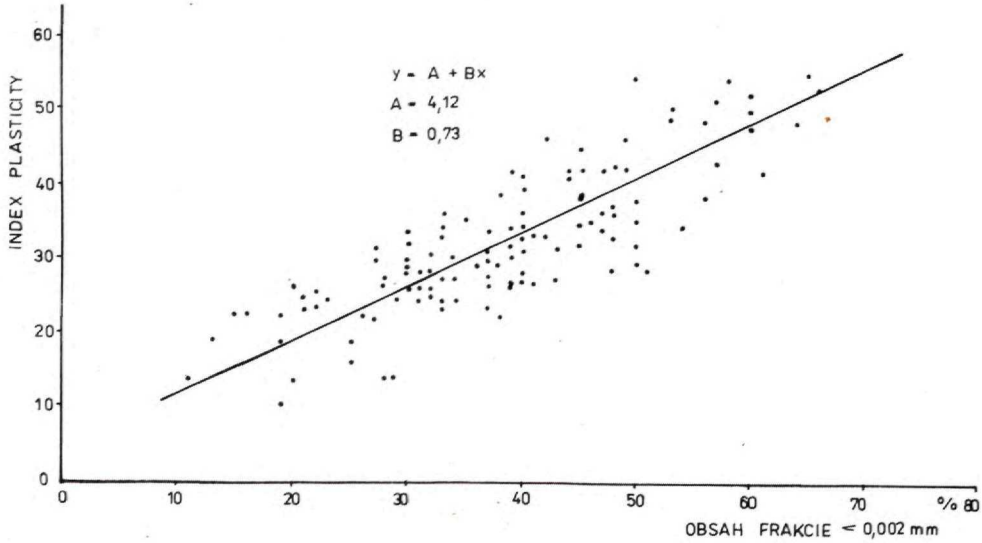
Z obrázkov 7, 8 a 9 vyplýva, že medza tekutosti ovplyvňuje pomerne zreteľne (i

keď nemožno tvrdiť, že tesne, vzhľadom na nízku hodnotu tesnosti korelácie) i objemovú hmotnosť vlhkej a vysušenej zeminy a pórovitosť. Jednotlivé vzťahy uvedených vlastností s medzou tekutosti sú definované rovnicami:

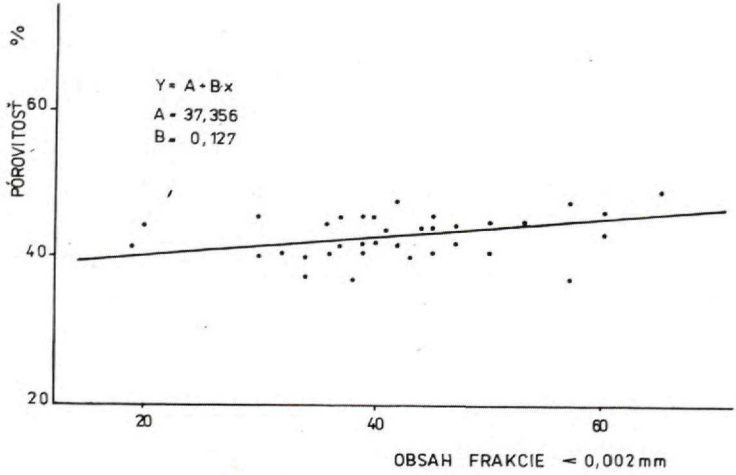
$y = 2{,}07 - 0{,}0019x$ — pre objemovú hmotnosť vlhkej zeminy, (obr. 7);

$\frac{1}{y} = 0{,}90 - \frac{1{,}851}{\sqrt{x}}$ — pre objemovú hmotnosť suchej zeminy, (obr. 8);

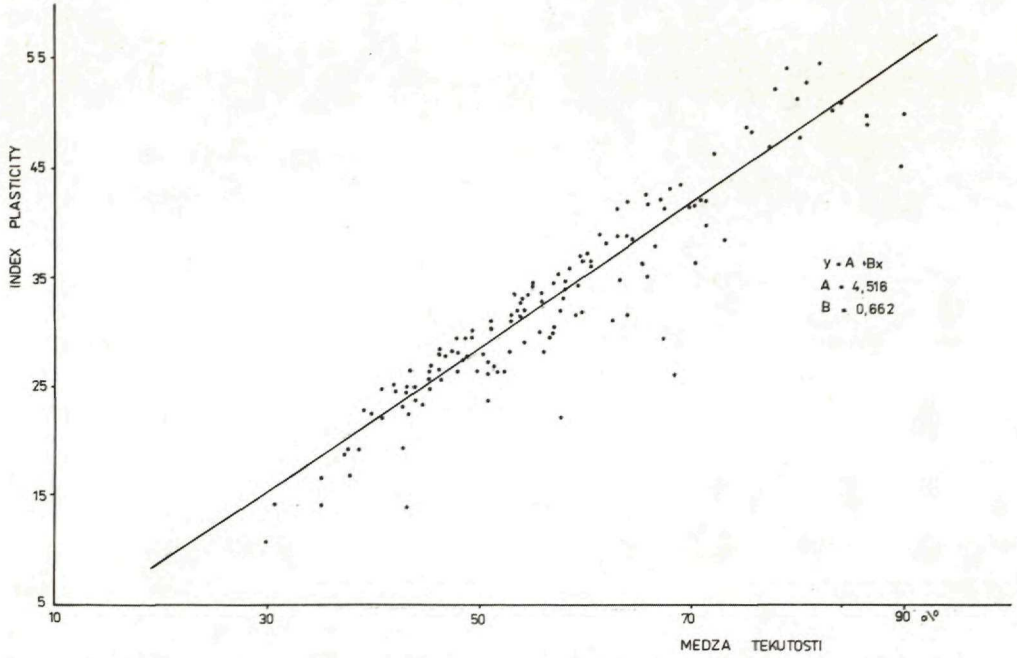
$y = 27{,}1 + 2{,}058x$ — pre pórovitosť. (obr. 9).



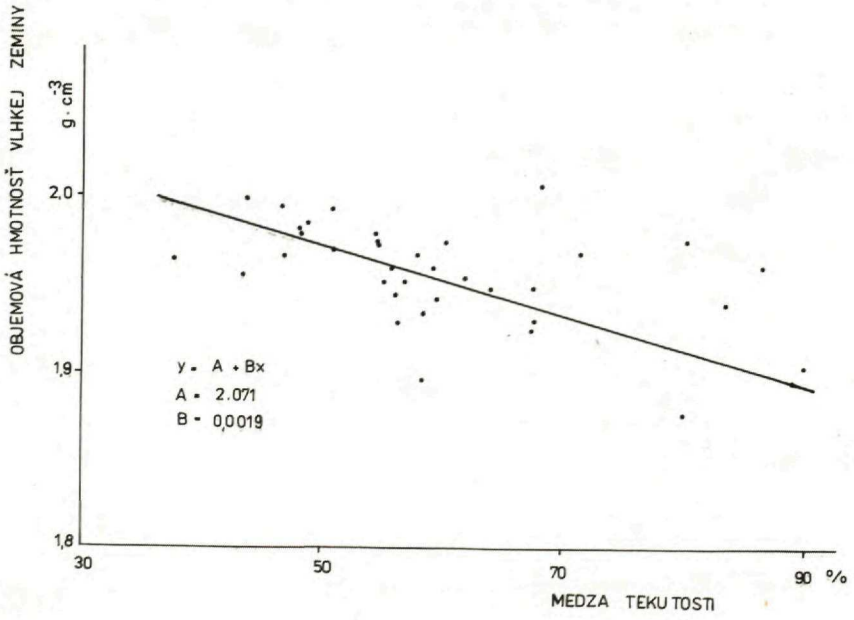
Obr. 4. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s indexom plasticity. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).



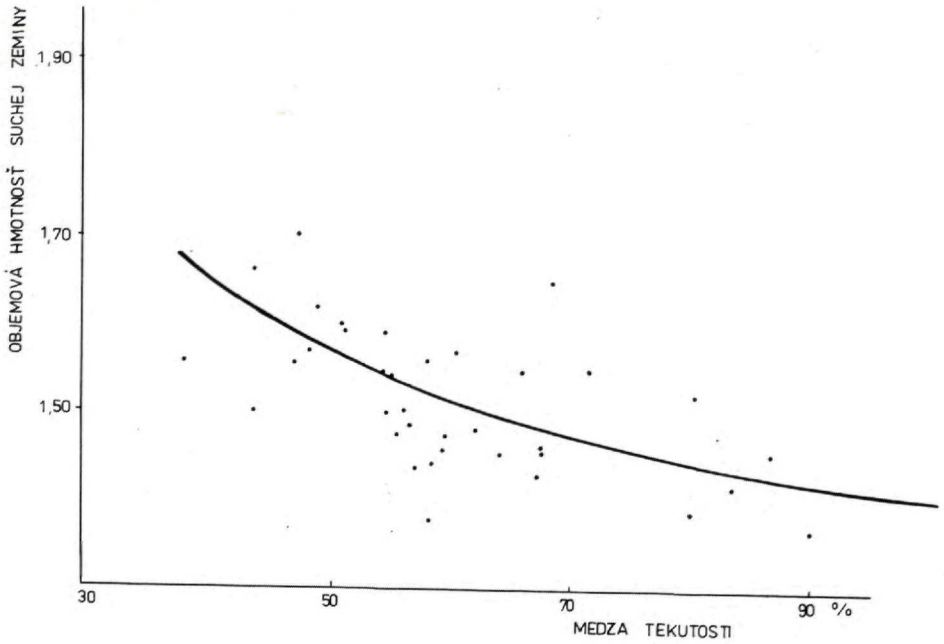
Obr. 5. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s pórovitosťou. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).



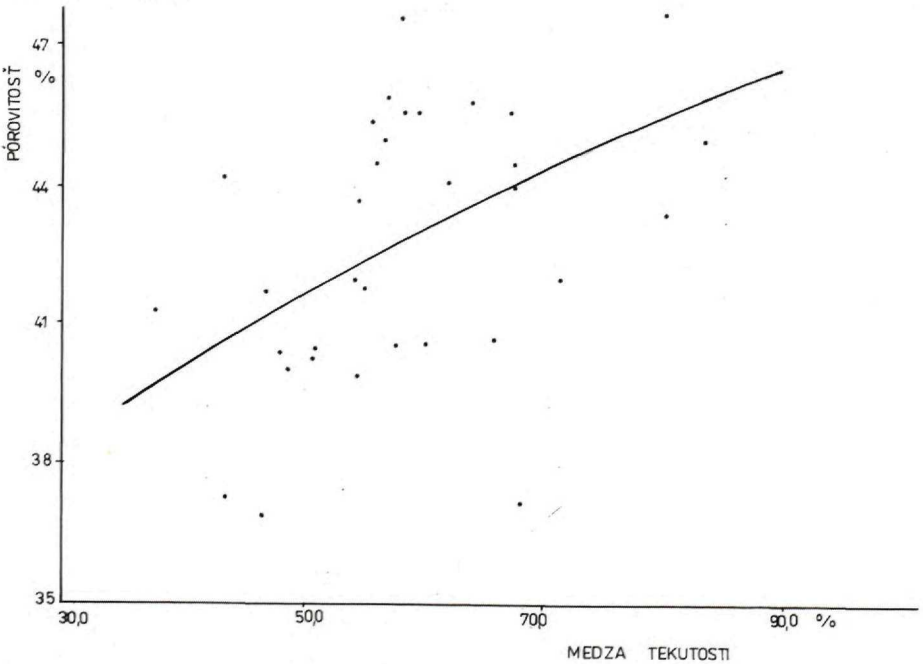
Obr. 6. Korelačný vzťah medze tekutosti s indexom plasticity. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).



Obr. 7. Korelačný vzťah medze tekutosti s objemovou hmotnosťou vlhkej zeminy. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).

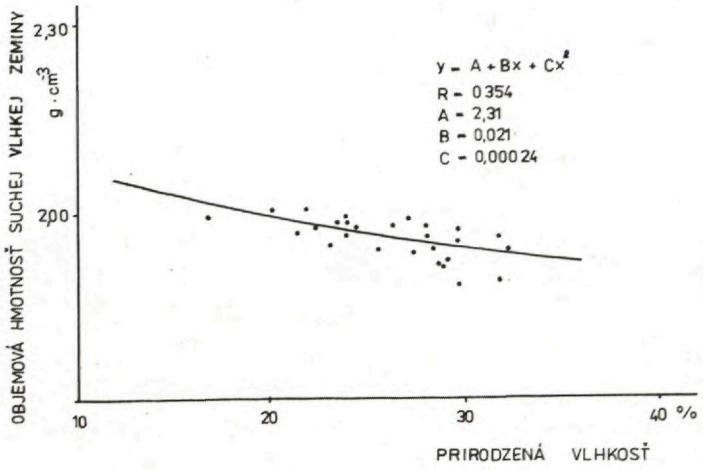


Obr. 8. Korelačný vzťah medze tekutosti s objemovou hmotnosťou suchej zeminy. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).

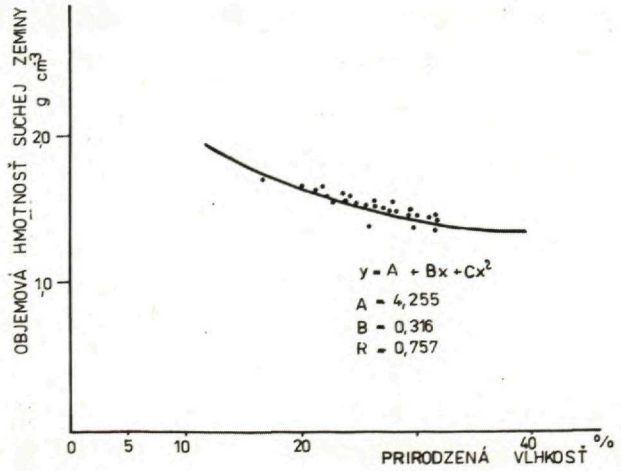


Obr. 9. Korelačný vzťah medze tekutosti s pórovitosťou. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).

Objemové hmotnosti a pórovitosť morských sedimentov karpatu a bádenu ovplyvňuje i prirodzená vlhkosť zeminy (obr. 10, 11, 12). S narastaním vlhkosti sa znižujú hodnoty objemovej hmotnosti vlhkej, ale najmä suchej zeminy a naopak, pomerne výrazne narastá pórovitosť. Tento vzťah svedčí o schopnosti týchto zemín meniť objem v dôsledku zmien vlhkosti, t. j. že sú výrazne napúčavé a zmraštiteľné.



Obr. 10. Korelačný vzťah prirodzenej vlhkosti s objemovou hmotnosťou vlhke zeminy. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).



Obr. 11. Korelačný vzťah prirodzenej vlhkosti s objemovou hmotnosťou suchej zeminy. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).

Vzťah prirodzenej vlhkosti s objemovou hmotnosťou vlhkej zeminy je definovaný rovnicou:

$$y = 2{,}31 - 0{,}021x + 0{,}00024x^2; \qquad \text{(obr. 10)}$$

pre vzťah s objemovou hmotnosťou suchej zeminy platí rovnica:

$$y = 1{,}831 + 0{,}00126x - 0{,}00048x^2; \qquad \text{(obr. 11)}$$

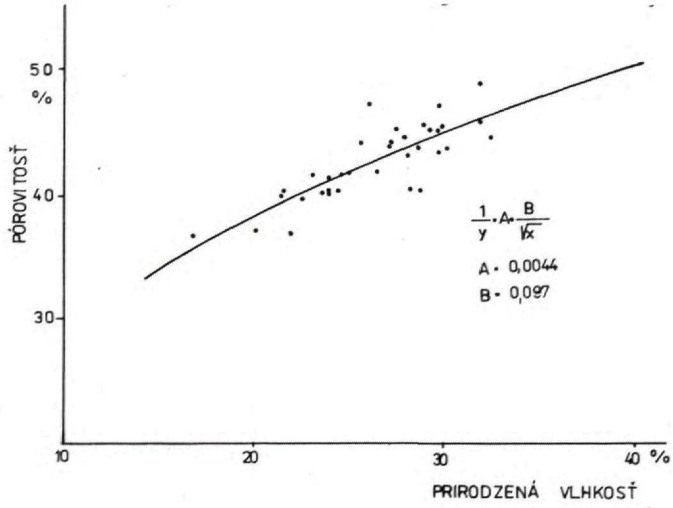
pre vzťah vlhkosti s pórovitosťou platí rovnica:

$$\frac{1}{y} = 0{,}0044 + \frac{0{,}097}{\sqrt{x}}. \qquad \text{(obr. 12).}$$

Na základe zhodnotenia fyzikálnych vlastností a makroskopického vyhodnotenia klasifikujeme jemnopiesčité íly karpatu a bádenu pre jednotlivé druhy stavebnej činnosti nasledovne.

Pre zakladanie pozemných stavieb na plošných základoch ich podľa ČSN 73 1001 zatrieďujeme do skupiny D, trieda 21, t. j. medzi súdržné zeminy s vysokou plasticitou, tuhej konzistencie. Vzhľadom na zistený rozptyl hodnôt čísla konzistencie I_c, môžu sa vyskytovať tieto zeminy i v konzistencii mäkkej a pevnej. Na základe kvalifikovaného odhadu odporúčame v súlade s ČSN 73 1001 pre uvedenú triedu zemín tieto smerné hodnoty mechanických vlastností:

Modul pretvárnosti E_0 [MPa]:	5,0
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]:	0
Súdržnosť c_u [MPa]:	0,05
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,47
Poissonove číslo v:	0,40
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,10



Obr. 12. Korelačný vzťah prirodzenej vlhkosti s pórovitosťou. (Morské sedimenty karpatu a bádenu).

Pre potreby cestného staviteľstva (ČSN 72 1002) klasifikujeme jemnopiesčité íly karpatu a bádenu ako íly a ílovité hliny. Ako podložie ciest zodpovedajú skupine VIII. a X. Ako materiál do násypov ciest sú málo vhodné až nevhodné. Tieto zeminy možno považovať za namŕzavé až nebezpečne namŕzavé; hlavne zeminy skupiny X. podliehajú výrazným objemovým zmenám. Kapilárna vzlínavosť je stredná až vysoká.

Pre hydrotechnické práce (ČSN 73 6824 a 73 6850) klasifikujeme jemnopiesčité íly karpatu a bádenu ako íly skupiny CL a CH — t. j. ako anorganické íly malej, strednej a vysokej plasticity — s odporúčanou hodnotou optimálnej vlhkosti pre zeminy CL $W_{opt.} = 17{,}0—19{,}5$ % a maximálnej objemovej hmotnosti $\varrho_{Dmax} = 1{,}65—1{,}75$ g . cm^{-3}. Pre skupinu zemín CH príslušná norma orientačné hodnoty optimálnej objemovej hmotnosti neuvádza. Na základe skúseností s podobnými typmi zemín možno očakávať optimálnu vlhkosť v rozmedzí 20—22 % a maximálnu objemovú hmotnosť od 1,50—1,60 g . cm^{-3}.

Varhaňovské štrky a štrkovo-aglomeratické súvrstvie

Varhaňovské štrky a ich ekvivalenty sa nachádzajú hlavne na ľavom brehu Torysy, medzi obcami Chrastné a Vajkovce a v pruhu južne od Ortášov až po Vajkovce. Na pravom brehu Torysy sa nachádzajú na území severozápadne od Beniakoviec.

Súvrstvie je litologicky horizontálne aj vertikálne veľmi rôznorodé. Ich spodnou hranicou je horizont redeponovaných pyroklastík ryolitov, ktoré sú silne zvetrané a miestami majú charakter stmelených ílovitých uľahnutých pieskov. Sú bielošedej až bielej farby, s ojedinelými čiernymi úlomkami vulkanických hornín do veľkosti 3—4 cm. Základná horizontálna zložka tufov je ryolitová pemza.

Pre zakladanie pozemných stavieb na plošných základoch (ČSN 73 1001) možno horizont redeponovaných pyroklastík ryolitov klasifikovať ako horniny skupiny A, trieda 7, t. j. poloskalné horniny zvetrané, slabo spevnené, s modulom pretvárnosti $E_0 = 20—25$ MPa. Celkove možno horizont považovať v porovnaní so skalnými horninami za stlačiteľný, v porovnaní so zeminami za veľmi málo stlačiteľný. Môže obsahovať pórovú vodu. Priepustnosť sa pohybuje na úrovni jemných pieskov.

Súvrstvie varhaňovských štrkov tvorí litologicky veľmi pestrá škála piesčitých štrkov, hrubozrnných až strednozrnných pieskov s ílovitými preplástkami väčšinou šedých farieb. Miestami sú oxidmi železa sfarbené do hrdzavohneda. Pre súvrstvie je charakteristické rýchle striedanie zrnitostného zloženia v horizontálnom i vertikálnom smere a krížové zvrstvenie pieskov. Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností je toto súvrstvie značne nerovnorodé v dôsledku pestrosti zrnitostného zloženia. V porovnaní so súdržnými zeminami je však možno súvrstvie považovať za dostatočne, ale nerovnomerne únosné, málo, ale nerovnomerne stlačiteľné, priepustné.

Pre zakladanie pozemných stavieb na plošných základoch odporúčame zatrieďovať štrkovité zeminy do skupiny B, trieda 8 a 10, t. j. zeminy štrkovité, ktorých hrubé zrná sa buď dotýkajú a medzery sú vyplnené piesčitou zeminou, alebo hrubé zrná sa nedotýkajú a medzery sú vyplnené opäť piesčitou zeminou. Do skupiny C,

trieda 12 a 15 zaraďujeme piesok hrubozrnný, nerovnozrnný alebo piesok strednozrnný s prímesou zŕn pod 0,05 mm pod 2 %, stredne uľahnutý.

Odporúčané smerné hodnoty v súlade s ČSN 73 1001 sú nasledovné:

	Trieda			
	8	10	12	15
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]:	200	75	50	25
Uhol vnútorného trenia ϕ' [°]:	40	39	37	32
Poissonove číslo v:	0,29	0,25	0,30	0,30
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,90	0,83	0,74	0,74
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	—	—	1,75	1,70

Pre potreby cestného staviteľstva je možné klasifikovať (ČSN 73 1002) hlavné typy sedimentov tohto súvrstvia ako piesčitý štrk, piesok so štrkom a piesok. Pre podložie ciest zodpovedajú zeminám skupiny II a III. Ako materiál do násypov cestných komunikácií možno tieto zeminy považovať za veľmi vhodné. Sú veľmi dobre priepustné, s nepatrnou kapilárnou vzlínavosťou, nenamŕzavé až mierne namŕzavé.

Pre hydrotechnické stavby (ČSN 73 6850 a 73 6824) zodpovedajú skupinám SW a GW. Sú relatívne priepustné. Ako materiál do homogénnej hrádze sú nevhodné, pre tesniacu časť nehomogénnej hrádze sú tiež nevhodné, pre stabilizačnú časť je ich možno považovať za výborné až vhodné. ČSN 6824 odporúča používať pre uvedené skupiny nasledovné orientačné hodnoty vlastností:

	Skupina	
	GW	SW
Optimálna vlhkosť W_{opt} [%]	13,3	10,8—15,8
Maximálna objemová hmotnosť $\varrho_{D\,max}$ [g . cm^{-3}]	1,91	1,83—1,99

Pre zemné práce zodpovedajú zeminy tohto súvrstvia triede 2 a 3 (ČSN 73 3050).

Pestré ílovité jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu

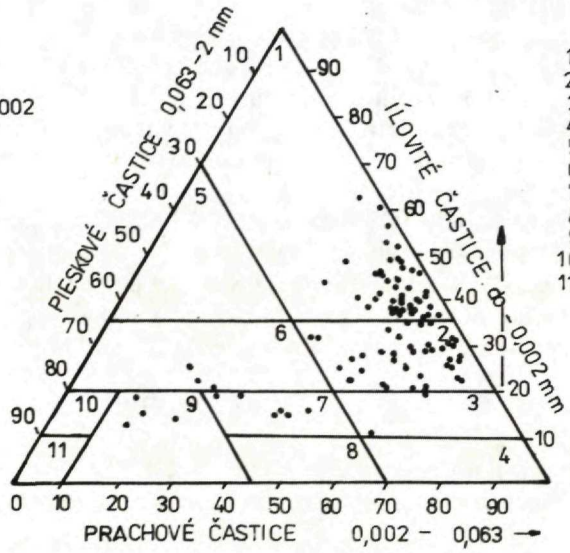
Táto séria vrstiev sa vyskytuje na pravom brehu Torysy a lemuje východný okraj košickej štrkovej formácie na ľavom brehu. V geologickej literatúre je označovaná ako pestrá pelitická séria a íly sarmatu (J. Janáček 1974). Súvrstvie je litologicky veľmi pestré, ale v prevažnej miere ho tvoria svetlozelenošedé až svetlošedé, jemnopiesčité až piesčité vápnité íly. Časté sú tiež vložky pieskov, piesčitých a hlinitých štrkov, väčšinou drobnozrnných, a ílov s tufitmi. V prevahe sú súdržné zeminy. Najväčšie zastúpenie majú íly (asi 60 %), menej ílovité hliny (asi 25 %) a najmenej hlinité sedimenty (15 %). Podiel piesčitých a štrkovitých zemín je bezvýznamný. Íly obsahujú hlavne Ca montmorilonit, menej ilit a kaolinit. Vyskytujú sa poväčšine pod kvartérnym pokryvom. V údolných nivách tvoria priamo podložie pod fluviálnymi sedimentmi. V pahorkatinných oblastiach sa nachádzajú pod deluviálnymi sedimentmi. Na povrch územia vystupujú hlavne v strmších častiach pahorkatiny alebo v odlučných stenách svahových deformácií.

Súvrstvie ílovitých jazerných sedimentov vrchného bádenu a sarmatu je zrnitostne pomerne pestré. Je znázornené v trojuholníkovom diagrame na obrázku 13. Vo

vybranom reprezentatívnom súbore kriviek zrnitosti možno podľa uvedeného trojuholníkového diagramu vyčleniť hlavne íly, menej ílovité hliny a čiastočne i hliny piesčité, ílovité hliny piesčité a hlinitý piesok. Podľa diagramu plasticity IAEG obsahuje súbor zeminy hlavne stredne a vysoko plastické, ojedinele i veľmi vysoko plastické a nízko plastické (obr. 13).

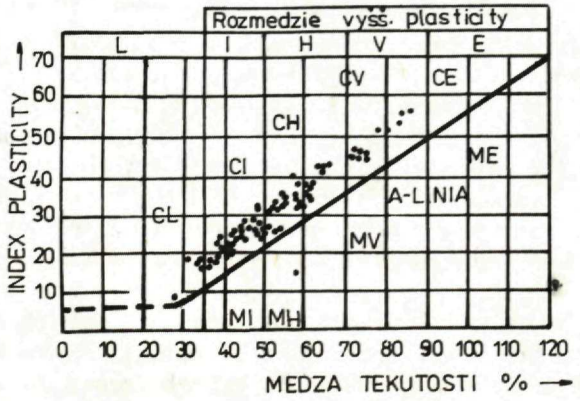
Medzi niektorými fyzikálnymi vlastnosťami existujú pomerne dobré korelačné vzťahy. Obsah ílovitej frakcie pod 0,002 mm veľmi dobre koreluje s medzou

PODĽA ČSN 72 1002



1 - íl
2 - ílov. hlina
3 - hlina
4 - prach. hlina
5 - piesč. íl
6 - íl. hlina piesčitá
7 - piesč. hlina
8 - prach. piesok
9 - hlinitý piesok
10 - ílovitý piesok
11 - piesok

PODĽA IAEG



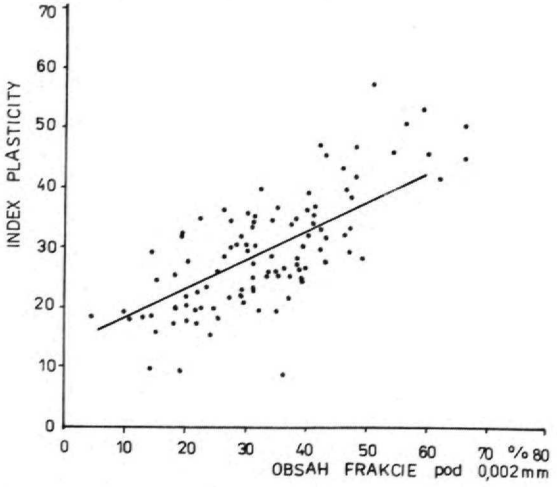
M - silt
C - íl

PLASTICITA:
L - nízka
I - stredná
H - vysoká
V - veľmi vysoká
E - extrémne vysoká

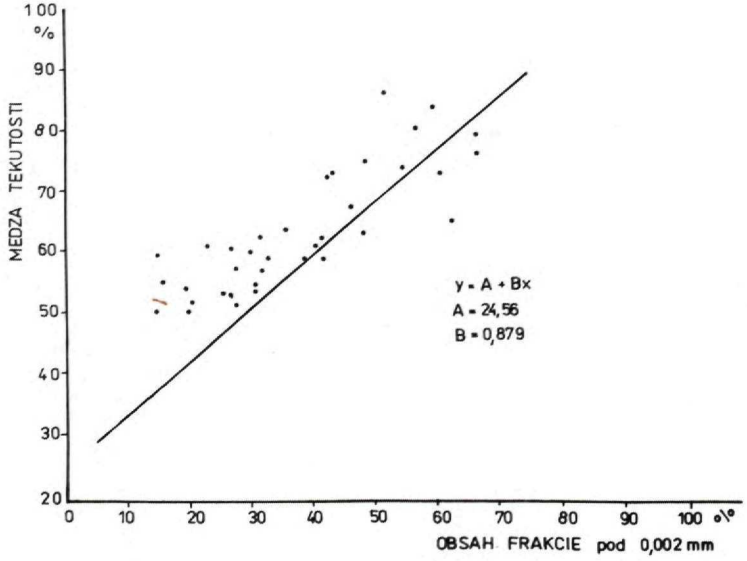
Obr. 13. Trojuholníkový diagram a diagram plasticity jazerných sedimentov vrchného bádenu a sarmatu.

tekutosti, medzou tvárlivosti, s indexom plasticity, pórovitosťou a s prirodzenou vlhkosťou. Uvedené korelácie (obr. 14, 15, 16, 17, 18) pomerne presne vyjadrujú lineárne funkcie v tvare:

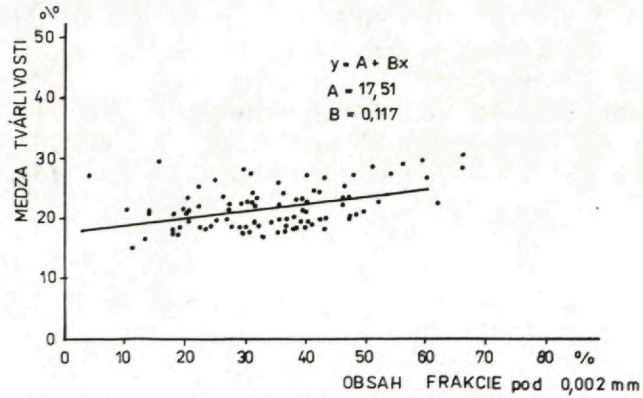
$y = 13{,}68 + 0{,}486x$ — pre index plasticity (obr. 14)
$y = 17{,}51 + 0{,}117x$ — pre medzu tvárlivosti (obr. 16)
$y = 24{,}50 + 0{,}879x$ — pre medzu tekutosti (obr. 15)



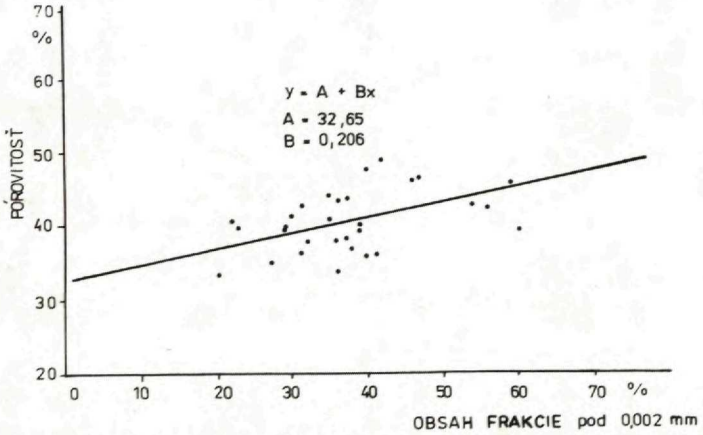
Obr. 14. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s indexom plasticity. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).



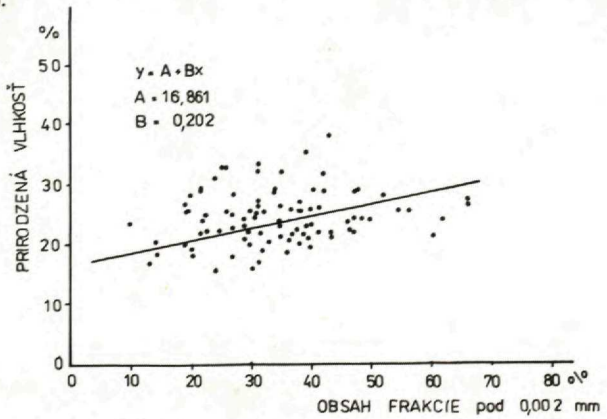
Obr. 15. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s medzou tekutosti. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).



Obr. 16. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s medzou tvárlivosti. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).



Obr. 17. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s pórovitosťou. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).



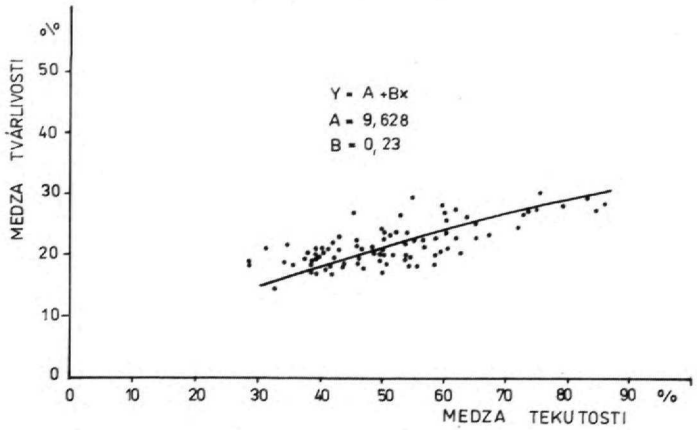
Obr. 18. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s prirodzenou vlhkosťou. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).

$y = 34{,}94 + 0{,}130x$ — pre pórovitosť (obr. 17)
$y = 16{,}81 + 0{,}202x$ — pre prirodzenú vlhkosť. (obr. 18)

Z uvedených rovníc vyplýva, že pri zvýšení obsahu ílovitej frakcie pod 0,002 mm o 10 % index plasticity narastie približne o 4,9 %, pórovitosti asi o 2 % a prirodzená vlhkosť tiež asi o 2 % v priemere.

Dostatočne tesne ($R = 0{,}91$) koreluje tiež medza tekutosti s medzou tvárlivosti (obr. 19) podľa lineárnej funkcie:

$$y = 9{,}628 + 0{,}23x$$



Obr. 19. Korelačný vzťah medze tekutosti s medzou tvárlivosti. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).

Tento vzťah odporúčame používať pre rýchly a efektívny výpočet medze tvárlivosti a indexu plasticity. Z korelačných vzťahov pórovitosti s indexom plasticity, prirodzenou vlhkosťou, obsahom frakcie pod 0,005 mm alebo medzou tekutosti možno približne určiť pórovitosť pre rôzne typy súboru (obr. 20, 21, 22, 23) podľa lineárnych funkcií. Pre jednotlivé korelačné vzťahy platí:

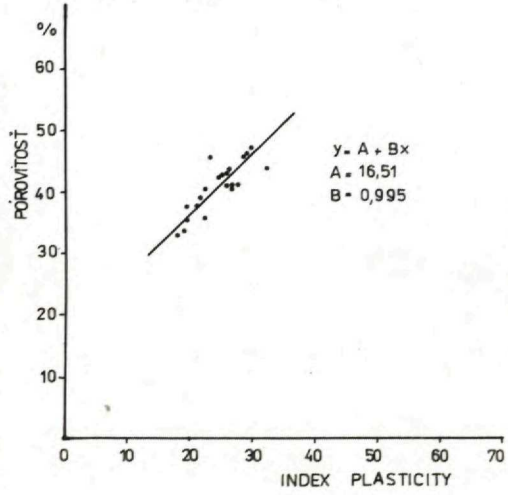
$y = 32{,}65 + 0{,}206x$ — pre obsah frakcie pod 0,002 mm (obr. 22)
$y = 29{,}09 + 0{,}202x$ — pre medzu tekutosti (obr. 23)
$y = 16{,}51 + 0{,}995x$ — pre index plasticity (obr. 20)
$y = 17{,}88 + 0{,}967x$ — pre prirodzenú vlhkosť. (obr. 21)

Na základe uvedených korelačných vzťahov možno očakávať zvyšovanie pórovitosti s narastaním obsahu frakcie pod 0,005 mm (asi o+1,3 % pri zvýšení obsahu frakcie o 10 %), medze tekutosti (asi o +2 % pri zvýšení medze tekutosti o 10 %), indexu plasticity a prirodzenej vlhkosti (o 10 % pri zvýšení oboch hodnôt o 10 %).

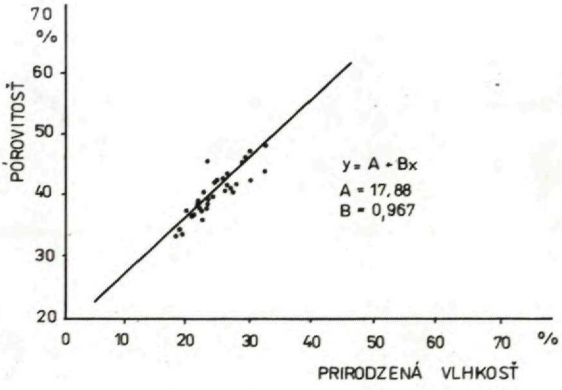
Pre potreby zakladania stavieb v súvrství ílovitých jazerných sedimentov vrchného bádenu a sarmatu možno vyčleniť tri inžinierskogeologicky rovnorodé typy zemín, a to na základe ich granulometrického zloženia. Sú to íly, ílovité hliny a skupina ílovito-piesčitých hlín až hlinitých pieskov. Pre tieto rovnorodé typy boli laboratórne stanovené charakteristické hodnoty fyzikálnych a mechanických vlastností. Sú uvedené v tabuľke 6.

Pre zakladanie pozemných stavieb na plošných základoch klasifikujeme podľa ČSN 73 1001 uvedené typy zemín ako skupinu D, trieda 20, 21 čiastočne i 19 (ílovito-piesčité hliny) s tuhou až pevnou konzistenciou. Ako smerné hodnoty odporúčame používať priemerné hodnoty uvedené v tabuľke 6. V zmysle ČSN 73 1001 odporúčame pre triedy 20 a 21 hodnotu súčiniteľa $\beta = 0{,}47$ a Poissonove číslo $\nu = 0{,}40$; pre triedu 19 je hodnota $\beta = 0{,}62$ a $\nu = 0{,}35$.

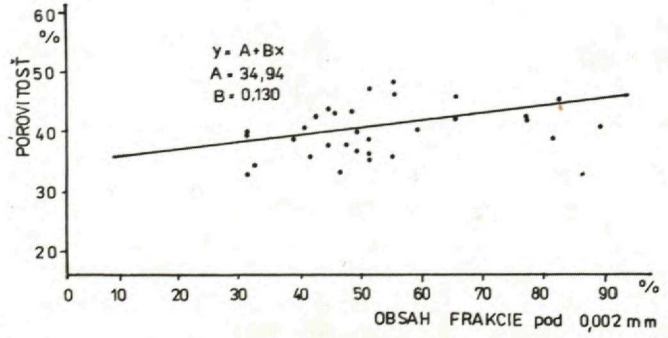
Podľa ČSN 72 1002 zatrieďujeme pre cestné komunikačné stavby súvrstvie ílovitých jazerných sedimentov vrchného bádenu a sarmatu medzi íly, ílovité hliny,



Obr. 20. Korelačný vzťah indexu plasticity s pórovitosťou. (Jazerné sedjmenty vrchného bádenu a sarmatu).

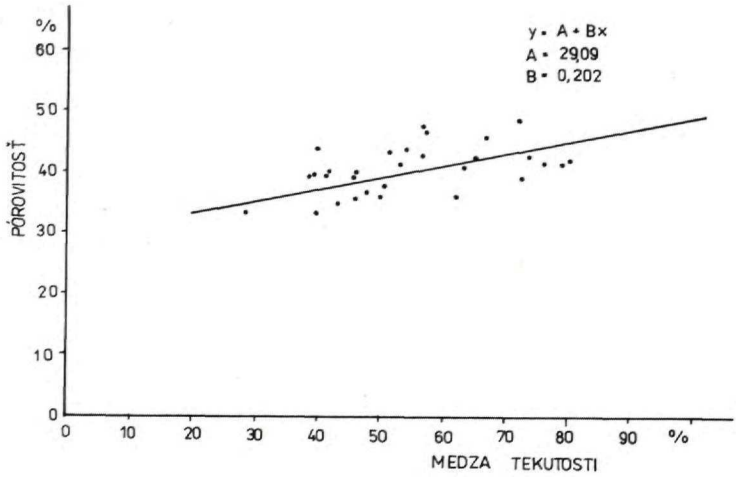


Obr. 21. Korelačný vzťah prirodzenej vlhkosti s pórovitosťou. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).



Obr. 22. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s pórovitosťou. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu).

hliny piesčité, ílovité hliny piesčité a hlinité piesky. Tieto typy zemín považujeme za nebezpečne namŕzavé s vysokou kapilárnou vzlínavosťou. Do násypov cestných telies sú prevažne málo vhodné až nevhodné.



Obr. 23. Korelačný vzťah medze tekutosti s pórovitosťou. (Jazerné sedimenty vrchného bádenu a sarmatu.

Tabuľka 6

Fyzikálne a mechanické vlastnosti ílovitých jazerných sedimentov vrchného bádenu a sarmatu

		Íly			Ílovité hliny			Ílovito-piesčité hliny		
		$\bar{x}$	x max	x min	$\bar{x}$	x max	x min	$\bar{x}$	x max	x min
Medza tekutosti W_T	%	63,1	97,3	46,7	42,7	54,8	37,2	35,6	48,0	27,6
Medza tvárlivosti W_P	%	27,1	56,4	16,6	20,0	36,2	14,5	22,0	38,8	15,4
Index plasticity I_P		35,6	61,6	19,7	20,7	27,0	17,7	13,6	16,3	8,2
Číslo konzistencie I_C		0,93	1,29	0,28	0,79	1,14	0,28	0,90	1,40	0,19
Prirodzená vlhkosť W_N	%	30,1	57,8	15,4	24,7	35,1	13,7	22,6	42,6	11,4
Objemová hmotnosť vlhká ϱ_n	g . cm^{-3}	1,86	2,11	1,39	1,99	2,13	1,94			
Objemová hmotnosť suchá ϱ_d	g . cm^{-3}	1,45	1,76	1,04	1,62	1,80	1,53			
Merná hmotnosť ϱ_s	g . cm^{-3}	2,66	2,73	2,47	2,67	2,70	2,64			
Pórovitosť n	%	43,8	58,7	35,9	38,2	40,2	32,6			
Stupeň nasýtenia S_N	%	91,2	100	64,1	94,2	100	90,3			
Obsah uhličitanov O_u	%	3,9	7,7	0,0						
Súdržnosť c_u	MPa	0,065	0,099	0,031	0,064	0,119	0,37			
Uhol vnútorného trenia φ_u	°	7,22	9,65	6,00	7,55	7,68	7,42			
Oedometrický modul M_o	MPa	7,16	10,17	4,96	4,7	—	—			
Aktivita ílových minerálov A		1,96	2,68	0,90	1,17	1,29	0,86	0,88	1,00	0,76

Ako podložie cestných telies je ich možno zaradiť:
— íly do skupiny IX—X
— ílovité hliny do skupiny VIII—IX
— hliny piesčité, ílovité hliny piesčité, hlinité piesky do skupiny VII a VIII.

Podľa ČSN 73 6850 a 73 6824 zaraďujeme íly do skupiny CH anorganické íly s vysokou plasticitou, ílovité hliny a ílovité hliny piesčité až piesok hlinitý do skupiny CL anorganické íly so strednou plasticitou. Sú to nepriepustné až veľmi nepriepustné zeminy. Ako materiál do homogénnej hrádze sú vhodné až málo vhodné, na tesniacu časť nehomogénnych hrádzí sú zeminy skupiny CH málo vhodné, ale zeminy skupiny CL veľmi vhodné, na stabilizačnú časť nehomogénnych hrádzí možno obe skupiny zemín považovať za nevhodné. Pre zemné práce je zodpovedajúce zatriedenie do 2. (piesčité zeminy) a 3. (íly, ílovité hliny) triedy.

Košická štrková formácia

Tvoria ju sladkovodné limnicko-fluviálne sedimenty vrchnosarmatského až pliocénneho veku. Sedimenty sa ako komplex vyznačujú veľmi pestrým zrnitostným zložením. Patria sem hlavne štrky s rôznym obsahom ílovitej, prachovitej a piesčitej frakcie, hliny, ílovité hliny a piesčité hliny s rôznym obsahom štrkovitých frakcií, stredné piesky, spravidla s významnou zložkou hlinitej prímesi, a tiež ílovité a piesčité hliny. Faciálne môžme tieto sedimenty zaradiť medzi plytkovodné a príbrežné sedimenty, čomu zodpovedajú aj ich textúrne a štruktúrne vlastnosti. Podľa T. Budaya (1960) a J. Janáčka et al. (1967, 1974) sedimenty košickej štrkovej formácie vznikli v troch sedimentačných cykloch, a to v spodnosarmatskom, pliocénnom a vrchnopliocénnom. Pliocénna časť súvrstia je zreteľne uložená vodorovne, staršie časti súvrstvia, t. j. spodnosarmatské, upadajú mierne k východu. Charakteristickým znakom súvrstvia je striedanie súdržných a nesúdržných zemín, pričom jednotlivé vrstvy sú pomerne zreteľne ohraničené. Často vytvárajú šošovky, ktoré rýchlo vykliňujú. Priebeh rozhrania jednotlivých litologických typov zemín býva nepravidelne zvlnený kryoturbáciou. Hrúbka vrstiev a šošoviek je rôzna, pohybuje sa od niekoľkých decimetrov do 4—5 metrov.

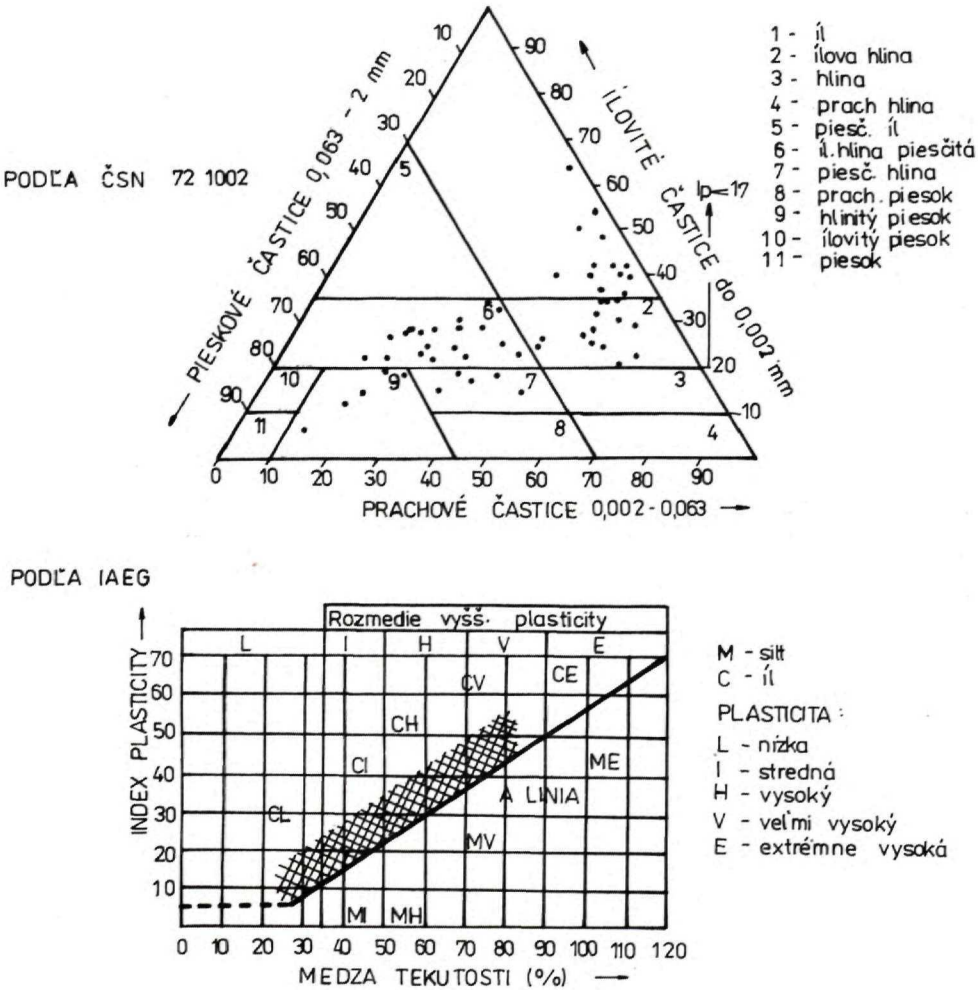
Sedimenty košickej štrkovej formácie vystupujú hlavne v pahorkatinných častiach územia. Vyskytujú sa južne od Budimíra v území medzi Torysou a Hornádom, vo vrcholových elevációch v širšom okolí Rozhanoviec, v okolí Myslavy, južne od Nižného Klatova, Bukovca, Lorinčíka, Pereša a inde, v pomerne značných hrúbkach. V údolí Hornádu a na priľahlých svahoch sú prikryté štvrtohornými útvarmi, no často vystupujú i priamo na povrch.

Z hľadiska inžinierskogeologických vlastností celé súvrstvie musíme považovať v dôsledku pestrej zrnitosti za nerovnorodú formáciu. Vyplýva to nielen z predchádzajúcej litologickej charakteristiky sedimentov košickej štrkovej formácie, ale potvrdzuje to i trojuholníkový diagram a diagram plasticity, v ktorých sú zatriedené súdržné sedimenty opisovanej formácie (obr. 24).

Podľa trojuholníkového diagramu zrnitostnej klasifikácie vyskytujú sa tu íly, ílovité hliny a piesčité hliny, ílovité hliny piesčité a hlinité piesky. Svojou plasticitou — podľa diagramu plasticity IAEG — zodpovedajú anorganickým ílom nízkej až

veľmi vysokej plasticity, teda obsahujú zeminy v celom rozsahu klasifikácie. Analýzou rozmiestnenia bodov v trojuholníkovom a plasticitnom diagrame možno však konštatovať, že nejde o ostro vymedzené skupiny zemín, ale o skupiny zemín so vzájomným pozvoľným prechodom. Dokumentujú to i korelačné vzťahy medzi základnými fyzikálnymi vlastnosťami. Na obrázku 25 je znázornený korelačný vzťah medzi frakciou pod 0,002 mm a indexom plasticity I_p, ktorý je v celom rozsahu spojitý a definovaný mocninovou rovnicou regresnej krivky:

$$y = 1{,}1855x^{0{,}925}$$



Obr. 24. Trojuholníkový diagram a diagram plasticity sedimentov Košickej štrkovej formácie.

pri tesnosti korelácie R = 0,96. Pri zvýšení obsahu frakcie pod 0,002 mm o 10 % možno očakávať zvýšenie indexu plasticity asi o 8,3—9,0 %. Pomerne tesný korelačný vzťah existuje aj medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm a medzou tekutosti (obr. 26). Je definovaná mocninovou rovnicou regresnej krivky v tvare

$$y = 1{,}175x^{1{,}106}, \tag{1}$$

a lineárnou rovnicou priamky v tvare

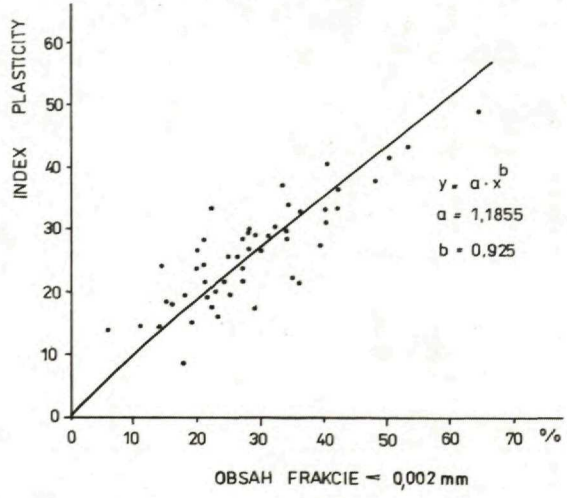
$$y = 15{,}7 + 1{,}0933x. \tag{2}$$

Krivka definovaná rovnicou (1) bola určená počtovo, metódou najmenších štvorcov. Vizuálnou konfrontáciou rozmiestnenia bodov v grafe s priebehom krivky definovanej rovnicou (1), ako aj z nereálneho výsledku pre $x = 0$, kedy platí $y = 0$ (z čoho vyplýva, že nulový obsah frakcie pod 0,002 mm zodpovedá i nulovej hodnote medze tekutosti, čo možno považovať pre súdržné zeminy za nereálne) možno dospieť k záveru, že rovnica (1) síce matematicky správne charakterizuje vzájomný vzťah dvojíc bodov v grafe, ale definovaná krivka odporuje logickým predpokladom. Z toho dôvodu bol uvedený korelačný vzťah definovaný lineárnou rovnicou priamky (2), ktorú podľa nášho názoru možno považovať za výstižnejšiu. Podľa tejto rovnice pri zvýšení obsahu frakcie pod 0,002 mm o 10 % sa zvýši medza tekutosti asi o 11 %. Tento pomer vzájomného narastania oboch hodnôt však možno považovať za reálny iba v prípade podobného mineralogického zloženia.

Podobne nemožno považovať za výstižné definovanie korelačného vzťahu medzi frakciou pod 0,002 mm a prirodzenou vlhkosťou (obr. 27) pomocou rovnice:

$$y = 1{,}029x^{0{,}918}$$

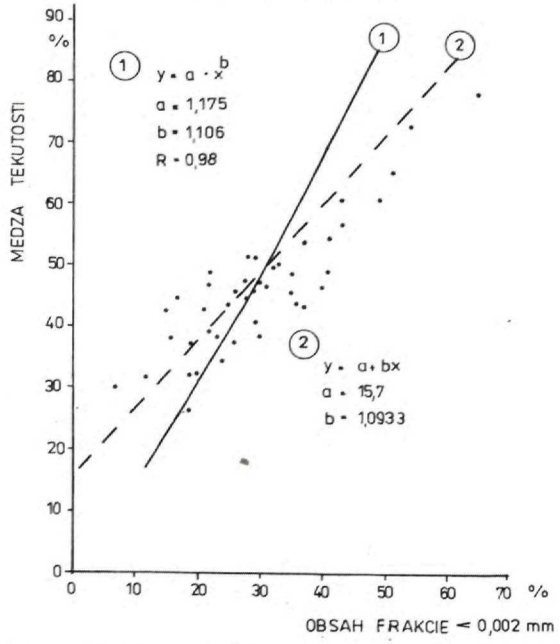
ktorá bola určená taktiež metódou najmenších štvorcov pre maximálnu korelačnú



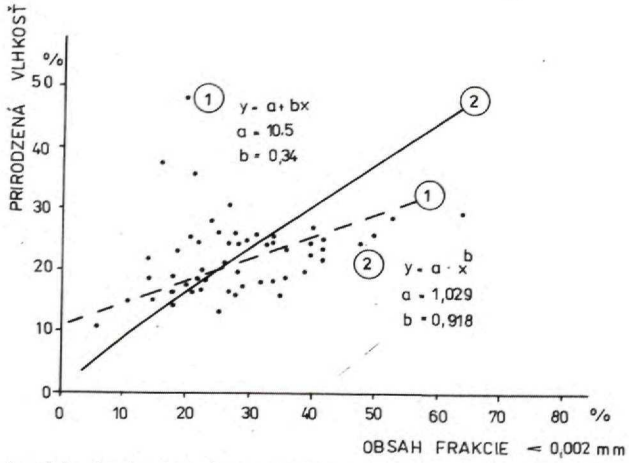
Obr. 25. Korelačný vzťah medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm a indexom plasticity. (Košická štrková formácia).

tesnosť. Za reálnejšiu definíciu považujeme lineárnu rovnicu priamky určenej na základe analýzy rozmiestnenia bodov v grafe, ktorá má tvar

$$y = 10{,}5 + 0{,}34x.$$



Obr. 26. Korelačný vzťah medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm a medzou tekutosti. (Košická štrková formácia).
1 — priebeh určený početne pre maximálnu korelačnú tesnosť, 2 — priebeh určený logickou úvahou.

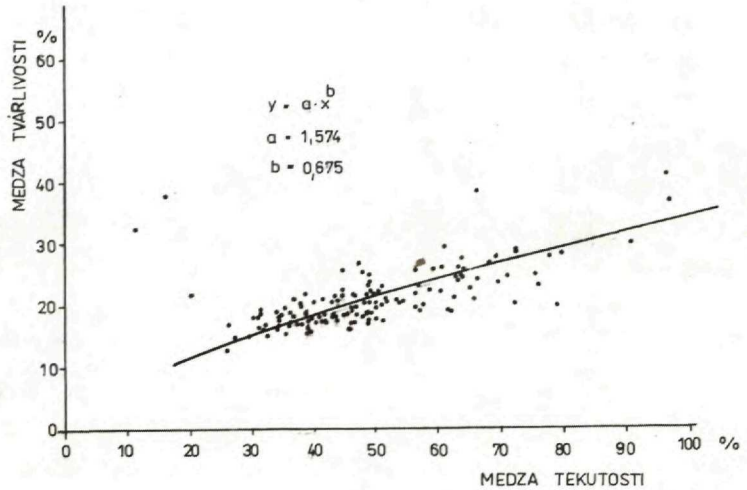


Obr. 27. Korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm s prirodzenou vlhkosťou (Košická štrková formácia).
1 — priebeh určený logickou úvahou, 2 — priebeh určený početne pre maximálnu korelačnú tesnosť.

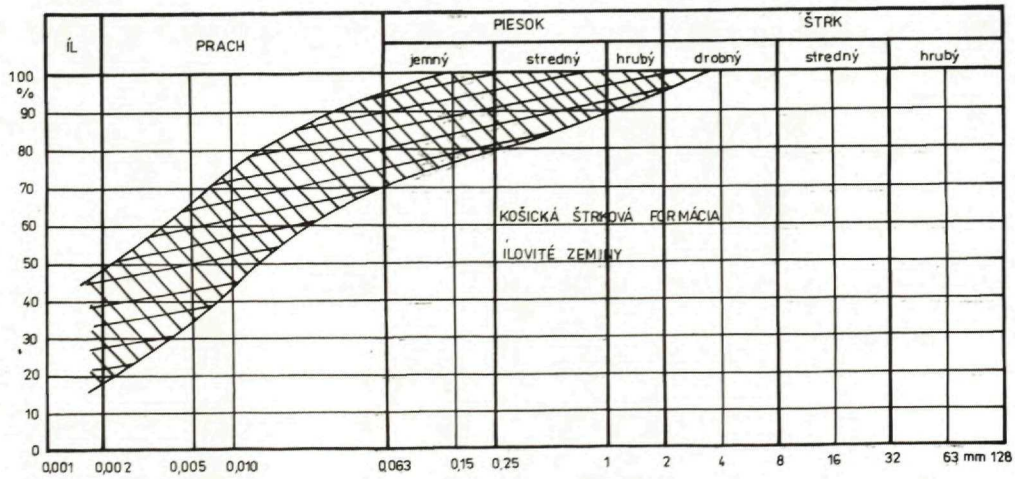
Uvedená rovnica vyjadruje narastanie prirodzenej vlhkosti súdržných zemín s narastaním obsahu frakcie pod 0,002 mm. Zvýšenie obsahu uvedenej frakcie o 10 % vytvára podmienky pre zvýšenie prirodzenej vlhkosti asi o 3,4 %. Tento vzťah platí samozrejme len za rovnakých podmienok pôsobenia klimatických faktorov a porovnateľnej hĺbky hladiny podzemnej vody.

Vyšetrovaná bola aj korelácia medze tekutosti s medzou tvárlivosti (obr. 28). Najtesnejšie vyjadruje vzťah medzi nimi mocninová rovnica regresnej krivky v tvare

$$y = 1{,}574x^{0{,}675}$$



Obr. 28. Korelačný vzťah medze tekutosti s medzou tvárlivosti. (Košická štrková formácia.)



Obr. 29. Obalové čiary kriviek zrnitosti ílovitých zemín. (Košická štrková formácia).

pri tesnosti vzťahu R = 0,89. Podľa uvedeného vzťahu zvýšenia medze tekutosti o 10 % zodpovedá zvýšeniu medze tvárlivosti o 2,5—3,75 %.

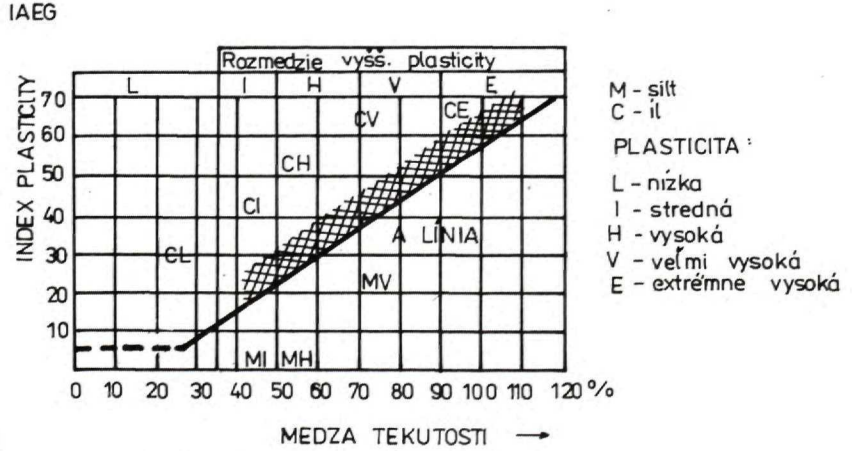
Zhodnotením rozhodujúcich faktorov o inžinierskogeologickej rovnorodosti zemín vyčleňujeme v košickej štrkovej formácii tieto rovnorodé inžinierskogeologické typy zemín:

— ílovité,
— hlinité,
— štrkovito-hlinité,
— štrkovité.

Ílovité zeminy — sú reprezentované prevažne ílmi a ílovitými hlinami spravidla hnedého zafarbenia rôznych odtieňov, nedrobivými, teda pomerne kompaktnými. Hrúbka vrstiev, resp. šošoviek je veľmi premenlivá. Podľa aktivity ílových minerálov obsahujú hlavne ilit a montmorilonit, sporadicky i kaolinit. Zrnitostné zloženie je znázornené obalovými čiarami na obrázku 29.

Podstatný obsah zŕn je tvorený ílovitou (10—48 %) a prachovitou frakciou (45—50 %). Piesčitá frakcia sa vyskytuje v množstve 5—30 %, pričom dosahuje ojedinele až rozmer hrubého piesku. Podľa medzinárodnej klasifikácie plasticity IAEG (obr. 30) sú ílovité zeminy prevažne vysoko a veľmi vysoko plastické, ojedinele i extrémne vysoko plastické, prípadne i stredne plastické. Extrémne vysokú plasticitu sme zistili u ílov výrazne sfarbených do biela a do šeda. Ich hodnoty medze tekutosti sa pohybovali nad 100 %, číslo plasticity mali 60—70. Pre tieto íly bola charakteristická i vysoká pórovitosť, ktorá sa pohybovala až nad hodnotu 50 %. Tieto íly boli lokalizované vo vrte západne od Bankova v hrúbke 2—3 m.

Ílovité zeminy košickej štrkovej formácie obsahujú pomerne malé množstvo uhličitanov — okolo 1—2 % (extrémne až 13 %) a málo organických látok — do 0,34 %. Stupeň nasýtenia sa vo väčšine prípadov blíži k plnému stupňu nasýtenia. Ako extrémne hodnoty boli však výnimočne zistené i hodnoty pod 50 % (v oblasti



Obr. 30. Diagram plasticity ílovitých zemín Košickej štrkovej formácie.

Myslavy). Konzistencia je prevažne tuhá a pevná, v blízkosti hladiny podzemnej vody spravidla i mäkká. Pórovitosť sa pohybuje okolo hodnôt 35—40 %. Priemerné, maximálne a minimálne hodnoty vlastností ílov a ílovitých hlín sú uvedené v tabuľke 7. Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme ílovité zeminy košickej štrkovej formácie do skupiny D, zeminy súdržné, trieda 21 — zeminy s vysokou plasticitou a ojedinele i do triedy 20 — zeminy so strednou plasticitou, tuhej až pevnej konzistencie. Odporúčané smerné hodnoty mechanických hodnôt pre zakladanie stavieb na plošných základoch sú nasledovné:

	Trieda 20		Trieda 21	
	tuhá	pevná	tuhá	pevná
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]:	7,0	10,0	5,0	9,0
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,47	0,47	0,47	0,47
Poissonove číslo ν:	0,40	0,40	0,40	0,40
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]:	0	0	0	0
Súdržnosť c_u [MPa]:	0,05	0,1	0,05	0,1
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,10	2,15	2,10	2,20

Porovnaním smerných hodnôt podľa ČSN 73 1001 a štatisticky určených hodnôt z laboratórnych skúšok (tab. 7) možno konštatovať, že hodnoty modulov Mo určené z laboratórnych skúšok sú nižšie ako smerné hodnoty udané ČSN 73 1001,

Tabuľka 7

Fyzikálne a mechanické vlastnosti ílovitých zemín košickej štrkovej formácie

		Ílovité hliny			Íly		
		$\bar{x}$	x max	x min	$\bar{x}$	x max	x min
Medza tekutosti W_T	%	40,2	49,2	31,1	59,4	86,9	45,2
Medza tvárlivosti W_P	%	19,5	27,2	12,9	23,4	37,0	16,7
Index plasticity I_P		20,6	28,9	15,7	36,0	56,5	25,3
Číslo konzistencie I_C		0,99	1,53	0,48	1,02	1,32	0,65
Prirodzená vlhkosť W_N	%	19,8	29,2	12,2	22,7	37,6	12,9
Objemová hmotnosť vlhká ϱ_n	g . cm^{-3}	2,02	2,20	1,91	1,99	2,16	1,75
Objemová hmotnosť suchá ϱ_d	g . cm^{-3}	1,67	1,87	1,50	1,60	1,82	1,30
Merná hmotnosť ϱ_s	g . cm^{-3}	2,69	2,73	2,65	2,70	2,77	2,66
Pórovitosť n	%	36,5	41,9	32,5	39,5	48,5	32,7
Stupeň nasýtenia S_N	%	93,1	100	80,3	95,4	100	84,9
Obsah uhličitanov O_u	%	—	—	—	—	13,0	1,68
Súdržnosť c_u	MPa	0,062	0,123	0,023	0,072	0,120	0,034
Uhol vnútorného trenia φ_u	°	13,8	18,0	7,0	6,0	9,67	3,15
Oedometrický modul M_o*	MPa	5,4	6,0	3,9	6,1	8,0	5,0
Aktivita ílových minerálov A		1,24	2,09	0,69	1,16	2,35	0,80

* Platí pre zeminy tuhej konzistencie

a naopak, hodnoty totálnej pevnosti sú vyššie ako udané smerné hodnoty. Vzhľadom na reálnosť laboratórnych meraní odporúčame preto ako smerné používať hodnoty uvedené v tabuľke 7.

Hlinité zeminy — sú zastúpené hlinami, a to piesčitými, prachovitými a čiastočne i ílovitými, hnedých farieb s rôznymi odtieňmi. Vertikálne i horizontálne sú značne anizotropné. Vytvárajú šošovky rôznych tvarov a hrúbok. Vyznačujú sa malou odolnosťou voči erózii. V zrnitostnom zložení prevláda najčastejšie prachovitá frakcia, ktorej obsah sa pohybuje v rozmedzí 25—50 %. Obsah piesčitých zŕn kolíše a pohybuje sa od 25 do 65 %. Obsah ílovitej frakcie je v rozmedzí 10—28 %. Zrnitostné zloženie vyjadrené obalovými čiarami súboru zrnitosti je na obrázku 31. Podľa diagramu plasticity IAEG majú prevažne strednú a nízku plasticitu (obr. 32), s tuhou až pevnou konzistenciou. V tabuľke 8 sú uvedené charakteristické hodnoty niektorých fyzikálnych vlastností týchto zemín stanovených v laboratóriu.

Pre potreby plošného zakladania objektov klasifikujeme podľa ČSN 73 1001 hlinité zeminy košickej štrkovej formácie ako skupinu D, trieda 19 a 20 — zeminy súdržné, s nízkou a strednou plasticitou, tuhej a pevnej konzistencie, so stupňom nasýtenia väčším ako 80 %. Pre uvedené triedy zemín odporúčame používať tieto smerné hodnoty:

	Trieda 19		Trieda 20	
	tuhá	pevná	tuhá	pevná
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]:	7,0	15,0	6,0	10,0
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]	0	0	0	0
Súdržnosť c_u [MPa]	0,06	—	0,05	0,1
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]	2,05	2,10	2,10	2,15
Poissonove číslo ν	0,35	0,35	0,40	0,40
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001)	0,62	0,62	0,47	0,47

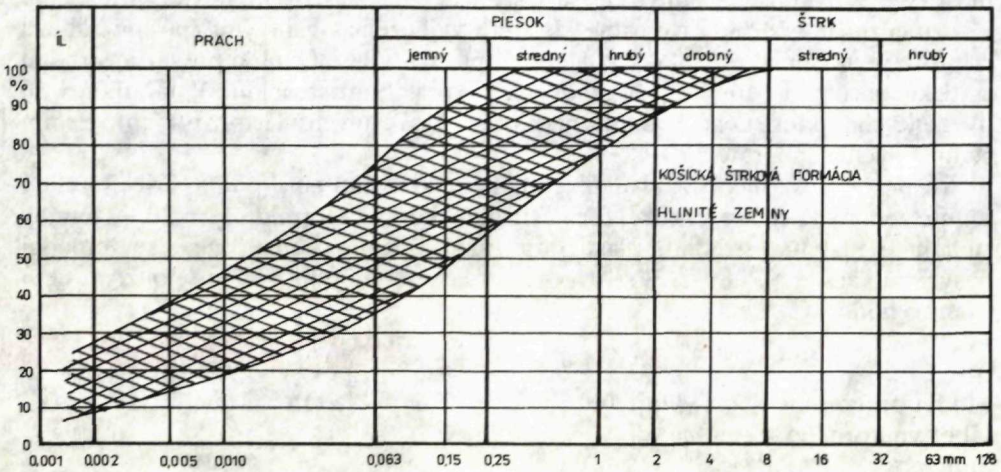
Pre účely výstavby hydrotechnických diel (podľa ČSN 73 6824 a 73 6850) hlinité zeminy zodpovedajú skupine CL. Uvedená norma uvádza ako odporúčanú orientačnú hodnotu optimálnej vlhkosti $W_{opt} = 16—18$ %, ktorá je len o málo nižšia ako priemerná prirodzená vlhkosť hlinitých zemín. Podľa ČSN 73 6850 túto skupinu zemín charakterizujeme ako nepriepustné, vhodné na použitie do homogénnej hrádze, veľmi vhodné na tesniacu časť a nevhodné na stabilizačnú časť nehomogénnej hrádze.

Pre účely výstavby ciest (ČSN 72 1002) sú hlinité zeminy považované za nebezpečne namŕzavé, so strednou až vysokou vzlínavosťou. Ako podložie cestného telesa zodpovedajú VII. a VIII. skupine. Ako materiál na násypy sú málo vhodné. Pre zemné práce platí zatriedenie do 2. triedy.

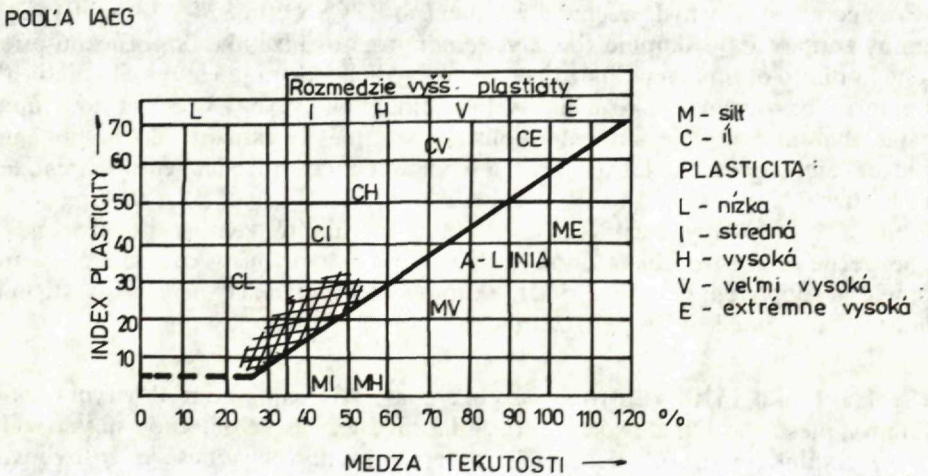
Štrkovito-hlinité zeminy — zodpovedajú zrnitostne ílom, ílovitým hlinám, hlinám a piesčitým hlinám so štrkom. Jednotlivé variety sedimentov sú vertikálne i horizontálne ostro oddelené. Charakter jednotlivých telies je šošovkovitý, s nepravidelnou hrúbkou. Od štrkovitých sedimentov košickej štrkovej formácie sa odlišujú hlavne štruktúrou. Jednotlivé valúny sa navzájom nedotýkajú, ale „pláva-

jú" vo výplni súdržných zemín. Stupeň zvetrania, úložné pomery, opracovanosť valúnov, petrografické zloženie a iné vlastnosti majú zhodné so štrkovitými sedimentmi košickej štrkovej formácie.

Granulometrické zloženie štrkovito-hlinitých zemín vyjadrené obalovými čiarami kriviek zrnitosti je na obrázku 33. Obsahujú 15—45 % štrkovitých frakcií, asi 30—35 % piesčitých frakcií a 30—50 % frakcií súdržných zemín. Súdržné frakcie majú charakter hlavne stredne a vysoko plastických zemín. Ojedinele sú i nízko plastické (obr. 34). Konzistencia je zväčša pevná, menej tuhá a tvrdá. Stupeň



Obr. 31. Obalové čiary kriviek zrnitosti hlinitých zemín Košickej štrkovej formácie.

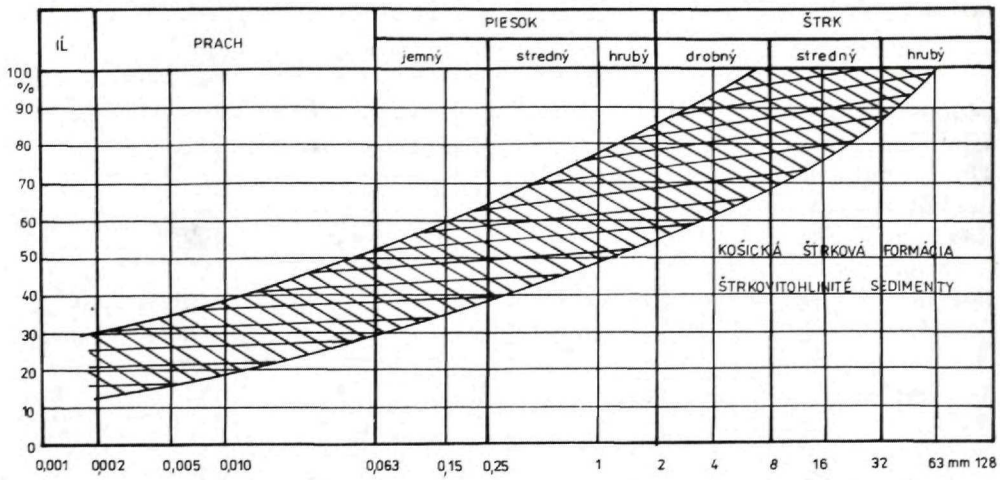


Obr. 32. Diagram plasticity hlinitých zemín Košickej štrkovej formácie.

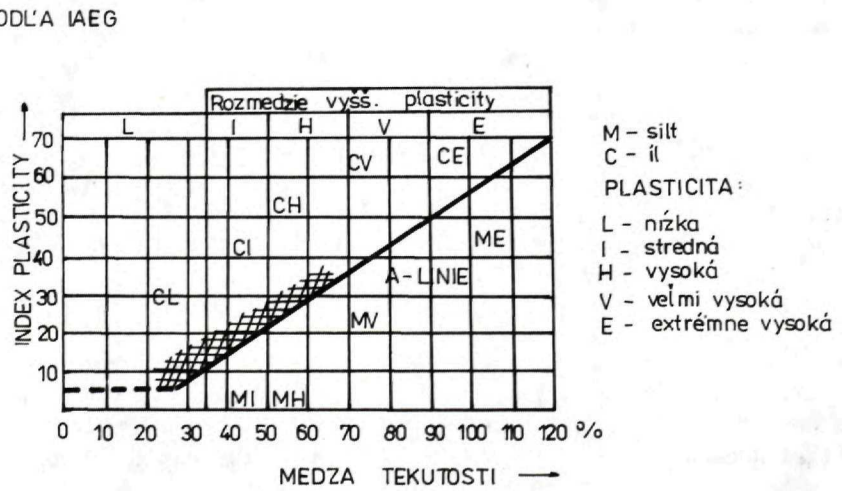
Tabuľka 8

Hodnoty fyzikálnych vlastností hlinitých zemín košickej štrkovej formácie

		$\bar{x}$	x max	x min
Medza tekutosti W_T	%	31,4	41,9	17,2
Medza tvárlivosti W_P	%	17,9	25,3	11,8
Index plasticity I_P		13,5	16,9	6,0
Číslo konzistencie I_C		0,98	1,95	0,22
Prirodzená vlhkosť W_N	%	18,4	26,2	11,4



Obr. 33. Obalové čiary kriviek zrnitosti štrkovito-hlinitých zemín Košickej štrkovitej formácie.



Obr. 34. Diagram plasticity štrkovito-hlinitých zemín Košickej štrkovitej formácie.

nasýtenia súdržnej frakcie sa pohybuje v priemere okolo 85 %. Obsah organických látok a uhličitanov je pod 0,5 %. Sú spravidla nepriepustné.

Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme pre účely plošného zakladania objektov tieto zeminy do skupiny B, trieda 11 — zeminy štrkovité, ktorých hrubé zrná sa nedotýkajú a medzery sú vyplnené zeminou súdržnou. Toto zatriedenie považujeme za zodpovedajúce, i keď obsah štrkovitej frakcie je vo väčšine prípadov nižší ako kritérium v ČSN. S istou výhradou je možné (ak I_p bude menšie ako 1) malú časť silne piesčitých zemín zaradiť do skupiny C, trieda 14 — zeminy piesčité, piesok hrubozrnný s prímesou zŕn menších ako 0,05 mm nad 5 %, a ak I_p je väčšie ako 1, možno uvažovať i so zatriedením do skupiny D, trieda 19, 21. Pre jednotlivé triedy odporúčame nasledovné smerné hodnoty mechanických vlastností:

	Trieda			
	11	19	20	21
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]	15,0	20,0	15,0	8,0
Uhol vnútorného trenia ϕ' [°]	29	—	—	—
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]	—	33	28	12
Súdržnosť c' [MPa]	—	—	—	—
Súdržnosť c_u [MPa]	—	0,01	0,02	0,06
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001)	0,83	0,62	0,47	0,47
Poissonove číslo ν	0,30	0,35	0,40	0,40

Podľa ČSN 72 1002 zatrieďujeme štrkovito-hlinité zeminy pre účely výstavby ciest ako ílovitý piesok so štrkom, piesčité hliny so štrkom, hlinitý piesok so štrkom a ílovitú hlinu piesčitú so štrkom.

Podľa vhodnosti pre cestné podložie patria do skupiny:

III — hlinitý piesok so štrkom
V — ílovitý piesok so štrkom
VI — piesčitá hlina so štrkom
VII — ílovitá hlina piesčitá so štrkom.

Na použitie do násypov ciest sú:

— veľmi vhodné (hlinitý piesok so štrkom)
— vhodné (ílovitý piesok a piesčitá hlina so štrkom)
— málo vhodné (ílovitá hlina so štrkom).

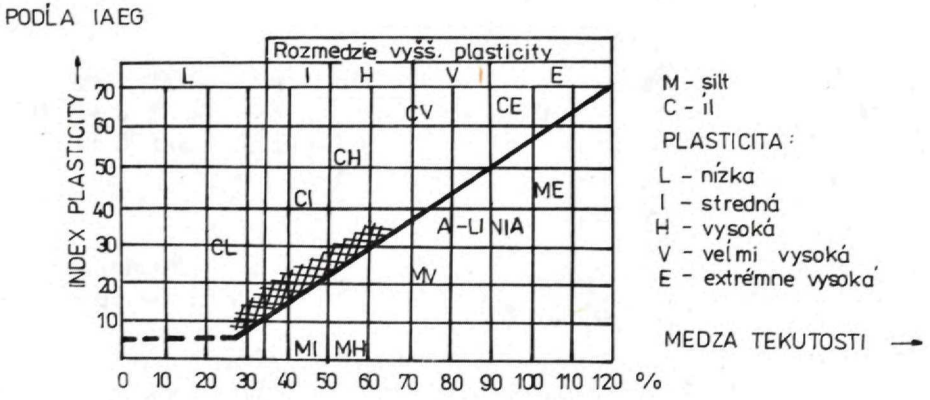
Na výstavbu hydrotechnických diel zodpovedajú štrkovito-hlinité zeminy podľa ČSN 73 6824 a 73 6850 prevažne skupine GC a GM. Tieto skupiny zemín sú málo priepustné až nepriepustné. Ako materiál do homogénnej hrádze sú výborné, na tesniacu časť veľmi vhodné až výborné, ale na stabilizačnú časť nehomogénnej hrádze sú málo vhodné.

Pre zemné práce odporúčame podľa ČSN 73 3050 zatriedenie do 3. až 4. triedy.

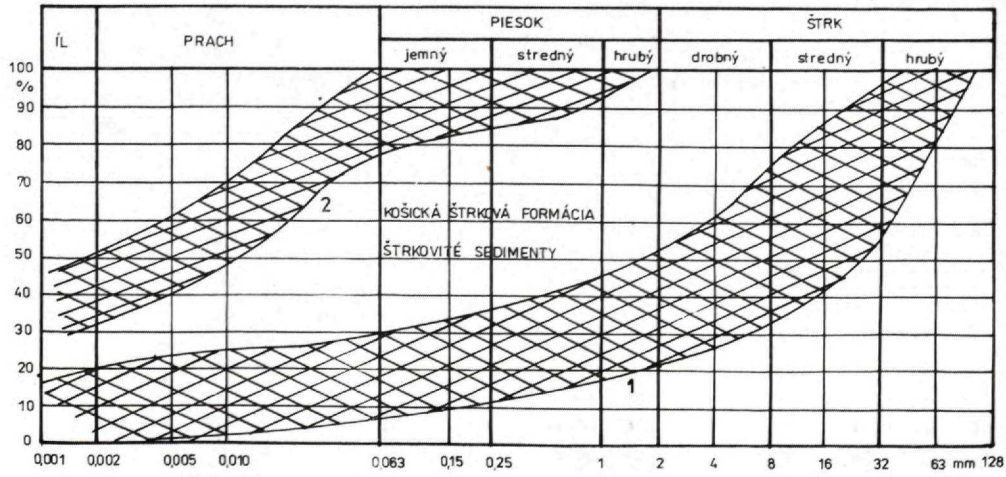
Štrkovité zeminy — sú granulometricky tiež veľmi rôznorodé. Spravidla obsahujú všetky frakcie, t. j. od ílovitej až po ojedinelé balvany. Valúny dosahujú prevažne veľkosť drobno- až strednozrnných frakcií. V spodných častiach súvrstvia sú lokálne slabo stmelené. Všeobecne sú valúny relatívne málo opracované. Podľa M. Mišíka (1955) spodné polohy obsahujú najmä karbonatické a iné menej odolné valúny. Vo vrchných polohách prevláda kremeň, kremence a porfyroidy, ktoré sú

voči zvetrávaniu odolnejšie. Na východ od Torysy, v pahorkatinnej časti, sú štrky zložené iba z odolných druhov hornín. Štrky sú vrstevnaté, miestami prechádzajú do piesčitých polôh, jemno- až strednozrnných, so zreteľným krížovým zvrstvením.

Štrky takmer vždy obsahujú hlinitú výplň, ktorá má charakter hlinito-ílovitý, hlinito-piesčitý, resp. ílovitý. Podľa diagramu plasticity IAEG má výplň charakter prevažne nízko až stredne plastických, prípadne i vysoko plastických zemín (obr. 35). Celkový charakter zrnitosti štrkov a ich výplne je na obrázku 36. Obsahujú 50—80 % štrkovitých frakcií, 12—20 % piesčitých frakcií a 10—30 % prachovitej a ílovitej frakcie. Hlinito-piesčitá výplň tvorí spravidla len výplň dutín medzi valúnmi. Valúny sa navzájom dotýkajú. Vzhľadom na charakter granulometrického zloženia, vŕtateľnosť a schopnosť udržiavať v odkryvoch kolmé steny dá sa



Obr. 35. Diagram plasticity výplne štrkovitých zemín Košickej štrkovej formácie.



Obr. 36. Obalové čiary kriviek zrnitosti štrkových sedimentov Košickej štrkovej formácie.
1 — štrkovité sedimenty; 2 — hlinitá výplň pórov.

predpokladať ich vysoký stupeň uľahnutosti. Zistený dynamický penetračný odpor Rd = 11,5—22,5 MPa. Sú nepriepustné, výnimočne slabo zvodnené.

Ojedinele sa v súvrství košickej štrkovej formácie vyskytujú i hlinité a prachovité piesky s valúnmi štrku do priemeru asi 20 cm. Obsahujú až 30 % valúnov, 50—65 % piesčitých frakcií a 5—50 % prachovito-ílovitých frakcií. Granulometrické zloženie je znázornené obalovými čiarami na obrázku 37. Dynamický penetračný odpor bol zistený v rozpätí Rd = 5,0—7,0 MPa. Prepočítaný oedometrický modul Mo z penetračnej skúšky je Mo = 22,5—28,0 MPa. V podobnom rozmedzí bol vypočítaný i z presiometrickej skúšky Mo = 26,4—31,9 MPa.

Na plošné zakladanie pozemných stavieb, cestného a hydrotechnického staviteľstva odporúčame nasledovné zatriedenie štrkovitých zemín.

Podľa ČSN 73 1001 (na pozemné stavby):

	Trieda	ϱ_n [g . cm^{-3}]	φ' [°]	E_0 [MPa]	β	ν
Štrk piesčitý	8	2,1	36—40	50—100	0,90	0,29
Štrk hlinito-piesčitý	10	2,1	34—38	50—100	0,83	0,25
Štrk piesčito-hlinitý	9	2,1	34—38	50—100	0,90	0,29
Piesok hlinitý	17	2,0—2,1	25—27	8—25	0,74	0,30

Podľa ČSN 72 1002 (na stavby cestných komunikácií):

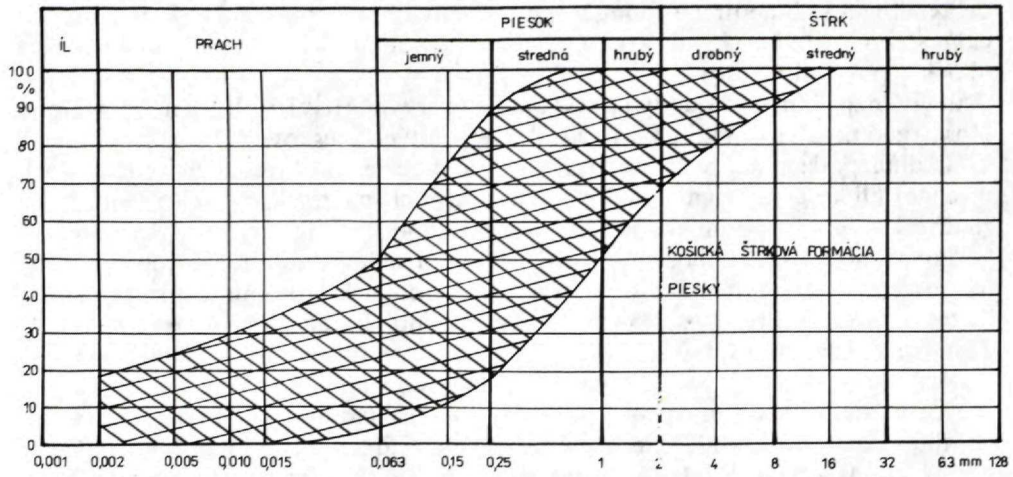
	Kapilárna vzlínavosť	Namŕzavosť	Vhodnosť pre násyp	Vhodnosť pre podložie (trieda)
Štrk piesčitý	—	nenamŕzavý	veľmi vhodný	I
Štrk hlinito-piesčitý	nepatrná	mierne namŕzavý	veľmi vhodný	I—II
Štrk piesčito-hlinitý	stredná	namŕzavý	veľmi vhodný	I—II
Piesok hlinitý	nepatrná až stredná	mierne namŕzavý	veľmi vhodný	V

Podľa ČSN 73 6824 a 73 6850 (pre hydrotechnické stavby):

	Skupina	W_{opt} %	$\varrho_{D\,max}$ g . cm^{-3}
Štrk piesčitý	GW	—	—
Štrk hlinito-piesčitý	GC	—	—
Štrk piesčito-hlinitý	GC	—	—
Piesok hlinitý	SM	14,1—14,9	1,81—1,85

	Použiteľnosť na stavbu		
	homogénnej hrádze	stabilizačnej časti	tesniacej časti
Štrk piesčitý	nevhodný	výborný	nevhodný
Štrk hlinito-piesčitý	výborný	málo vhodný	výborný
Štrk piesčito-hlinitý	výborný	málo vhodný	výborný
Piesok hlinitý	vhodný	vhodný	vhodný

Podľa ČSN 73 3050 je možné uvedený súbor zemín zaradiť do 5. triedy.



Obr. 37. Obalové čiary kriviek zrnitosti pieskov Košidkej štrkovej formácie.

Formácia kvartérnych sedimentov

V mapovanom území pokrýva veľkú časť predneogénnych a neogénnych komplexov. Sedimenty sú litologicky veľmi rôznorodé, čo sa odráža vo variabilite ich inžinierskogeologických vlastností. Ich hrúbka sa pohybuje od 10 cm do 10 m, ale i viac.

V rámci formácie možno vyčleniť nasledovné geologicky rovnorodé faciálno-genetické komplexy:

— deluviálno-eluviálnych sedimentov
— proluviálnych sedimentov
— fluviálnych nivných sedimentov
— fluviálnych terasových sedimentov
— organických sedimentov
— antropogénnych sedimentov.

Deluviálno-eluviálne sedimenty

Rozšírené sú na miernych svahoch a chrbtoch takmer po celom mapovanom území. Vyskytujú sa vo forme kamenito-hlinitých sutín a hlín s úlomkami, ktoré sú rozšírené hlavne v severnej a západnej časti mapovaného územia. Úlomky skalných hornín sú ostrohranné alebo polozaoblené, petrograficky spravidla totožné s horninami skalného podložia. Ich hrúbka je dosť premenlivá, časté sú náhle zmeny hrúbok, najmä na dolomitoch. Tento typ deluviálno-eluviálnych hornín je vyvinutý hlavne na predneogénnych skalných horninách. Štrkovité neogénne sedimenty sú pokryté delúviami prevažne typu hlinitých štrkov a hlín s premenlivým množstvom štrkovitej frakcie. Určenie rozhrania medzi

deluviálnymi sedimentmi a sedimentmi neogénu napr. s košickou štrkovou formáciou alebo varhaňovskými štrkmi je pomerne obťažné pre vizuálnu podobnosť oboch typov sedimentov.

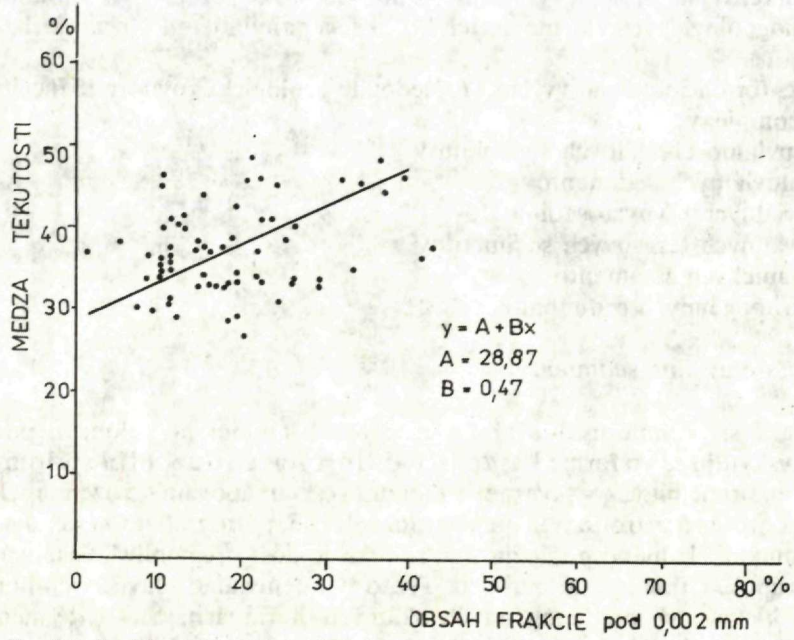
Ílovité neogénne sedimenty pokrývajú delúviá typu ílovitých hlín, hlín alebo íl o v, ojedinele aj ílovito-piesčitých hlín a hlinitých pieskov.

Hladina podzemnej vody sa vyskytuje v deluviálno-eluviálnych sedimentoch v rôznej hĺbke a je priamo závislá na atmosferických zrážkach. Ich priepustnosť značne kolíše a je podmienená podielom súdržnej frakcie.

Ako vidno z uvedeného, litologický charakter deluviálno-eluviálnych sedimentov je veľmi rozmanitý a závislý na podloží. Litologická rozmanitosť sa prejavuje i v tesnosti korelačných vzťahov medzi fyzikálnymi vlastnosťami súboru ako celku. Tesnosti korelačných vzťahov vyjadrených lineárnou funkciou sa väčšinou pohybujú okolo hodnoty 0,50, čo v porovnaní s inými súbormi je hodnota reprezentujúca značne nižšiu úroveň vzájomných vzťahov. Ako príklad uvádzame korelačný vzťah obsahu frakcie pod 0,002 mm a medze tekutosti definovaný lineárnou funkciou $y = 28{,}87 + 0{,}47x$ pri $R = 0{,}46$ a vzťah medzi medzou tekutosti a medzou tvárlivosti definovaný opäť lineárnou funkciou $y = 5{,}98 + 0{,}34x$ pri $R = 0{,}56$ (obr. 38, 39).

V rámci deluviálno-eluviálnych sedimentov vyčleňujeme 4 inžinierskogeologicky rovnorodé typy zemín. Sú to:

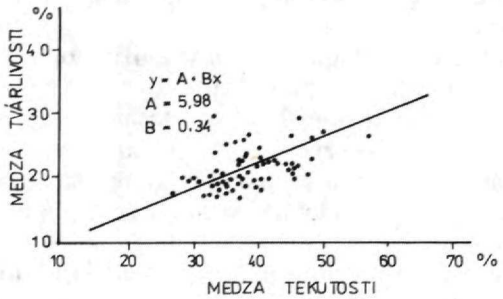
— štrky s hlinitou výplňou
— štrky s hlinitou prímesou
— íly, ílovité hliny
— hliny, hliny prachovité, hliny piesčité.



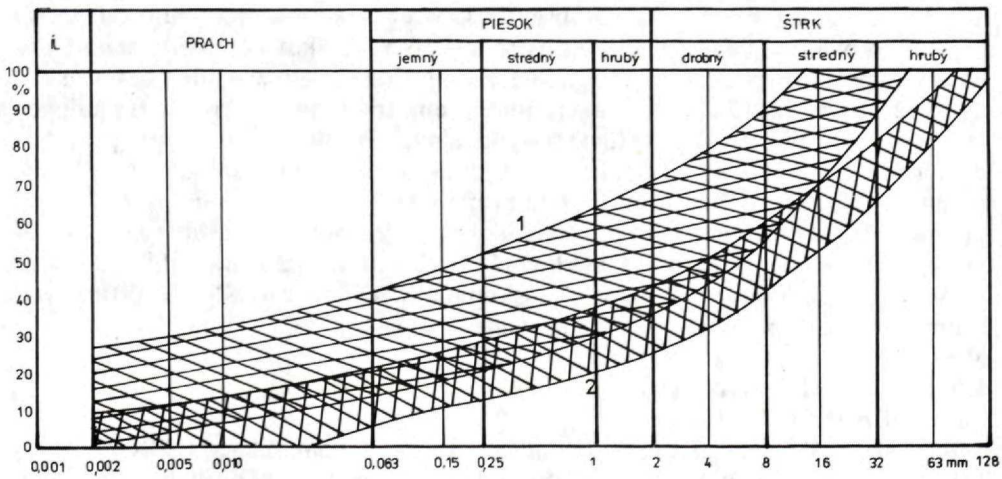
Obr. 38. Korelačný vzťah medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm a medzou tekutosti (Deluviálno-eluviálne sedimenty).

Štrky s hlinitou výplňou, vyskytujú sa spravidla v oblasti výskytu skalných hornín a majú charakter sutinových úlomkovitých zahlinených sedimentov. Ich zrnitostné zloženie je znázornené na obrázku 40. Podstatnú zložku tvoria štrkovité a piesčité frakcie. Okrem toho obsahujú asi do 15 % prachovitej a do 28 % ílovitej frakcie. Pri zníženom obsahu hlinitej frakcie môžu byť slabo zvodnené, s bezvýznamnými zásobami vody. Úlomky hornín sú ostrohranné, navzájom sa zväčša nedotýkajú, s rôznym stupňom zvetrania. Súdržné hlinité frakcie tvoria výplň pórov a dutín medzi úlomkami. Ich medza tekutosti sa pohybuje od 32,6 do 44,8 %, index plasticity od 10,6 do 25,1 a číslo konzistencie od 0,82—1,32. Podľa diagramu plasticity IAEG súdržné frakcie sú nízko a stredne plastické, s tuhou až pevnou konzistenciou. Obsah uhličitanov nepresahuje 0,63 %. Vzhľadom na konzistenciu bude stupeň nasýtenia súdržných frakcií pod hodnotou 80 %.

Podľa ČSN 73 1001 zaraďujeme deluviálno-eluviálne štrky s hlinitou výplňou pre potreby plošného zakladania do skupiny B, trieda 11, t. j. do skupiny



Obr. 39. Korelačný vzťah medzi medzou tekutosti a medzou tvárlivosti. (Deluviálno-eluviálne sedimenty.)



Obr. 40. Obalové čiary kriviek zrnitosti deluviálno-eluviálnych sedimentov.
1 — štrky s hlinitou výplňou; 2 — štrky s hlinitou prímesou.

štrkovitých zemín so súdržnou výplňou pórov, strednej a vysokej plasticity, tuhej až pevnej konzistencie. Pre túto triedu zemín odporúčame v zmysle uvedenej normy nasledovné smerné hodnoty mechanických vlastností:

	Stredne plastické		Vysoko plastické	
	tuhé	pevné	tuhé	pevné
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]	8,0	15,0	6,0	10,0
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]	0	28	0	17
Súdržnosť c_u [MPa]	0,05	0,04	0,05	0,08
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001)	0,47		0,47	

Pre potreby cestného staviteľstva klasifikujeme deluviálno-eluviálne štrky s výplňou ako hlinitý štrk a ílovitý štrk. Tieto typy zemín sa vyznačujú nepatrnou až strednou kapilárnou vzlínavosťou. Sú mierne namŕzavé až namŕzavé. Podľa vhodnosti pre podložie cestných komunikácií zodpovedajú svojimi vlastnosťami triedam III a IV. Do násypov cestných telies sú málo vhodné (hlinitý štrk) až vhodné (ílovitý štrk).

Ako materiál na hydrotechnické stavby možno opisované štrky zaradiť do skupiny GC. Zeminy tejto skupiny klasifikujeme ako nepriepustné, výborne vhodné pre výstavbu homogénnej hrádze a tesniacu časť nehomogénnej hrádze (pokiaľ úlomky nie sú silne zvetrané) a málo vhodné pre stabilizačnú časť nehomogénnej hrádze. Optimálna vlhkosť bude menšia ako 14,7 % a maximálna objemová hmotnosť pravdepodobne väčšia ako 1,84 g . cm^{-3} (ČSN 73 6824, 73 6850).

Pre klasifikovanie zemín pri zemných prácach odporúčame podľa ČSN 73 3050 zatriedenie do 5. triedy.

Štrky s hlinitou prímesou. Vyskytujú sa výlučne v oblastiach výskytu skalných hornín. Sú to sutinové sedimenty s 5—20 % súdržnej frakcie a s 20—25 % piesčitej frakcie. Obsah štrkovitej frakcie sa pohybuje od 55 do 75 %. Štrková frakcia má charakter ostrohranných úlomkov nepravidelného tvaru so značným stupňom zvetrania (obr. 40). Bývajú často zvodnené, ale s bezvýznamnými zásobami vody. Hlinité frakcie majú veľmi podobný charakter fyzikálnych vlastností ako hlinitá výplň deluviálno-eluviálnych štrkov opisovaných v predchádzajúcom. Vzhľadom na nízky obsah hlinitej výplne možno predpokladať, že hrubé úlomkovité zrná sa dotýkajú a hlinitá frakcia tvorí len výplň pórov medzi úlomkami. Pre potreby plošného zakladania v pozemnom staviteľstve klasifikujeme štrky s hlinitou prímesou ako štrkovité zeminy, ktorých zrná sa dotýkajú a póry sú vyplnené súdržnou zeminou; t. j. skupina B, trieda 9 (ČSN 73 1001). Ako smerné hodnoty pre túto triedu uvádzame:

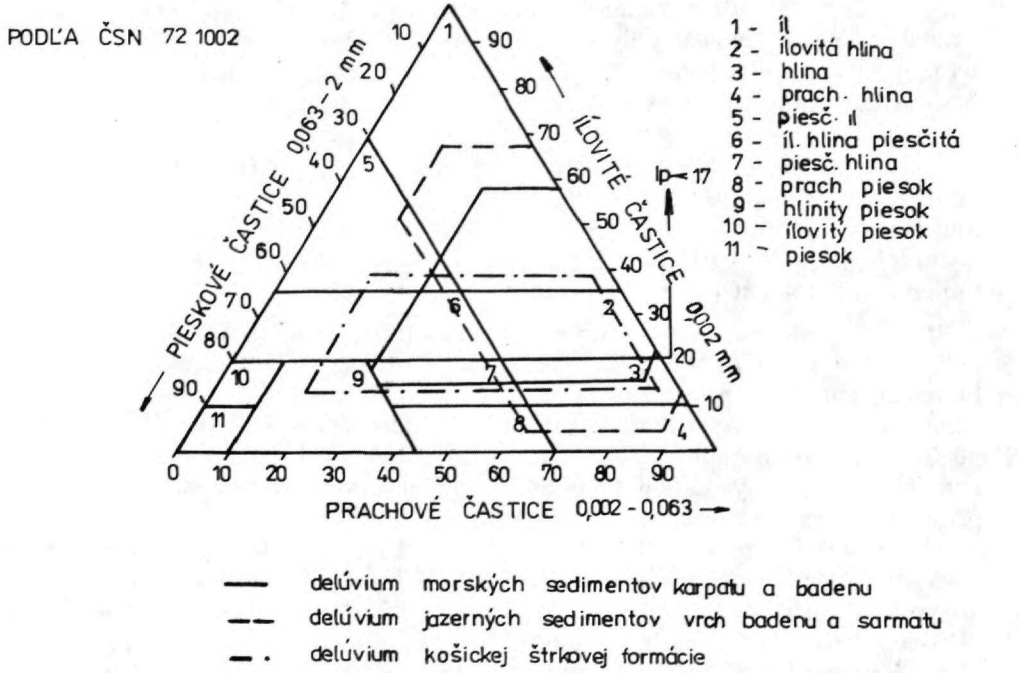
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]	50,0
Uhol vnútorného trenia ϕ' [°]	32
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001)	0,90

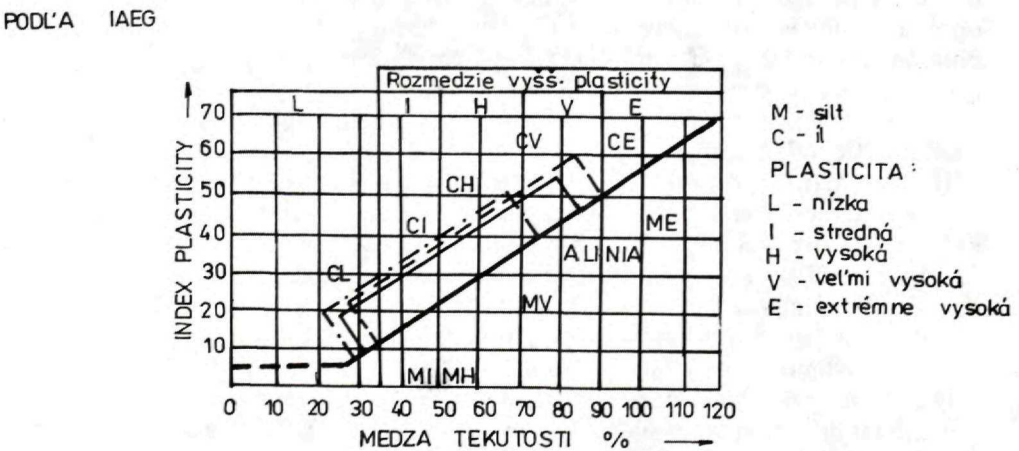
Ako materiál pre cestné telesá a podložie cestných komunikácií (ČSN 72 1001) klasifikujeme štrky s hlinitou prímesou opäť ako hlinitý a ílovitý štrk. Ich inžinierskogeologická charakteristika je uvedená pri opise deluviálno-eluviálnych štrkov s hlinitou výplňou.

Pre použitie na stavbu hrádzí (ČSN 73 6824, 73 6850) klasifikujeme štrky s hlinitou prímesou ako skupiny zemín GC. Charakteristické údaje o vlastnostiach zemín tejto skupiny zemín sú uvedené pri opise štrkov s hlinitou výplňou.

Zatriedenie pre zemné práce (ČSN 73 3050) — trieda 5.

Íly a ílovité hliny. Najčastejšie sa vyskytujú ako nadložie neogénnych





Obr. 41. Trojuholníkový diagram a diagram plasticity deluviálno-eluviálnych sedimentov.

sedimentov morského karpatu a bádenu, jazerných sedimentov vrchného bádenu a sarmatu a ílovité hliny ako nadložie sedimentov košickej štrkovej formácie.

Obsahujú asi 20—70 % frakcie ílovitých zŕn, 20—80 % zŕn prachovitej frakcie a 0—33 % zŕn piesčitej frakcie (obr. 41). Podľa diagramu plasticity IAEG zodpovedajú zeminám so stredne vysokou a veľmi vysokou plasticitou (obr. 41) tuhej až pevnej konzistencie. Ich stupeň nasýtenia je spravidla vyšší ako 80 %.

Podľa ČSN 73 1001 zatrieďujeme pre potreby plošného zakladania pozemných stavieb deluviálno-eluviálne íly a ílovité hliny do skupiny súdržných zemín (skupina D) s vysokou plasticitou (trieda 21), tuhej a pevnej konzistencie. Ako smerné hodnoty mechanických vlastností odporúčame:

	Konzistencia	
	tuhá	pevná
Pretvárny modul E_0 [MPa]:	6,0	10,0
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]:	0	0
Súdržnosť c_u [MPa]:	0,05	0,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,47	0,47
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,10	2,20

Pre účely cestného staviteľstva ako materiál do násypov a ako podložie cestných komunikácií (ČSN 72 1001) klasifikujeme tieto zeminy taktiež ako íl a ílovitú hlinu. Je ich treba považovať za nebezpečne namŕzavé, s vysokou kapilárnou vzlínavosťou. Ako podložie cestných komunikácií zodpovedajú vlastnosťami hlavne skupine VIII, prípadne i IX; najmä íly, ktoré môžu vykazovať pri styku s vodou isté objemové zmeny. Ako materiál do násypov ich možno považovať za nevhodné, prípadne za málo vhodné.

Ako materiál do hrádzí (ČSN 73 6824, 73 6850) klasifikujeme deluviálno-eluviálne íly a ílovité hliny ako skupinu CL a CH, t. j. ako anorganické íly strednej a vysokej plasticity. Do homogénnych hrádzí sú vhodné (CL), prípadne málo vhodné (CH). Na tesniacu časť nehomogénnej hrádze sú zeminy skupiny CL veľmi vhodné, ale zeminy CH sú na tento účel málo vhodné. Ako materiál do stabilizačnej časti hrádze sú obe skupiny nevhodné. Pre skupinu zemín CL sa bude optimálna vlhkosť podľa uvedených ČSN pohybovať od 17,0—19,5 % a maximálna objemová hmotnosť od 1,65 do 1,75 g . cm^{-3}. Pre zeminy skupiny CH ČSN orientačné hodnoty vlastností zemín neuvádza.

Pre potreby klasifikácie zemín pri zemných prácach odporúčame zaradiť ich do triedy 3 (ČSN 73 3050).

Hliny, hliny prachovité, ílovité hliny piesčité. Vyskytujú sa hlavne v delúviách morských sedimentov karpatu a bádenu, ale predovšetkým v delúviách košickej štrkovej formácie. Sú to stredné a nízko plastické zeminy (IAEG) zväčša tuhej a pevnej konzistencie. Obsah ílovitej frakcie je pomerne nízky — dosahuje hodnoty maximálne okolo 38 %. Prevládajú frakcie prachovité a piesčité (obr. 41). Obsah uhličitanov nepresahuje 4 %, organických látok býva menej ako 1 %. Stupeň nasýtenia sa pohybuje od 80—100 %.

Na plošné zakladanie pozemných stavieb, ako základové pôdy, klasifikujeme túto skupinu zemín ako súdržné zeminy (skupina D) so strednou plasticitou (trieda 20), tuhej a pevnej konzistencie. Ako smerné hodnoty mechanických vlastností odporúčame:

	Konzistencia	
	tuhá	pevná
Pretvárny modul E_0 [MPa]:	8,0	15,0
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]:	0	0
Súdržnosť c_u [MPa]:	0,05	0,1
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,10	2,15
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,47	0,47

Ako materiál a podložie cestných komunikácií (ČSN 72 1001) hodnotíme túto skupinu zemín ako hliny, ílovité hliny piesčité, hliny prachovité a piesčité hliny. Sú namŕzavé až nebezpečne namŕzavé, so strednou až vysokou kapilárnou vzlínavosťou. Ako podložie cestných komunikácií zodpovedajú svojimi vlastnosťami skupinám VII a VIII. Ako hutnený materiál do násypov cestných telies sú málo vhodné, až na prachovité hliny, ktoré možno označiť i ako nevhodné.

Na využitie ako hutnené materiály do sypaných hrádzí a priehrad klasifikujeme ich do skupiny CL — anorganické íly s malou až strednou plasticitou. Ako materiál do homogénnej hrádze majú vhodné vlastnosti, na tesniacu časť nehomogénnej hrádze ich možno označiť ako veľmi vhodné, ale pre stabilizačnú časť sú nevhodné. Optimálna vlhkosť sa bude pohybovať od 17 do 19,5 % a maximálna objemová hmotnosť asi od 1,65 do 1,75 g . cm^{-3}.

Pre zemné práce možno deluviálne hlinité sedimenty zaradiť do 2. triedy.

Fyzikálne vlastnosti súdržných deluviálno-eluviálnych sedimentov sú prehľadne uvedené v tabuľke 9.

Proluviálne sedimenty

Tvoria spravidla náplavové kužele pri vyústení bočných údolí do aluviálnych nív alebo vo forme naplavenín lemujú svahy pohorí v kotline. Možno ich považovať za zvyšky plošne značne rozšírených pleistocénnych naplavenín z prívalových vôd. Obsahujú nevytriedený materiál rôznej zrnitosti, ktorý je splavený z blízkeho okolia. Sedimenty sú uložené nepravidelne, s ostrými a prstovitými prechodmi zrnitostného zloženia. Hrubozrnný materiál je úlomkovitý alebo štrkovitý, spravidla nedostatočne opracovaný, petrograficky závislý od zbernej oblasti. V jemnozrnných frakciách prevládajú hliny, hlinité piesky a ílovité hliny (obr. 42). Uľahnutosť nesúdržných sedimentov je dosť premenlivá a pohybuje sa od stredne uľahnutých až po uľahnuté. Proluviálne sedimenty sú spravidla zvodnené a priepustnejšie ako napr. deluviálne sedimenty.

V mapovanom území budujú menšie náplavové kužele pri vyústení bočných údolí do Myslavského potoka, do potoka Ida a Črmeľského potoka. Pomerne rozsiahle náplavové kužele sú vyvinuté v údolí Torysy. Sčasti sa na nich nachádzajú obce Košická Polianka, Košické Oľšany, Zdoba a niektoré ďalšie.

V zrnitostnom zložení nesúdržných proluviálnych sedimentov spravidla prevládajú štrkovité a piesčité frakcie, ktoré tvoria 40—75 % celkovej hmoty (obr. 43). Zvyšok je tvorený ílovitou a prachovitou frakciou spravidla strednej a nízkej plasticity. Zásadne možno konštatovať, že v súvrství proluviálnych sedimentov prevládajú ílovité hliny nad hlinami v rámci súdržných zemín a súdržné zeminy

Tabuľka 9

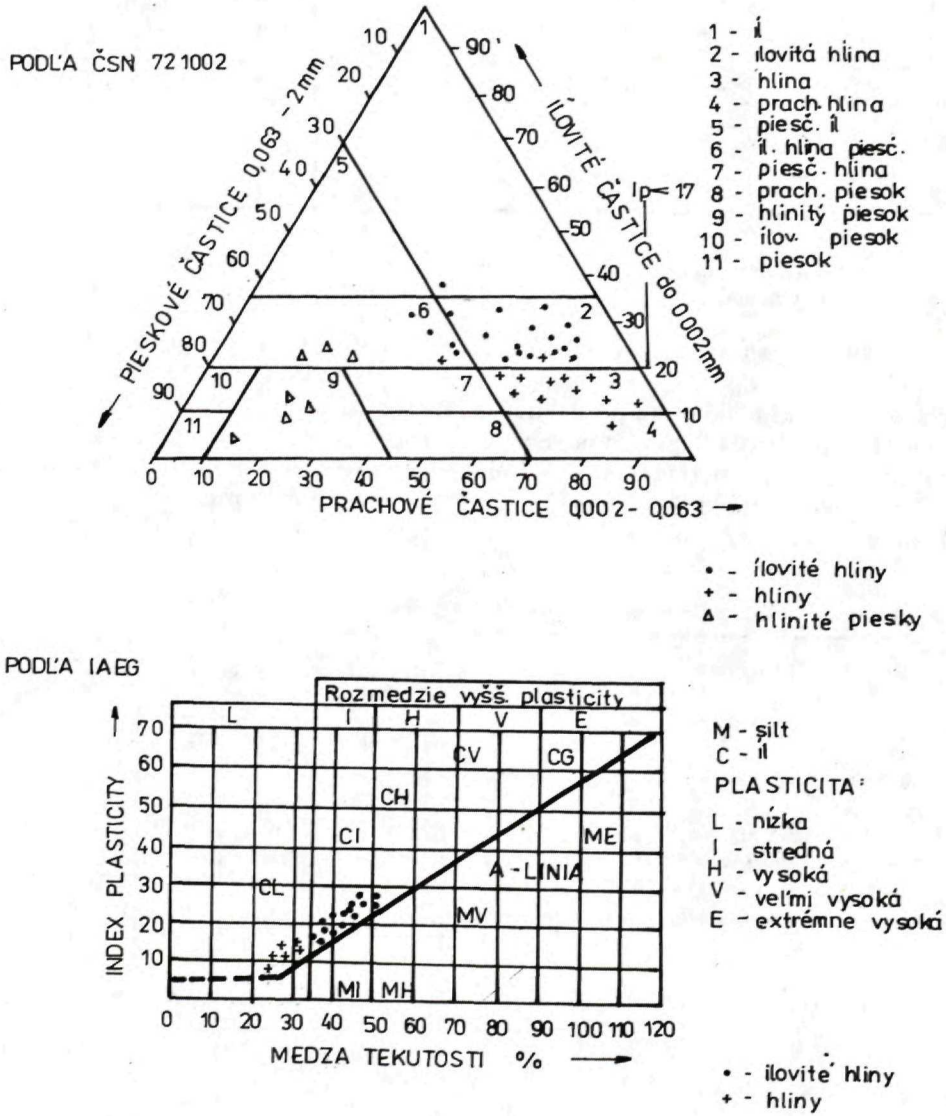
Fyzikálne vlastnosti deluviálno-eluviálnych sedimentov v nadloží neogénneho súvrstvia

Delúvium na sedimentoch		Medza tekutosti W_T %	Medza tvárlivosti W_P %	Index plasticity I_P	Prirodzená vlhkosť W_N %	Číslo konzistencie I_C	Objemová hmotnosť zeminy vlhkej ϱ_n g . cm^{-3}	Objemová hmotnosť zeminy suchej ϱ_d g . cm^{-3}	Merná hmotnosť ϱ_s g . cm^{-3}	Pórovitosť n %	Stupeň nasýtenia S_N %	Obsah uhličitanov O_u %	Obsah org. látok O_m %	Obsah frakcií % <0,002 mm	Obsah frakcií % 0,002—0,063 mm	Obsah frakcií % >0,063 mm	Obsah frakcií % >2 mm
morské (karpat, stredný báden)	x̄	48,3	20,6	27,8	24,2	0,88	1,95	1,59	2,69	40,1	92,5	2,4	0,6	36,7	51,7	12,3	2,4
	x max	81,6	29,3	53,5	36,0	1,32	1,75	2,08	2,77	49,5	100	13,5	1,5	59,0	78,0	59,0	28,0
	x min	30,5	15,7	11,9	13,2	0,27	1,38	1,81	2,62	26,2	76,0	0,0	0,0	16,0	27,0	1,0	0,0
varhaňovské štrky	x̄	66,3	25,8	40,5	28,3	0,94						5,4		50,0	43,0	7,0	2,5
	x max																
	x min																
jazerné (vrchný báden, sarmat)	x̄	48,6	20,4	28,8	24,7	0,83	2,00	1,62	2,67	39,2	89,2	4,5	5,3	34,5	50,7	14,2	2,6
	x max	88,0	38,2	52,0	60,9	1,20	2,06	1,79	2,72	45,0	100	22,8	1,5	67,5	68,0	32,5	27,5
	x min	31,2	12,5	12,8	14,2	0,25	1,83	1,45	2,63	32,6	55,6	0,0	0,1	4,0	16,0	1,0	0,0
košická štrková formácia	x̄	45,2	20,9	24,5	19,3	1,08	1,97	1,60	2,67	40,8	92,5	3,4	0,9	27,0	41,0	31,5	11,0
	x max	67,0	28,0	39,0	28,4	1,06	2,02	1,70	2,68	44,1	96,6	9,5	1,5	39,0	52,0	72,0	53,0
	x min	28,0	14,9	13,1	15,7	0,94	1,92	1,90	2,67	36,3	81,4	0,1	0,2	12,0	16,0	4,0	0,0

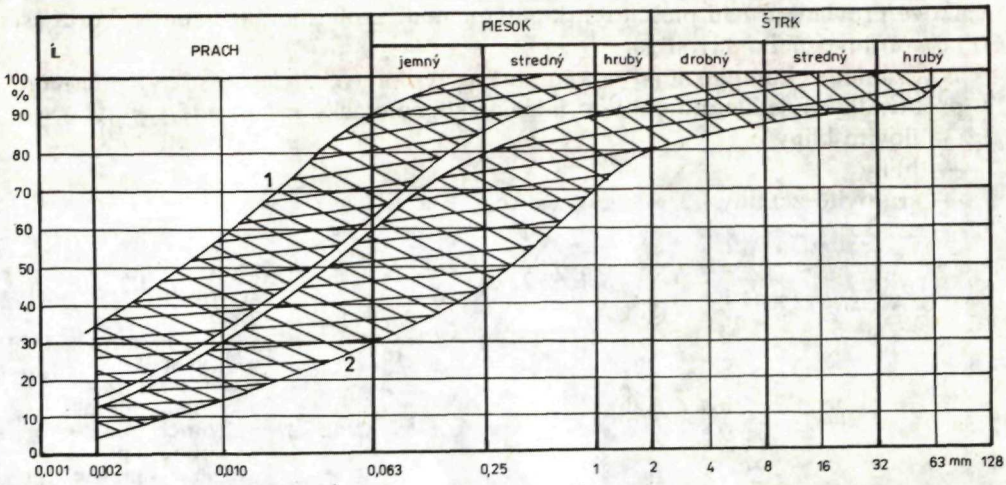
celkove prevládajú nad piesčito-štrkovitými zeminami. Súdržné zeminy tvoria asi 60 % proluviálneho súvrstvia.

Na základe komplexného zhodnotenia fyzikálnych vlastností vyčleňujeme v proluviálnych sedimentoch tieto inžinierskogeologicky rovnorodé typy:

— ílovité hliny
— hliny
— štrkovité zeminy.



Obr. 42. Trojuholníkový diagram a diagram plasticity proluviálnych sedimentov.



Obr. 43. Obalové čiary kriviek zrnitosti proluviálnych sedimentov.
1 — ílovité hliny a hliny; 2 — štrkovité zeminy.

Fyzikálne vlastnosti súdržných proluviálnych sedimentov sú uvedené v tab. 10.

Ílovité hliny patria k zeminám so strednou plasticitou (obr. 42). Ich konzistencia sa mení od mäkkej až po pevnú, avšak prevažne je tuhá. Priemerná aktivita ílových častíc podľa Skemptona A = 1,26. Šmyková pevnosť stanovená v laboratóriu triaxiálnou neodvodnenou skúškou sa pohybovala pre parameter uhla vnútorného trenia ϕ_u okolo 3° pre mäkkú, 5° pre tuhú zeminu, a pre súdržnosť c_u okolo hodnoty 0,028 MPa pre mäkkú a 0,048 pre tuhú zeminu. Modul deformácie

Tabuľka 10

Fyzikálne a mechanické vlastnosti proluviálnych sedimentov

		Ílovité hliny			Hliny		
		$\bar{x}$	x max	x min	$\bar{x}$	x max	x min
Medza tekutosti W_T	%	40,4	50,1	32,9	32,5	35,5	29,5
Medza tvárlivosti W_P	%	19,1	21,4	14,0	19,1	22,8	13,6
Index plasticity I_P		21,3	29,8	17,2	13,4	16,8	11,7
Číslo konzistencie I_C		0,82	1,23	0,46	0,66	0,95	0,21
Prirodzená vlhkosť W_N	%	22,8	33,1	13,0	22,9	29,5	19,8
Objemová hmotnosť vlhká ϱ_n	g . cm^{-3}	1,98	2,10	1,87	1,95	2,07	1,81
Objemová hmotnosť suchá ϱ_d	g . cm^{-3}	1,61	1,77	1,50	1,61	1,68	1,50
Merná hmotnosť ϱ_s	g . cm^{-3}	2,69	2,75	2,66	2,70	2,70	2,69
Pórovitosť n	%	40,1	43,6	35,6	42,0	44,4	40,7
Stupeň nasýtenia S_N	%	92,5	92,7	84,7	79,9	85,5	70,3
Obsah uhličitanov O_u	%	0,47	—	—	—	—	—
Súdržnosť c_u	MPa	0,048	0,086	0,020	0,040	0,049	0,036
Uhol vnútorného trenia φ_u	°	4,75	6,57	3,43	—	—	—
Oedometrický modul M_o	MPa	6,1	8,6	4,5	4,4	4,7	4,0
Aktivita ílovitých minerálov A		1,26	1,95	0,72	1,10	1,52	0,65

stanovený laboratórne pre mäkkú konzistenciu sa pohyboval okolo hodnoty 5,0 MPa a pre tuhú konzistenciu dosahoval hodnoty okolo 7,0 MPa. Pre plošné zakladanie pozemných stavieb odporúčame uvažovať s týmito laboratórne zistenými hodnotami. Podľa ČSN 73 1001 zodpovedajú ílovité hliny skupine D, trieda 20, prípadne 21.

Podľa ČSN 72 1002 sú ílovité hliny ako materiály a základová pôda pre cestné telesá nebezpečne namŕzavé a vyznačujú sa vysokou kapilárnou vzlínavosťou. Ako podložie cestných telies možno ich zaradiť do skupiny VIII a IX. Na násypy ciest sú tieto materiály málo vhodné až nevhodné.

Ako materiály na výstavbu hydrotechnických stavieb (ČSN 73 6824, 73 6850) klasifikujeme ich ako organické íly so strednou plasticitou — t. j. skupina CL.

ČSN 73 6850 uvádza ako orientačné hodnoty pre optimálnu vlhkosť W_{opt} = 17—19,5 % a maximálnu objemovú hmotnosť $\varrho_{D\,max} = 1{,}55—1{,}70$ g . cm^{-3}. Na stavbu homogénnej hrádze možno považovať tento materiál za vhodný, na stavbu tesniacej časti nehomogénnej hrádze je veľmi vhodný a pre stabilizačnú časť je nevhodný.

Pre zemné práce ich zatrieďujeme do 3. triedy (ČSN 73 3050).

Hliny — v proluviálnych sedimentoch majú menšie zastúpenie ako ílovité hliny. Sú najmä nízko plastické (obr. 42), prevažne mäkkej konzistencie, ale bola zistená i kašovitá a tuhá konzistencia. Podľa klasifikačného trojuholníkového diagramu (obr. 42) ide prevažne o hliny. Menej sú zastúpené hliny prachovité a hliny ílovito-piesčité.

Pre súbor proluviálnych hlín bola stanovená penetračnou skúškou súdržnosť $c_u = 0{,}036$ MPa pre hliny s mäkkou konzistenciou a $c_u = 0{,}041—0{,}049$ MPa pre hliny s tuhou konzistenciou. Laboratórne stanovené hodnoty ceďometrického modulu Mo pre mäkké proluviálne hliny sa pohybovali okolo hodnoty 4,2 MPa a pre tuhé hliny okolo hodnoty 4,8 MPa. Priemerná aktivita ílových minerálov podľa Skemptona je A = 1,10. Pre potreby plošného zakladania pozemných stavieb (ČSN 73 1001) zatrieďujeme proluviálne hliny do skupiny D, trieda 20. Ako smerné hodnoty odporúčame používať vyššie uvedené výsledky skúšok. Pre uhol vnútorného trenia ϕ_u odporúčame hodnotu 0° a pre súčiniteľ $\beta = 0{,}47$.

Na použitie ako hutnený materiál pre cestné stavby a ich podložie (ČSN 72 1001) klasifikujeme proluviálne hliny ako hliny prachovité a hliny piesčité. Sú nebezpečne namŕzavé, so strednou až vysokou namŕzavosťou. Ako podložie cestných komunikácií ich možno zaradiť do VII. a VIII. skupiny. Ako materiál do násypov sú málo vhodné.

Na využitie ako hutnené materiály do hydrotechnických stavieb ich zatrieďujeme opäť do skupiny CL. Orientačné hodnoty optimálnej vlhkosti a maximálnej objemovej hmotnosti, ako aj vhodnosť na použitie ako materiál pre rôzne časti hrádzí sú uvedené v opise proluviálnych ílovitých hlín.

Pre zemné práce odporúčame zatriedenie proluviálnych hlín do 2. triedy (ČSN 73 3050).

Štrkovité zeminy — v proluviálnych sedimentoch sú zastúpené hlavne hlinitými a prachovito-piesčitými štrkmi, stredne uľahnutými. Valúnový materiál je tvorený kremeňom, kremencom a žulou. Valúny sú rovnozrnné, polozaoblené až

zaoblené. Priemer valúnov je prevažne 1—3 cm, ojedinele i 10—15 cm. Sú hnedé až hrdzavohnedé.

Podradne sú v nesúdržných proluviálnych sedimentoch zastúpené i hlinité piesky (obr. 42), jemno- až strednozrnné, neuľahnuté až stredne uľahnuté, hnedej až hrdzavohnedej, ojedinele i sivej farby.

Zrnitostné zloženie štrkov je vyjadrené obalovými čiarami kriviek zrnitosti na obrázku 43. Zo skúmaného súboru kriviek zrnitosti vyplýva, že obsahujú 30—50 % piesčitej frakcie a 30—60 % ílovito-prachovitej frakcie.

Fyzikálno-mechanické vlastnosti a zatriedenie proluviálnych štrkov a pieskov je podobné ako u nivných štrkov a pieskov Torysy.

Fluviálne nivné sedimenty

Vyvinuté sú v údolných nivách Hornádu a Torysy, ako aj v údolných nivách ich bočných prítokov, ako napr. v nive potoka Moňok, Chrastianskeho, Kráľovského, Myslavského potoka a v údoliach potokov nad Zdobou, Košickou Poliankou, Košickými Olšanmi a inde.

Fluviálne nivné sedimenty sa spravidla nachádzajú na súvrství neogénych, prípadne i starších sedimentov. Hranica medzi fluviálnymi sedimentmi a podložím je v hlavných údoliach jednoznačne ostrá, v bočných údoliach menej zreteľná. Komplex fluviálnych nivných sedimentov je zrnitostne veľmi pestrý súbor zemín, čo sa prejavuje veľkou rozmanitosťou ich inžinierskogeologických vlastností.

Nivnú fáciu tvoria prevažne súdržné zeminy, ktoré majú charakter ílovitých, prachovitých alebo piesčitých hlín a hlín, pričom sa jednotlivé litologické typy zemín v priestore pomerne rýchlo menia. Na základe litologického zloženia a geografickej pozície v súvrství nivných fluviálnych sedimentov vyčleňujeme tieto rovnorodé celky:

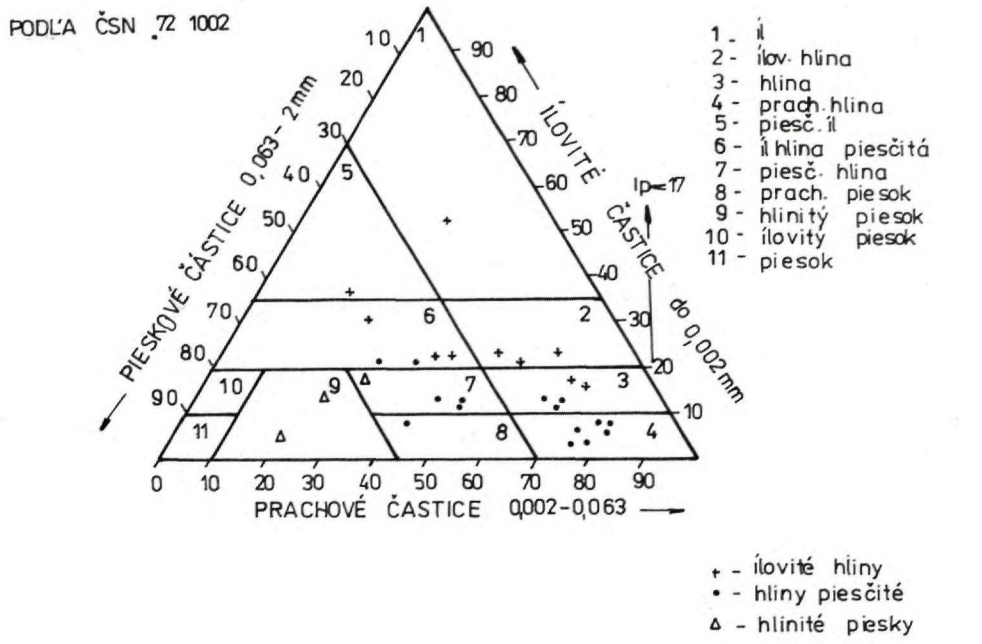
— nivné hliny Hornádu
— nivné hliny Torysy
— sedimenty bočných údolí
— nivné štrky a piesky Hornádu
— nivné štrky a piesky Torysy.

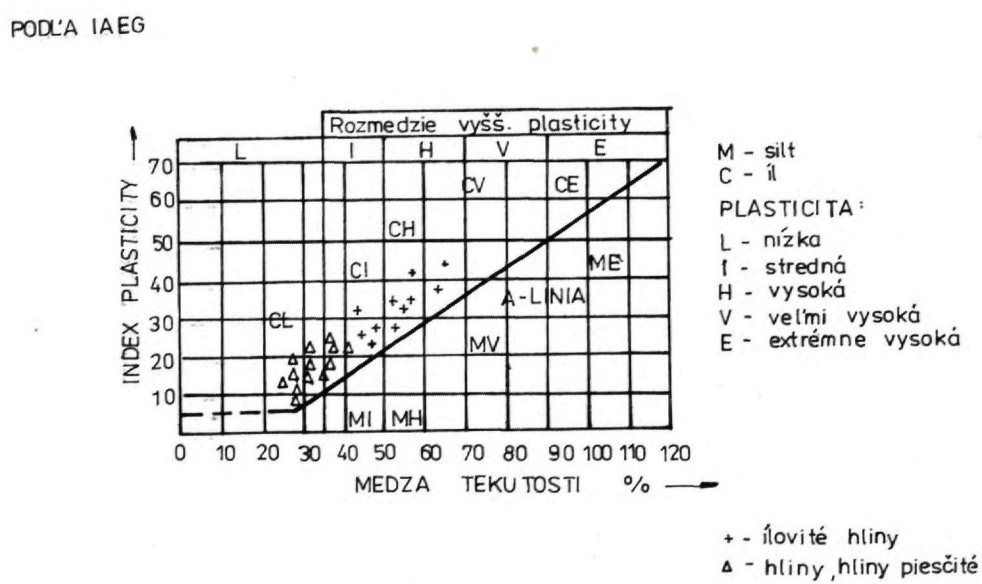
Nivné hliny Hornádu — sú reprezentované jemnozrnnými sedimentmi, ktoré tvoria v údolnej nive súvislú vrstvu o hrúbke 1—2 m, ojedinele však i 5 m. Spravidla ležia na hrubozrnných fluviálnych štrkoch. Prevládajúce zastúpenie v nivných hlinách majú sedimenty zrnitosťou zodpovedajúce hlinám (asi 60 %), menší je výskyt ílovitých hlín (asi 25 %) a najmenej sa vyskytujú prachovité a piesčité hliny (asi 15 %). Súdržné zeminy majú prevažne mäkkú a tuhú konzistenciu. Na styku s podzemnou vodou majú však v zóne asi 20—30 cm nad hladinou aj mäkkú konzistenciu a naopak v zóne povrchového vysychania bola zistená i konzistencia pevná. Farba hlín je hnedá, miestami sivo šmuhovitá.

V rámci nivných hlín Hornádu možno na základe zrnitosti vyčleniť tieto rovnorodé typy zemín:

— ílovité hliny
— hliny, hliny piesčité
— hliny s valúnmi.

Ílovité hliny — podľa diagramu plasticity IAEG (obr. 44) patria do skupiny stredne plastických zemín, čiastočne i do skupiny vysoko plastických zemín mäkkej a tuhej konzistencie. Ojedinele bola zistená i kašovitá a pevná konzistencia.





Obr. 44. Trojholníkový diagram a diagram plasticity nivných hlín Hornádu.

V priemere obsahujú asi 30 % ílovitej frakcie, 55 % prachovitej a zvyšok tvorí piesčitá frakcia (obr. 44).

Na účely plošného zakladania (ČSN 73 1001) zodpovedajú ílovité hliny v nive Hornádu zeminám skupiny D, trieda 21, zeminy súdržné, vysoko plastické, mäkkej a tuhej konzistencie. V zmysle uvedenej ČSN a na základe zhodnotenia fyzikálnych vlastností, odporúčame pre tieto ílovité hliny nasledovné smerné hodnoty:

	Konzistencia	
	mäkká	tuhá
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]:	2,5	5,0
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]:	0	0
Súdržnosť c_u [MPa]:	0,025	0,05
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,00	2,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,47	0,47

Pre potreby cestného staviteľstva, t. j. podľa ČSN 72 1002, sú ílovité hliny nebezpečne namŕzavé, majú vysokú kapilárnu vzlínavosť. Na použitie do podložia cestných telies zodpovedajú normovej skupine VIII až IX. Ako materiál do násypov sú málo vhodné až nevhodné.

Podľa diagramu plasticity platného pre hydrotechnické stavby (ČSN 73 6850, 73 6824) zodpovedajú ílovité hliny anorganickým ílom so strednou plasticitou — skupina CL. Časť ílovitých hlín zodpovedá aj anorganickým ílom s vyššou plasticitou — skupina CH. Pre skupinu CL udáva ČSN 73 6824 optimálnu vlhkosť od 17 do 19,5 % a maximálnu objemovú hmotnosť od 1,65 do 1,75 g . cm^{-3}. Ako hutnený materiál do hrádzí bude potrebné vzhľadom na pomer prirodzenej a optimálnej vlhkosti túto zeminu dosúšať, alebo inak upravovať. Zeminy skupiny CH a CL považujeme za veľmi nepriepustné a nepriepustné. Na použitie do homogénnej hrádze sú zeminy skupiny CL vhodné a CH málo vhodné. Na tesniacu časť hrádze sú zeminy skupiny CL veľmi vhodné, ale skupina CH je málo vhodná. Na zabudovanie do stabilizačnej časti sú zeminy oboch skupín nevhodné.

Pre zemné práce (ČSN 73 3050) zatrieďujeme tieto sedimenty do 3. triedy.

Hliny, hliny piesčité — podľa diagramu plasticity IAEG (obr. 44) možno tieto zeminy označiť ako súdržné, so strednou plasticitou, s mäkkou až tuhou konzistenciou, pričom ojedinele sa vyskytuje i mäkká alebo pevná. Charakteristické zrnitostné zloženie je znázornené v trojuholníkovom diagrame na obrázku 44.

Pre potreby plošného zakladania je možné hliny a hliny piesčité zaradiť do skupiny D, trieda 20, t. j. zodpovedajú súdržným zeminám strednej plasticity, tuhej a mäkkej konzistencie. Ako smerné hodnoty vlastností odporúčame:

	Konzistencia	
	mäkká	tuhá
Pretvárny modul E_0 [MPa]:	2,0	6,0
Uhol vnútorného trenia ϕ_u [°]:	0	0
Súdržnosť c_u [MPa]:	0,025	0,05
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,00	2,10
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,47	0,47

Pre potreby výstavby cestnej siete v zmysle ČSN 72 1002 hliny a hliny piesčité patria k zeminám nebezpečne namŕzavým, so strednou až vysokou kapilárnou vzlínavosťou.

Ako podložie cestných telies ich možno zaradiť do skupiny VII a VIII. Do násypov sú málo vhodné.

Pre potreby výstavby hrádzových objektov v zmysle ČSN 73 6824 a 73 6850 zodpovedajú hliny a hliny piesčité zeminám skupiny CL — anorganickým ílom malej až strednej plasticity. Uvedené normy uvádzajú ako orientačnú hodnotu optimálnej vlhkosti $W_{opt} = 18$ % a maximálnej objemovej hmotnosti $\varrho_{D\,max} =$ 1,6—1,75 g . cm^{-3}. Uvedené zeminy možno považovať za veľmi vhodný materiál do tesniacej časti nehomogénnej hrádze, sú nevhodné na stabilizačnú časť nehomogénnej hrádze a vhodné ako materiál do homogénnej hrádze. Sú nepriepustné.

Zatriedenie pre zemné práce podľa ČSN 73 3050 — 2. trieda.

Niektoré fyzikálne vlastnosti ílovitých hlín a hlín piesčitých, stanovených laboratórne, sú uvedené v tabuľke 11. Sumárne zrnitostné zloženie súdržných nivných hlín Hornádu je na obrázku 45.

Hliny s valúnmi — nachádzajú sa pomerne ojedinele na styku nivných hlín s hrubozrnnými fluviálnymi sedimentmi, medzi ktorými tvoria pozvoľný prechod. Obsah valúnov v hlinách sa pohybuje okolo 20—35 % (obr. 45). Na základe makroskopického vyhodnotenia možno súdržné frakcie klasifikovať ako hliny a hliny piesčité. Majú spravidla mäkkú konzistenciu.

Vzhľadom na malý obsah valúnov možno i v prípade hlín s valúnmi použiť zatriedenie pre hliny a hliny piesčité Hornádu, ktoré je uvedené v predchádzajúcom texte, pričom odporúčame smerné hodnoty pre mäkkú konzistenciu zvýšiť vzhľadom na obsah valúnov asi o 20 %.

Pre cestné stavby (ČSN 72 1002) zodpovedá zatriedenie piesčitej hline so štrkom. Je nebezpečne namŕzavá, do násypov cestných telies je vhodná, ako podložie zodpovedá skupine VI.

Pre hydrotechnické stavby je vhodné zaradiť hliny s valúnmi do skupiny zemín GC s tým, že vlastnosti zodpovedajú skupine CL. Zeminu možno považovať za nepriepustnú. Na homogénnu hrádzu a na tesniacu časť nehomogénnej hrádze poskytuje výborný materiál. Na stabilizačnú časť je málo vhodná.

Zatriedenie pre zemné práce podľa ČSN 73 3050 zodpovedá 2. a 3. triede.

Nivné hliny Torysy — tvoria v údolnej nive pokryvné vrstvy rôznej hrúbky. V úseku od Rozhanoviec po Zdobu sa ich hrúbka pohybuje od 4 do 10 m. Inde dosahujú spravidla menšie hrúbky. V podloží nivných hlín sa nachádza vrstva hrubozrnných fluviálnych štrkov a pieskov. V súvrství nivných hlín Torysy možno na základe makroskopického vyhodnotenia vyčleniť inžinierskogeologicky rovnorodé typy zemín:

— íly
— ílovité hliny
— piesčité hliny až hliny.

V mapovanom území majú prevládajúce zastúpenie íly (asi 45 %), menej časté sú ílovité hliny (asi 33 %) a najmenej sa vyskytujú piesčité hliny (asi 22 %). Nivné

sedimenty Torysy sú sfarbené väčšinou do hneda a tmavohneda. Ojedinele obsahujú valúny štrkov v zanedbateľnom množstve. Charakteristické zrnitostné zloženie celého súboru je znázornené v trojuholníkovom diagrame na obrázku 46.

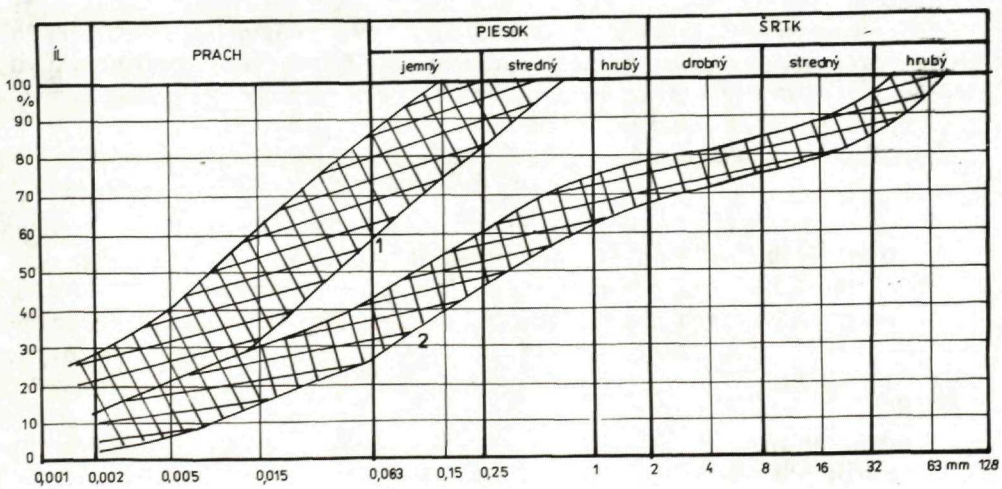
Rozsah plasticitných vlastností zemín súboru je vyznačený v diagrame plasticity IAEG na obrázku 46. Laboratórne stanovené hodnoty fyzikálnych a mechanických vlastností sú uvedené v tabuľke 12.

Íly — podľa trojuholníkového klasifikátora (obr. 46) zrnitostne zodpovedajú hlavne ílovitým hlinám až ílom. I napriek relatívne nízkemu obsahu ílovitej frakcie sú vysoko až veľmi vysoko plastické (obr. 46), prevažne mäkkej až tuhej konzistencie. Rozptyl konzistenčných medzí sa pohybuje od 0,46 do 1,10. Priemerná hodnota objemovej hmotnosti s prirodzenou vlhkosťou je 1,85 g . cm^{-3} (rozptyl

Tabuľka 11

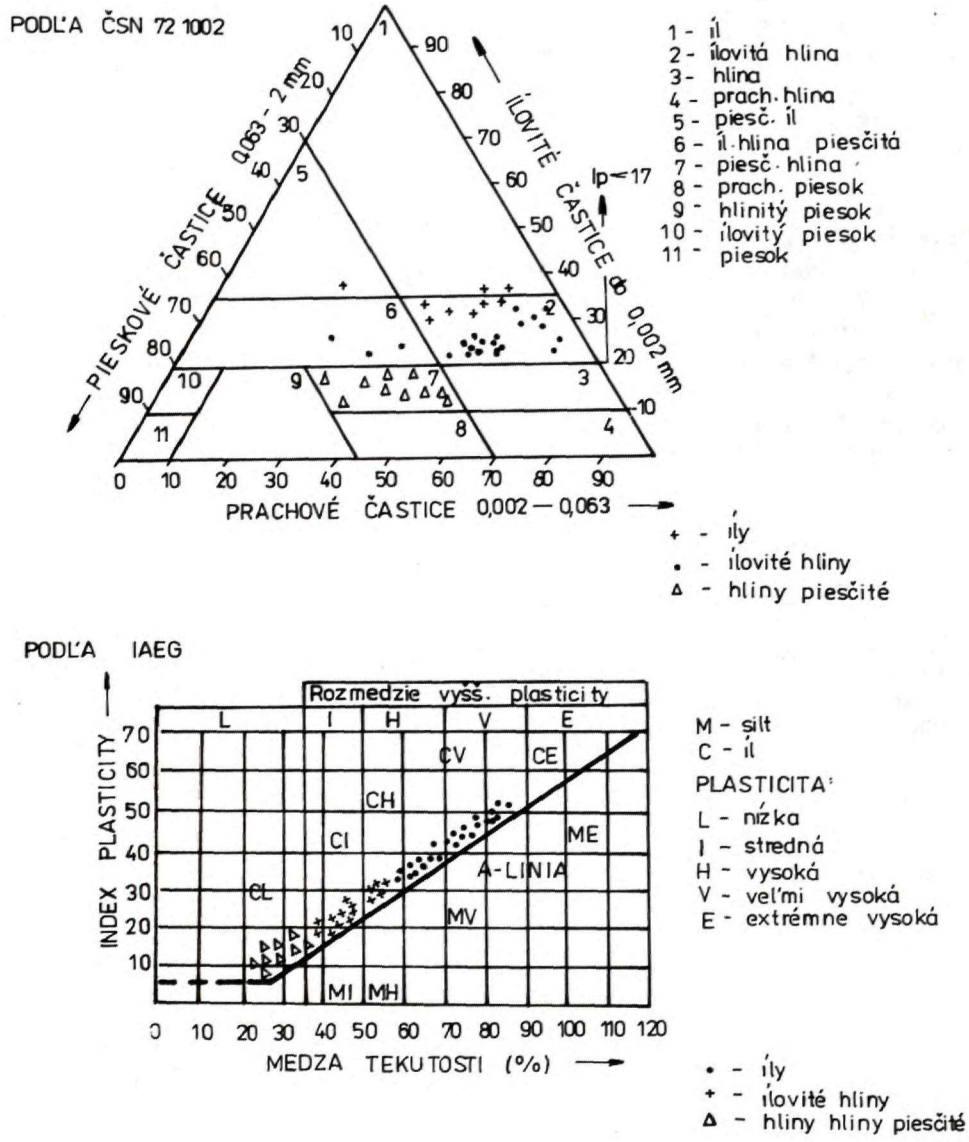
Fyzikálne vlastnosti nivných hlín Hornádu

		Ílovité hliny			Hliny, hliny piesčité		
		$\bar{x}$	x max	x min	$\bar{x}$	x max	x min
Medza tekutosti W_T	%	47,4	57,1	42,0	32,0	39,2	24,7
Medza tvárlivosti W_P	%	23,4	27,8	19,6	17,9	22,7	13,7
Index plasticity I_P		24,0	34,6	17,2	14,1	17,2	8,8
Číslo konzistencie I_C		0,72	1,12	0,47	0,73	1,63	0,33
Prirodzená vlhkosť W_N	%	29,8	48,3	18,3	22,5	43,0	12,9
Objemová hmotnosť vlhká ϱ_n	g . cm^{-3}	1,87	1,92	1,83	2,02	2,04	2,01
Objemová hmotnosť suchá ϱ_d	g . cm^{-3}	1,52	1,72	1,37	1,72	1,76	1,69
Merná hmotnosť ϱ_s	g . cm^{-3}	2,67	2,75	2,60	2,67	2,68	2,67
Pórovitosť n	%	44,7	48,1	36,0	—	—	—
Stupeň nasýtenia S_N	%	92,5	96,0	89,5	—	—	—



Obr. 45. Obalové čiary kriviek zrnitosti nivných hlín Hornádu.
1 — ílovité hliny, hliny, hliny piesčité; 2 — hliny s valúnmi.

1,77—2,0 g . cm^{-3}). Prirodzená vlhkosť sa pohybuje okolo priemernej hodnoty 26,2 %, v medziach od 17 do 32 %. Podľa aktivity ílových minerálov (podľa Skemptona) možno predpokladať, že v zemine sa nachádzajú hlavne ility, Ca montmorillonit, prípadne i bentonit. V laboratórnych podmienkach boli stanovené hodnoty totálnej šmykovej pevnosti. Hodnota uhla vnútorného trenia ϕ_u pre zeminy s tuhou konzistenciou sa pohybovala v rozmedzí 3—9°, súdržnosť c_u od



Obr. 46. Trojuholníkový diagram a diagram plasticity nivných hlín Torysy.

0,019 do 0,074 MPa. Pre zeminy s mäkkou konzistenciou možno očakávať výskyt hodnôt tesne okolo hodnoty $\phi_u = 1{,}25°$ a $c_u = 0{,}025$ MPa.

Oedometrický modul pretvárnosti Mo pre priťaženie 0,05—0,1 MPa bol oedometrickými skúškami určený v rozpätí 5,14—6,49 MPa.

Pri použití týchto ílov ako základovej pôdy pre plošné zakladanie pozemných stavieb odporúčame ich v zmysle ČSN 73 1001 klasifikovať ako skupinu D, trieda 21, t. j. ako zeminy súdržné, s vysokou plasticitou, mäkkej a tuhej konzistencie. Ako smerné hodnoty odporúčame používať laboratórne namerané hodnoty uvedené v predchádzajúcom texte. Súčiniteľ $\beta = 0{,}47$.

Ako hutnené materiály pre hydrotechnické stavby (ČSN 73 6824) zodpovedajú íly zeminám skupiny CH — anorganické íly s vysokou plasticitou, pre ktoré možno ako s orientačnými hodnotami uvažovať:

— optimálna vlhkosť $W_{opt} = 25{,}5 \pm 1{,}2$ %

— maximálna objemová hmotnosť $\varrho_{D\,max} = 1{,}51 \pm 0{,}03$ g . cm^{-3}.

Táto skupina zemín je ako hutnený materiál na homogénnu hrádzu, na tesniacu a stabilizačnú časť nehomogénnej hrádze málo vhodná až nevhodná (ČSN 73 6850).

Pre potreby cestného staviteľstva (ČSN 72 1002) klasifikujeme zeminy ako vysoko namŕzavé, s veľmi vysokou kapilárnou vzlínavosťou. Podľa vhodnosti na podložie cestných komunikácií patria do skupiny IX až X. Sú nevhodné ako materiál do násypov.

Tabuľka 12

Fyzikálne a mechanické vlastnosti nivných hlín Torysy

		Íly			Ílovité hliny			Hliny (piesčité)		
		x̄	x max	x min	x̄	x max	x min	x̄	x max	x min
Medza tekutosti W_T	%	60,9	78,4	49,6	42,2	48,4	35,4	30,0	34,7	26,0
Medza tvárlivosti W_P	%	25,9	32,5	19,5	19,9	23,9	17,0	17,2	21,4	12,0
Index plasticity I_P		34,9	48,5	26,3	23,3	27,0	16,4	12,7	16,5	8,4
Číslo konzistencie I_C		0,76	1,10	0,46	0,71	1,07	0,43	0,34	0,96	0,45
Prirodzená vlhkosť W_N	%	40,0	51,0	18,3	26,2	32,1	17,0	25,6	31,7	18,4
Objemová hmotnosť vlhká ϱ_n	g . cm^{-3}	1,85	2,00	1,72	1,94	2,02	1,89	—	—	—
Objemová hmotnosť suchá ϱ_d	g . cm^{-3}	1,41	1,60	1,16	1,56	1,82	1,44	—	—	—
Merná hmotnosť ϱ_s	g . cm^{-3}	2,70	2,76	2,67	2,68	2,70	2,67	—	—	—
Pórovitosť n	%	48,1	56,9	43,4	42,0	46,3	39,7	—	—	—
Stupeň nasýtenia S_N	%	93,9	100	78,0	91,1	100	79,2	—	—	—
Obsah uhličitanov O_u	%	4,2	—	—	2,81	—	—	—	—	—
Súdržnosť c_u	MPa	0,048	0,095	0,015	0,040	0,055	0,020	—	—	—
Uhol vnútorného trenia φ_u	°	4,67	9,65	1,41	—	—	—	—	—	—
Oedometrický modul M_o	MPa	5,8	6,5	5,1	5,3	7,3	3,5	—	—	—
Aktivita ílových minerálov A		1,36	1,71	0,97	1,06	1,54	0,85	—	—	—

Zatriedenie pre zemné práce — trieda 3 (ČSN 73 3050).

Ílovité hliny — patria k zeminám so strednou a vysokou plasticitou, prevažne mäkkej a tuhej konzistencie (obr. 46). Výskyt kašovitej konzistencie bol zistený len v dosahu hladiny podzemnej vody. Zrnitostným zložením zodpovedajú klasifikácii ílovitá hlina až ílovitá hlina piesčitá (obr. 46). Objemová hmotnosť v prirodzenom stave sa pohybuje od 1,89 do 2,02 g . cm^{-3}. Priemerná pórovitosť je relatívne vysoká ($\bar{x} = 42{,}0$ %). Stupeň nasýtenia sa pohybuje okolo hodnoty 90 %; možno ich považovať za nedokonale nasýtené zeminy. Aktivita ílových minerálov (Skempton) bola zistená v rozmedzí A = 0,85—1,54. Táto hodnota zodpovedá výskytu ílových minerálov zo skupiny ilitu, ojedinele i Ca montmorillonitu. Z mechanických vlastností bol zisťovaný oedometrický modul Mo. Výsledky stanovení hodnoty Mo sa pohybovali v rozmedzí 3,5—6,5 MPa pri $\bar{x} = 5{,}3$ MPa pre zeminy tuhej až mäkkej konzistencie.

Zatriedenie pre plošné zakladanie pozemných stavieb zodpovedá zeminám skupiny D, trieda 21, prípadne i 20, mäkkej a tuhej konzistencie. Ako smerné hodnoty pre ílovité hliny odporúčame uvažovať laboratórne stanovenú priemernú hodnotu oedometrického modulu uvedenú v predošlom texte a hodnoty $\phi_u = 0°$, $c_u = 0{,}025$ MPa pre mäkkú konzistenciu a $c_u = 0{,}05$ MPa pre tuhú konzistenciu. Súčiniteľ $\beta = 0{,}47$.

Pre potreby cestného staviteľstva (ČSN 72 1002) patria ílovité hliny medzi vysoko namŕzavé až nebezpečne namŕzavé zeminy. Vyznačujú sa vysokou kapilárnou vzlínavosťou. Podľa vhodnosti podložia cestných komunikácií patria do skupiny VIII a IX. Ako materiál do násypov sú málo vhodné až nevhodné.

Ako hutnené materiály na výstavbu hrádzí a priehrad (ČSN 73 6824, 73 6850) klasifikujeme ílovité hliny ako skupinu CL — anorganické íly strednej plasticity. Pre túto skupinu zemín príslušné normy odporúčajú hodnotu optimálnej vlhkosti $W_{opt} = 17$—$19{,}5$ % a maximálnej objemovej hmotnosti $\varrho_{D\,max} = 1{,}55$—$1{,}70$ g . cm^{-3}. Ako materiál na homogénnu hrádzu sú vhodné, na tesniacu časť nehomogénnej hrádze sú veľmi vhodné, ale na stabilizačnú časť nevhodné.

Zatriedenie pre zemné práce — trieda 3 (ČSN 73 3050).

Hliny, hliny piesčité — vyskytujú sa v prevažnej miere na styku s hrubozrnnými nivnými sedimentmi Torysy. Ako vyplýva z urobených skúšok, sú prevažne nízko plastické (obr. 46), mäkkej a kašovitej konzistencie. Prirodzená vlhkosť je pomerne vysoká, pohybuje sa od 18,4—31,7 % pri $\bar{x} = 25{,}6$ %. Podľa trojuholníkového diagramu zrnitosti zodpovedajú piesčitým hlinám až hlinám (obr. 46).

Pre potreby plošného zakladania pozemných stavieb (ČSN 73 1001) zaraďujeme tieto zeminy do skupiny D, trieda 19 a 20, t. j. súdržné zeminy s nízkou a strednou plasticitou, mäkkej až kašovitej konzistencie. V zmysle uvedenej ČSN odporúčame ako smerné hodnoty mechanických vlastností pre pretvárny modul $E_0 = 1{,}0$—$2{,}0$ MPa, uhol vnútorného trenia $\phi_u = 0°$, súdržnosť $c_u = 0{,}002$ MPa a pre súčiniteľ $\beta = 0{,}6$.

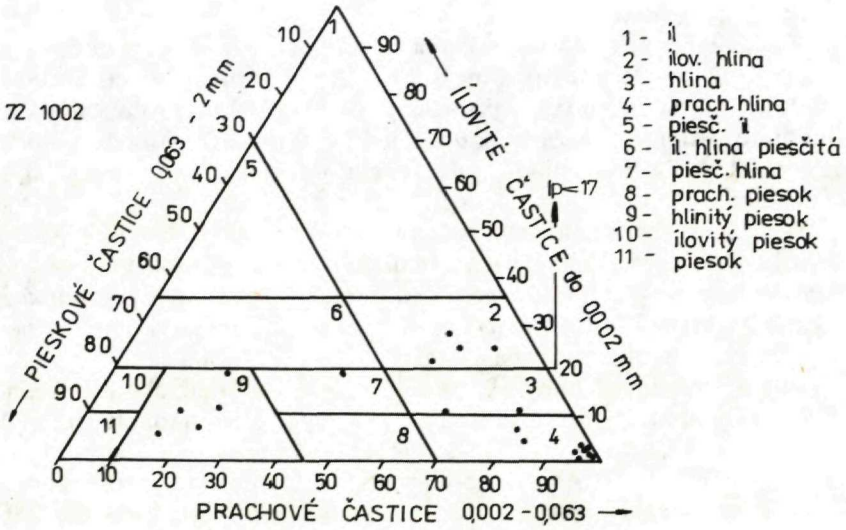
Podľa ČSN 72 1002 na použitie v cestnom staviteľstve patria k nebezpečne namŕzavým zeminám so strednou kapilárnou vzlínavosťou. Ako podložie komunikácie sú ekvivalentné VII. a VIII. skupine. Na použitie do násypov sú málo vhodné. Granulometricky zodpovedajú pôvodnému názvu — hlina a hlina piesčitá.

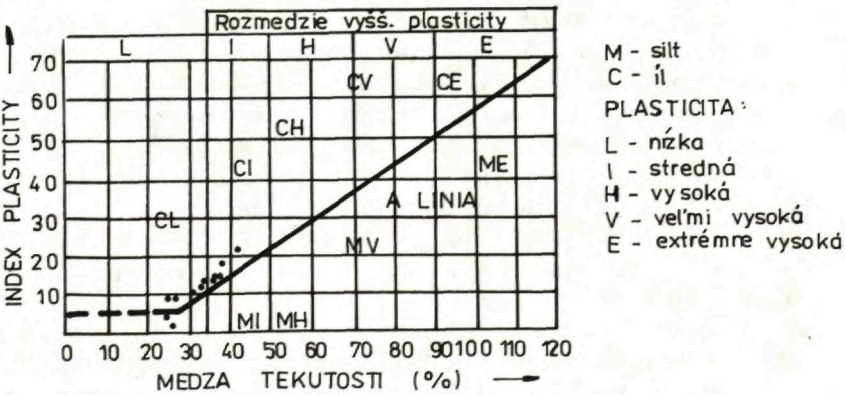
Ako hutnený materiál na výstavbu hydrotechnických stavieb (ČSN 73 6824, 73 6850) je možné piesčité hliny a hliny zaradiť do skupiny CL, t. j. do skupiny anorganických ílov nízkej a strednej plasticity.

Pre túto skupinu zemín sú uvádzané orientačné hodnoty optimálnej vlhkosti $W_{opt} = 16—18$ % a maximálnej objemovej hmotnosti $\varrho_{D\,max} = 1{,}65—1{,}75$ g . cm^{-3}. Ako materiál do homogénnej hrádze sú vhodné, na tesniacu časť nehomogénnej hrádze veľmi vhodné a na stabilizačnú časť sú nevhodné.

Zatriedenie pre zemné práce — 2. trieda (ČSN 73 3050).

Sedimenty bočných údolí — v bočných údoliach Torysy a Hornádu, v úseku nad Košickými Oľšanmi, Zdobou, Bysterom, Košickou Poliankou, v údolí Myslav-





Obr. 47. Trojuholníkový diagram a diagram plasticity fluviálnych sedimentov bočných údolí.

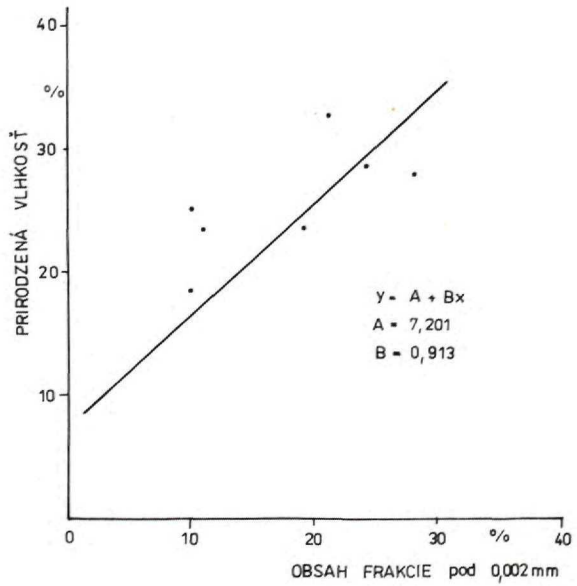
ského potoka, potoka Ida a inde sa nachádzajú hlinité fluviálne sedimenty rôznej hrúbky. Bežne sa ich hrúbka pohybuje od 1 do 2 m. V údolí nad Zdobou však bola zistená hrúbka až 3 m a v Myslavskom potoku dokonca 5—6 metrov. Ich predkvartérny podklad tvoria hlavne rôzne komplexy neogénnych sedimentov, prípadne i staršie komplexy skalných hornín.

Na základe makroskopického vyhodnotenia, ale aj laboratórnych skúšok ide prevažne o hliny ílovité a prachovité (obr. 47), kašovitej až tuhej konzistencie. V spodných polohách týchto hlín boli zistené i hlinité piesky, prípadne piesčité hliny s valúnmi štrkov.

Podľa diagramu plasticity IAEG sú nízko plastické, ojedinele i stredne plastické (obr. 47). Obsah ílovitej frakcie nepresahuje 30 %. Medza tekutosti býva spravidla nižšia ako 37 %, ale ojedinele sa hodnoty vplyvom rôznych prímesí pohybovali pod 42 %. Vyznačujú sa pomerne vysokou vlhkosťou $\bar{x} = 28{,}5$ %, ($x_{max} = 37{,}5$ %). Pórovitosť je typická pre tento typ sedimentov — spravidla nižšia ako 44 %. Podľa hodnoty stupňa nasýtenia ich možno považovať za plne nasýtené.

V rámci spracovávania laboratórnych výsledkov bola v súbore hlinitých sedimentov bočných údolí vysledovaná korelácia s pomerne tesným vzťahom (R = 0,70—0,98) medzi obsahom ílovej frakcie (pod 0,002 mm) a prirodzenou vlhkosťou, medzou tekutosti a indexom plasticity (obr. 48, 49, 50). Korelačné vzťahy definujú lineárne rovnice v tvare:

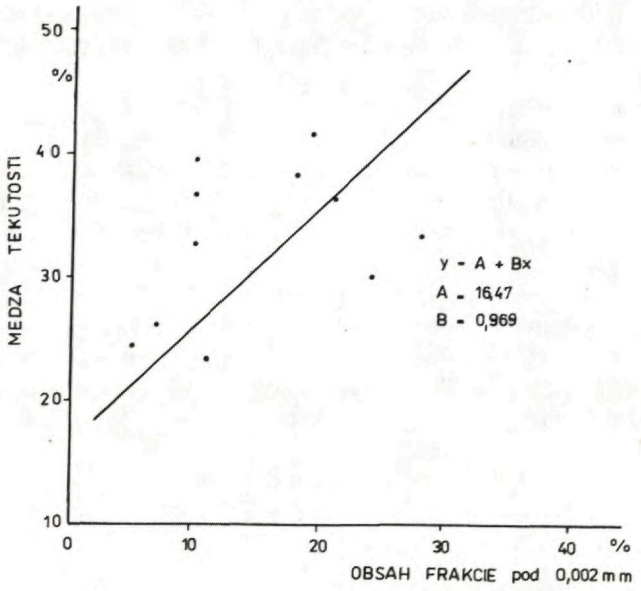
— pre prirozenú vlhkosť $y = 7{,}201 + 0{,}913x$
— pre medzu tekutosti $y = 16{,}47 + 0{,}969x$
— pre index plasticity $y = 4{,}025 + 0{,}487x$.



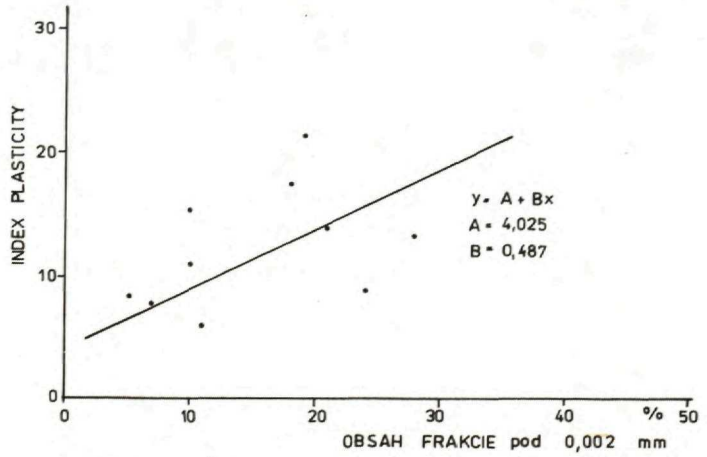
Obr. 48. Korelačný vzťah medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm a prirodzenou vlhkosťou. (Fluviálne sedimenty bočných údolí.)

Medzi medzou tekutosti a medzou tvárlivosti platí tiež korelačný vzťah definovaný lineárnou rovnicou $y = 5{,}45 + 0{,}47x$ (obr. 51).

Pre potreby plošného zakladania pozemných stavieb (ČSN 73 1001) zaraďujeme tieto zeminy do skupiny D, trieda 19 a 20, t. j. do skupiny zemín súdržných,



Obr. 49. Korelačný vzťah medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm a medzou tekutosti. (Fluviálne sedimenty bočných údolí.)



Obr. 50. Korelačný vzťah medzi obsahom frakcie pod 0,002 mm a indexom plasticity. (Fluviálne sedimenty bočných údolí.)

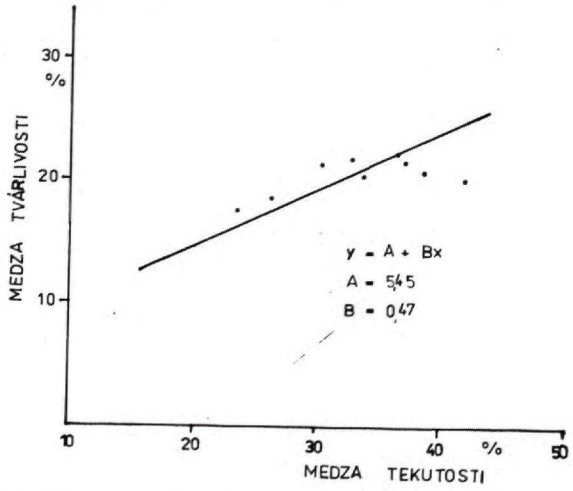
s nízkou a strednou plasticitou, s mäkkou až tuhou konzistenciou. Vzhľadom na ich granulometrické a plastické rozpätie odporúčame používať smerné hodnoty v rozpätí uvedenom v ČSN 73 1001 v tabuľke 4. Vzhľadom na pórovitosť a stupeň nasýtenia odporúčame používať hodnoty pri spodnej hranici. Zeminy s kašovitou konzistenciou sú na zakladanie nevhodné.

Podľa klasifikácie pre cestné komunikácie (ČSN 72 1001) možno súbor nivných hlín bočných údolí označiť ako hliny, hliny ílovité, hliny prachovité a hlinitý piesok. Zaradenie podľa vhodnosti pre podložie cestných telies zodpovedá skupinám VII, VIII a IX (hliny) alebo skupine V (hlinitý piesok). Ako hutnený materiál do násypov cestných telies sú hliny nevhodné až málo vhodné, hlinité piesky sú však veľmi vhodné. Patria medzi nebezpečne namŕzavé, s nepatrnou až strednou kapilárnou vzlínavosťou.

Ako materiál do hydrotechnických stavieb (hrádze, priehrady) zodpovedá súbor nivných hlín bočných údolí skupine CL a CL-ML, t. j. anorganickým ílom malej až strednej plasticity. Ako orientačné hodnoty optimálnej vlhkosti možno odporúčať pre zeminy skupiny CL 17—19,5 % a pre zeminy CL-ML 16,1—17,5 %. Odporúčané hodnoty maximálnej objemovej hmotnosti pre skupinu CL sa pohybujú od 1,65 do 1,75 g . cm^{-3} a pre skupinu CL-ML od 1,72 do 1,78 g . cm^{-3}. Ako materiál do homogénnej hrádze sú tieto zeminy vhodné až málo vhodné; na tesniacu časť nehomogénnej hrádze veľmi vhodné a na stabilizačnú časť sú nevhodné (ČSN 73 6824, 73 6850).

Zatriedenie pre zemné práce — 2. trieda (ČSN 73 3050).

Spodné časti súvrstvia sedimentov bočných údolí v priestore nivy Myslavského potoka a potoka Ida tvoria aj polohy štrkovitých zemín. Sú to pomerne slabo vytriedené, hrubé štrky, často piesčité, uľahnuté. Valúny sú slabo až stredne opracované, takže miestami majú charakter sutinového materiálu. Veľkosť valúnov sa pohybuje od niekoľkých cm až do veľkosti balvanov. Ich hrúbka spravidla



Obr. 51. Korelačný vzťah medzi medzou tekutosti a medzou tvárlivosti. (Fluviálne sedimenty bočných údolí.)

nepresahuje 1 meter. Z hľadiska štruktúry možno konštatovať, že hrubé zrná tvoria kostru zeminy, pričom póry sú vyplnené prevažne piesčitou zeminou (R. Holzer et al. 1968). Podľa ČSN 73 1001 ich zaraďujeme do skupiny B, trieda 8. Smerné hodnoty niektorých inžinierskogeologických vlastností sú nasledovné:

Pretvárny modul E_0 [MPa]:	200—400
Uhol vnútorného trenia ϕ' [°]:	36—40
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,90

Pre účely cestného staviteľstva možno tieto štrky charakterizovať ako piesčitý štrk. Zeminy tohto typu sú spravidla nenamŕzavé, s nepatrnou až žiadnou kapilárnou vzlínavosťou.

Pre podložie cestných telies ich možno zaradiť do skupiny II; na použitie do násypov cestných telies sú vhodné.

Ako hutnený materiál pre hydrotechnické stavby odporúčame v zmysle ČSN 73 6824 a 73 6850 ich zatriedenie do skupiny GW. Do homogénnej hrádze a do tesniacej časti nehomogénnej hrádze sú nevhodné; na stabilizačnú časť výborne spĺňajú všetky podmienky.

Zatriedenie pre zemné práce — 4. trieda.

Nivné štrky a piesky Hornádu — predstavujú sedimenty korytovej fácie. Na pravej strane rieky sú prikryté hlinitými nivnými sedimentmi. Na ľavej strane štrky vystupujú na povrch a tvoria tzv. príbrežný val.

Valúnový materiál je tvorený prevažne kremeňom, kremencami, granitoidmi a kryštalickými bridlicami, menej vápencami a dolomitmi. Ojedinele bola zistená prítomnosť i bázických intruzívnych hornín a pieskovcov. Valúny sú polozaoblené až zaoblené, o veľkosti prevažne 1—5 cm, menej i 10—15 cm, s maximálnym zrnom až do 30 cm. Tvar valúnov je prevažne pravidelný, ojedinele i plochý. Hrúbka vrstvy štrkov v údolnej nive je 5—9 metrov.

Štrky sú prevažne piesčité, prípadne piesok tvorí len prímes. Menej sa vyskytujú štrky hlinito-piesčité. Obsah piesčitej frakcie (pod 2 mm) u piesčitých štrkov a u štrkov s prímesou piesku je 5—38 %. Štrky hlinito-piesčité obsahujú 28—40 % piesčitej frakcie a 10—16 % hlinitej frakcie (obr. 52). Na základe výsledkov penetračných skúšok je štrkové súvrstvie považované za stredne uľahnuté.

Piesky v údolnej nive Hornádu tvoria nepravidelné šošovky, vložky v štrkoch, resp. sa vyskytujú pod vrstvou hlín. Sú jemno až strednozrnné, hnedé, kypré až stredne uľahnuté, hlinité s premenlivým obsahom valúnov.

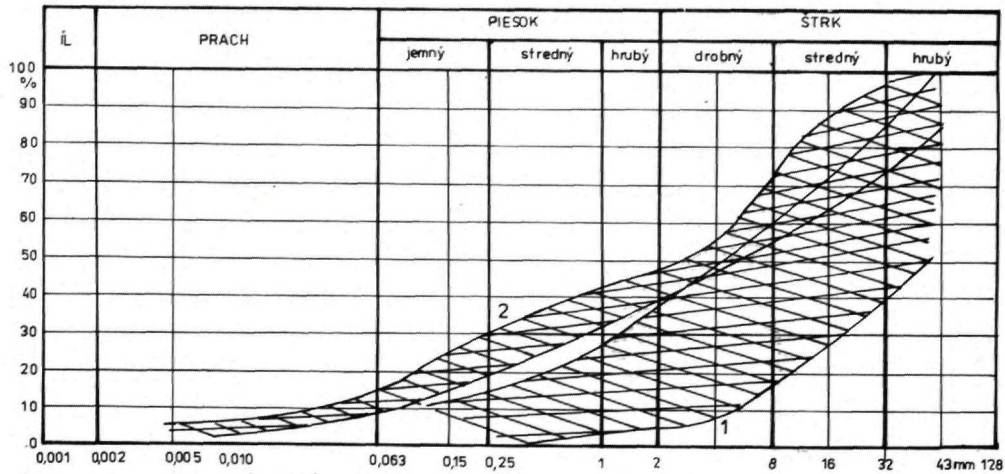
Charakter piesčitých zemín je veľmi premenlivý. Jemné prachovité piesky tvoria prechod hlinitých materiálov do nesúdržných zemín. Obsahujú 42—60 % prachovitej frakcie. Z hľadiska uľahnutosti ich hodnotíme ako kypré. Piesky ako vložky v štrkovej vrstve sú hrubozrnnejšie, s menším obsahom prachovitej frakcie a lokálne aj s valúnmi štrku (obr. 53). Podľa výsledkov penetračných skúšok tieto piesky hodnotíme ako kypré až stredne uľahnuté.

Štrkovité i piesčité zeminy sú priepustné a zvodnené, najmä tie, ktoré majú nízky obsah hlinitých prímesí.

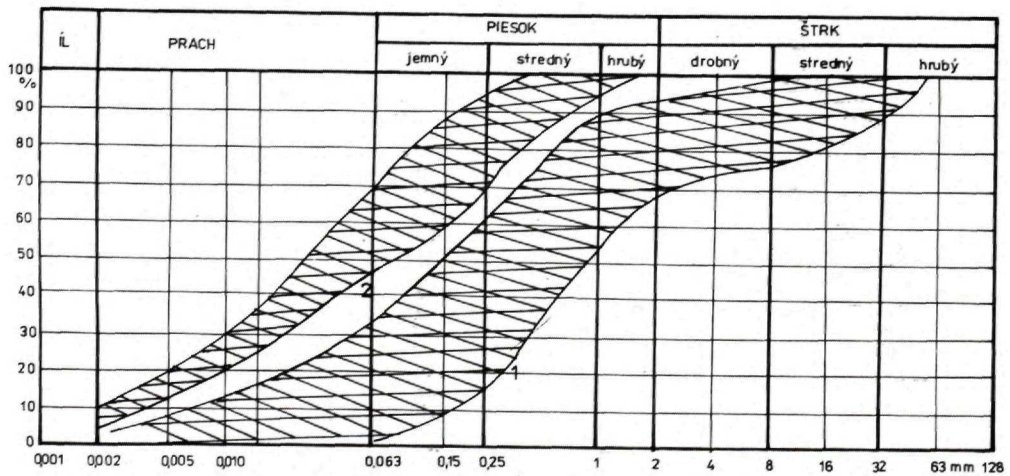
Podľa ČSN 73 1001 je pre plošné zakladanie pozemných stavieb možné štrky zatriediť do skupiny B, trieda 8 a 10, t. j. do skupiny zemín štrkovitých, ktorých zrná sa dotýkajú, resp. nedotýkajú a medzery sú vyplnené piesčitou zeminou.

Piesky odporúčame zatrieďovať do skupiny C, trieda 16 a 17, t. j. do skupiny piesčitých zemín strednozrnných a jemnozrnných s prímesou pod 0,05 mm, suchých alebo vodou nasýtených. Smerné hodnoty pre obe skupiny zemín sú nasledovné:

	Trieda			
	8	10	16	17
Pretvárny modul E_0 [MPa]:	100	50	10	8,0
Uhol vnútorného trenia ϕ' [°]:	36	34	31	33
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,1	2,1	2,0	2,0
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,90	0,83	0,74	0,74



Obr. 52. Obalové čiary kriviek zrnitosti nivných štrkov a pieskov Hornádu.
1 — štrky piesčité a štrky s prímesou piesku; 2 — štrky hlinito-piesčité.



Obr. 53. Obalové čiary kriviek zrnitosti nivných štrkov a pieskov Hornádu.
1 — piesky a hlinité piesky s valúnmi; 2 — prachovité piesky.

Pre spresnenie uvádzame, že zatriedenie platí pre:
— štrky piesčité, stredne uľahnuté — trieda 8
— štrky hlinito-piesčité, stredne uľahnuté — trieda 10
— piesky strednozrnné, stredne uľahnuté — trieda 16
— hlinité a prachovité piesky, stredne uľahnuté — trieda 17.

Pre potreby cestného staviteľstva (ČSN 72 1001) zatrieďujeme štrkovité a piesčité zeminy Hornádu ako štrky piesčité, štrky hlinito-piesčité, piesky, hlinité piesky a prachovité piesky. Tieto zeminy možno označiť ako nenamŕzavé až mierne namŕzavé (štrky), resp. mierne namŕzavé (piesky) a nebezpečne namŕzavé (prachovité piesky). Ich kapilárna vzlínavosť je bezvýznamná, až na prachovité piesky, kde možno očakávať strednú vzlínavosť. Do násypov ciest sú veľmi vhodné, až na prachovité piesky, ktoré treba označiť len za málo vhodné.

Ako podložie cestných telies štrk možno zatriediť do skupiny I a II, piesky do skupiny III, hlinité piesky do skupiny V a prachovité piesky do skupiny VII.

Pre hydrotechnické stavby (ČSN 73 6824 a 73 6850) je zatriedenie štrkovitých a piesčitých zemín Hornádu z hľadiska materiálu do hrádzí nasledovné:

	Skupina
— štrk piesčitý:	GW
— štrk hlinito-piesčitý:	GC
— piesok strednozrnný:	SP
— piesok hlinitý:	SM
— piesok prachovitý:	SC

Orientačné hodnoty optimálnej vlhkosti, maximálnej objemovej hmotnosti a iných vlastností sú uvedené v ČSN 73 6824.

Zatriedenie pre zemné práce — 3.—4. trieda.

Nivné štrky a piesky Torysy — na rozdiel od štrkov v údolnej nive Hornádu je valúnový materiál tvorený prevažne paleogénnymi pieskovcami, menej aj kremeňom. Na väčšine plochy údolnej nivy štrkovité sedimenty predstavujú korytovú fáciu a sú prikryté vrstvou nivných hlín. Jedine v okolí Vyšnej Hutky sa štrky nachádzajú na povrchu terénu a tvoria tzv. príbrežný val. Hrúbka štrkov je dosť nepravidelná — spravidla dosahuje 3—5 m. Jedine v priestore pod Vyšnou Hutkou je to až 10 metrov.

Štrky v údolnej nive Torysy v porovnaní so štrkmi údolnej nivy Hornádu sú viac hlinité, prevažne drobno- až strednozrnné. Valúnový materiál je zaoblený až polozaoblený, plocho pretiahnutý, čo je podmienené textúrou pôvodných hornín. Veľkosť valúnov dosahuje prevažne 0,5—1,0 cm, menej 3—5 cm. Maximálne zrno máva priemer 10—15 cm.

Piesky sú prevažne viazané na bázu nivných hlín. Sú jemnozrnné, hlinité, hnedej, hrdzavohnedej alebo modrozelenej farby, miestami s prímesou valúnov. Obsahujú často i organickú prímes. Obalové čiary kriviek zrnitosti štrkov a pieskov Torysy sú znázornené na obrázku 54. Na základe zhodnotenia priebehu kriviek zrnitosti možno konštatovať, že v údolnej nive Torysy sa vyskytujú hlavne piesčité štrky, štrky s prímesou piesku, štrky hlinité, štrky hlinito-piesčité a hlinité piesky. V prevažnej miere však súvrstvie tvoria hlinité a hlinito-piesčité štrky. Obsah piesčitej frakcie je 30—45 %, hlinitej 9—25 %. Na základe penetračných skúšok

možno ich hodnotiť ako stredne uľahnuté. Štrky piesčité a štrky s prímesou piesku obsahujú 12—32 % piesčitých zŕn (pod 2 mm). Možno ich hodnotiť tiež ako stredne uľahnuté.

Piesky sú prevažne hlinité, menej prachovité, s obsahom hlinitej a prachovitej frakcie asi 40—60 %. Podľa priebehu penetračných skúšok sú vrchné polohy pieskov málo uľahnuté (kypré), smerom do hĺbky sa uľahnutosť zväčšuje a prechádzajú do stredne uľahnutých pieskov.

Pre plošné zakladanie pozemných stavieb zatrieďujeme:

— štrky piesčité, stredne uľahnuté do skupiny B, trieda 8

— štrky hlinito-piesčité a hlinité, stredne uľahnuté do skupiny B, trieda 10

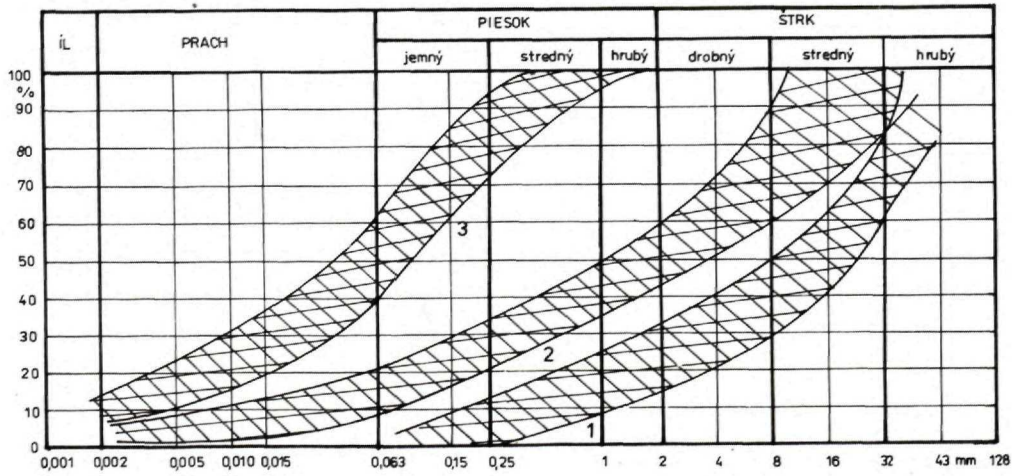
— hlinitý a prachovitý piesok do skupiny C, trieda 17 (ČSN 73 1001).

Smerné hodnoty uvedené pre triedy zemín sú v tabuľke 12. Pre budovanie cestných objektov (ČSN 72 1001) hodnotíme nivné štrky a piesky Torysy opäť ako štrky piesčité, štrky hlinito-piesčité, štrky hlinité, piesky hlinité a prachovité. Uvedený súbor hodnotíme z hľadiska uvedenej ČSN ako nenamŕzavé až mierne namŕzavé, so žiadnou až stredne nepatrnou kapilárnou vzlínavosťou. Ako podložie cestných objektov patria štrky do skupiny I a II, piesky do skupiny V; ako materiál na cestné násypy sú veľmi vhodné.

Na použitie do hrádzí a priehrad zodpovedajú nivné štrky a piesky skupine zemín GW, GM a SM (piesky). Na stavbu homogénnej hrádze a tesniacu časť nehomogénnej hrádze sú zeminy skupiny GW nevhodné.

Do stabilizačnej časti nehomogénnej hrádze je táto skupina zemín výborná. Zeminy skupiny GM sú na použitie do homogénnej hrádze výborné, na tesniacu časť veľmi vhodné a na stabilizačnú časť málo vhodné. Zeminy skupiny SM sú na homogénnu hrádzu, tesniacu a stabilizačnú časť ako materiál vhodné (ČSN 73 6824, 73 6850).

Pre zemné práce zodpovedá zatriedenie 3. a 4. triede (ČSN 73 3050).



Obr. 54. Obalové čiary kriviek zrnitosti nivných štrkov a pieskov Torysy.
1 — štrky s prímesou piesku, štrky piesčité; 2 — štrky hlinité a hlinito-piesčité; 3 — hlinité piesky.

Fluviálne terasové stupne

Vyvinuté sú pozdĺž Hornádu a Torysy. V údolí Torysy sú morfologicky výrazné napr. na okolí Tepličian, Ťahanoviec, Bretejoviec, Budimíra atď. V údolí Hornádu boli identifikované tri terasové stupne, a to würmského, riského a mindelského veku. Najstarší, t. j. mindelský stupeň terasy sa nachádza 45—50 m nad dnom údolnej nivy. Terasové stupne Hornádu sú vyvinuté výrazne len na pravej strane údolia Hornádu (južne od Barce, kóta Šibená hora a inde). Na ľavej strane údolia sú terasové sedimenty buď celkom oderodované, alebo sú zachované len v morfologicky nevýrazných zvyškoch (severozápadne od Košíc, pod Furčou).

Povrchová vrstva terasových stupňov Hornádu a Torysy je tvorená hlinitými sedimentmi o hrúbke 1—2 m. Podľa zrnitosti majú charakter prachovitých a ílovitých hlín. V priebehu diagenetických premien pôsobili na ne procesy zosprašovatenia, v dôsledku čoho nadobudli spraš ový vzhľad. Majú tuhú a pevnú konzistenciu. Ich prirodzená vlhkosť sa pohybuje v rozmedzí od 14 do 25 %, medza tekutosti od 30 do 40 % a index plasticity od 12 do 20 %. Podľa diagramu plasticity IAEG nachádzajú sa hlinité terasové sedimenty na rozhraní nízko a stredne plastických zemín. Pórovitosť je pomerne nízka. Zistený rozptyl hodnôt pórovitosti sa pohyboval od 36,5 do 39,7 %. Stupeň nasýtenia nepresahoval hranicu 78,9 %. Obsah uhličitanov býva blízky hodnote 1, avšak nájdu sa i polohy s väčším obsahom. Laboratórne stanovenie súdržnosti c_u triaxiálnou skúškou sa tesne pohybovalo okolo hodnoty 0,05 MPa a uhol vnútorného trenia ϕ_u bol stanovený s pomerne širokým rozpätím, a to od 6 do 11°.

V zmysle ČSN 73 1001 pre potreby plošného zakladania pozemných stavieb hlinité fluviálne terasové sedimenty Hornádu zaraďujeme do skupiny D, trieda 20, t. j. medzi súdržné zeminy so strednou plasticitou, tuhej a pevnej konzistencie. Ako smerné hodnoty pevnosti platia hodnoty uvedené v predchádzajúcom odstavci. Pre oedometrický modul Mo odporúčame hodnoty Mo = 10—20 MPa.

Ako materiál pre výstavbu hydrotechnických stavieb zaraďujeme terasové hliny Hornádu do skupiny CL. Ich použitie na výstavbu homogénnej hrádze je vhodné, pre tesniacu časť nehomogénnej hrádze veľmi vhodné a pre stabilizačnú časť sú nevhodné. Orientačné hodnoty optimálnej vlhkosti a maximálnej objemovej hmotnosti ČSN 73 6824 udáva v hodnotách pre $W_{opt} = 17{,}0—19{,}5$ % a pre $\varrho_{D\,max} = 1{,}65—1{,}75$ g . cm^{-3}.

Pre cestné stavby (ČSN 72 1002) hodnotíme tieto sedimenty ako ílovité hliny a hliny. Patria k nebezpečne namŕzavým zeminám so strednou kapilárnou vzlínavosťou. Ako podložie cestných stavieb zodpovedajú skupine VII a IX. Do násypov sú málo vhodné.

Pre zemné práce ich zaraďujeme do 2. a 3. triedy (ČSN 73 3050).

V podloží hlinitej pokryvnej vrstvy sa nachádzajú fluviálne terasové štrky, ktorých hrúbka sa pohybuje od 6 do 8 m, ojedinele však dosahuje i 10 metrov. V mindelskej terase Hornádu obsahujú štrky prímes hlavne hlinitej frakcie (štrky hlinito-piesčité). Terasy würmu a risu majú štrky prevažne piesčité. Väčšinou sú stredne až hrubozrnné, uľahnuté. V menšej miere sa vyskytujú aj polohy hlinitého piesku. Rozsah kriviek zrnitosti je znázornený na obrázku 55. Obsah piesčitej

frakcie u piesčitých štrkov je 25—45 %, obsah frakcie pod 0,063 mm je od 0 do 8 %.

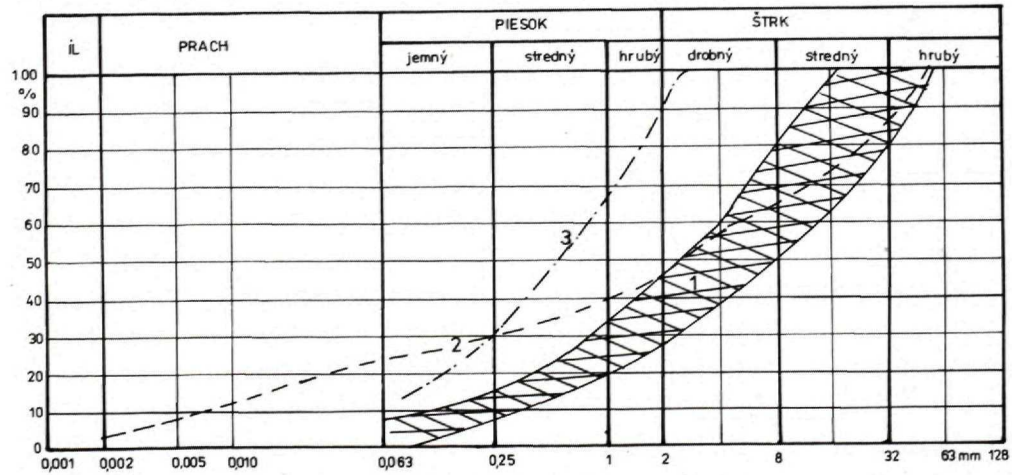
Terasové štrky v údolí Torysy obsahujú asi 20—35 % hlinito-piesčitej prímesi, takže majú často charakter piesčitých, ojedinele i hlinitých štrkov. Valúnový materiál je pomerne rovnozrnný, pričom prevažuje strednozrnná frakcia. Valúny sú dokonale opracované do guľovitého alebo mierne pretiahnutého tvaru. Veľkosť valúnov sa pohybuje od niekoľkých cm do 1 dm. Ojedinele boli zistené i väčšie valúny. Hrúbka štrkov piesčitého súvrstvia terás Torysy dosahuje 7—10 m. Sú stredne uľahnuté až uľahnuté.

Pre potreby plošného zakladania pozemných stavieb terasové štrkové sedimenty Hornádu zatrieďujeme do skupiny B, trieda 8 (štrky piesčité), 9 (štrk piesčito-hlinitý a hlinito-piesčitý) a hlinitý piesok do skupiny C, trieda 17. Ako smerné hodnoty odporúčame (ČSN 73 1001):

	Triedy		
	8	9	17
Modul pretvárnosti E_0 [MPa]:	75,0	70,0	8,0
Uhol vnútorného trenia ϕ' [°]:	38	36	25
Objemová hmotnosť ϱ_n [g . cm^{-3}]:	2,1	2,1	2,1
Súčiniteľ β (ČSN 73 1001):	0,90	0,90	0,74

Pre cestné staviteľstvo ako hutnený materiál a podložie zodpovedajú štrkovité zeminy terasy Hornádu klasifikácii piesčitý štrk, hlinito-piesčitý štrk a hlinitý piesok. Tieto zeminy sa vyznačujú žiadnou až nepatrnou kapilárnou vzlínavosťou, sú nenamŕzavé až mierne namŕzavé. Ako materiál do násypov cestných telies sú veľmi vhodné. Na podložie ako základové pôdy možno ich zaradiť do skupiny I a II, prípadne piesky do skupiny V.

Ako materiál na hydrotechnické stavby možno podľa ČSN 73 6824, 73 6850 štrk piesčitý zaradiť do skupiny GW, štrk piesčito-hlinitý do skupiny GC a hlinitý piesok do skupiny SM. Do homogénnej hrádze sú zeminy skupiny GW nevhodné,



Obr. 55. Obalové čiary a typické krivky zrnitosti nesúdržných terasových štrkov a pieskov Hornádu.
1 — štrky piesčité; 2 — štrky hlinito-piesčité; 3 — piesky hlinité.

GC výborné a SM vhodné. Na tesniacu časť nehomogénnej hrádze zeminy skupiny GW sú nevhodné, GC výborné a SM vhodné. Na stabilizačnú časť sú zeminy skupiny GW výborné, skupiny GC málo vhodné a SM vhodné.

Pre zemné práce je objektívne zaradenie týchto zemín do triedy 2 a 3.

Organické sedimenty

Vyskytujú sa v údolných nivách riek Hornádu, Torysy a ojedinele i v nivách väčších prítokov týchto riek.

V údolnej nive Hornádu tvoria výplň bývalých mŕtvych ramien, alebo sa vyskytujú vo forme nepravidelných polôh a šošoviek hlavne v nivných hlinách alebo štrkoch. Územie s výskytom organických sedimentov sa na povrchu prejavuje ako zamokrená depresia. Hrúbka organických sedimentov v mŕtvych ramenách sa pohybuje v rozmedzí 2—5 m. Sú tvorené spravidla jemnými pieskami až siltami, organogénnymi hlinami, ílovitými hlinami až ílmi tmavých šedých a čiernych farieb, často s charakteristickým zápachom, spravidla mäkkej, ale aj tuhej konzistencie. Organické sedimenty v údolnej nive Torysy sú viazané hlavne na rozhranie nivných hlín a štrkov. Tvoria ich organické íly alebo ílovité piesky modrozelenej tmavej farby, s charakteristickým zápachom, mäkkej a tuhej konzistencie. Majú rôznu hrúbku v rozmedzí od 0,3 do 1,0 m. Organické sedimenty tejto oblasti obsahujú i nerozložené organické rastlinné zvyšky, často značných rozmerov (kmene stromov a pod.).

V oblasti Myslavského potoka, pod obcou Myslava, boli zistené vložky organogénnych hlinito-piesčitých sedimentov o hrúbke do 0,5 m. Sú tmavo sfarbené, s výrazným charakteristickým zápachom, zvodnené, priepustné, s vysokým obsahom organických látok.

Výskyt organických sedimentov je pravdepodobný i v súvrství nivných sedimentov potoka Ida.

Organické sedimenty sa celkove vyznačujú vysokou pórovitosťou, veľmi nízkou uľahnutosťou, prevláda mäkká konzistencia (niekedy až kašovitá), majú vysoký obsah voľne viazanej vody a nízky stupeň konsolidácie. Vysoký obsah organických látok, ktorý je spravidla väčší ako 3—5 %, podmieňuje ich hydrofilnosť, ovplyvňuje kvalitu plasticity a podmieňuje nižšiu objemovú hmotnosť. Pri prevládajúcom obsahu organických látok sa objemová hmotnosť suchej zeminy blíži k hodnotám až 1,1—1,0 g . cm^{-3}. Uvedené fyzikálne vlastnosti podmieňujú vysokú a často aj nerovnomernú stlačiteľnosť, nízku únosnosť a malú pevnosť. Pre zakladanie všetkých druhov stavieb ako základové pôdy a ako materiály do hrádzí a násypov nie sú použiteľné. Odporúčame odstrániť ich a nahradiť únosnejšími zeminami, alebo založiť objekty pomocou pilót vo vhodnejšom podloží.

Antropogénne sedimenty

Vyskytujú sa sporadicky na celom mapovanom území. Ich rozšírenie je viazané hlavne na miesta ľudskej činnosti a ich blízke okolie. Najväčšia kumulácia antropogénnych sedimentov bola zaznamenaná v intraviláne Košíc a na jeho okolí

(Bankov, stará tehelňa v Košiciach — SZ od Šibenej hory), východne od Ťahanoviec, západne od Myslavy, v okolí Bretejoviec, Vajkoviec a menšie výskyty antropogénnych sedimentov boli zaznamenané prakticky v okolí každej obce.

V intraviláne mesta Košíc majú navážky najväčšie plošné rozšírenie. Pochádzajú hlavne zo stavebných a mestských domových odpadov. Ležia na fluviálnych sedimentoch (hlinách) a dosahujú priemernú hrúbku na povrchu terénu 1—2 m, ale v depresiách až 3—4 m. Ich zloženie je typicky chaotické. Vyskytujú sa v nich hliny, piesčité hliny so zvyškami tehlového muriva, betónu, balvanov a úlomkov dreva. Podstatne menší je výskyt štrkových a hlinito-štrkových navážiek. Okrem anorganických materiálov tieto navážky pomerne často obsahujú najrozšírenejšie organické druhy domového odpadu.

Pomerne veľká kumulácia antropogénnych sedimentov bola evidovaná severozápadne od kóty Šibená hora, v priestore starej tehelne. Na zložení tejto navážky sa podieľa hlavne štrk, menej hliny s valúnmi a vo vrchnej časti i stavebný odpad. Materiál je značne nehomogénny, nerovnomerne nakyprený, nerovnomerne stlačiteľný a únosný.

V magnezitovom lome a jeho priľahlej oblasti na Bankove sa nachádzajú skládky hlušiny a skrývkového materiálu ako produkt ťažby magnezitu. Materiál skládky má balvanovitý, úlomkovitý až hlinito-kamenitý charakter s veľmi nerovnomerným zrnitostným zložením. Dosahuje maximálnu hrúbku 20 m, miestami pravdepodobne i viac.

V bočnom údolí Myslavského potoka, západne od Myslavy, na pomerne strmom svahu údolia sú v súčasnej dobe kumulované mestské komunálne a priemyslové odpady mesta Košíc a blízkeho okolia. Tvorí ich hlavne organický, ale aj anorganický odpad vrátane rôznych chemikálií, ktoré evidentne znečisťujú miestny občasný tok. Hrúbka navážky odpadu dosahuje podľa odhadu 4—15 m, pravdepodobne lokálne i viac. Skládky podobného charakteru, ľudovo nazývané „smetiská", sa nachádzajú tiež východne od Ťahanoviec a v menších rozmeroch prakticky pri každej obci.

Súborne je treba antropogénne sedimenty hodnotiť ako nevhodné základové pôdy nielen z hľadiska rôznorodosti materiálu, čo spôsobuje nerovnomernú stlačiteľnosť a únosnosť, ale i preto, že predstavujú pri vhodných podmienkach hnilobných procesov potenciálny zdroj metánu s možnosťou jeho výbuchu.

Inžinierskogeologické rajónovanie územia

V zmysle inžinierskogeologickej typologickej rajonizácie (M. MATULA—M. HRAŠNA 1976) sme študované územie rozdelili celkove do 16 typov rajónov.

V mape rajónovania sme vyčlenili územné jednotky, ktoré sa vyznačujú určitou rovnorodosťou zloženia a stavby základových pôd, geomorfológiou a hydrogeologickými pomermi, umožňujúcou hodnotiť podmienky výstavby rôznych druhov stavieb (M. MATULA—M. HRAŠNA 1976).

Prehľadná charakteristika inžinierskogeologických rajónov.

Rajón			
Typ	Geologickogeomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Litologická charakteristika
Mv	Plošne málo rozsiahly rajón z odolných pararúl, výrazne vyčnievajúcich nad okolitý terén. Ruly vytvárajú veľmi strmé až zvislé steny.	Hladina puklinovej podzemnej vody je nestála a je v hĺbke väčšej ako 10—15 m.	Biotitické dvojsľudové pararuly kryštalického jadra Čiernej hory, silne tektonicky porušené, navetrané, pukliny vyplnené hlinitým materiálom. Maximálna hrúbka hlinito-kamenitého delúvia je 1 m.
Mn	Rajón zaberá územie v západnej časti mapy tvorený paleozoickými fylitmi gelnickej a rakoveckej série s vložkami kremencov, kvarcitov a tufitov. Svahy budované uvedenými horninami sú zväčša strmé, menej mierne.	Hladina puklinovej podzemnej vody býva nestála a je v hĺbke väčšej ako 5—10 m. Cirkulácia vody je sťažená ílovitou výplňou puklín.	Chloritické, sericitické a grafitické fylity sú bridličnaté horniny s výraznou anizotropiou, fyzikálno-mechanických vlastností. Ľahko podliehajú procesom zvetrávania. Deluviálny pokryv je ílovito-hlinitý.
Mn	Menšie územné celky zo západnej časti mapy budované porfyroidmi a amfibolitmi gelnickej a rakoveckej série. Svahy v tomto rajóne sú zväčša strmé, menej mierne.	Hladina puklinovej podzemnej vody sa predpokladá v hĺbke väčšej ako 10—15 m.	Porfyroidy (metamorfované kremité porfýry, ich tufy a tufity) a amfibolity gelnickej a rakoveckej série sú zväčša navetrané, stredne rozpukané, slabo zbridličnatené, masívne.
Ih	Morfologicky výrazná elevácia nad údolím Hornádu severne od Ťahanoviec tvorená granodioritom kryštalického jadra Čiernej hory. Svahy sú v tomto rajóne strmé, menej mierne.	Hladina puklinovej podzemnej vody je predpokladaná v hĺbke väčšej ako 10—15 m.	Šedý granodiorit Čiernej hory, strednozrnný, masívny, v zónach intenzívneho zvetrávania, tektonického porušenia mylonitizovaný. Hrúbka kôry zvetrávania je nepravidelná, miestami intenzívne hĺbkové zvetrávanie na piesčité elúvium.
VI	Drobné odkryvy diabázov, diabázporfyritov a príbuzných hornín rakoveckej série v údolí Myslavského potoka a v blízkom okolí. Sklony svahov sú väčšinou strmé, zriedkavo mierne.	Hladina puklinovej podzemnej vody sa predpokladá v hĺbke väčšej ako 10—15 m.	Diabázy, diabázporfyrity a príbuzné horniny sú masívne až zbridličnatené, slabo až stredne puklinovité, v zbridličnatených zónoch intenzívnejšie zvetrané.

Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť pre dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie pre ďalší prieskum
Vzhľadom na veľmi sklonitý terén je územie nevhodné až podmienečne vhodné pre výstavbu. Trieda 1, 3.	Ruly predstavujú vcelku málo kvalitný materiál do ciest a násypov.	6—7	Materiál na výstavbu ciest.	Stupeň zvetrania a rozpukania, nebezpečenstvo vypadávania blokov zo stien.
Základovú pôdu v tomto rajóne hodnotíme v dôsledku strmých svahov a potrebného skalného výlomu ako podmienečne vhodnú. Trieda 1—4.	Pre vedenie trás komunikácií je územie málo vhodné (pri podrezaní svahov nebezpečenstvo vzniku zosunov). Ako materiál do ciest sú fylity málo vhodné až nevhodné.	4—6	Málo kvalitný materiál na výstavbu ciest.	Rýchle zvetrávanie fylitov vo vybudovaných zárezoch svahov.
Základovú pôdu v tomto rajóne hodnotíme v dôsledku strmých svahov a potrebného skalného výlomu ako podmienečne vhodnú. Trieda 1—2.	Pre vedenie trás komunikácií je územie podmienečne vhodné (morfológia, skalný výlom), ako materiál do ciest sú porfyroidy a amfibolity vhodné.	6.	Amfibolity sú vhodné na výrobu granulovanej drviny a ako stavebný materiál (kameň) pre miestnu spotrebu.	Hrúbka kôry zvetrávania.
Základovú pôdu možno v tomto rajóne v dôsledku strmých svahov, potrebného skalného výlomu a nepravidelnej hrúbky kôry zvetrávania hodnotiť ako podmienečne vhodnú. Trieda 3.	Pre vedenie trás komunikácií je územie vhodné až podmienečne vhodné (morfológia, výlom). Nezvetraný granodiorit je vhodný ako materiál do ciest.	6.	Granodiorit je vhodný na výrobu granulovanej drviny.	Nepravidelná hrúbka kôry zvetrávania.
Základovú pôdu v tomto rajóne hodnotíme v dôsledku strmých svahov a potrebného skalného výlomu ako podmienečne vhodnú. Trieda 2—4.	Pre vedenie trás komunikácií je územie podmienečne vhodné (morfológia, skalný výlom). Masívne horniny sú vhodné na výstavbu ciest.	5 a 7.	Masívne diabázy a diabázporfyrity sú vhodné na výrobu granulovanej drviny.	Zbridličnatené zóny so zhoršenými fyzikálno-mechanickými vlastnosťami.

Rajón			
Typ	Geologickogeomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Litologická charakteristika
Vp	Malé územné celky v oblasti Nižného Klatova tvorené tufmi a tufitmi kremitých porfýrov Spišsko-gemerského rudohoria a v oblasti Kráľoviec tvorené ryolitovými pyroklastikami neogénneho veku. Tvoria strmé, menej mierne, miestami až zvislé steny.	Hladina podzemnej vody, sčasti aj pórovej, je predpokladaná v hĺbke 5—15 m.	Permské tufy a tufity kremitých porfýrov majú charakter skalných hornín, kým redeponované ryolitové pyroklastiká sú typické poloskalné horniny.
Sv	Rajón je budovaný paleozoickými magnezitmi a dolomitmi a strednotriasovými dolomitmi a vápencami. Sklony svahov v tomto rajóne sú väčšinou strmé.	Nádejnejším kolektorom vody môžu byť iba strednotriasové, silne podrvené, zvetrané dolomity a vápence stredného triasu. Hladinu puklinovej, sčasti aj pórovej podzemnej vody predpokladáme v hĺbke väčšej ako 5—10 m.	Paleozoické dolomity a magnezity sú čiastočne navetrané, stredne rozpukané. Krehké mezozoické dolomity sú tektonicky silno podrvené a zvetrané až na dolomitický piesok. Vápence majú všeobecne lepšie vlastnosti. V porovnaní s dolomitmi sú menej krehké.
Ni	Neogénne ílovité sedimenty karpatu, bádenu a sarmatu tvoria výplň Košickej kotliny. Na povrch vystupujú v menších územných celkoch vo vrcholových častiach pahorkov alebo v hlbokých eróznych ryhách. Tvoria mierne až veľmi mierne svahy.	Nesúvislá hladina podzemnej vody je viazaná na piesčité a štrkovité polohy, ktoré sú v rôznej hĺbke. Často je hladina napätá.	Ílovité sedimenty karpatu, bádenu a sarmatu tvoria jemnopiesčité vápnité íly sivej až svetlosivej farby s rôzne hrubými vložkami pieskovca, štrkov a ojedinele tufitických pieskov.
Nk	Rajón zaberá veľké územné celky na všetkých mapových listoch. Tvoria ho sladkovodné neogénne sedimenty štrkovité (varhaňovské štrky, ich ekvivalenty a košická štrková formácia). Tvoria väčšinou mierne svahy. Delúviá sú ťažko odlíšiteľné.	Z dôvodu väčšieho podielu ílovitej frakcie a častých ílovitých vrstiev je tento rajón hydrogeologicky málo výrazný. Hladina podzemnej vody (často napätá) nebýva v menšej hĺbke ako 10 m.	Litologicky veľmi rôznorodý materiál. Ide prevažne o štrky s premenlivým obsahom súdržnej frakcie, s medzivrstvičkami ílov a tufitických pieskov, prípadne pieskovcov a zlepencov.
D/Ft	Rajón predstavujú denudačné zvyšky pleistocénnych riečnych terás (mindel — ris) ležiacich na skalnom alebo na nespevnenom (neogénnom) podloží. Terasy ležia v rôznych úrovniach nad súčasnými korytami Torysy a Hornádu. Terén je horizontálny alebo nepatrne sklonitý.	Podzemná voda môže byť viazaná na terasové štrky. Zvodnenie štrkov býva obvykle minimálne.	Na povrchu sa nachádzajú piesčité a prachovité hliny sprašoidného charakteru. Priemerná hrúbka je 2—5 m, v okolí Budimíra až 10 m. Pod nimi sú hlinité a piesčité, stredno- až hrubozrnné štrky uľahnuté, občas až strednozrnné piesky. Ich hrúbka je 2—8 m.

Tab. 13 — pokračovanie

Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť pre dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie pre ďalší prieskum
Základovú pôdu v tomto rajóne hodnotíme ako podmienečne vhodnú (skalné horniny, strmé svahy). Trieda 3—4.	Pre vedenie trás komunikácií je územie vhodné (skalný výlom, morfológia, terén).	4—5.	Ryolitové pyroklastická sa ťažia pre miestne stavebné účely.	Overenie hrúbok a vlastností neogénnych pyroklastík.
Územie v tomto rajóne poskytuje podmienečne vhodné základové pôdy (skalný výlom, strmé svahy). Územie s výskytom magnezitu ako nerastnej suroviny je pre výstavbu nevhodné. Trieda 2—3.	Prevažne strmé svahy, potreba odrezov a zárezov.	6.	Dolomitický piesok vhodný pre hutný priemysel. Ostrohranná drvina vhodná do ciest.	Tektonicky silne porušené a do hĺbky zvetrané zóny. Veľmi nepravidelná hrúbka delúvií. Krasové javy.
Územie poskytuje podmienečne vhodné základové pomery (prítomnosť ílov, časté zosuny, nepravidelné štrkové a piesčité vložky). Trieda: 19—20 pre íly; 10—11 pre štrky.	Územie je vcelku vhodné pre vedenie trasy komunikácií. Íly sú na násypy a podložie nevhodné; piesky a štrky sú vhodné.	4—5.	Využitie na stavebné účely sa neodporúča.	Vo vhodných podmienkach (sklon svahu, podzemná voda atď.) nebezpečenstvo vzniku zosunov. Na sklonitom území zbavenom vegetácie rozvoj hlbo. eróznych rýh.
Základové pomery sú vhodné až podmienečne vhodné (prítomnosť ílovitých vložiek, rýchle a nepravidelne striedajúce sa granulometrické zloženie, stabilita územia). Trieda: 8, 10, 11, 12, 15, 19, 20, 21.	Mierne svahy sú vhodné na vedenie trás komunikácií. Štrkovité zeminy sú vhodné až málo vhodné do násypov a podložia, íly sú nevhodné. Nebezpečenstvo zosunov.	2—3.	Štrkovité zeminy sú nevhodné do betónov (hlinitá a ílovitá prímes, zvetrávanie valúnov).	V ílovitých polohách nebezpečenstvo vzniku zosunov. Na území bez vegetácie rýchly rozvoj eróznych rýh.
Rajón poskytuje vhodné základové pomery pre všetky druhy stavieb. Trieda 10, 15, 19, 20.	Územie je vhodné na vedenie trás komunikácií, ale hliny sú málo vhodné až nevhodné na násypy a podložie.	2—3.	Piesčité štrky sú vhodné do násypov ciest	—

Rajón			
Typ	Geologickogeomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Litologická charakteristika
D	Rajón vytvárajú svahové nespevnené sedimenty, ktoré pokrývajú skalné horniny Spišsko-gemerského rudohoria, Čiernej hory a horniny sedimentárneho a vulkanického neogénu Košickej kotliny. Charakter delúvia je závislý od materskej horniny. Maximálna hrúbka je pri úpätiach svahov.	Tento rajón je tvorený pestrou škálou sedimentov s rôznym zrnitostným zložením. Voda sa obvykle nachádza v hĺbke do 5—10 m, v spodných častiach svahov i vyššie.	Pestré litologické zloženie závislé od podložných hornín. Ílovité a piesčité hliny s ostrohrannými úlomkami hornín, valúnmi štrku a i. Hrúbka je premenlivá (1—10 m aj viac), zvyšuje sa smerom k úpätiu svahov.
Fn	Takmer rovinné územie aluviálnej nivy Torysy. Územie mierne klesá k juhu. Pod pokryvnou vrstvou povodňových hlín sú hlinité štrky. Podložie tvoria súdržné nespevnené sedimenty. Priemerná šírka nivy je 1,5—2,5 km.	Podzemná voda je viazaná na štrkovú vrstvu. Hladina je v hĺbke 1—3 m. Je často napätá.	Na povrchu sú nivné ílovité hliny, zriedkavo prachovité alebo piesčité o priemernej hrúbke 4—6 m, maximálne až 10 m. Pod holocénnym hlinitým pokryvom sú zahlinené, strednozrnné až drobnozrnné štrky s priemerom valúnov 1—5 cm a hrúbke 3—4 m.
Fh	Ploché územia aluviálnych nív Hornádu, Idy a menších vodných tokov. Územie mierne poklesáva k juhu. Pokryvnú vrstvu tvoria povodňové hliny, pod ktorými sú piesčité štrky. Podložie tvoria skalné horniny paleozoika a mezozoika, ako aj neogénne štrkovité a ílovité súvrstvia.	Zvodnené sú hlavne štrky. Hladina je v hĺbke 1—3 m, smer prúdenia podzemnej vody je súhlasný so smerom pohybu vody v koryte rieky.	Väčšinou piesčité, menej prachovité a ílovité povodňové hliny tvoria pokryvnú vrstvu. Pod nimi sú strednozrnné, miestami na báze balvanité piesčité štrky (Hornád) o priemere 5—30 cm. Materiál štrkov pochádza z hornín paleozoika, mezozoika a z neogénnych štrkových komplexov.
P	Náplavové kužele pri vyústení bočných údolí do aluviálnych nív. Súčasné tvary sú denundačnými zvyškami v minulosti rozsiahlejších prolúvií. Obsahujú materiál z blízkeho okolia.	Nesúvislá hladina podzemných vôd leží v hĺbke 2—5 m, je závislá od zrážok. Obvykle sú priepustnejšie ako deluviálne sedimenty, miestami agresívna voda.	Nepravidelné striedanie hlinitých a nevytriedených štrkovitých materiálov. Horninový materiál je závislý od zbernej oblasti. Hrúbka do 10 m.
An	Bezprostredné okolie ťažby magnezitu na Bankove. Rozsiahla ťažobná jama a depónie skrývkového materiálu úplne zmenili prirodzený ráz krajiny.	Hladina podzemnej vody je z dôvodu intenzívnej ťažobnej činnosti vo veľkej hĺbke.	Úlomkovitý hlinito-kamenitý materiál veľmi nepravidelného zrnitostného zloženia (súdržné hliny až balvany) s nepravidelnou hrúbkou (max. 20 m). Deponovaný materiál je značne nakyprený.

Tab. 13 — pokračovanie

Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť pre dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie pre ďalší prieskum
Rajón poskytuje podmienečne vhodné až vhodné základové pomery (miestami strmé svahy, svahové deformácie, prítomnosť ílov). Trieda: 9, 10, 11, 20, 21.	Územie je vcelku vhodné až podmienečne vhodné na vedenie trás komunikácií. Vo vhodných podmienkach možný vznik zosunov.	2—5.	Časť sprašoidných hlín vhodná na výrobu tehál.	Nebezpečenstvo zosunov a výmoľovej erózie.
Územie je poľnohospodársky využívané, patrí do inundačnej oblasti rieky Torysy. Pre nenáročné stavby sú základové pomery vhodné. Trieda:8, 9, (10), 19, 20, 21.	Územie je vhodné na vedenie trás komunikácií. Hliny sú málo vhodné až nevhodné na násypy, štrky sú vhodné až veľmi vhodné.	2—3.	Lokálna ťažba štrku a piesku, kvalitná podzemná voda.	Ochrana podzemnej vody pred znečistením.
Územie je poľnohospodársky intenzívne využívané, patrí do inundačných oblastí vodných tokov. Trieda: 19, 20, 21, 8, 10, 16, 17.	Územie je vhodné na vedenie trás komunikácií. Hliny sú málo vhodné do násypov, štrky sú veľmi vhodné a vhodné.	2—4.	Ťažba štrku a piesku v kolízii s vodárenskými záujmami.	Ochrana podzemnej vody pred znečistením.
Rajón poskytuje vhodné až podmienečne vhodné staveniská (striedanie litológie, nestála hladina podzemnej vody). Trieda: 10, 11, 19 až 21.	Územie je vhodné na vedenie komunikácií. Štrkovitý materiál vhodný až podmienečne vhodný na násypy a podložie.	2—4.	Štrkovité polohy sú vhodné do násypov.	Veľmi premenlivé zloženie a konzistencia hlín, agresivita podzemných vôd.
Vzhľadom na ložisko nerastnej suroviny, poddolovanie územia a nakyprenie materiálu, je rajón nevhodný pre všetky druhy stavieb, okrem stavieb dočasného charakteru súvisiacich s ťažbou.	Územím prechádzajú príjazdové trasy pre transport ťaženého materiálu. Časť horniny (dolomity) je vhodná ako kamenivo do ciest.	4—5.	Časť skalných hornín deponovaných na haldách (dolomity) je vhodná ako kamenivo do ciest.	Ochrana okolia pred nepriaznivým dopadom ťažobnej činnosti.

Rajón			
Typ	Geologickogeomorfologická charakteristika	Hydrogeologické pomery	Litologická charakteristika
Ao	Väčšie navážky mestských a priemyselných odpadov v blízkosti obcí v eróznych ryhách a pozdĺž vodných tokov. Podložie tvoria štrkovité a hlinité sedimenty.	Podzemné vody sa v tomto rajóne nenachádzajú.	Anorganický a organický odpad, prebytočný materiál z násypov, hrúbka 2—15 m. Je silne a nepravidelne stlačiteľný, s veľkým podielom organickej hmoty.

Rajón vysokometamorfovaných hornín (Mv)

Tento plošne málo významný rajón tvoria na povrch vystupujúce svorové a fylitické pararuly Čiernej hory, ktoré vychádzajú na povrch SV od Ťahanoviec a na kóte Šibená hora v Košiciach.

Sú to biotitické a dvojsľudné pararuly, silne tektonicky porušené, navetrané až zvetrané, pukliny sú vyplnené hlinitým materiálom. Na povrch vystupujú buď priamo, alebo sú kryté hlinito-kamenitým delúviom do hrúbky 1 m. Hladina puklinovej podzemnej vody je nestála a je v hĺbke väčšej ako 10—15 m. Ruly vytvárajú väčšinou strmé až zvislé steny, takže staveniská klasifikujeme ako nevhodné až podmienečne vhodné. Využitie horninového materiálu je obmedzené na málo kvalitný materiál do ciest a násypov.

Rajón nízkometamorfovaných hornín (Mn)

Tvoria ho rôzne typy fylitov gelnickej (kambrium-silúr) a rakoveckej (devón) série Spišsko-gemerského rudohoria s vložkami kremencov, kvarcitov a tufitov, ktoré vystupujú na povrch územia. Rajón zaberá väčšiu plochu územia najmä západne od rieky Idy. Chloritické, sericitické a grafitické fylity sú bridličnaté horniny, navetrané až zvetrané, miestami silne tektonicky porušené. Výplň puklín je ílovitá alebo hlinitá.

Fylity sa vyznačujú anizotropiou fyzikálno-mechanických vlastností. Na rozdiel od niektorých iných skalných hornín na povrchu rýchlo podliehajú procesom zvetrávania.

Hladina podzemnej puklinovej vody býva vo väčších hĺbkach ako 5—10 m. Pukliny sú väčšinou vyplnené, čo sťažuje prenikanie a cirkuláciu podzemnej vody. Pramene menšej výdatnosti možno predpokladať len na výraznejších tektonických dislokáciách.

Tab. 13 — pokračovanie

Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika				
Zhodnotenie staveniska a triedy hornín podľa ČSN 73 1001	Vhodnosť pre dopravné stavby podľa ČSN 72 1002	Zatriedenie podľa ČSN 73 3050	Možnosti využitia hornín	Doporučenie a informácie pre ďalší prieskum
Nevhodné územie pre všetky druhy stavieb.	Nevhodné územie na vedenie trás komunikácií.		Zdroj druhotných surovín (kovy, sklo).	Zdroj kontaminácie vôd a ovzdušia. V krajnom prípade nebezpečenstvo výbuchu nahromadeného metánu, ktorý vzniká pri procese hnitia.

Staveniská v tomto rajóne hodnotíme v dôsledku strmých svahov a skalného výlomu ako podmienečne vhodné. V prípade nepriaznivého sklonu bridličnatosti a pri podrezaní svahov stavebnými prácami môže vzniknúť reálne nebezpečenstvo porušenia stability.

Rajón masívnych metamorfovaných hornín (Mm)

Tento rajón sme vyčlenili na územiach, kde na povrch vystupujú porfyroidy (metamorfované kremité porfýry, ich tufy a tufity) gelnickej série, amfibolity a rôzne typy amfibolických hornín, ktoré sú slabo zbridličnatené až masívne. Menované horniny vychádzajú na povrch v širšom okolí Vyšného Klatova a na území Z od rieky Idy.

Amfibolity majú vo všeobecnosti lepšie inžinierskogeologické vlastnosti ako porfyroidy, sú zväčša iba navetrané a stredne rozpukané. Pukliny sú vyplnené zväčša hlinitým materiálom. Hrúbka delúvia nepresahuje 1 m, ojedinele 1,5 m.

Hladina puklinovej podzemnej vody býva v hĺbke väčšej ako 10—15 m. Horniny sú vhodné na výrobu drviny do ciest.

Staveniská v tomto rajóne sú podmienečne vhodné z dôvodu skalného výlomu a strmých svahov.

Rajón magmatických intruzívnych hornín (Ih)

Zaberá územie tvorené granodioritom Čiernej hory severne od Ťahanoviec. Masív vytvára morfologicky výraznú eleváciu nad údolím Hornádu. Granodiorit je masívny, strednozrnný, pomerne značne postihnutý procesmi zvetrávania. Tektonické porušenie je dosť premenlivé, v miestach intenzívneho tektonického postih-

nutia až mylonitizované. Pukliny sú vyplnené hlinitým a piesčitým elúviom. Sklony svahov budované granodioritom sú strmé, menej mierne. Na povrchu sú väčšinou pokryté hlinito-piesčitým a kamenitým delúviom a elúviom.

Hladina puklinovej podzemenej vody sa vyskytuje v hĺbke väčšej ako 10—15 m. Podzemná voda zväčša presahuje do štrkových sedimentov košickej štrkovej formácie a aluviálnych náplavov Hornádu.

Staveniská na tomto území klasifikujeme ako podmienečne vhodné (strmé svahy, skalný výlom). Hornina je vhodná na výrobu granulovanej drviny.

Rajón efuzívnych hornín (Vi)

Tento rajón tvoria diabázy, diabázporfyrity a príbuzné horniny rakoveckej série, ktoré vystupujú na drobných izolovaných miestach v údolí Myslavského potoka a v bízkom okolí. Sú to masívne až silnejšie zbridličnatené horniny slabo až stredne puklinovité, v zbridličnatených partiách intenzívnejšie zvetrané. Sklony svahov sú väčšinou strmé, menej mierne.

Hladina podzemnej puklinovitej vody býva v hĺbkach väčších ako 10—15 m.

Staveniská na území rajónu možno charakterizovať ako podmienečne vhodné (skalný výlom, nepravidelné zvetranie). Masívne diabázy možno využiť na výrobu granulovanej drviny, alebo ako stavebný kameň pre miestne účely.

Rajón pyroklastických hornín (Vp)

Do tohto rajónu sme zaradili menšie územné celky v širšom okolí Nižného Klatova tvorené tufmi a tufitmi kremitých porfýrov permského veku (oblasť Spišsko-gemerského rudohoria) a drobné odkryvy redeponovaných pyroklastík ryolitov neogénneho veku pri obci Kráľovce a v širšom okolí Ortášov (Košická kotlina). Tvoria mierne, ale aj strmé svahy. Tufy a tufity kremitých porfýrov sú silne dynamometamorfované, navetrané, s jemne vrstevnatou odlučnosťou. Celkove majú charakter na rozhraní medzi skalnými a poloskalnými horninami. Ryolitové pyroklastiká sú typické poloskalné horniny, na povrchu silne zvetrané až na piesčité a piesčito-hlinité elúvium.

Hladina podzemnej vody je v hĺbke väčšej ako 5—10 m. Staveniská v tomto rajóne hodnotíme ako podmienečne vhodné (strmé svahy) až vhodné.

V súčasnosti sa ryolitové pyroklastiká ťažia pre miestne stavebné účely.

Rajón vápencovo-dolomitických hornín (Sv)

Rajón je budovaný paleozoickými magnezitmi a vápencami najvýchodnejších výbežkov Spišsko-gemerského rudohoria a strednotriasovými dolomitmi obalovej jednotky Čiernej hory v okolí Ťahanoviec a Tepličian. Sklony svahov budované týmito horninami sú väčšinou strmé. Paleozoické horniny v okolí Bankova sú čiastočne navetrané, stredne rozpukané, dobre odolné voči procesom zvetrávania. Mezozoické dolomity sú naopak silno tektonicky podrvené na dolomitickú brekciu

až piesok. V určitých miestach sa rozpadajú na drobné, ostrohranné úlomky. Hornina je postihnutá intenzívnym hĺbkovým zvetrávaním.

Hĺbka hladiny podzemnej vody je viac ako 5—10 m pod terénom.

Rajón v oblasti Bankova, Ťahanoviec a Tepličian je poznačený banskou činnosťou človeka. Územie je pre výstavbu nevhodné (ložisko nerastnej suroviny, poddolované územie, zosuny) až podmienečne vhodné (strmé svahy, skalný výlom).

Magnezitové ložisko Bankov poskytuje kvalitnú surovinu. Vápence a dolomity sú vhodným materiálom do cestných stavieb, dolomitová múčka sa využívala ako chemická prísada v hutníckom priemysle.

Rajón ílovito-prachovitých sedimentov (Ni)

Tvoria ho ílovité sedimenty karpatu, bádenu a sarmatu v Košickej kotline. Na povrch vystupujú v menších odkryvoch vo vrcholových častiach pahorkov alebo v hlbokých eróznych ryhách. Sú budované najmä jemnopiesčitými, vápnitými ílmi s vložkami pieskov a štrkov a ojedinele tufitickými pieskami. Strmšie svahy, vzniknuté erozívnou činnosťou povrchových vôd, sú postihnuté častými zosuvmi. Piesčitejšie polohy sú málo odolné voči deštrukčnej činnosti dažďového ronu, čím vznikajú 5 a viac metrov hlboké erózne ryhy. Podzemná voda býva v rôznej hĺbke. Je viazaná na piesčité a štrkovité polohy.

Rajón poskytuje podmienečne vhodné základové pôdy (prítomnosť ílov, časté zosuny).

Rajón striedajúcich sa súdržných a nesúdržných sedimentov (Nk)

Tvoria ho sladkovodné sedimenty varhaňovských štrkov a ich ekvivalentov a košická štrková formácia.

Zaberajú väčšie územné celky na všetkých mapových listoch. Sú tvorené litologicky veľmi rôznorodým materiálom. Sú to prevažne štrky s premenlivým obsahom hlinitej a piesčitej frakcie. Časté sú preplástky a vrstvy ílov a tufitických pieskov. Pre tento rajón je typické rýchle striedanie zrnitostného zloženia vo vertikálnom aj horizontálnom smere. V sedimentoch košickej štrkovej formácie sa vyskytujú až niekoľko dm hrubé vrstvy zlepencov alebo pieskovcov stmelených železitým tmelom, ktoré môžu spôsobiť problémy pri zemných prácach. Nápadná hrdzavá, žltá až červenohnedá farba sedimentov je spôsobená vyzrážanými oxidmi železa.

Hrúbka deluviálnej pokrývky dosahuje v tomto rajóne približne 1 m. Určenie hrúbky delúvia pôsobí určité ťažkosti, pretože vizuálne sú neogénne sedimenty a ich kvartérny pokryv od seba často veľmi ťažko a problematicky odlíšiteľné.

Z dôvodu väčšieho množstva súdržnej frakcie a ílovitých preplástkov je z hydrogeologického hľadiska tento rajón málo významný. Zvodnenie je viazané na piesčité a štrkovité polohy s menším podielom hlinitej frakcie, často s napätou hladinou.

Hladina podzemnej vody je obvykle vo väčšej hĺbke ako 10 m, iba zriedkavo menej.

Špecifickým rysom tohto rajónu je malá odolnosť voči rozmývaniu. Erózne ryhy v štrkovitých sedimentoch sa vyvíjajú rýchlo do hĺbky väčšinou v období prívalových vôd pri prudkých lejakoch. Štrky sú uľahnuté, preto majú schopnosť udržiavať dočasne veľmi strmé až zvislé steny.

Významné v tomto rajóne sú aj časté zosuvné javy rôznych typov, morfológie, hrúbky a veku. Dostatočne známy je prípad zo sídliska Dargovských hrdinov v Košiciach alebo zosuvné územie na lokalite Zelený dvor severne od Košíc.

Staveniská v tomto rajóne hodnotíme ako vhodné až podmienečne vhodné (prítomnosť ílovitých vložiek, rýchle a nepravidelné striedanie granulometrického zloženia, stabilita územia). Štrky majú vzhľadom na značnú hlinitú a ílovitú prímes, ako aj zvetrávanie časti valúnov (fylity, tufy, tufity) bez úpravy obmedzené použitie. Na použitie do betónu sú nevhodné. Možno ich používať pri komunikačných stavbách a násypoch, hoci sú mierne namŕzavé až namŕzavé.

Rajón deluviálnych sedimentov na pleistocénnych riečnych terasách (D/Ft)

Predstavuje čiastkové územné celky zachovaných pleistocénnych terás riek Hornádu a Torysy. Plošne najrozsiahlejšia terasa sa nachádza na pravom brehu Hornádu, južne od Košíc. Menšie zvyšky terás sú zachované pri Ťahanovciach a Tepličanoch. Zvyšky terasových sedimentov Torysy sa nachádzajú pri Bretejovciach a Budimíre. Sú tvorené uľahnutými hlinitými a piesčitými stredno- až hrubozrnnými štrkmi, miestne zastúpené strednozrnnými pieskami. Hrúbka kolíše v rozmedzí 2—8 m. Na povrchu bývajú kryté piesčitými a prachovitými hlinami. Na vzniku hlín sa podieľalo viacero faktorov, okrem iného aj eolická činnosť počas pleistocénu. Polygenetické hliny majú sprašoidný charakter. Priemerná hrúbka hlín je 2—5 m, v obci Budimír bola zistená hrúbka piesčitých a prachovitých hlín až 10 m.

Z hydrogeologického hľadiska je tento rajón bezvýznamný. Hladina podzemnej vody býva v hĺbke väčšej ako 10 m, iba lokálne menej. Riečne terasy tvoria na povrchu plošiny v rôznych úrovniach nad súčasným tokom riek.

Vzhľadom na malú stlačiteľnosť štrkov, uľahnutosť, rovinný terén a minimálne prítoky do stavebných jám pri výkopových prácach hodnotíme tento rajón ako územie vhodné na všetky druhy stavieb. Piesčité štrky sú vhodné do násypov ciest.

Rajón deluviálnych sedimentov (D)

Zaberá územie tvorené svahovými nespevnenými sedimentmi, ktoré pokrývajú skalné horniny Spišsko-gemerského rudohoria a výbežku Čiernej hory a horniny sedimentárneho a vulkanického neogénu Košickej kotliny. Delúvium na skalných horninách je tvorené hlinitým materiálom s premenlivým podielom piesčitej frakcie a ostrohranných úlomkov rôznej veľkosti. Deluviálne sedimenty ležiace na neogénnych štrkovitých súvrstviach obsahujú premenlivý podiel valúnov. Ako už

bolo spomenuté v charakteristike rajónu Nk, delúvium je tu ťažko odlíšiteľné od neogénnych vrstiev. Vo všeobecnosti možno povedať, že deluviálne hliny obsahujú väčší podiel hlinitej frakcie, valúny z určitých hornín (fylitov, vulkanitov) bývajú viac navetrané až zvetrané. Tak isto zmena farby môže indikovať hranicu kvartér—neogén.

Delúvium, ktoré sa vytvorilo na pelitických neogénnych sedimentoch má zväčša charakter ílovitej hliny až ílu.

Deluviálne sedimenty ležia na strmých, ale aj miernych a veľmi miernych svahoch. Ich hrúbka býva v intervale 1—8 m, v spodných častiach svahov 5—10 m alebo aj viac.

V sedimentoch ležiacich na skalnom podklade sa hladina podzemnej vody nachádza v hĺbke 3—5 m, niekedy aj v menšej. Neplatí to však ako všeobecné pravidlo. Vo všeobecnosti možno povedať, že v nižších častiach svahov sa hladina podzemnej vody nachádza bližšie k povrchu. Deluviálny pokryv ležiaci na horninách sedimentárneho neogénu je z hydrogeologického hľadiska málo významný. Voda sa akumuluje vo väčších hĺbkach, viac ako 10 m, v neogénnych vrstvách.

Svahy budované deluviálnymi hlinami, najmä ílovitými, sú často postihované procesmi svahovej deformácie a erozívnou činnosťou dažďového ronu. Bližšiu charakteristiku týchto javov podávame pri opise rajónov Ni a Nk.

Územie je podmienečne vhodné a vhodné (miestami strmé svahy, svahové deformácie, prítomnosť ílovitých vložiek) na výstavbu, vedenie komunikácií a pod. Štrkové a piesčité deluviálne sedimenty možno použiť do násypov.

Rajón náplavov nížinných tokov (Fn)

Do tohto rajónu zaraďujeme územie nivy Torysy, ktorá sa javí ako nížinná rieka s vyrovnanou spádovou krivkou a bohatosťou meandrov.

V území údolnej nivy sú na povrchu nivné ílovité hliny zriedkavo prachovité alebo piesčité, s priemernou hrúbkou 4,5—6 m, maximálne až 10 m. Pod holocénnym hlinitým pokryvom sa nachádzajú zahlinené strednozrnné a drobnozrnné štrky rozmerov 1—5 cm a s hrúbkou 3—4 m. Valúnový materiál (andezity, kremeň, kremence, pieskovce a i.) pochádza z oblasti neovulkanitov, z centrálnokarpatského paleogénu a z neogénnych štrkových komplexov. V území rajónu sa vyskytujú výplne mŕtvych ramien vyplnené materiálom s veľkým podielom organickej hmoty.

Údolná niva má priemernú šírku 1500 m, pri sútoku s Hornádom v Krásnej nad Hornádom asi 2500 m.

Podzemná voda je viazaná na fluviálne štrky. Jej hladina je na hornej hranici štrkov, v priemernej hĺbke 1—3 m. Nadložné hlinité ílovité a podložné neogénne ílovité a ílovcové vrstvy sú pre vodu takmer nepriepustné. Voda v štrkoch je často napätá a po narazení vystupuje vo vrtoch do rôznej výšky. Je v hydraulickej spojitosti s povrchovou vodou v toku. Z geodynamických javov sa v území rajónu prejavuje bočná erózia, pretože rieka je v súčasnosti v štádiu zarezávania sa do vlastných náplavov.

V súčasnosti je územie rajónu intenzívne poľnohospodársky využívané a poskytuje kvalitnú poľnohospodársku pôdu. Patrí do inudačnej oblasti rieky Torysy.

Podľa čl. 19, ČSN 73 1001, sa na území nemajú stavať väčšie priemyselné celky ani sídliská. Inak základové pomery sú vhodné na výstavbu rôznych objektov.

Rajón náplavov horských tokov (Fh)

Do tohto rajónu sme začlenili územia nív rieky Hornád, Idy, Črmeľského potoka, Myslavského potoka a Moňoku. Uvedené vodné toky majú sčasti odlišný charakter ako tok Torysy, najmä strmšiu krivku, pretekajú cez zvlnený až horský reliéf, z čoho vyplýva aj odlišný charakter a hrúbky sedimentov. Z toho dôvodu zaraďujeme uvedené územia do rajónu náplavov horských tokov. Na povrchu sú obvykle piesčité alebo hlinité fluviálne sedimenty s hrúbkou 1—4 m, niekedy aj viac (5 m). Pod nimi sa nachádzajú hrubozrnné až strednozrnné, miestami na báze balvanité (Hornád), piesčité alebo hlinité štrky o priemere 5—8 cm (maximálne 30 cm) a s hrúbkou 2—7 m. V štrkoch sa nachádzajú polohy a šošovky jemno- až hrubozrnných pieskov, ktoré zriedkavo vystupujú až na povrch. Valúnový materiál pochádza z oblasti Spišsko-gemerského rudohoria, jadrových pohorí a neogénnych štrkovitých sedimentov. Pozdĺž dnešného toku Hornádu sa vyskytujú mŕtve ramená vyplnené materiálom s vysokým obsahom organickej hmoty. Mŕtve ramená sú zväčša zamaskované poľnohospodárskou činnosťou človeka. Nivy uvedených vodných tokov majú šírku od približne 50 m—100 m (Črmeľský potok, Myslavský potok) až do približne 2500 m (Hornád pri Krásnej nad Hornádom).

Podzemná voda je viazaná na štrkové a piesčité polohy. Hladina podzemnej vody má niekedy napätý charakter. Podložie fluviálnych sedimentov tvoria buď neogénne nespevnené sedimenty, alebo skalné horniny Spišsko-gemerského rudohoria a výbežku Čiernej hory. Pri výkopových prácach treba počítať s väčšími prítokmi do stavebných jám. Územie rajónu poskytuje podmienečne vhodné základové pomery (podzemná voda). Obdobne ako pri rajóne Fn platí aj tu čl. 19 ČSN 73 1001. V alúviu Hornádu pri Ťahanovciach sa nachádzajú Gajdove kúpele, kde sa čerpá kyselka z podložných, silne rozpukaných dolomitov mezozoického obalu Čiernej hory.

Územie je vhodné na výstavbu komunikácií. V minulosti boli robené pokusy na využitie aluviálnych štrkov, ktoré sú vo Východoslovenskom kraji deficitné. V záujme ochrany podzemných vôd pred znečisťovaním je ťažba štrkov nereálna.

Rajón proluviálnych sedimentov (Pr)

Rajón tvoria náplavové kužele pri vyústení bočných údolí do aluviálnych nív Torysy, Hornádu, Idy a ostatných menších vodných tokov.

Dnešné tvary sú denudačnými zvyškami kedysi rozsiahlejších kužeľov. Sú veku pleistocénneho aj holocénneho. V dnešnom období je často obťažné z morfológie určiť prítomnosť, resp. neprítomnosť náplavového kužeľa. Vo všeobecnosti môžeme pri vyústení každého väčšieho údolia očakávať proluviálne sedimenty. Z litologického hľadiska tento celok predstavuje značne nevytriedený materiál rôznej zrnitosti a opracovanosti, ukladaný prívalovou činnosťou povrchovej vody.

Charakteristická je litologická premenlivosť, nepravidelné prstovité striedanie sedimentov.

Podľa toho z akých hornín pochádza materiál prolúvií, môžme rozlíšiť prolúviá s prevahou štrkovitého, resp. úlomkovitého alebo hlinitého materiálu.

Hlinité prolúviá sú zväčša holocénneho veku. Hrúbka sa pohybuje v rozsahu 2—10 m. Hladina podzemnej vody býva v hĺbke 2—5 m. V porovnaní s deluviálnymi sedimentmi sú viac zvodnené a priepustnejšie. Územie rajónu poskytuje prevažne vhodné až podmienečne vhodné staveniská. Dôvodom podmienečnej vhodnosti je hlavne vysoká hladina podzemnej vody, jej agresivita a premenlivé zrnitostné zloženie sedimentov.

Na vedenie trás komunikácií je územie vhodné.

Rajón stavebných a háld (An)

Tento rajón sme vyčlenili na území intenzívnej ťažobnej činnosti v magnezitovom lome a jeho bezprostrednom okolí v Bankove. Nachádzajú sa tu depónie skrývkového materiálu a hlušiny, ktorá vznikla pri ťažbe magnezitu. Hrúbka úlomkového a hlinito-kamenitého materiálu veľmi nepravidelného zrnitostného zloženia (od súdržných hlín po balvany o hmotnosti niekoľko q) je značne variabilná a dosahuje maximálne 20 m. Vzhľadom na značnú nakyprenosť materiálu, ložisko nerastnej suroviny a prejavy poddolovania územia je rajón nevhodným územím pre všetky druhy stavieb.

Časť hlušiny (dolomit) je možné využiť ako kamenivo do ciest.

Rajón navážiek odpadu (Ao)

Do tohto rajónu zahrňujeme navážky mestských a priemyselných odpadov skladovaných na voľných priestranstvách obvykle v blízkosti obcí (Ťahanovce, Baška, Vajkovce a i.). Hrúbka organického a anorganického odpadu dosahuje 2—5 m, ojedinele až 15 m. Niektoré skládky sú založené veľmi nevhodne (Baška, Bretejovce), na miestach, kde existuje reálne nebezpečie kontaminácie povrchoých vôd vodami pretekajúcimi cez depónie počas dažďov. Ako základová pôda sú nevhodné pre veľký podiel organickej hmoty a pre veľkú a nepravidelnú stlačiteľnosť. Hnitím organických látok vzniká metán, ktorý sa môže hromadiť a pri vhodných podmienkach spôsobiť explóziu a následný požiar.

Geofaktory životného prostredia

Dynamický rozvoj Slovenska, ktorý sa prejavuje predovšetkým intenzívnym urbanizačným procesom, rozvojom industrializácie a infraštruktúr všetkých druhov, technizáciou a chemizáciou poľnohospodárstva, rozvojom cestovného ruchu a rôznych foriem rekreácie, kladie na celý systém životného prostredia mimoriadne nároky.

Úlohou územného plánovania je optimálne využitie určitého územia a jeho

prírodných zdrojov so zreteľom na špecifické prírodné podmienky krajiny a jej ochrany.

Priložená schéma (obr. 56) ukazuje plošné rozšírenie foriem využitia záujmovej oblasti.

Lesy

Lesnými porastmi rôznych typov sú pokryté najvýchodnejšie výbežky Spišsko-gemerského rudohoria, Čiernej hory a sčasti neogénne sedimenty Košickej kotliny. Časť výmery lesov patrí do košického lesoparku, rekreačného zázemia obyvateľov Košíc a blízkeho okolia.

Vzhľadom na lesný porast, nevhodnosť terénu, náročné inžinierskogeologické pomery v prípade budovania priemyselných a obytných objektov, ako aj z iných dôvodov, je územie plánované ako zóna oddychu, rekreácie a lesnej ťažobnej činnosti. Z hľadiska životného prostredia je negatívnym javom rýchle narastajúce poškodzovanie lesného fondu priemyselnými exhalátmi. Najvážnejšie škody spôsobujú magnezitové úlety z Magnezitových závodov v Ťahanovciach, ktoré postihujú nielen pôdu, vegetáciu a živočíšstvo, ale najmä obyvateľstvo husto osídlených priestorov Košíc, kam sú tieto úlety zanášané prevažujúcimi severnými vetrami. Úbytkom lesných porastov dochádza k zvýšenej erózii povrchových humusových vrstiev, k hĺbkovej erózii, ako aj k zvýšenej aktivite svahových pohybov zvlášť významných v oblasti štrkových sedimentov Košickej kotliny.

Priložená mapa (obr. 57) znázorňuje vplyv priemyselných exhalátov na vegetáciu (podľa Atlasu SSR 1980, stav v r. 1974).

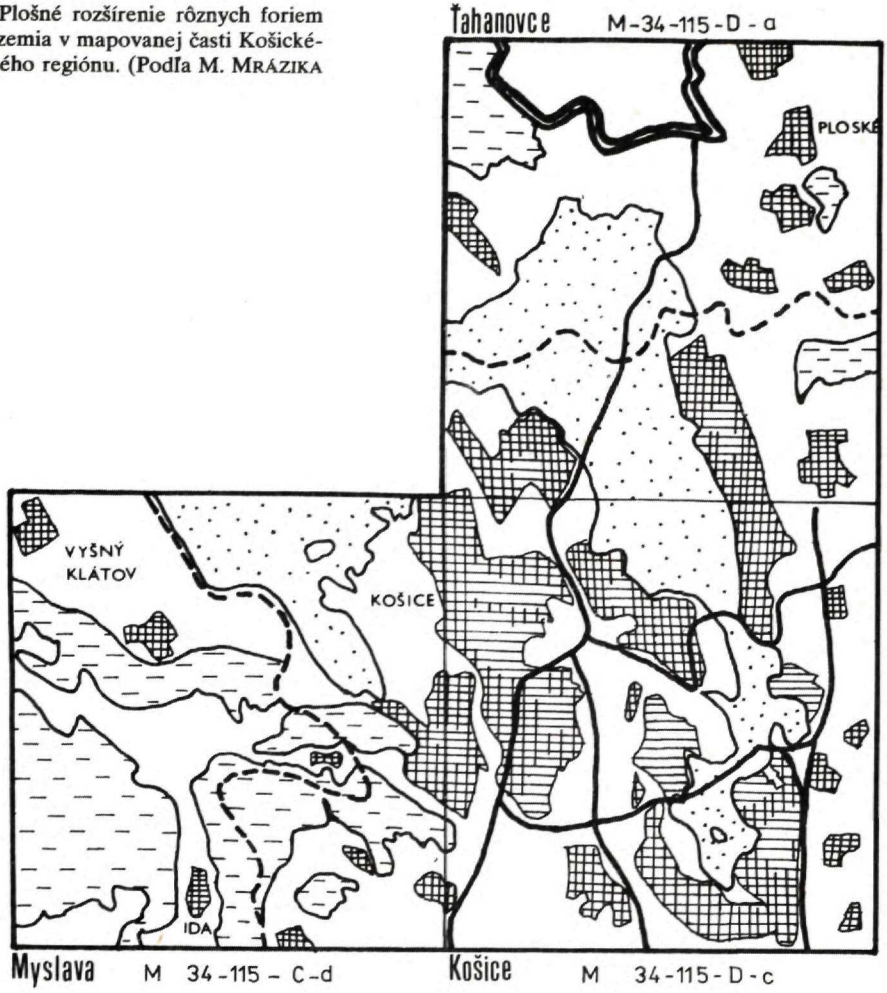
Vodstvo

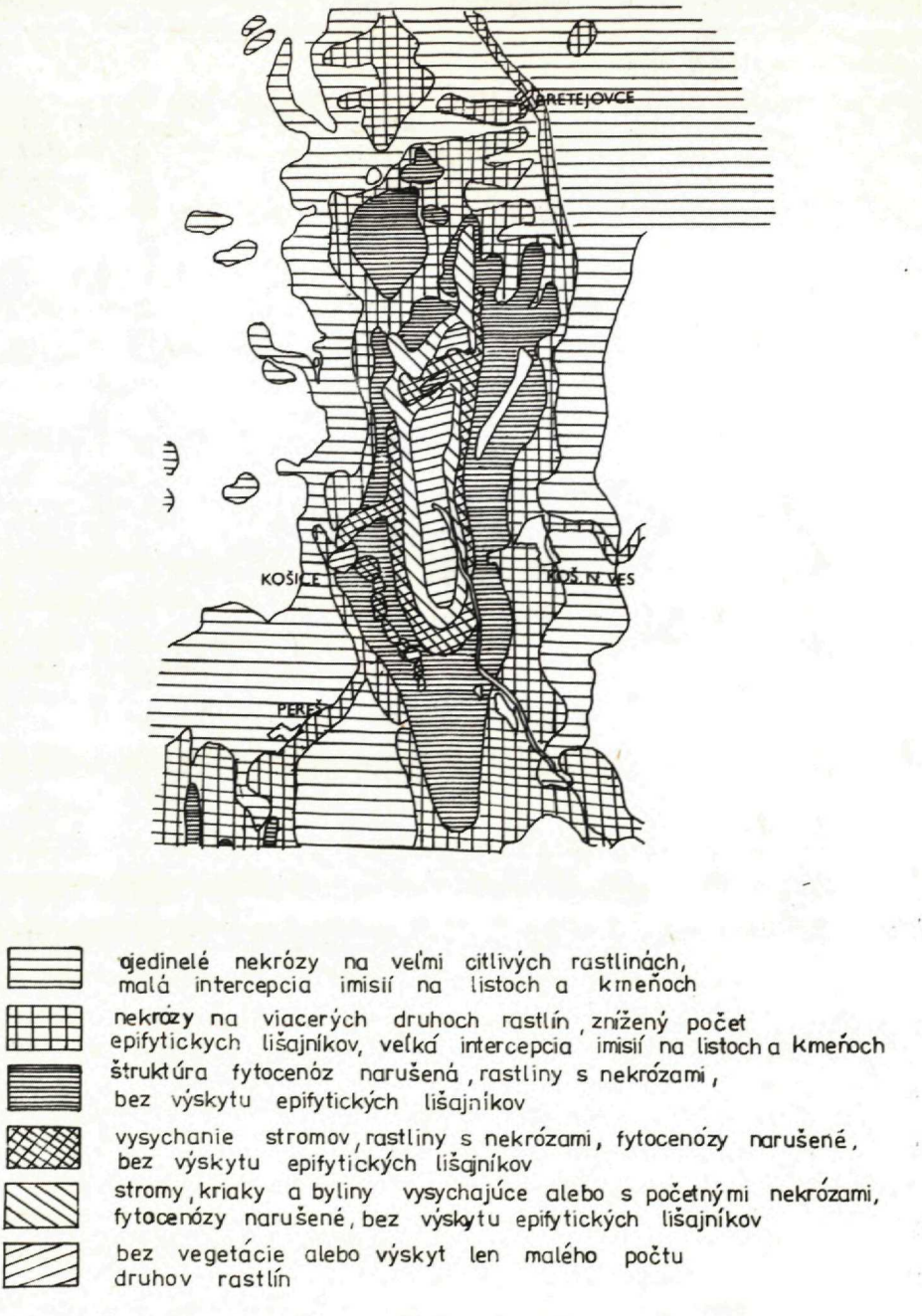
Na zásobovanie Košíc a priľahlých obcí pitnou a úžitkovou vodou majú rozhodujúci vplyv aluviálne náplavy Hornádu, Torysy a Idy, ako aj vodárenská nádrž Bukovec I. na rieke Ide. Napriek sprísnenej kontrole kvalitatívnych vlastností sa v povodí vodárenských tokov prejavujú negatívne vplyvy na kvalitu vody.

Zvýšená kontaminácia škodlivými látkami je zvlášť významná na tokoch Hornádu (vplyvom poľnohospodárstva, turistiky, kanalizácie) a Torysy (vplyvom poľnohospodárstva a odpadov z obcí).

Všeobecne je známy negatívny vplyv na zhoršovanie kvality povrchových a podzemných vôd nadmerným používaním pesticídov, herbicídov a fungicídov, ktoré sú splachované spolu s umelými hnojivami aplikovanými v poľnohospodárstve, nečistotami SO_2 a magnezitovými úletmi a inými látkami z ovzdušia. Odborníci všeobecne predpovedajú (J. Slepička 1970, 1974), že do povrchových a podzemných vôd sa dostane asi 20 % (niektorí uvádzajú 30 %) minerálnych hnojív aplikovaných v poľnohospodárskej praxi. Nesprávne založené živelné skládky mestských a priemyselných odpadov a organických látok pri živočíšnej veľkovýrobe (močovka, hnoj) bez komplexného zhodnotenia nebezpečia kontaminácie vôd sú tiež vážnou a trvalou hrozbou.

Obr. 56. Plošné rozšírenie rôznych foriem využitia územia v mapovanej časti Košického mestského regiónu. (Podľa M. MRÁZIKA 1975.)





Obr. 57. Vplyv priemyselných exhalátov na vegetáciu časti Košického mestského regiónu — stav v roku 1974. (Podľa Atlasu SSR 1980.)

Poľnohospodárska pôda

Poľnohospodársky využívaná pôda v študovanej oblasti patrí podľa Atlasu SSR do kategórie najlepších až stredne produkčných pôd. Pestovanie kultúrnych plodín má za následok znižovanie obsahu niektorých biogénnych prvkov (N, K, P). Deficit týchto látok je nahradzovaný umelým hnojením, ktoré spolu s používaním rôznych chemických látok spôsobuje spätne škody na živej a neživej prírode. Pri poľnohospodárskej činnosti človeka je zvlášť významná intenzita erózie cennej poľnohospodárskej pôdy, ktorá je závislá od mnohých faktorov (klimatických pomerov, morfológie terénu, zloženia pôd, charakteru rastlinného krytu, spôsobu kultivácie atď.). Najmä poľnohospodárska pôda na svahoch v oblasti výskytu neogénnych nespevnených štrkovitých sedimentov v kombinácii s nesprávnym spôsobom kultivácie (napr. orbou po spádnici) je mimoriadne náchylná na plošné splavovanie a rýchlu tvorbu hlbokých eróznych rýh počas jarných a jesenných dažďov v pred- a povegetačnom období.

Územie ovplyvnené hospodárskou a stavebnou činnosťou človeka

Mesto Košice aj veľká časť obcí v študovanom území je situovaná v rovinatých územiach aluviálnych nív. Po vyčerpaní najvhodnejších plôch na výstavbu v Košiciach, kde boli relatívne jednoduché základové pomery, sa výstavba sídlisk presúva smerom na východ, do oblasti s pestrou morfológiou, budovanej sedimentmi košickej štrkovej formácie. Toto územie má zložitejšie inžinierskogeologické pomery. Osobitným problémom je náchylnosť na zosuny a prejavy erózie terénu. Veľmi známy je prípad sídliska Dargovských hrdinov pre 32 000 obyvateľov, kde bola nevyhnutná náročná a drahá sanácia zosunov aktivovaných nevhodnou stavebnou činnosťou človeka. Rozsiahla ťažba nerastných surovín (Bankov — magnezit, menej aj Viničná — íly) úplne zmenili charakter miesta ťažby a blízkeho okolia. Okrem rozsiahlych násypov skrývkového materiálu, zvýšenej prašnosti a hlučnosti v okolí Bankova pozorujeme aj prejavy poklesávania územia. Platné predpisy požadujú obnovu a rekultiváciu znehodnotených plôch. Toto zahŕňa súbor dlhodobo vykonávaných prác, ktorých cieľom je zahladenie, alebo aspoň zmiernenie devastácie a vrátenie postihnutých pozemkov do pôdneho fondu alebo na iné účely (rekreácie a i.).

Otázkam ochrany a tvorby životného prostredia je v poslednom období venovaná zvýšená pozornosť, vyvolaná každodennými potrebami života.

Je potrebné sa týmto problémom venovať aj pri komplexnom inžinierskogeologickom hodnotení určitého územia a zaujať k nim stanovisko i z nášho hľadiska.

Literatúra

ATLAS Slovenskej socialistickej republiky 1980. Vyd. Slov. Akad. Vied, Bratislava, 1—269.

BÉLUNEK, Z. 1968: Inžinierskogeologické mapovanie 1 : 25 000, list M-34-115-C-d (Myslava). Archív Katedry inžinierskej geológie UK, Bratislava, 1—65.

BROUČEK, I. 1980: Mapa zemetrasnej činnosti, Mapa maximálnych intenzít zemetrasení. In: Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Vyd. Slov. Akad. Vied, Bratislava, 1—32.
BUDAY, T. 1960: Vysvětlivky pro list generální mapy M-34-XXVIII Košice (sedimenty neogénu). Geofond, Bratislava, 1—69.
ČSN 72 1002, 1971: Klasifikace zemin pro silniční komunikace. Vyd. Úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1—15.
ČSN 73 1001, 1966: Základová půda pod plošnými základy. Vyd. Úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1—64.
ČSN 73 3050, 1963: Zemní práce. Vyd. Úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1—43.
ČSN 73 6824, 1978: Malé vodné nádrže. Vyd. Úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1—50.
ČSN 73 6850, 1975: Sypané přehradní hráze. Vyd. Úřadu pro normalizaci a měření, Praha, 1—38.
ČVERČKO, J. 1973: Plytký a stredne hlboký prieskum Košicko-prešovskej kotliny. Geofond, Bratislava, 1—78.
DOBRA, E. 1983: Inžinierskogeologické podmienky výstavby sídelného aglomerátu Východné mesto — sídlisko Družba v Košiciach. Inž. Stavby, 2, Bratislava, 69—73.
HOLZER, R.—HYÁNKOVÁ, A.—LETKO, V.—MATULA, M.—ONDRÁŠIK, R.—PIKNA, V. 1968: Inžinierskogeologické mapovanie okolia Košíc. Archív Katedry inžinierskej geológie PFUK, Bratislava, 1—133.
ILAVSKÝ, J. 1954: Záverečná správa a výpočet zásob na ložisku Tepličany. Geofond, Bratislava, 1—48.
JANÁČEK, J. 1965: Výskum stratigrafie vyššího miocénu, výskum nerostných surovin, reambulace mapy 1 : 50 000, list Košice. Ročná správa za rok 1964. Geofond, Bratislava, 1—84.
JANÁČEK, J. a kol. 1967: Základný výskum neogénu Východného Slovenska. Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—37.
JANÁČEK, J. 1974: Základný výskum sedimentárneho neogénu na východnom Slovensku, na liste Košice a Ťahanovce s vysvetlivkami. Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—84.
JEDLA, P.—STAŇA, J.—KRAUS, A.—SZABOVÁ, A. 1977: Inžinierskogeologická mapa 1 : 25 000, list Košice. Geofond, Bratislava, 1—176.
KANTOROVÁ, V. 1950: Správa o geologickom mapovaní v okolí Tepličian, Geofond, Bratislava, 1—22.
KARNIŠ, J.—KVITKOVIČ, J. 1970: Prehľad geomorfologických pomerov východného Slovenska. Geografické práce, I, 1, SPN, Bratislava, 74—96.
KOVÁČIK, M.—MODLITBA, I. 1982: Inžinierskogeologická mapa 1 : 10 000, list Ťahanovce. Archív Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—67.
MATULA, M.—HRAŠNA, M. 1976: Typologická rajonizácia v inžinierskej geológii. Zb. Acta geol. geogr. Univ. Com., sér. geologica, 29, Bratislava, 5—28.
MATULA, M. a kol. 1983: Metódy inžinierskogeologického výskumu. Scr. Vyd. Univezity Komenského, Bratislava, 1—222.
MIŠÍK, M. 1955: Správa o sedimentárno-petrografickom výskume neogénu severného a západného úpätia Prešovsko-tokajských hôr v roku 1954. Geofond, Bratislava, 1—42.
MRÁZI, A. 1975: Celoslovenské riešenie projektu urbanizácie SSR. Urbanitra č. 3, Vedeckotechnické informácie z oblasti urbanizmu a územného plánovania. Vyd. Alfa, Bratislava, 38—81.
NEMČOK, A. 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Vyd. Veda, Bratislava, 1—318.
PROJEKT urbanizácie SSR (aktualizácia 1983), súhrnný elaborát A. 1982 URBION, Bratislava, 1—98.
SLEPIČKA, J. 1970: Vliv hnojení a používání chemických látek v rostlinných výrobách na kvalitu podzemních vod. Manuskript-archív VUM, Praha, 1—86.
SLEPIČKA, J. 1974: Vliv vysokých dávek živin na kvalitu infiltrované vody. Zb. Hydrogeologické problémy ochrany podzemních vod. Dům Techniky, Brno, 180—187.

I. MODLITBA—P. JEDLA—A. KLUKANOVÁ—M. KOVÁČIK

Engineering-geologic Conditions in NE part of Košice Town Region

Summary

According to the Project of urbanization of the Slovak Socialist Republic (MRÁZIK 1975) the Košice town region comprises the areas of agglomerations of Košice and Moldava nad Bodvou, and adjacent areas of these agglomerations (Fig. 1). Orographically the area belongs mainly to the Košická kotlina (depression) and to the adjacent mountain ranges. The area has the upland- and the plain character. The rivers Hornád and Torysa flow across the area. Its climate is warm, slightly humid. Intensity of seismic shocks ranges to 6° M.C.S. according to J. BROUČEK (1981).

In accordance with the geologic regional division of the Czechoslovak Carpathians (MATULA 1983) the area belongs to the region of core mountain ranges and Neogene tectonic depressions, to the area of core mid-mountains and intramontane depressions.

Geologic structure of the mapped area comprises Proterozoic gneisses, Paleozoic mica schist- and phyllite gneisses, granites, rocks of the Gelnica Group (phyllites) and the Rakovec Group (phyllites-diabases), conglomerates, pelites with intercalations of limestones (Carboniferous) and variegated conglomerates, arcoses, shales and Permian Quartzose porphyries. Mesozoic rocks are only represented by Lower Triassic quartzites and Middle Triassic dolomites. Higher Mesozoic and Paleogene members are absent in the area mapped. There are Karpatian and Badenian pelites in marine facies, the Varhaňovce gravels, gravel-agglomeratic formation and variegated pelite formation (Upper Badenian). Karpatian and Badenian sediments are accompanied with various types of tuffs or tuffites.

In the Sarmatian time the sedimentation continues by calcareous clays, overlain by limnic-fluvial formation of the Košice gravel formation. This formation represents the accomplishment of the marine and lacustrine sedimentation in this area. During the Quaternary time mainly fluvial, deluvial, proluvial sediments with variable grain size — from clayey to clastic, gravelly earths, deposited.

The Hornád fault system, active during the Neogene time, is the most important tectonic element in the Košická kotlina (depression). According to J. Čverčko (1973) three fault systems may be distinguished in the mapped area:

— the NW-SE longitudinal system,
— the NE-SW vertical system,
— the N-S oblique system.

The present surface of the area was formed in detail in the Pleistocene time. Owing to young tectonics, river erosion, slope modelling and other morphologic factors the dissection of the Košická kotlina (depression) resulted in rolling ground and in flood-plain relief.

Intensely disturbed Triassic dolomites offer the most favourable conditions for accumulation of groundwater. Other rocks are usually less aquiferous. Aquosity is mostly associated with fissures if they are not filled with impermeable clayey material.

Aquosity in Neogene sediments is mainly associated with gravel and sandy formations. These accumulations are insignificant.

As for Quaternary sediments, groundwaters mostly accumulate in gravelly and sandy sediments of river flood-plains and partly in proluvial sediments.

Geodynamic phenomena in the mapped area are represented by slope deformations in the entire rolled area, especially on SW slopes of the Torysa r. valley, E of Bretejovce, on E slopes of the Hornád r. valley a.o. The areal and frontal deformations have the character of landslides. Landsliding is most frequently caused by lateral flow erosion, building and mining activities, and excessive precipitation. Landslides occur mostly in geologic structures consisting of Neogene or Quaternary clayey earths with intercalations of favourable groundwater aquifers. Movement traces were also found in the zone of loosened Paleozoic phyllites. The movements were manifested by typical terminal bending (Plate 1, Photo 1).

Erosive activity is mostly associated with Neogene sediments like variegated pelite group, the Košice Gravel Formation and mantle formations of rocks. Younger erosive furrows are "V"-shaped, older ones are "U"-shaped, to 10 m deep. They are mostly on slopes of uplands.

Also weathering is intensive, mainly on rocks in the area of the Čierna Hora Mts., Upper Badenian rhyolite pyroclastics, and pebbles of Neogene gravel sediments (except quartz). Mechanical weathering affects mostly the Gemeric phyllites (Pl. II, Photo 1, 2).

Among geodynamic phenomena were karstification, suffosion, human activity and river erosion.

On the basis of MATULA'S et al. (1983) criteria, eight lithologic formations were distinguished in the mapped area. Formations of Paleozoic high-metamorphoses and epimetamorphosed rocks, Variscan granitoids, lower terrigene formation and the limestone dolomite formation are represented by rocks with favourable engineering-geologic properties. They are only partly compressible, with high bearing capacity and tension-resistant. They are mostly characterized by fissure permeability.

Rocks of the volcanic formation have less favourable properties and possible pore permeability.

The molasse formation consists of Neogene sediments like clays, loams, sands and gravels. Four genetically homogeneous groups of sediments are distinguished in the molasse formation:

1. Karpatian and Badenian fine-sandy clayey marine sediments,
2. Varhaňovce gravels and gravel-agglomeratic formation,
3. variegated Upper Badenian and Sarmatian clayey lacustrine sediments,
4. Košice Gravel Formation,

With respect to the fact, that genetically homogeneous groups of sediments comprise earths of variable grain size, the groups are further divided into engineering-geologically homogeneous types of earth according to macroscopic characters, grain size and plasticity. Physical and mechanical properties of each engineering-geologic type were determined either in laboratory (Tables 5—8) or according to Czechoslovak norms. Mutual correlation (Fig. 3—37) among basical physical properties was also studied.

The formation of Quaternary sediments contains again a complex of earths with variable grain size and plasticity. The following genetic complexes were distinguished in the formation:

— deluvial-eluvial sediments,
— fluvial flood-plain sediments,
— organic sediments, and a complex of antropogenic sediments.

The character of deluvial-eluvial sediments and their engineering-geologic properties is controlled by the parent rock or earth.

They occur as stony-loamy debris, loams with rock fragments, loamy gravels, clays, loams and clayey loams. Their physical and mechanical properties, and correlation of some physical properties are given in Table 9 and in Fig. 38—41. Individual engineering-geologically homogeneous earth types were evaluated with respect to their utilization as foundation earths and compacted materials for surficial, hydrotechnical and road constructions.

Proluvial sediments have a similar character. They are less frequent in the mapped area. Their grain size and plasticity are more variable in horizontal and vertical directions. Their engineering-geologic properties are in Table 10 and in Figures 42 and 43.

Fluvial flood-plain sediments represent the most variegated Quaternary complex. It consists of clayey, loamy, sandy and gravelly earths with variable fraction ratio. Basing on lithology and geographic position they are divided as follows:

— Hornád river flood-plain loams,
— Torysa river flood-plain loams,
— sediments of lateral valleys,
— Hornád river flood-plain gravels and sands, and
— Torysa river flood-plain gravels and sands.

The complexes are divided into engineering-geologically homogeneous types of earths. Physical and mechanical properties of some homogeneous types, determined by laboratory methods, are given in Tables 11 and 12, and in Figures 44—55. The earths were evaluated with respect to their utilization as foundation soils and compacted materials for surficial, road and hydrotechnical constructions.

Antropogenic and organic sediments are improper for foundations because they are unevenly compressible and their bearing capacity is low. Organic sediments occur mainly as intercalations in alluvia of the rivers Hornád and Torysa.

In the area studied 16 engineering-geologic regions were distinguished. They have homogenous foundation soil composition, equal geomorphology and similar hydrogeologic conditions. Their areal extent is shown in the map of regions.

The map comprises the regions of:
— high-metamorphosed rocks (Mv)
— low-metamorphosed rocks (Mn)
— magmatic intrusive rocks (Ih)
— effusive rocks (Vi)
— massive metamorphosed rocks (Mm)
— pyroclastic rocks (Vp)
— limestone-dolomite rocks (Sv)
— clayey-silty sediments (Ni)
— alternant cohesive and non-cohesive sediments (Nk)
— deluvial sediments on Pleistocene fluvial terraces (D/Ft)
— deluvial sediments (D)
— alluvia of lowland streams (Fn)
— alluvia of mountain streams (Fh)
— proluvial sediments (Pr)
— building fills and heaps (An)
— refuse (Ao).

In the area mapped some geofactors of the living environment, like flow erosion, landsliding, scouring, ashes from factories a.o. have negative effects on the living environment because of devastation of forests, agricultural soil, contamination of surficial and groundwater sources, and by decreasing aesthetical value of the country.

Explanations of figures

Fig. 1. Košice town region (According to MRÁZIK 1975).
1 — boundary of region, 2 — boundary of agglomeration, 3 — inhabited areas, 4 — working bases, 5 — speedways, 6 — water flows, 7 — border of mapped area.

Fig. 2. Dominant wind courses around Košice. Observation station Košice — airport. (According to Atlas of Slovakia 1980).

Fig. 3. Triangular diagram and plasticity diagram of Karpatian and Badenian marine sediments.

Fig. 4. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to plasticity index (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 5. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to porosity (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 6. Correlation of fluidity limit to plasticity index (Karpatian and Badenian sediments).

Fig. 7. Correlation of fluidity limit to volume weight of humid earth (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 8. Correlation of fluidity limit to volume weight of dry earth (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 9. Correlation of fluidity limit to porosity (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 10. Correlation of natural humidity to volume weight of humid earth (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 11. Correlation of natural humidity and volume weight of dry earth (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 12. Correlation of natural humidity and porosity (Karpatian and Badenian marine sediments).

Fig. 13. Triangular diagram and plasticity diagram of Upper Badenian lacustrine sediments.

Fig. 14. Correlation of content of fraction blow 0.002 mm to plasticity index (Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments).

Fig. 15. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to fluidity limit (Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments).

Fig. 16. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to plasticity limit (Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments).

Fig. 17. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to porosity. Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments.

Fig. 18. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to natural humidity (Lacustrine sediments of Upper Badenian and Sarmatian).

Fig. 19. Correlation of fluidity limit to plasticity limit (Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments).

Fig. 20. Correlation of plasticity index to porosity (Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments).

Fig. 21. Correlation of natural humidity to porosity (Upper Badenian and Sarmatian sediments).

Fig. 22. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to porosity (Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments).

Fig. 23. Correlation of fluidity limit to porosity (Upper Badenian and Sarmatian lacustrine sediments).

Fig. 24. Triangular diagram and plasticity diagram of sediments of the Košice Gravel Formation.

Fig. 25. Correlation of content of fraction below 0.002 mm and plasticity index (Košice Gravel Formation).

Fig. 26. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to fluidity limit (Košice Gravel Formation)
1 — Calculated course determined for maximal correlation tightness; 2 — Course determined by logic consideration.

Fig. 27. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to natural humidity (Košice Gravel Formation)
1 — Calculated course determined for maximal correlation tightness; 2 — Course determined by logical consideration.

Fig. 28. Correlation of fluidity limit to plasticity limit (Košice Gravel Formation).

Fig. 29. Cover lines of grain size curves of clayey earths (Košice Gravel Formation).

Fig. 30. Plasticity diagram of clayey earths of Košice Gravel Formation.

Fig. 31. Cover lines of grain size curves of loamy earths of Košice Gravel Formation.

Fig. 32. Plasticity diagram of loamy earths of Košice Gravel Formation.

Fig. 33. Cover lines of grain size of gravelly-loamy earths of Košice Gravel Formation.

Fig. 34. Plasticity diagram of gravelly-loamy earth of Košice Gravel Formation.

Fig. 35. Plasticity diagram of filling of gravelly earths of Košice Gravel Formation.

Fig. 36. Cover lines of grain size curves of gravel sediments of Košice Gravel Formation.
1 — gravelly sediments, 2 — loamy filling of pores.

Fig. 37. Cover lines of grain size curves of sands of Košice Gravel Formation.

Fig. 38. Correlation of content of fraction below 0.002 mm and fluidity limit (deluvial-eluvial sediments).

Fig. 39. Correlation of fluidity limit to plasticity limit (deluvial-eluvial sediments).

Fig. 40. Cover lines of grain size curves of deluvial-eluvial sediments
1 — gravels with loamy filling, 2 — gravels with loamy admixture.

Fig. 41. Triangular diagram and plasticity diagram of deluvial-eluvial sediments.

Fig. 42. Triangular diagram and plasticity diagram of proluvial sediments.

Fig. 43. Cover lines of grain size curves of proluvial sediments
1 — clayey loams and loams, 2 — gravelly earths.

Fig. 44. Triangular diagram and plasticity diagram of Hornád river flood plain loams.

Fig. 45. Cover lines of grain size curves of Hornád river flood plain loams
1 — clayey loams, loams, sandy loams, 2 — loams with pebbles.

Fig. 46. Triangular diagram of Torysa river flood plain loams.

Fig. 47. Triangular diagram and plasticity diagram of fluvial sediments of lateral valleys.

Fig. 48. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to natural humidity (fluvial sediments of lateral valleys).

Fig. 49. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to fluidity limit (fluvial sediments of lateral valleys).

Fig. 50. Correlation of content of fraction below 0.002 mm to plasticity index (fluvial sediments of lateral valleys).

Fig. 51. Correlation of fluidity limit and plasticity limit (fluvial sediments of lateral valleys).

Fig. 52. Cover lines of grain size curves of Hornád river flood plain gravels and sands
1 — sandy gravels and gravels with sand admixture, 2 — loamy-sandy gravels.

Fig. 53. Cover lines of grain size curves of Hornád river flood plain gravels and sands.
1 — sands and loamy sands with pebbles, 2 — silty sands.

Fig. 54. Cover lines of grain size curves of Torysa river flood plain gravels and sands.
1 — gravels with sand admixture, sandy gravels, 2 — loamy and loamy-sandy gravels, 3 — loamy sands.

Fig. 55. Cover lines and typical grain size curves of uncohesive terrace gravels and sands of Hornád river
1 — sandy gravels, 2 — loamy-sandy gravels, 3 — loamy sands.

Fig. 56. Areal distribution of exploitation of area in mapped part of Košice town region (According to MRÁZIK 1975).

Fig. 57. Influence of industrial exhalations upon vegetation of part of Košice town region — state from 1974 (According to Atlas of Slovakia 1980).

Explanations of Plates

Plate I
Terminal bending of phyllites in building pit of water reservoir, E of Gírmeš forester-hut.

Plate II
Form of disintegration of weathered phyllites under short influence of climatic factors. Building pit of water reservoir, E of Gírmeš forester-hut.

Vysvetlivky k fotografickým tabuľkám

Tab. I
Hákovanie vrstiev fylitov v stavebnej jame vodojemu východne od horárne Gírmeš.

Tab. II
Forma rozpadu zvetraných fylitov krátkodobým pôsobením klimatických činiteľov. Stavebná jama vodojemu, východne od horárne Gírmeš.

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 6, s. 127—156, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1985

Rudolf Holzer—Anna Hrušková—Miloš Kováčik—Igor Modlitba—
Ján Turan

Fyzikálno-mechanické vlastnosti výplní puklín

10 obr. v texte, 7 fotogr. tab., angl. resumé

Abstrakt. Im Beitrag präsentieren wir die Ergebnise der Forschung von physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Kluftfüllung in verschiedenen Felsmassiven der Westkarpaten (Granodiorit, Melaphyr, Andesit, Kalkstein, Dolomit, Sandstein, Marmor). Es wurden die Gelände — und Laboruntersuchungen entworfen. Die Resultate von einzelnen Untersuchungen wurden verglichen und eingeschätzt.

Obsah

Úvod 128
Štúdium výplne diskontinuít 129
Metodika prác 130
Terénny výskum a odber vzoriek 130
Laboratórne spracovanie vzoriek a zhodnotenie výsledkov 131
Zhodnotenie výsledkov laboratórneho výskumu 140
Plasticita 140
Merná hmotnosť 142
Zrnitosť 142
Šmyková pevnosť v škatuľovom prístroji 144
Šmyková pevnosť v triaxiálnom prístroji 148
Ílové minerály 150
Obsah uhličitanov 151
Minerálne zloženie vzoriek 151
Záver 152
Literatúra 153
Anglické resumé 154

RNDr. R. Holzer, CSc., Katedra inžinierskej geológie PFUK, Zadunajská 15, Bratislava; RNDr. A. Hrušková, Agrostav, Liptovský Hrádok; RNDr. M. Kováčik, Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, Bratislava; RNDr. I. Modlitba, Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, Bratislava; Doc. RNDr. J. Turan, CSc., Geologický ústav UK, Zadunajská 15, 851 01 Bratislava.

Úvod

V teoretickom zmysle je horninový masív množinou blokov a úlomkov hornín, oddelených fyzikálnymi diskontinuitami; táto množina má svoju vlastnú vnútornú organizáciu, v ktorej všetky množinu vytvárajúce prvky vystupujú vo vzájomnej súvislosti a podmienenosti ako jediný celok (M. MATULA, R. HOLZER 1976).

Jedným z rozhodujúcich faktorov pri inžinierskogeologickom hodnotení horninových masívov je diskontinuita, všeobecne známa ako súbor plôch deliteľnosti (nespojitosti) horninového masívu, určujúca stupeň jeho nerovnorodosti a anizotropie.

Diskontinuita je voľný, otvorený priestor rôznych rozmerov, ktorý predstavuje narušenie celistvosti hornín. Diskontinuity môžu vznikať rôznym spôsobom a v rôznom usporiadaní; z nich dve prevažujú; také, ktoré sa vyskytujú v systémoch, napr. vrstevné plochy, kliváž, foliácia, a také, ktoré sa vyskytujú samostatne, napr. tektonické pukliny alebo zlomy. Vrstevné plochy, plochy bridličnatosti, kliváž a foliácia predstavujú diskontinuity zväčša len ako plochy látkovej (alebo čiastočne mechanickej) nespojitosti naprieč horninou. Samostatné pukliny a zlomy môžu byť vyplnené druhotne minerálmi, vzniknutými zvetrávaním pozdĺž nich (IAEG 1981).

Pri väčšine inžinierskogeologických prác posudzujeme horninový masív ako komplikovaný prírodný systém čo najpodrobnejšie a najkomplexnejšie. Hodnotenie technicky najdôležitejších pevnostných a deformačných vlastností masívu súvisí s poznaním jeho celkovej štruktúry (stavby) predovšetkým poznávaním a hodnotením hlavných parametrov diskontinuity.

Do popredia vystupujú predovšetkým tieto parametre:
- habitus (tvar) stien diskontinuity daný jej nerovnosťou a drsnosťou,
- charakter a vlastnosti výplňového materiálu,
- šírka a roztvorenosť diskontinuít,
- pevnosť stien diskontinuít,
- poloha diskontinuít — ich orientácia v priestore,
- vzdialenosť diskontinuít v jednotlivých systémoch,
- priebežnosť diskontinuít.

Prvé štyri parametre vystupujú ako rozhodujúce pri riešení otázok šmykovej pevnosti horninových masívov. Ďalšie tri zasa rozhodujúcou mierou ovplyvňujú stupeň rozčlenenia horninového masívu na bloky a úlomky rôzneho tvaru a veľkosti. Pre úplnosť informácie predkladáme definície uvedených parametrov.

Habitus stien diskontinuity je súbor morfologických prvkov puklinových stien, vyjadrených ich tvarom (zvlnením, drsnosťou a pod.).

Výplň diskontinuít je materiál tuhej fázy charakteru súdržnej alebo nesúdržnej zeminy (s rôznym obsahom tekutej fázy), ktorým boli vyplnené priestory medzi oddialenými alebo pootočenými horninovými blokmi.

Šírka a roztvorenosť diskontinuít je normálová vzdialenosť medzi stenami diskontinuít. Pojem šírka používame pre diskontinuity obsahujúce výplň, roztvorenosť pre diskontinuity bez výplne. Pevnosť stien diskontinuít je

schopnosť horniny na povrchu stien diskontinuít odolávať účinkom napätia. Pevnosť závisí predovšetkým od intenzity zvetrania.

Poloha diskontinuity je jej orientácia definovaná uhlovými súradnicami.

Vzdialenosť diskontinuít je dĺžka normály medzi susednými diskontinuitami v systéme.

Priebežnosť je plošný (dvojrozmerný) rozsah diskontinuity v horninovom masíve. Pretože je najčastejšie merateľný iba jeden rozmer, konvenčne ju určujeme dĺžkou stopy diskontinuity na pozorovanej ploche masívu.

Cieľom nášho príspevku bolo poukázať na význam inžinierskogeologického výskumu výplňového materiálu v pevných skalných horninách. Riešili sme možnosti odberu vzoriek výplne (porušených i neporušených), rozpracovali sme metodiku laboratórneho výskumu, vykonali laboratórne spracovanie vlastností na siedmich reprezentatívnych lokalitách.

Štúdium výplne diskontinuít

Ako sme už zdôraznili, štúdium výplňového materiálu, najmä tektonických puklín alebo tektonicky prepracovaných diskontinuít iného pôvodu je neoddeliteľnou súčasťou inžinierskogeologických hodnotení horninových masívov, no najmä súčasťou riešení mnohých úloh praxe v otázkach stability, deformability a filtrácie.

Veľká variabilita charakteru výplní spôsobuje značné zmeny v ich fyzikálno-mechanických vlastnostiach. V tomto smere treba uviesť závislosť najmä od minerálneho, zrnitostného zloženia, vlhkosti, stupňa konsolidácie, hrúbky výplne a spôsobu spojenia stien puklín, predchádzajúceho šmykového porušenia, drsnosti stien diskontinuít.

Najnepriaznivejšie sa v ich minerálnom zložení prejavuje prítomnosť ílových minerálov, ktoré sa vyznačujú vysokou plasticitou, hydrofilnosťou, napučiavaním a nízkou šmykovou pevnosťou. Vysoký obsah íl ov, najmä skupiny montmorillonitov, spôsobuje pri zvyšovaní vlhkosti napučiavanie. Tlak vyvinutý pri tomto zväčšovaní objemu pri úplne vyplnených puklinách pôsobí ako významný faktor rozvoľňovania masívu a narúšania pevných väzieb v hornine.

Zrnitostné zloženie a stupeň vyplnenia ovplyvňuje i prúdenie podzemnej vody v diskontinuitách. So zvyšovaním obsahu ílových častíc sa prúdenie podstatne znižuje. Kolísavé zmeny obsahu vody vo výplni zapríčiňujú veľkú variabilitu konzistencie a súdržnosti materiálu. Náhle zvýšenie vlhkosti spôsobuje následné zníženie pevnostných vlastností a možnosť vzniku deformácií v horninovom masíve. Napokon hrúbka výplne je jedným z najdôležitejších kritérií deformability masívu, práve tak ako stupeň konsolidácie výplne alebo predchádzajúce šmykové porušenie vo výplni.

Pre prax je dôležité, že výplň má vo väčšine prípadov podstatne horšie vlastnosti než okolité bloky horniny. Mnohé výsledky praktických riešení dokázali, že k porušeniu môže dôjsť:

— prekročením pevnosti samotnej výplne,
— prekročením pevnosti na styku výplne a steny horninového bloku,
— prekročením pevnosti na styku výplne a povlakov, kôrok na stenách blokov.

S otázkou šmykovej pevnosti, stability, deformácie a filtračných vlastností masívov skalných hornín často bezprostredne závislých od vlastností výplňového materiálu sa stretávame v celom rade praktických úloh, ako sú:

— stabilita vysokých zárezov komunikácií a iných svahov,
— stabilita stien kameňolomov,
— nepriaznivé namáhania a deformácie pri budovaní podzemných diel,
— nerovnomerná filtrácia v podzákladí priehrad,
— problémy prítokov podzemných vôd.

Výskum a komplexné zhodnotenie fyzikálno-mechanických vlastností výplňového materiálu diskontinuít je preto nevyhnutným predpokladom úspešného stavebného zásahu do prírodného prostredia.

Metodika prác

Našim zámerom bolo zistenie možností terénneho a laboratórneho výskumu výplňového materiálu pomocou jednoduchých, nenáročných metód a preveriť ich možnosti pri riešení závažných úloh praxe. Preto sme prácu metodicky rozdelili do dvoch základných etáp:

— etapa terénneho výskumu a odberu vzoriek,
— etapa laboratórneho spracovania a záverečného zhodnotenia.

V snahe opísať čo najpestrejšiu paletu výsledkov sme zámerne odobrali vzorky výplne diskontinuít z geneticky a typovo rozdielnych horninových masívov.

Terénny výskum a odber vzoriek

V nasledujúcej časti charakterizujeme výplne puklín zo siedmich geneticky a typovo odlišných horninových masívov:

— granodiorit (Bratislava)
— melafýr (Rohožník)
— andezit (Žemberovce)
— vápenec (Horná Mičiná)
— dolomit (Harmanec)
— pieskovec (Králiky)
— kryštalický vápenec (Tuhár)

Opis horniny, masívu a samotnej výplne diskontinuít uvádzame v špeciálnom pasporte, zostavenom pre tento účel. Začlenenie diskontinuít k určitému genetickému typu sa opiera o viacero faktorov, napr. o postavenie a charakter mechanického rozrušenia hornín, morfologické osobitosti puklín, ich vzájomný vzťah a iné.

Podľa pôvodu rozlišujeme v skúmaných masívoch nasledovné typy diskontinuít:

t — tektonické diskontinuity
D — dislokácie
o — diskontinuity prvotnej odlučnosti
v — plochy vrstevnatosti
z — pukliny zvetrávania.

Steny diskontinuít sa môžu buď navzájom dotýkať (sú zovreté), alebo sú od seba

viac-menej oddialené. Ich roztvorenosť alebo šírka často kolíše, preto v pasportoch udávame priemernú hodnotu stanovenú z viacerých hodnôt zistených v dostupnej časti masívu, pri veľkých rozdieloch udávame tiež maximálnu a minimálnu hodnotu.

Šírka vyplnených diskontinuít v dôsledku nižšej intenzity zvetrania a pôsobenia väčších napätí sa smerom do hĺbky obvykle zmenšuje. V súvislosti s danou úlohou si všímame predovšetkým ich vyplnenosť. Podľa stupňa vyplnenia ich charakterizujeme ako:

— úplne vyplnené
— čiastočne vyplnené
— bez výplne.

Pri posudzovaní vlastností je dôležitý druh výplňového materiálu, ktorý môže byť ílovitý, hlinitý, piesčitý alebo úlomkovitý. Veľmi často bol materiál veľmi nerovnorodý. Odhadom sme v teréne stanovili množstvo, veľkosť a tvar úlomkov vo výplni, ktoré významne ovplyvňujú priebeh skúšok šmykovej pevnosti. Na niektorých lokalitách bolo možné pozorovať paralelné usmernenie materiálu výplne a pukliny, čo spôsobuje anizotropiu jeho vlastností, najmä pevnosti a priepustnosti. Charakter výplne poukazuje na spôsob jej vzniku a na stupeň zvetrania pozdĺž diskontinuít. Aj sfarbenie, odlišné od farby materskej horniny, je výsledkom druhotných zmien minerálov. Typickým príkladom je prítomnosť červenohnedej výplne typu terra rossa (vzorka č. 4, 7) v karbonátových horninách, kde intenzívne sfarbenie spôsobujú hydroxidy železa uvoľnené pri chemickom zvetrávaní. Opis masívu dopĺňa údaj o zvodnení. Z tohto hľadiska rozlišujeme suché a vlhké masívy. Po zvážení charakteru pukliny, lokality a klimatických pomerov môžeme bližšie posúdiť, či ide o zvodnenie momentálne alebo stále.

Pre rozsah plánovaných laboratórnych prác bolo potrebné odobrať približne 1,5—2 kg výplňového materiálu puklín. Splniť požiadavku na také veľké množstvo materiálu z viacerých, vopred vytypovaných lokalít, bolo obťažné. Porušené vzorky sme odoberali do igelitových vrecúšok. Vzorky na určenie prirodzenej vlhkosti sme odoberali do hliníkových odberných misiek a zabezpečili ich pred vysýchaním. Pri odbere neporušených vzoriek bola situácia ešte zložitejšia. Z vhodných lokalít sme odobrali minimálne 4 neporušené vzorky, okrem vzoriek porušených. Na odber sme použili tenkostenné kovové valce o priemere 57 mm a výške 105 mm. Z tohto dôvodu bol odber možný len z puklín s veľkou šírkou — minimálne 60 mm a s dostatočným množstvom výplne. Okrem toho sme museli brať do úvahy aj zrnitostný charakter výplne, pretože u niektorých diskontinuít výplň postupne prechádzala do pevnej horniny, takže veľký podiel úlomkov horniny znemožňoval aj tak obťažný odber neporušených vzoriek.

Laboratórne spracovanie vzoriek a zhodnotenie výsledkov

Podľa zaužívaných metód laboratórneho spracovania vzoriek sme na základe požiadavky reálneho výstupu a potreby výsledkov pre ich regionálne využitie vykonali nasledovnú laboratórnu analýzu vzoriek:

— zistenie prirodzenej vlhkosti,

— zistenie Atterbergových medzí tekutosti a plasticity, výpočet indexu plasticity a stupňa konzistencie,

— stanovenie mernej hmotnosti pyknometrom,

— zistenie granulometrického zloženia kombinovanou metódou s vykreslením krivky zrnitosti,

— stanovenie šmykovej pevnosti v škatuľovom šmykovom prístroji pri 5 stupňoch vlhkosti a stanovenie objemovej hmotnosti,

— stanovenie šmykovej pevnosti triaxiálnou skúškou neodvodnenou a nekonsolidovanou pri štyroch hodnotách komorového tlaku,

— určenie prítomnosti ílových minerálov pomocou diferenčnej termickej analýzy (DTA),

— zistenie percentuálneho zastúpenia karbonátov vo vzorke,

— zisťovanie minerálneho zloženia výplne mikroskopom.

Skúšky 1—4 sme robili zaužívaným spôsobom, takže nie je potrebné sa o ich metodike v tejto stati zmieňovať.

Pri skúškach v škatuľovom šmykovom prístroji sme chceli zistiť, do akej miery sa menia šmykové parametre výplní puklín pri meniacej sa vlhkosti. Vlhkosť sa zvyšovala o 5 % pridávaním 5 cl destilovanej vody na jeden kg vzorky. Po premiešaní bolo potrebné nechať vzorku (zvlášť u ílovitých zemín) stáť asi 24 hodín, aby voda prenikla aj do najjemnejších kapilár v zemine. Nádobu s pripravenou vzorkou sme prikrývali vlhkou látkou a igelitovou fóliou, čím sme zabránili vysýchaniu zeminy. Zo skúmanej vzorky sme odseparovali frakciu hrubšiu ako 2 mm. Súčasne pri každej skúške sme zisťovali objemovú hmotnosť.

Pevnosť v šmyku triaxiálnou skúškou neodvodnenou a nekonsolidovanou sme robili pri štyroch hodnotách komorového tlaku 0,05—0,1—0,2—0,3 MPa. Skúšobné telieska mali valcový tvar o priemere 38 mm a výške 76 mm. Pripravili sme ich vyrezaním z neporušených vzoriek vytlačených z odberného puzdra. Skúšobné telieska boli zaťažované rýchlosťou vertikálneho posunu 1 mm/min. V 30-s intervaloch sme na odchýlkomeroch odčítavali hodnoty zvislej deformácie a šmykovej sily. Po dosiahnutí maximálneho zaťaženia, t. j. po zaznamenaní trvalého poklesu zvislej šmykovej sily sme skúšku ukončili. Jedna skúška trvala približne 15 minút.

Vzorky pre kvantitatívne zisťovanie ílových minerálov metódou DTA sme pripravovali separáciou v destilovanej vode. Do odmerného valca s objemom 1 liter sme dokonale rozmiešali 20—30 g pôvodnej vzorky a nechali sedimentovať. Po 12—24 hodinách ostala vo vodnej suspenzii len frakcia menšia ako 2 mikróny (ílovitá), ktorú sme odsali hadičkou do pripravenej nádoby. Vodu zo suspenzie sme odparovali v pieskovom kúpeli pri 100 °C. Konečné dosušenie sme urobili v sušičke pri 40—45 °C. Takto bola pripravená ílovitá frakcia pre analýzu. Minimálne požadované množstvo pre kvalitatívne stanovenie bol jeden gram.

Stanovenie podielu uhličitanov sme urobili meraním objemu CO_2, ktorý sa uvoľnil pri rozklade uhličitanov vo vzorke pôsobením asi 13 % HCl P. A. Podľa objemu uvoľneného plynu sme stanovili podiel karbonátov s presnosťou na 0,01 g.

Minerálne zloženie výplne sme zisťovali pomocou polarizačného mikroskopu a binokulárnej lupy. Z analyzovaných vzoriek sme vopred odstránili karbonáty rozpustením v 13 % HCl a odseparovali ílovitú frakciu.

Číslo	Lokalita	Hornina	Vek
1	Bratislava-Devín	Granodiorit	Paleozoikum

Typ odkryvu	Rozmery	Zvodnenie
Odrez cesty	**výška:** 12 m **šírka:** 50 m	Masív je väčšinou suchý

Opis horniny	Opis masívu
Dvojsľudný granodiorit bratislavského typu. Farba svetlosivá, štruktúra rovnomerne zrnitá, textúra všesmerná. Zloženie: kremeň, K-živce, plagioklasy, muskovit, biotit. Hornina je pomerne zdravá, slabo navetraná.	V masíve pozorujeme 2—3 výrazné priebežné systémy tektonických puklín. Blokovitosť 23—24 Pukliny sú rovné, mierne zvlnené. Roztvorenosť puklín kolíše 1—20 mm. Možnosť infiltrácie zrážkovej vody je vcelku malá.

OPIS VÝPLNE PUKLÍN

Druh	Farba
Hlinitý piesok	Svetlosivá

Vlhkosť	Konzistencia
1,7 %	
	Uľahnutosť Výplň je stredne uľahnutá

Genéza	Zvetranie
Dezintegrácia horniny pozdĺž diskontinuít na jednotlivé zrná. Rôzny stupeň zvetrania kremeňa, živcov, sľúd.	Rozrušený, drobnoúlomkovitý materiál

Podiel častíc nad 1 mm	Stupeň vyplnenosti puklín
70 %	Časť puklín je bez výplne, subhorizontálne pukliny sú čiastočne vyplnené.

Stopy po pohybe	Možnosť vyluhovania, sufózie
Žiadne	Minimálna

Číslo	Lokalita	Hornina	Vek
2	Rohožník (okr. Bratislava-vidiek)	Melafýr	Spodný trias

Typ odkryvu	Rozmery	Zvodnenie
Kameňolom v ťažbe	**výška:** 70 m **šírka:** 200 m	Masív je suchý

Opis horniny	Opis masívu
Mandľovcový melafýr chočského príkrov. Farba: pestrá zelená, červená, svetlosivá. Výplň mandlí tvorí chlorit, kalcit a kremeň. Pozorujeme premenlivý obsah jemnokryštalickej hmoty a vyrastlíc. Textúra je všesmerná.	Masív je intenzívne rozpukaný troma až štyrmi systémami tektonických puklín. Časté uvoľňovanie blokov a úlomkov zo stien. Pukliny sú rovné, čiastočne zvlnené, väčšinou zovreté. Možnosť infiltrácie dažďovej vody je dobrá pozdĺž zhruba zvislých tektonických porúch.

OPIS VÝPLNE PUKLÍN

Druh	Farba
Ílovitá hornina	Pestrá červená, zelená, svetlosivá

Vlhkosť	Konzistencia
14,99 %	Tuhá
	Uľahnutosť

Genéza	Zvetranie
Mechanické a chemické zvetrávanie materskej horniny	Rozklad a premena horniny na sekundárne minerály

Podiel častíc nad 1 mm	Stupeň vyplnenosti puklín
3 %	Väčšinou bez výplne, len veľmi priebežné pukliny a zlomové dislokácie sú vyplnené čiastočne až úplne

Stopy po pohybe	Možnosť vyluhovania, sufózie
Neznateľné	Vyplavovanie výplne zrážkovou vodou

Číslo	Lokalita	Hornina	Vek
3	Žemberovce (okr. Levice)	Andezit	Pliocén

Typ odkryvu	Rozmery	Zvodnenie
Opustený kameňolom	**výška:** 8 m **šírka:** 40 m	Masív je málo zvodnený

Opis horniny	Opis masívu
Vitrofyrický andezit stredoslovenských neovulkanitov červenohnedej farby. Zloženie horniny: plagioklasy (andezín), biotit, amfibol, pyroxény. Textúra — všesmerná. Pozdĺž puklín je hornina postihnutá silnejším účinkom zvetrávania.	Masív je rozpukaný hustou sieťou tektonických puklín a puklín odľahčenia. Typ blokovitosi 34 Plochy puklín sú zakrivené, zvlnené. Roztvorenosť kolíše od 0,1 do 5 cm. Možnosť infiltrácie zrážkovej vody je dobrá pozdĺž zvislých tektonických puklín.

OPIS VÝPLNE PUKLÍN

Druh	Farba
Íl	Červenohnedá

Vlhkosť	Konzistencia
16,8 %	Tvrdá
	Uľahnutosť

Genéza	Zvetranie
Výplň vzniká mechanickým a chemickým zvetrávaním andezitu. Miestami je premiešaná s elúviom splaveným z povrchu.	Rozrušený a premenený andezit na sekundárne minerály.

Podiel častíc nad 1 mm	Stupeň vyplnenosti puklín
16,0 %	Pukliny sú vyplnené úplne a čiastočne (prevládajú).

Stopy po pohybe	Možnosť vyluhovania, sufózie
Nepozorujeme	Sufózia pri väčších zrážkach vo zvislých puklinách.

Číslo	Lokalita	Hornina	Vek
4	Horná Mičiná (okr. Banská Bystrica)	Vápenec	Stredný trias

Typ odkryvu	Rozmery	Zvodnenie
Kameňolom v ťažbe	**výška:** 25 m **šírka:** 35 m	Masív je suchý

Opis horniny	Opis masívu
Vápenec wettersteinského typu svetlošedej farby. Minerálne zloženie: kalcit Textúra — všesmerná. Hornina je čiastočne navetraná, vyvinuté sú krasové javy v počiatočnom štádiu.	Tri systémy priebežných diskontinuít, 2 systémy t-puklín, 1 systém v-puklín. Typ blokovitosti: 33—34 Pukliny sú rovné, často poohýbané, zvlnené a nepravidelné. Roztvorenosť puklín je v priemere 0,5 cm. Možnosť infiltrácie zrážkovej vody je veľmi dobrá.

OPIS VÝPLNE PUKLÍN

Druh	Farba
Piesčitá hlina	Červenohnedá

Vlhkosť	Konzistencia	Uťahnutosť
45,6 %	Plastická	

Genéza	Zvetranie
Výplň vzniká mechanickým a chemickým rozkladom materskej horniny.	Terra rossa s úlomkami pôvodnej horniny.

Podiel častíc nad 1 mm	Stupeň vyplnenosti puklín
41,0 %	Vertikálne tektonické pukliny sú vyplnené úplne.

Stopy po pohybe	Možnosť vyluhovania, sufózie
V suchom období sa výplň z káps a puklín zosýpa.	Vyluhovanie kalcitu, vyplavovanie výplne z vertikálnych puklín.

Číslo	Lokalita	Hornina	Vek
5	Harmanec (okr. Banská Bystrica)	Dolomit	Stredný trias

Typ odkryvu	Rozmery	Zvodnenie
Umelý skalný odrez nad cestou.	**výška:** 30 m **šírka:** 15 m	Masív je suchý

Opis horniny	Opis masívu
Strednotriasový dolomit obalovej série Veľkej Fatry. Farba: svetlosivá Takmer čistý dolomit (97 %) Hornina je silne podrvená pri tektonických pohyboch a značne zvetraná.	Dva systémy priebežných diskontinuít: t-pukliny a v-pukliny. **Typ blokovitosti: 05** Tektonické pukliny a dislokácie sú rovné, drsné i vyhladené. Roztvorenosť puklín je 0,5—20 cm. Masív je silne rozrušený, drobí sa. Možnosť infiltrácie dažďovej vody je vzhľadom na veľkú porušenosť dobrá.

OPIS VÝPLNE PUKLÍN

Druh	Farba
Hlinitý piesok	Sivobiela

Vlhkosť	Konzistencia
5,3 %	
	Uľahnutosť Stredne uľahnutá

Genéza	Zvetranie
Výplň je tvorená tektonickou drvinou.	Takmer žiadne

Podiel častíc nad 1 mm	Stupeň vyplnenosti puklín
52 %	Pukliny sú vyplnené čiastočne až úplne.

Stopy po pohybe	Možnosť vyluhovania, sufózie
Stopy po odvalení častí svahu po predisponovaných plochách.	Možnosť slabého vyluhovania dolomitu dažďovou vodou.

Číslo	Lokalita	Hornina	Vek
6	Králiky (okr. Banská Bystrica)	Pieskovce	Eocén

Typ odkryvu	Rozmery	Zvodnenie
Opustený kameňolom	**výška:** 20 m **šírka:** 50 m	Masív je suchý

Opis horniny	Opis masívu
Striedajú sa polohy jemnozrnného pieskovca a drobnozrnného zlepenca centrálnokarpatského paleogénu. Kremenné zrná sú tmelené vápnitým tmelom. Farba: žltosivá Intenzívnejšie zvetranie horniny je iba **v najvyššej časti masívu a pozdĺž zvislých** tektonických puklín.	Typ blokovitosti: 32 Masív je rozpukaný kolmými tektonickými puklinami. Plochy vrstevnatosti sú subhorizontálne. Masív je kompaktný — veľmi slabo rozrušený. Pukliny sú rovné, veľmi drsné, roztvorenosť puklín je malá. Možnosť infiltrácie zrážkovej vody je minimálna.

OPIS VÝPLNE PUKLÍN

Druh	Farba
Hlinitý piesok	Žltá

Vlhkosť	Konzistencia
2,4 %	
	Uľahnutosť Hlinitý piesok je stredne uľahnutý

Genéza	Zvetranie
Výplň vzniká mechanickým a chemickým zvetrávaním materskej horniny.	Rozrušený materiál na zrnká kremeňa, vo výplni úlomky celistvej horniny.

Podiel častíc nad 1 mm	Stupeň vyplnenosti puklín
50 %	Väčšina puklín je vyplnená čiastočne, niektoré sú vyplnené úplne.

Stopy po pohybe	Možnosť vyluhovania, sufózie
Žiadne	Vyluhovanie kalcitového tmelu v puklinách.

Číslo	Lokalita	Hornina	Vek
7	Tuhár (okr. Lučenec)	Kryštalický vápenec (mramor)	Karbón

Typ odkryvu	Rozmery	Zvodnenie
Kameňolom v ťažbe	**výška:** 20 m **šírka:** 200 m	Masív je väčšinou suchý

Opis horniny	Opis masívu
Jemno- až strednozrnný kryštalický vápenec obalovej jednotky tatroveporidného kryštalinika. Farba: biela, ružovkastá, svetlosivá. Textúra: všesmerná. Intenzívne zvetrávanie na stenách diskontinuít.	V masíve pozorujeme 3 hlavné systémy tektonických puklín. Vrstevnatosť nevýrazná. Blokovitosť: Pukliny sú zakrivené, s veľmi drsnými stenami. Roztvorenosť je veľmi variabilná (mm až m) priemerne 3—5 mm Možnosť infiltrácie dažďovej vody priaznivá len pozdĺž širokých, zhruba vertikálnych puklín.

OPIS VÝPLNE PUKLÍN

Druh	Farba
Íl	Červenohnedá

Vlhkosť	Konzistencia
26,76 %	Pevná
	Uľahnutosť

Genéza	Zvetranie
Výplň vzniká mechanickým a chemickým rozkladom materskej horniny.	Terra rossa s úlomkami pôvodnej horniny.

Podiel častíc nad 1 mm	Stupeň vyplnenosti puklín
2 %	Veľmi variabilný. Pukliny sú nevyplnené, čiastočne alebo aj úplne vyplnené.

Stopy po pohybe	Možnosť vyluhovania, sufózie
Malé pohyby blokov vyvolané ťažobnou činnosťou.	Vyplavovanie ílovitej výplne zo širokých diskontinuít pri intenzívnych dažďoch.

Zhodnotenie výsledkov laboratórneho výskumu

Prirodzená vlhkosť

Zhodnotenie: Vlhkosť výplne diskontinuít bola v rôznych častiach masívu značne rozdielna. Pri povrchu v období slnečného počasia bola väčšinou suchá, smerom do hĺbky masívu vlhkosť vzrastala. Našou snahou bolo odoberať vzorku z najhlbších dostupných častí masívov.

U piesčitých výplní je prirodzená vlhkosť nízka (vzorka 1, 5, 6), naopak, u ílovitých výplní je omnoho vyššia (vzorka 2, 3, 4, 7). Dosah klimatických činiteľov je u ílovitých zemín menšia ako u piesčitých. Je to spôsobené pomerne veľkou kapilárnou silou ílov v porovnaní s piesčitými materiálmi. Ďalším dôvodom je väčšia pórovitosť u jemnozrnných materiálov ako u hrubozrnných. Ílové minerály majú vďaka napúčaniu a veľkému špecifickému povrchu zŕn pomerne veľkú schopnosť viazať na seba voľnú vodu.

Tabuľka 1

Prirodzená vlhkosť

Číslo	Hornina	Typ výplne (ČSN 72 1002)	W_n (%)
1	granodiorit	hlinitý piesok	1,66
2	melafýr	ílovitá hlina piesčitá	14,99
3	andezit	íl	16,75
4	vápenec	piesčitá hlina	45,60
5	dolomit	hlinitý piesok	5,26
6	pieskovec	hlinitý piesok	2,41
7	kryštalický vápenec	íl	26,76

Plasticita

Medze tekutosti a plasticity sú funkciou obsahu ílových častíc a ich minerálneho zloženia, no môžu ich ovplyvňovať aj iné faktory, napr. prítomnosť uhličitanov (vzorka č. 4, 11—42 %). Diagram plasticity (podľa IAEG) obr. 1.

Tabuľka 2

Zistenie Atterbergových medzí tekutosti a plasticity, výpočet indexu plasticity a stupeň konzistencie

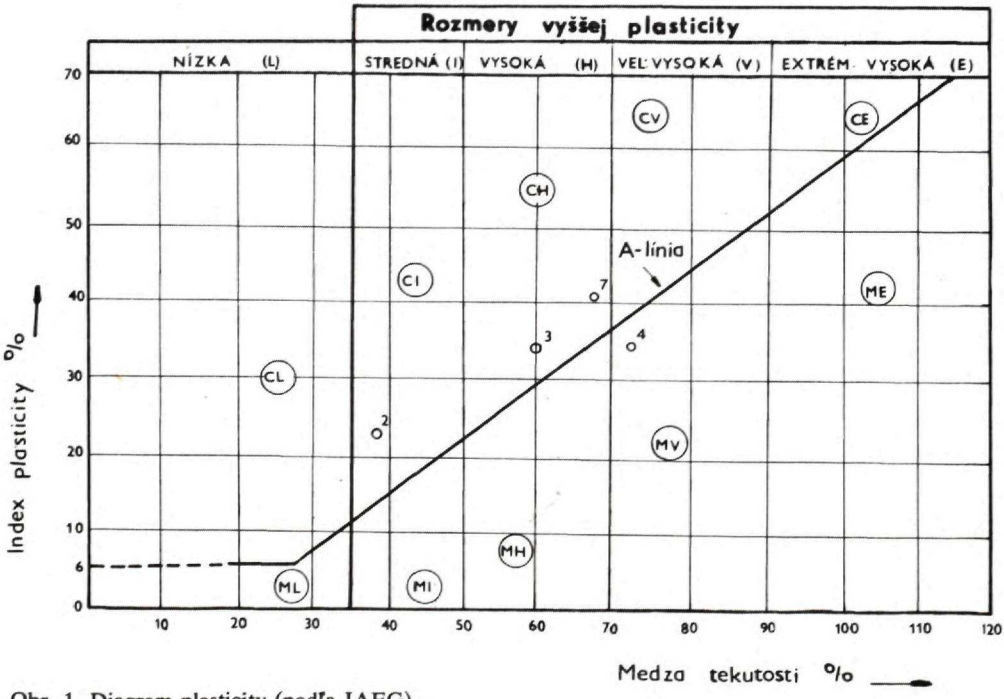
Číslo	Hornina	Typ výplne (ČSN 72 1002)	W_T(%)	W_P (%)	I_p	I_c
1	granodiorit	hlinitý piesok	—	—	—	—
2	melafýr	ílovitá hlina piesčitá	38,69	14,94	23,75	1,00
3	andezit	íl	60,00	23,60	36,40	1,19
4	vápenec	piesčitá hlina	72,00	36,50	35,50	0,74
5	dolomit	hlinitý piesok	—	—	—	—
6	pieskovec	hlinitý piesok	—	—	—	—
7	kryštalický vápenec	íl	68,20	27,48	40,72	1,02

Z diagramu plasticity vyplýva, že jednotlivé zeminy majú nasledovný charakter:

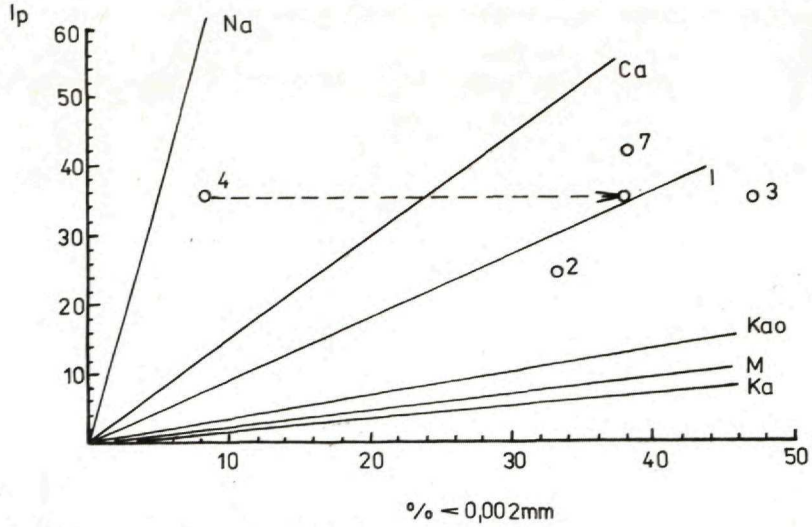
— vzorka č. 2 — stredne až nízkoplastický íl
— vzorka č. 3, 7 — vysokoplastický íl
— vzorka č. 4 — veľmi vysokoplastický prach.

S výnimkou vzorky č. 4 sú výsledky vo veľmi dobrej zhode so zrnitostným zložením a ďalšími skúškami. Vzorka č. 4 bola skutočne vysokoplastická. Makroskopické testy (valkanie valčekov, lesklá rezná plocha, stálosť vo vode a pod.) preukázali, že skutočne ide o vysokoplastickú zeminu. V danom prípade je obsah ílovitej frakcie podstatne väčší, ako ukázala krivka zrnitosti, čo bolo zrejme spôsobené nepoužitím antikoagulátora pri určení zrnitosti hustomernou metódou. Podľa skúseností z praxe odhadujeme obsah frakcie 0,002 mm asi o 30 % väčší, t. j. celkove asi 38 %, podobne ako vzorka č. 7. Na orientačné určenie charakteru frakcie pod 0,002 mm používame pomer čísla plasticity (I_p) k váhovému množstvu častíc menších ako 0,002 mm, ktorú Skempton (1953) označuje ako aktivitu ílov.

Zo závislosti vyplýva, že ílová frakcia vzoriek č. 2, 3, 7 obsahuje prevažne illit a Ca-montmorillonit. Pri uvažovaní zvýšeného opravného množstva ílovitej frakcie o +30 %, by malo minerálne zloženie vzorky č. 4 zodpovedať illitu. Pri posudzovaní výsledkov je potrebná určitá opatrnosť, pretože A. W. Skemptonom uvažované častice menšie ako 0,002 mm pri použitej metodike zisťovania zrnitosti môžu viesť k skresleným výsledkom v oblasti najjemnejšej frakcie. Zistený váhový podiel frakcie pod 0,002 mm môže byť väčší, ako to ukazujú krivky zrnitosti.



Obr. 1. Diagram plasticity (podľa IAEG)



Obr. 2. Aktivita ílovitých zemín podľa SKEMPTONA (1953)
Na — Na-montmorillonit, Ca — Ca-montmorillonit, I — illit, Kao — kaolinit, M — muskovit, Ka — kalcit

Merná hmotnosť

Mernú hmotnosť sme stanovili metódou podľa ČSN 72 10 11 pomocou pyknometra. Aby sme odstránili vzduch zo suspenzie v pyknometri, varili sme ho so suspenziou asi 10—20 minút, podľa druhu zeminy. Stanovenie mernej hmotnosti bolo potrebné pre vyhodnotenie skúšok zrnitosti. V tabuľke 3 uvádzame priemerné hodnoty z 3—4 meraní.

Namerané hodnoty mernej hmotnosti sú prejavom minerálneho zloženia vzoriek.

Tabuľka 3

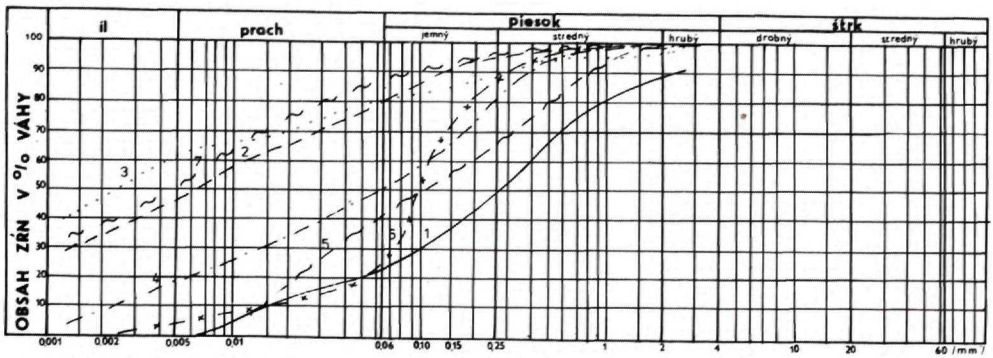
Priemerné hodnoty zrnitosti z 3—4 meraní

Číslo	Hornina	Typ výplne (ČSN 72 1002)	ϱ n (g . cm^{-3})
1	granodiorit	hlinitý piesok	2,66
2	melafýr	ílovitá hlina piesčitá	2,75
3	andezit	íl	2,59
4	vápenec	piesčitá hlina	2,58
5	dolomit	hlinitý piesok	2,70
6	pieskovec	hlinitý piesok	2,73
7	kryštalický vápenec	íl	2,73

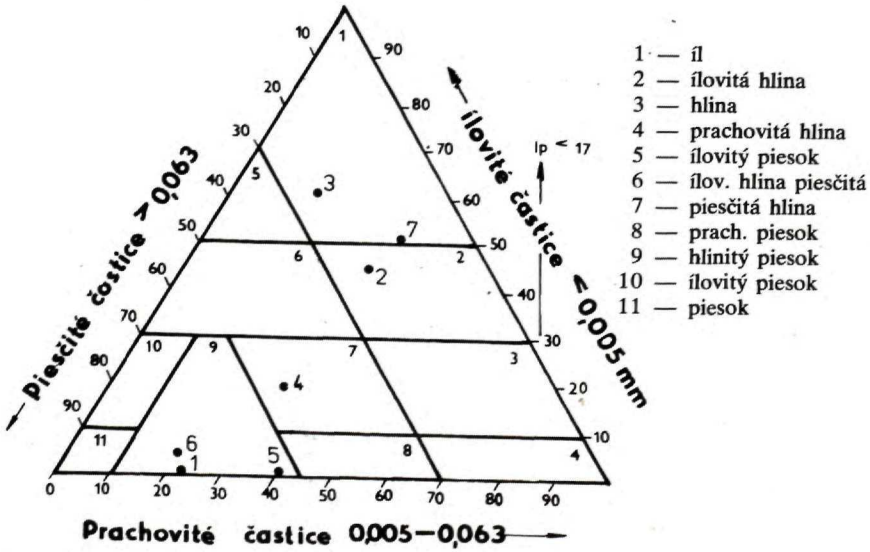
Zrnitosť

Na stanovenie zrnitosti sme použili hustomernú metódu podľa Cassagrandeho, kombinovanú s preosievaním cez sitá 2—1—0,5—0,2 mm. Je to metóda, ktorá

predpokladá ideálny guľový priemer zŕn. Na základe matematickej aplikácie Stokesovho zákona rýchlosť klesania zŕn ideálne guľovitého tvaru v kvapaline o známej hustote je funkciou ich priemeru. Zrná eluviálnej výplne majú prevažne nepravidelný, ostrohranný tvar podmienený schopnosťou rozpadu horniny (klence, hranoly, doštičky a pod.) a vzhľadom na ich genézu nemožno predpokladať opracovanie na sférický tvar transportom. Je preto odôvodnené hodnotiť výsledok zrnitostnej skúšky s istou rezervou, najmä pokiaľ nebola overená korelácia medzi plasticitnými vlastnosťami (medza tekutosti, číslo plasticity a pod.). Istú nepresnosť môže skúška zrnitosti vykazovať i použitím, resp. nepoužitím určitej antikoagulačnej látky, ktorá je pre ten-ktorý typ zeminy nedostatočne účinná, nastane koagulovanie ílových zŕn do agregátov, ktoré klesajú v kvapaline rýchlejšie. V dôsledku toho sa krivka zrnitosti presúva do oblasti prachovitých až piesčitých zemín (obr. 3, 4, tab. 4).

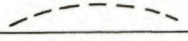
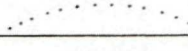
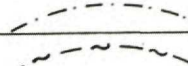
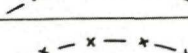
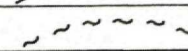


Obr. 3. Krivky zrnitosti zemín



Obr. 4. Trojuholníkový diagram

Tab. 4. Pomenovanie zemín

číslo	označenie krivky	hornina	pomenovanie zeminy
1		granodiorit	hlinitý piesok
2		melafýr	ílovitá hlina
3		andezit	íl
4		vápenec	piesčitá hlina
5		dolomit	hlinitý piesok
6		pieskovec	hlinitý piesok
7		kryštal. vápenec	íl

Zhodnotenie: Predpokladáme vyšší podiel ílovitej frakcie vo vzorke č. 4, ktorú sme vizuálne zaradili medzi íly, ale z krivky zrnitosti nám vyplýva, že je to piesčitá hlina. Plasticitné a iné vlastnosti tejto vzorky poukazujú jednoznačne na íl. Predpokladáme (aj na inom mieste), že skutočný obsah frakcie <0,005 mm je asi 45—50 %.

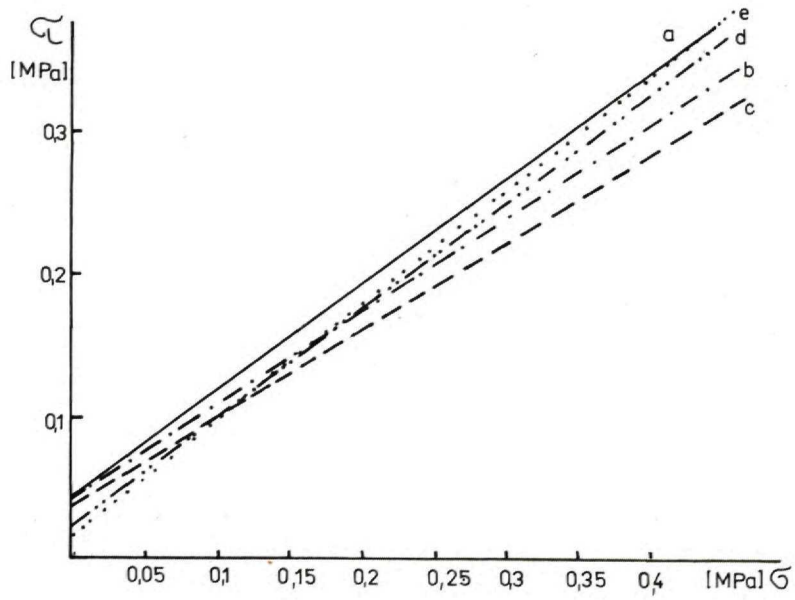
Šmyková pevnosť v škatuľovom prístroji

Na stanovenie šmykovej pevnosti skúmaných vzoriek bol použitý škatuľový šmykový prístroj s riadeným posunom škatule. Veľkosť vzorky v škatuli bola 6×6×5 cm. Rýchlosť posunu škatule bola prispôsobená technickým možnostiam prístroja. Bola konštantná počas celého priebehu šmýkania a zodpovedala hodnote 2 mm/min. Skúšky boli vykonané pri 4—5 hodnotách zvislého napätia (0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; MPa). Každá vzorka bola hodnotená pri piatich rôznych stupňoch vlhkosti (spravidla sa vlhkosť zvyšovala o 5 %).

Vykonané skúšky možno považovať za odvodnené, nekonsolidované. Zistené parametre u ílovitých zemín približne zodpovedajú totálnym parametrom. Reprezentujú šmykovú pevnosť, na ktorej sa podieľa pevná i kvapalná fáza zeminy. U piesčitých výplní sa môžu zistené hodnoty blížiť k efektívnym parametrom (obr. 5—9).

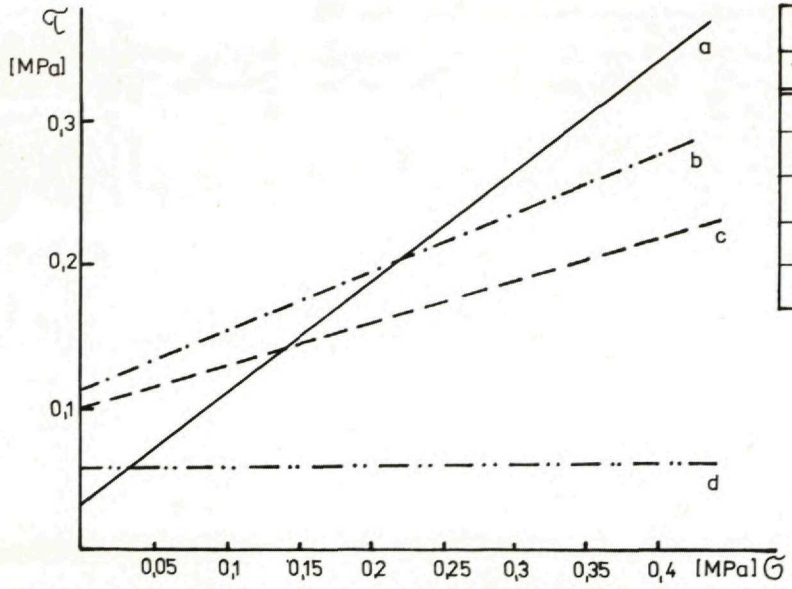
Z obrázku 5 vyplýva, že meniaca sa vlhkosť u piesčitých vzoriek nemá vplyv na šmykové parametre. Tak je to aj u vzoriek 1, 5, 6. Prebytočná voda počas skúšky mohla voľne odtekať, takže ϕ_u a c_u sú približne rovnaké pri všetkých vlhkostiach. ϕ_u kolíše v rozmedzí 32°—38°, c_u od 0,01 do 0,035 MPa. Súdržnosť piesčitých výplní je spôsobená istou prímesou hlinitej a ílovitej frakcie a zvyšovaním vlhkosti klesá. Uhol vnútorného trenia je nezávislý od vlhkosti, ale je podmienený trením piesčitých zŕn. U ostatných skúmaných vzoriek (2, 3, 4) sa prejavil vplyv prachovitej a ílovitej frakcie. Pri väčšej vlhkosti bol ϕ_u zväčša pod 10°. Usporiadanie šmykového prístroja bolo prispôsobené na odvodnenie vzorky vo vertikálnom

smere. Vzhľadom na veľmi krátku dobu trvania skúšky (2—4 min.), podmienenou veľkou rýchlosťou šmýkania, zo súdržných zemín nenastala prakticky žiadna konsolidácia. V danom prípade sme získali u súdržných zemín hodnoty blížiace sa hodnotám totálnych parametrov φ_u, c_u. U piesčitých výplní (vzorka 1, 5, 6) vzhľadom na ich vyššiu priepustnosť možno získané šmykové parametre i napriek vysokej rýchlosti pohybu považovať za hodnoty veľmi blízke efektívnym hodnotám ϕ', c'.



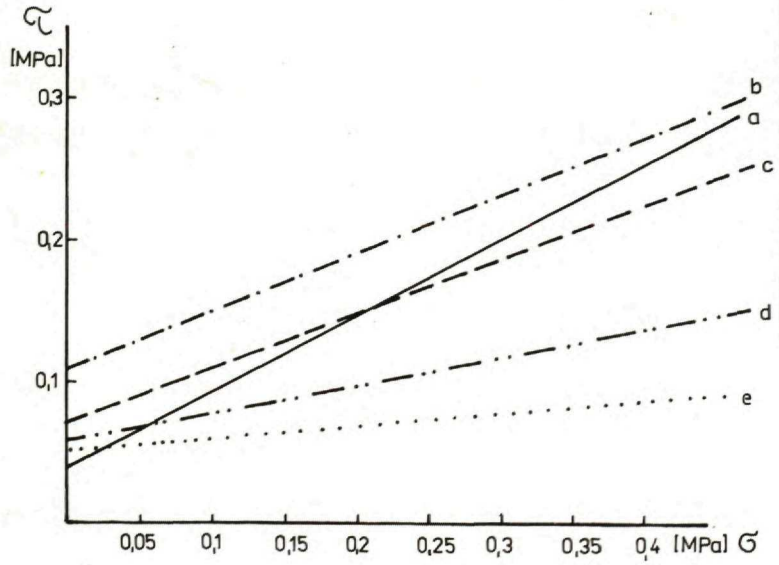
Lokalita: Bratislava			
Vzorka č. 1			
	w	φ_u	c_u
a	2,5 %	36°	0,032 MPa
b	9,5 %	36°	0,032 MPa
c	13,3 %	34°	0,026 MPa
d	18,1 %	36°	0,020 MPa
e	20,8 %	38°	0,012 MPa

Obr. 5. Stanovenie šmykovej pevnosti v škatuľovom šmykovom prístroji



Lokalita: Žemberovce			
Vzorka č. 3			
	w	φ_u	c_u
a	12,4 %	36°30'	0,036 MPa
b	14,5 %	22°	0,110 MPa
c	24,9 %	14°	0,100 MPa
d	29,2 %	1°30'	0,060MPa

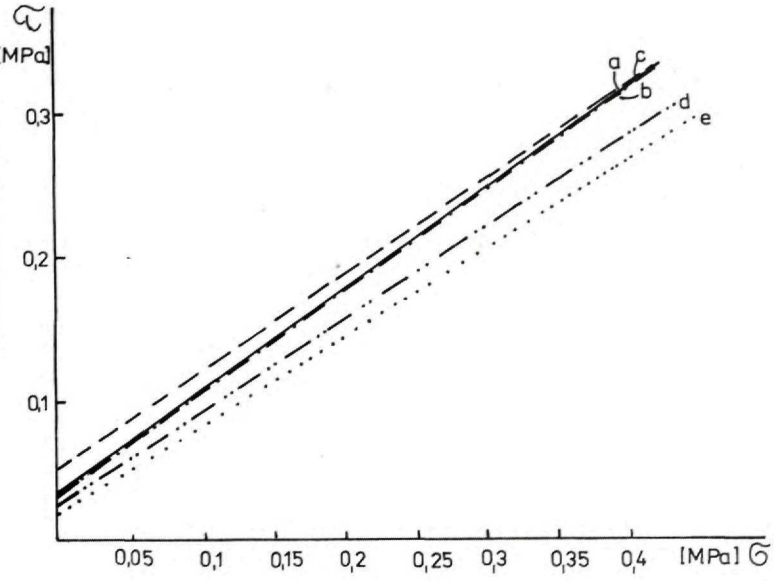
Obr. 6. Stanovenie šmykovej pevnosti v škatuľovom šmykovom prístroji



Lokalita: Horná Mičiná			
Vzorka č. 4			
	w	φ_u	c_u
a	16,5 %	30°30'	0,036 MPa
b	22,9 %	23°	0,105 MPa
c	27,2 %	24°	0,063 MPa
d	32,1 %	13°	0,050 MPa
e	36,6 %	8°	0,044 MPa

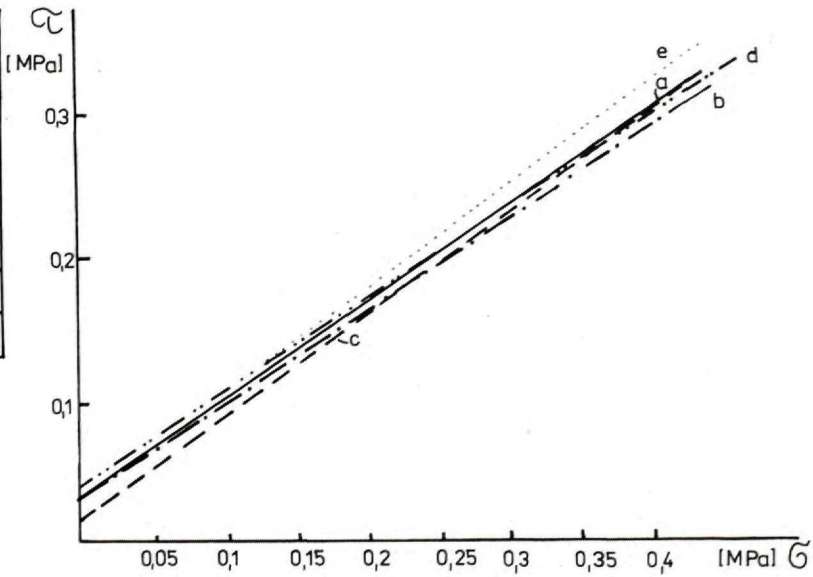
Obr. 7. Stanovenie šmykovej pevnosti v škatuľovom šmykovom prístroji

Lokalita: Harmanec			
Vzorka č. 5			
	W	φ_u	c_u
a	4,2 %	34°	0,024 MPa
b	4,5 %	34°	0,024 MPa
c	9,3 %	34°	0,032 MPa
d	12,4 %	33°	0,020 MPa
e	17,0 %	33°	0,015 MPa



Obr. 8. Stanovenie šmykovej pevnosti v škatuľovom šmykovom prístroji

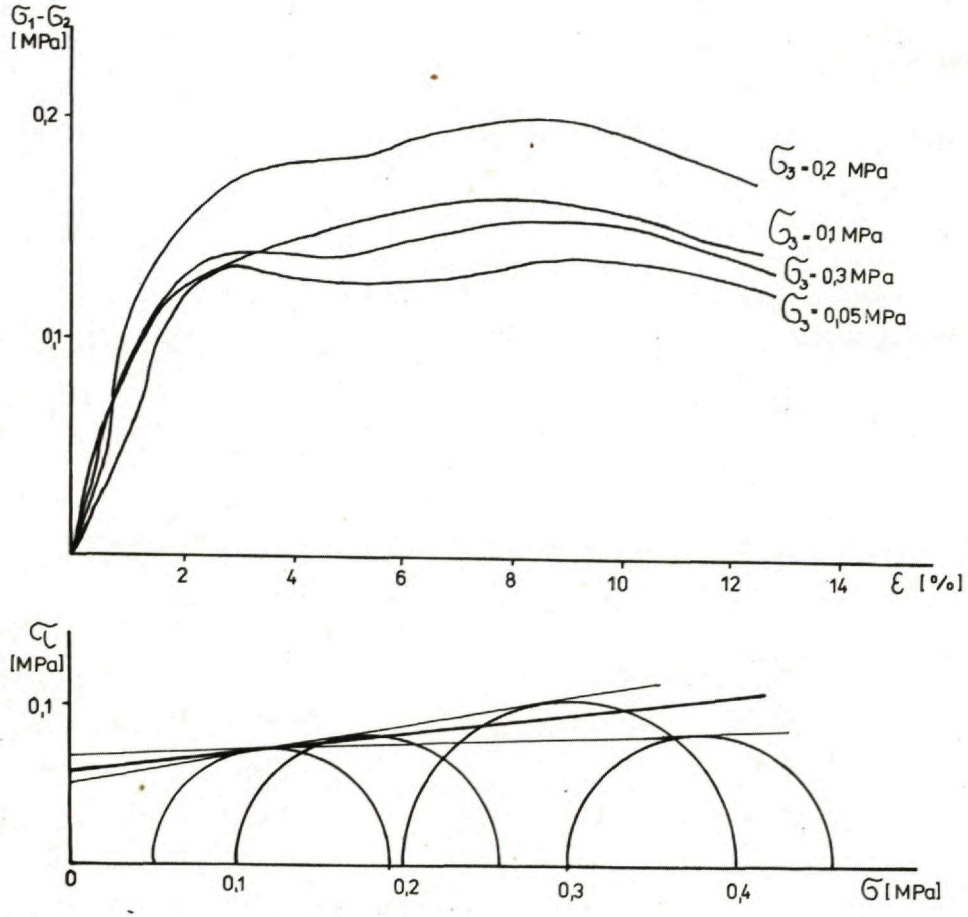
Lokalita: Králiky			
Vzorka č. 6			
	W	φ_u	c_u
a	1,3	33°	0,024 MPa
b	5,7	32°30'	0,023 MPa
c	10,8	34°	0,012 MPa
d	11,5	32°	0,028 MPa
e	13,4	33°30'	0,023 MPa



Obr. 9. Stanovenie šmykovej pevnosti v škatuľovom šmykovom prístroji

Šmyková pevnosť v triaxiálnom prístroji

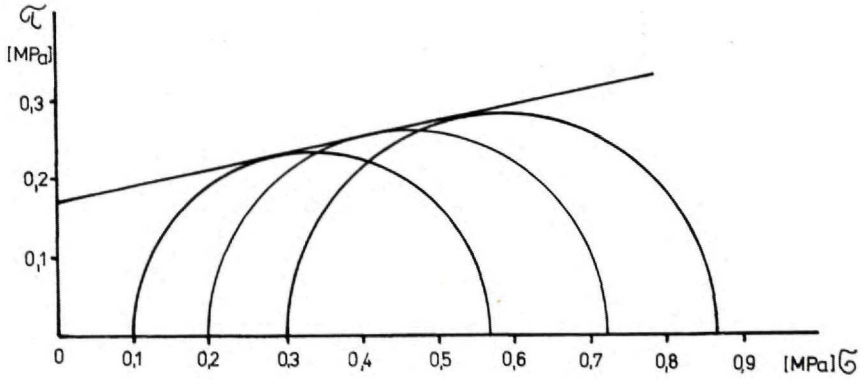
Zhodnotenie: Počas skúšania vývoj deformácie a napätia vzorky č. 2 prebiehal spočiatku typicky pre krehké materiály, t. j. vysoký nárast napätia pri minimálnom zvislom pretvorení vzorky. Približne pri hodnote pomerného pretvorenia $\varepsilon = 2$ %

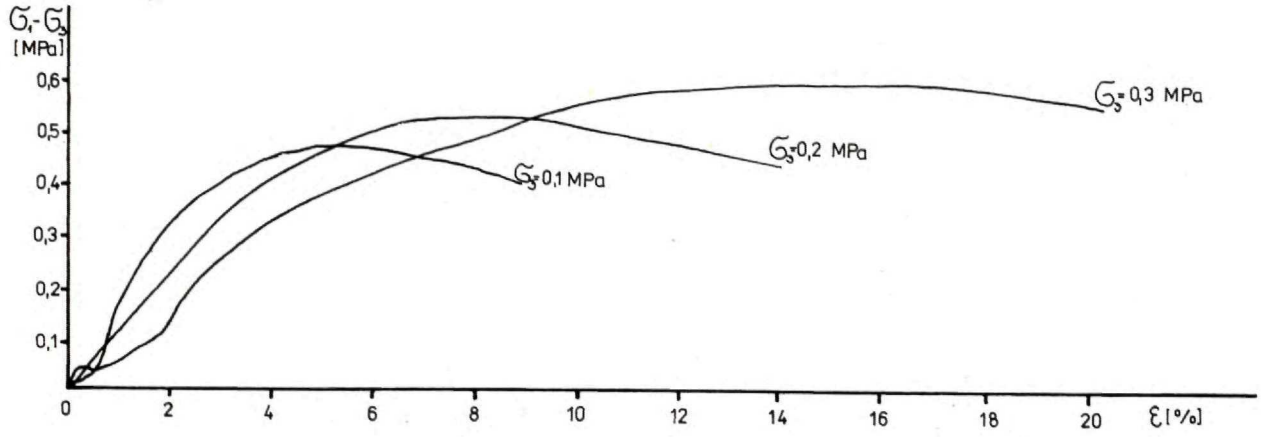


Prirodzená vlhkosť W_n	14,99 %
Objem. hmotnosť prir. vlhkej vzorky ρ_n	2,10 g cm^{-3}
Objem hmotnosť suchej vzorky ρ_d	1,83 g cm^{-3}
φ_u	6,5°
c_u	0,058 MPa

Obr. 10. Triaxiálna skúška nekonsolidovaná, neodvodená
Lokalita: Rohožník
Vzorka č. 2

Prirodzená vlhkosť W_n	26,76 %
Objem. hmotnosť prir. vlhkej vzorky ρ_n	1,77 g.cm^{-3}
Objem. hmotnosť suchej vzorky ρ_d	1,40 g.cm^{-3}
φ_u	12°
c_u	0,167 MPa





Obr. 11. Triaxiálna skúška nekonsolidovaná, neodvodená
Lokalita: Tuhár
Vzorka č. 7

nastalo porušenie. Vzorka sa ďalej intenzívne pretvárala takmer pri konštantnom, resp. pri mierne klesajúcom rozdieli hlavných napätí (σ_1—σ_3). Predpokladáme, že tento priebeh je podmienený štruktúrno-textúrnymi znakmi vzorky. Priebeh skúšky vzorky č. 7 je charakteristický pre plastické materiály.

Ílové minerály

Ílové minerály predstavujú hlavnú súčasť ílov a sú nositeľmi ich typických vlastností: plasticity, sorbčnej schopnosti, napučiavania, veľmi nízkej šmykovej pevnosti. Ílové minerály sú produktom chemického rozkladu rozličných hornín, resp. minerálov, najmä živcov a i. Zistenie minerálneho zloženia ílových zemín umožňuje ich inžinierskogeologické zhodnoteie, ktoré často vyjasní ich genézu a faciálne podmienky ich vzniku.

V súčasnosti má moderný výskum k dispozícii viaceré metódy štúdia ílových minerálov: optické štúdium, štúdium v elektrónovom mikroskope, kvantitatívne chemickú analýzu, tepelnú deštrukciu, diferenčnú termickú analýzu (DTA), röntgenografickú analýzu. Takému štúdiu sme podrobili aj naše vzorky výplní puklín.

Diferenčná termická analýza (DTA)

Podstata DTA spočíva v zistení termických reakcií v skúmanej vzorke pri plynulom zvyšovaní teploty, najčastejšie do 1000 °C. Všetky ílové minerály sa za vyšších teplôt menia a dávajú pre ne charakteristické exo- alebo endotermické reakcie, pomocou ktorých ich môžeme vo vzorke určiť. Nevýhodou tejto metódy je, že nedáva kvantitatívne hodnoty. Metodiu prípravy vzoriek sme uviedli v predchádzajúcom texte, a preto hneď uvádzame výsledky analýz.

Vzorka č. 1. Ílová frakcia je vo veľkej miere tvorená montmorillonitom. Mikroskopické štúdium potvrdilo prítomnosť montmorillonitu v študovanej vzorke, ako aj iné, bližšie neurčené minerály.

Vzorka č. 2. Ílovitá frakcia je tvorená prevažne montmorillonitom, v menšom množstve je prítomný aj illit.

Vzorka č. 3. DTA, ako aj indexy lomov študovanej vzorky poukazujú na prítomnosť illitu.

Vzorka č. 4. Podstatnú časť ílovej frakcie vo vzorke zastupuje illit. Prítomnosť iných ílových minerálov nemôžeme jednoznačne vylúčiť, môžu však byť zastúpené iba v minimálnom množstve. Mikroskopické štúdium potvrdzuje prítomnosť illitu.

Vzorka č. 5. Výplň na lokalite Harmanec neobsahuje žiadne ílové minerály. V analyzovanej vzorke bol určený dolomit, prípadne slabo vápnitý dolomit.

Vzorka č. 6. Analyzovaná vzorka bola prakticky monominerálna, zložená z čistého illitu.

Vzorka č. 7. Ílovitá frakcia je tvorená prevažne montmorillonitom, v menšom množstve je prítomný aj illit.

Zhodnotenie: Z inžinierskogeologického hľadiska najnepriaznivejšie vlastnosti

majú íly montmorillonitové. Ich prítomnosť môže mať pri určitých podmienkach rozhodujúcu úlohu pre stabilitu masívu. Schopnosť zväčšovať objem prítomnosťou vody je u ostatných ílových minerálov podstatne menšia.

Obsah uhličitanov

Pod obsahom uhličitanov v zemine rozumieme celkový obsah uhličitanov v % hmotnosti suchej zeminy.

Uhličitany významnou mierou ovplyvňujú stlačiteľnosť, šmykovú pevnosť zemín, znižujú plasticitu, odolnosť voči rozmočeniu vo vode a zvyšujú priepustnosť (obr. 5).

Tabuľka 5

Zistené hodnoty uhličitanov

Číslo vzorky	Hornina	Kalcit (%)	Dolomit (%)	Nerozpustný zvyšok (%)
1	granodiorit	stopy	stopy	100
2	melafýr	3,23	1,49	95,28
3	andezit	stopy	stopy	100
4	vápenec	7,61	3,81	88,58
5	dolomit	1,94	96,14	1,92
6	pieskovec	—	41,63	58,37
7	kryštalický vápenec	2,26	—	97,74

Minerálne zloženie vzoriek

Vzorky boli analyzované pomocou polarizačného mikroskopu ako práškové preparáty v imerzných olejoch a tiež pomocou binokulárnej lupy. Veľkosť zrna nebola meraná, pretože nerozpustný zvyšok na meranie indexu lomu bol čiastočne achátovaný. Postup prípravy vzorky sme už uviedli.

Vzorka č. 1. Zloženie výplne zodpovedá zloženiu granodioritov. Dominujúcim minerálom je kremeň (45 %), živce (plagioklasy a K-živce) spolu 40 %, zvyšok pripadá na sľudy (biotit, muskovit). Živce, najmä draselné, sú do určitej miery sericitizované.

Vzorka č. 2. Vo vzorke sa nachádza 60 % kremeňa, 30 % živcov, 10 % pripadá na sľudu a limonit a pravdepodobne aj na chlorit, ktorý bol pôvodne určite zastúpený, ale po opätovnom preplavení zmizol.

Vzorka č. 3. Okrem svetlohnedých úlomkov agregátov ílových minerálov zafarbených hydroxidmi železa sa vo výplni nachádzajú vodovobiele úlomky kremeňa (asi 10 %).

Vzorka č. 4. V analyzovanej vzorke sa nachádzali agregáty ílových minerálov a asi 5 až 8 % kremeňa.

Vzorka č. 5. Táto výplň je tvorená z veľmi čistého dolomitu, takže má iba veľmi

nepatrnú nerozpustnú zložku. Tvorí ju hlavne klastický kremeň vo forme nepravidelných úlomkov.

Vzorka č. 6. Hojne zastúpená piesčitá frakcia je zväčša tvorená kremennými zrnami, ktorých veľkosť sa najčastejšie pohybuje do 1 mm. Zrná sú čiastočne opracované a pomerne dobre vytriedené. Okrem kremenných zŕn sú niekoľkými percentami zastúpené aj plagioklasy. Taktiež v nepatrnom množstve sú zastúpené chlority, prípadne rozložené pyrity a kysličníky, prípadne hydroxidy železa.

Vzorka č. 7. Zrnitá frakcia predstavuje pestré minerálne spoločenstvo. Najhojnejší je kremeň (asi 50 %). Vo vzorke bol zistený pomerne vysoký obsah rudných minerálov, magnezitov a limonitov. Asi 15 % tvoria chlority a 5 % pripadá na akcesorické minerály (napr. zirkón).

Záver

Cieľom predloženého príspevku bolo nielen poukázať na význam štúdia výplňového materiálu kvalitatívne odlišných diskontinuít (puklín, zlomov, zlomových poruchových zón) v skalných horninových masívoch, ale predovšetkým predložiť návrh metodiky zisťovania ich inžinierskogeologických vlastností nenáročnými metódami. Metodiku vlastného výskumu sme doložili praktickými príkladmi spracovania siedmich lokalít v petrograficky a geneticky rozdielnych typoch masívov hornín.

V súvislosti s odberom a prípravou vzoriek, ktoré sú jedným z najdôležitejších predpokladov úspešného spracovania a správnosti výsledkov, treba pripomenúť, že sme skúšobne vykonali výskum na porušených i neporušených vzorkách. Výsledky sme, žiaľ, navzájom nemohli úplne porovnať, pretože odber neporušených vzoriek sa nedal uskutočniť na všetkých skúšobných lokalitách. To bude úlohou ďalších prác.

Výsledky terénnych pozorovaní sme zahrnuli podľa nášho názoru do praktických a prehľadných záznamných listov. Laboratórne štúdium a hodnotenie inžinierskogeologických vlastností sme sústredili na tie vlastnosti, ktoré majú bezprostredný vplyv na šmykovú pevnosť výplňového materiálu. Výsledky spracovania ukázali, že sa výplňový materiál vyznačuje:

— vysokou nerovnorodosťou zrnitostného a minerálneho zloženia,
— často usmernenou textúrou, paralelnou s priebehom pukliny,
— zmenami vlhkosti výplne i v rámci jednej diskontinuity,
— že je výsledkom intenzívneho mechanického a chemického zvetrávania hornín na stenách diskontinuít, môže však obsahovať aj cudzorodý materiál prinesený prúdiacou vodou,
— závislosťou šmykovej pevnosti výplňového materiálu od zväčšujúceho sa obsahu úlomkov a hrubšej frakcie (pevnosť sa zvyšuje).

Štúdiom výplne diskontinuít v karbonátových horninách sme ďalej zistili:

— vysoký obsah uhličitanov vo výplni výrazne znižuje plasticitu a odolnosť voči rozmokaniu, zvyšuje priepustnosť výplne,
— niekedy nízky podiel karbonátov vo výplni je spôsobený intenzívnym rozkladom horniny a vyplavovaním jemných častíc.

Na základe logického zvažovania a vykonaných skúšok možno jednoznačne

konštatovať, že výplň má horšie inžinierskogeologické vlastnosti ako okolitá hornina. Pôsobí nepriaznivo na vlastnosti a chovanie masívu nasledovne:

— spôsobuje zníženie šmykového odporu na stenách blokov masívu,

— podľa druhu a množstva zmenšuje až zamedzuje prúdenie vody v puklinách,

— udržiava určitú vlhkosť vnútri masívu, čím nepriamo napomáha proces chemického zvetrávania pozdĺž puklín,

— v prípade napučiavajúcich ílov môže výplň pôsobiť ako faktor spôsobujúci rozvoľňovanie masívu.

Nevyriešeným problémom však zostáva, do akej miery sa šmykové parametre zistené v laboratóriu v škatuľovom prístroji dajú aplikovať na prírodné pomery. Nevieme dosiaľ stanoviť, aké veľké tlaky pôsobia na výplň priamo v masíve. Laboratórny výskum poukazuje na to, že zistené šmykové parametre zemín sú pri veľkých zaťaženiach menšie ako tie, ktoré zistíme pri škatuľových skúškach, kde maximálne vyvodené zaťaženie je obvykle 0,4 MPa.

Pre budúce práce podobného charakteru bude potrebné mnohé zo získaných údajov ďalej kvantifikovať, aby sme sa vyhli ovplyvneniu výsledkov subjektívnym názorom pri kvalitatívnom hodnotení faktorov. Súčasne sa žiada vyriešiť problémy spojené s odberom neporušených vzoriek v úzkych a málo vyplnených puklinách. Ďalší vývoj ukáže, či bude potrebné prehodnotiť, prípadne doplniť metodiku terénnych a laboratórnych prác a navrhnúť nové druhy skúšok. Z nových skúšok to môžu byť napríklad: meranie dilatancie a kontraktancie, zisťovanie časového priebehu konsolidácie a celý rad skúšok na vzorkách neporušených, a to voľné napučiavanie, napučiavanie pod tlakom a iné. Vzhľadom na rôznorodosť zloženia bude v budúcnosti pri spracúvaní dát a analýze výsledkov výskum účelne využívať metódy matematickej štatistiky.

Poznanie fyzikálno-mechanických vlastností výplne puklín a ich súhrnné zhodnotenie a porovnanie s výsledkami terénneho výskumu umožňuje predvídať a riešiť problémy späté s inžinierskogeologickou, geotechnickou a stavebnou činnosťou človeka.

Literatúra

HRUŠKOVÁ, A. 1981: Fyzikálno-mechanické vlastnosti výplne puklín. PFUK Bratislava, 1—65.

KOVÁČIK, M. 1979: Zisťovanie vybraných vlastností výplne puklín. PFUK Bratislava, 1—62.

LETKO, V.—MODLITBA, I. 1976: Laboratórne zisťovanie inžinierskogeologických vlastností zemín. PFUK Bratislava, 1—175.

MATULA, M.—HYÁNKOVÁ, A. 1979: Pasportizácia horninových masívov. PFUK Bratislava, 1—44.

MATULA, M.—HOLZER, R. 1976: Návrh metodiky inžinierskogeologickej typizácie. Acta geologica, 29, PFUK Bratislava, 1—42.

MENCL, V. 1966: Mehanika zemín a skalných hornín. Academia Praha, 1—329.

ONDRÁŠIK, R.— HOLZER, R.—WAGNER, P.—INGR, M. 1983: Inžinierskogeologické hodnotenie diskontinuít horninových masívov. IGHP, Žilina, 1—71.

R. Holzer—A. Hrušková—M. Kováčik—I. Modlitba—J. Turan

Physical-Mechanical Properties of Joint Fillings

Summary

Mechanical effective sets of discontinuities represent one of decising factors in engineering-geologic evaluation of rock massifs. The authors discuss possibilities of taking undamaged and damaged samples of crack filling, and methods of laboratory testing. Variable character of filling causes marked differences in their physical-mechanical properties. The presence of clay minerals with high plasticity, with hydrophilous character, expansion and low shear resistance are particularly unfavourable.

The purpose of the study was the possibility of field- and laboratory investigations of the filling material by simple methods.

Seven samples of discontinuity fillings were taken from genetically and typically different massifs (granodiorite, melaphyre, andesite, limestone, dolomite, sandstone, crystalline limestone-marmor).

Description of rocks, massifs and fillings are in a particular part. Basical properties and other characters were determined by current laboratory methods. Laboratory study of engineering-geologic properties was aimed at the properties directly affecting the shear resistance of the filling material. The following laboratory analyses of samples were performed:

1. Determination of natural humidity.
2. Determination of Atterberg liquid and plasticity limits, calculation of plasticity index and degree of consistency.
3. Determination of specific weight by pycnometer.
4. Determination of granulometric composition of combined method with grain size curve.
5. Determination of shear resistance in shear box gauge at 5° humidity, and determination of volume weight.
6. Determination of shear resistance by triaxial undrained and unconsolidated test at 4 values of chamber pressure.
7. Determination of presence of clay minerals by DTA.
8. Determination of carbonate content in samples.
9. Determination of mineral composition of filling by microscope.

The results of individual tests were compared and valuated.

The purpose of this paper is not only to emphasize the importance of the study of filling material in different discontinuities (joints, faults, fault zones) in rock massifs but first of all to propose methods of determination of engineering-geologic properties by simple methods. The results show that the filling material is characterized by:

— highly heterogeneous grain size and mineral composition,
— frequent oriented structures parallel to the course of joints,
— changes in humidity of filling within one discontinuity,
— the filling resulted from intense mechanical and chemical weathering of rocks on discontinuity walls but it also may contain heterogeneous material transported by flowing water,
— relation of shear resistance of the filling to increasing amount of fragments and coarser fraction (resistance increases). The study of discontinuity filling in carbonate rocks shows that:
— a high content of carbonates in filling causes decrease of plasticity and resistance to soaking, and increase of permeability of filling,
— a low content of carbonates in filling is sometimes caused by intense disintegration of rock and outwash of fine particles.

The experience and tests show that engineering-geologic properties of the filling are less favourable than those of the surrounding rocks. The filling affects unfavourably the properties and the behaviour of the massif as follows:

a) It causes decrease of shear resistance on walls of the blocks of the massif,
b) according to its type and amount the water flowing in joints is diminished or prevented,
c) it keeps certain humidity inside the massif and supports indirectly the processes of chemical weathering along joints,

d) in the case of expanding clays the filling may cause loosening of the massif.

We still do not know to what extent the shear parametres determined in a laboratory by the box gauge may be applied under natural conditions. We cannot determine the pressures affecting the filling in the massif. Laboratory investigations show that the determined shear parametres of earths are at a great load smaller than at box tests. There the maximum evoked load is as a rule 0.4 MPa.

The results of the study of physical-mechanical properties of the filling of joints, their complex evaluation and comparison to the results of field researches facilitate anticipation and solution of practical problems associated with building activity of man.

Explanations of text -figures

Fig. 1. Plasticity diagram (accordig to IAEG)

Fig. 2. Activity of clayey earths according to SKEMPTON (1953)
Na—Na — montmorillonite, Ca—Ca — montmorillonite, I — illite, Kao — kaolinite, M — muscovite, Ka — calcite

Fig. 3. Grain-size curve of earths

Fig. 4. Triangular diagram
1 — clay, 2 — clayey loam, 3 — loam, 4 — powdery loam, 5 — clayey sand, 6 — clayey sandy loam, 7 — sandy loam, 8 — powdery sand, 9 — loamy sand, 10 — clayey sand, 11 — sand

Fig. 5. Determination of shear resistance in box shear device. Locality: Bratislava, Sample 1

Fig. 6. Determination of shear resistance in box shear device. Locality: Žemberovce, Sample 3

Fig. 7. Determination of shear resistance in box shear device. Locality: Horná Mičiná, Sample 4

Fig. 8. Determination of shear resistance in box shear device. Locality: Harmanec, Sample 5

Fig. 9. Determination of shear resistance in box shear device.

Fig. 10. Triaxial nonconsolidated, nonderived test. Locality: Tuhár, Sample 7

Fig. 11. Triaxial nonconsolidated, nonderived test. Locality: Tuhár, Sample 7

Explanations to photographic plates I—VII

Documentation on rock massifs and fissure fillings

Plate I
Locality Bratislava-Devín (Malé Karpaty Mts). Rock wall in granodiorite of Bratislava type. Place of sampling of fissure filling is marked.

Plate II
Locality Rohožník (Malé Karpaty Mts). Quarry in melaphyry of Choč nappe. Place of sampling of fissure filling is marked.

Plate III
Locality Žemberovce (Central-Slovakian neovolcanic region). Abandoned andesite quarry. Place of sampling of fissure filling is marked.

Plate IV
Locality Horná Mičiná (Nízke Tatry Mts.). Quarry wall is exploited for Wetterstein limestone. Place of sampling of fissure filling is marked.

Plate V
Locality Harmanec (Veľká Fatra Mts.). A small rock cut in dolomite of Krížna nappe. Place of sampling of fissure filling is marked.

Plate VI
Locality Králiky (Zvolenská kotlina depression). Abandoned quarry in Central-Carpathian Paleogene sandstone. Place of sampling of fissure filling is marked.

Plate VII
Locality Tuhár (Spišsko-gemerské rudohorie ore mountains). Quarry exploited for crystalline limestone-marble of mantle unit of Vepor crystalline complex. Place of sampling of fissure filling is marked.

Photographed by R. Holzer.

Vysvetlivky k fotografickým tabuľkám I—VII

Dokumentácia skalných masívov a výplní puklín

Tab. I
Lokalita Bratislava-Devín (Malé Karpaty). Skalná stena v granodiorite bratislavského typu s vyznačením miesta odberu vzorky výplne pukliny.

Tab. II
Lokalita Rohožník (Malé Karpaty). Kameňolom v melafýre chočského príkrovu s vyznačením miesta odberu vzorky výplne pukliny.

Tab. III
Lokalita Žemberovce (oblasť stredoslovenských neovulkanitov). Opustený andezitový kameňolom s vyznačením miesta odberu vzorky výplne puklín.

Tab. IV
Lokalita Horná Mičiná (Nízke Tatry). Stena kameňolomu v prevádzke vo vápenci wettersteinského typu s vyznačením odberu vzorky výplne puklín.

Tab. V
Lokalita Harmanec (Veľký Fatra). Malý skalný odrez v dolomite krížňanského príkrovu s vyznačením odberu vzorky výplne puklín.

Tab. VI
Lokalita Králiky (Zvolenská kotlina). Opustený kameňolom v pieskovci centrálnokarpatského paleogénu s vyznačením odberu vzorky výplne puklín.

Tab. VII
Lokalita Tuhár (Spišsko-gemerské rudohorie). Kameňolom v prevádzke v kryštalickom vápenci (mramore) obalovej jednotky veporského kryštalinika s vyznačením odberu vzorky výplne puklín.

Foto R. Holzer.

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 6, s. 157—174, Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava 1985

VLASTA JÁNOVÁ—MILOŠ KOVÁČIK—IGOR MODLITBA

Svahové deformácie na lokalite Zázrivá—Veľká Havrania

6 obr., 1 tab. v texte, 5 fotogr. tab., angl. resumé

Abstract. At the beginning of 1983 in the area of Zázrivá—Veľká Havrania a catastrophic slope deformation of flow type damaged the road, the forest vegetation of a larger area and dammed the local brook by the accumulation part.

The slope deformation developed in deluvial loamy-stony sediments resting upon the flysch formation of the Magura Unit. The authors describe the slope deformation and present data on the character of geologic structure of the damaged slope, as well as analysis of causes and conditions of the deformation. The authors also propose protection of slope deformation in given geologic and hydrogeologic conditions.

Obsah

Úvod 158
Geomorfologické a klimatické pomery 159
Geologická stavba územia 161
Opis a plošné rozšírenie svahových deformácií 162
Svahová deformácia 1 162
Predpokladaný priebeh šmykovej plochy 166
Mechanizmus vývoja svahovej deformácie 168
Faktory a príčiny vzniku svahovej deformácie 1 168
Svahová deformácia 2 168
Svahová deformácia 3 a 4 169
Morfológia svahových deformácií 169
Geologická stavba územia 170
Priebeh šmykových plôch 170
Faktory a príčiny vzniku svahových deformácií 3 a 4 171
Záver 171
Literatúra 172
Anglické resumé 172

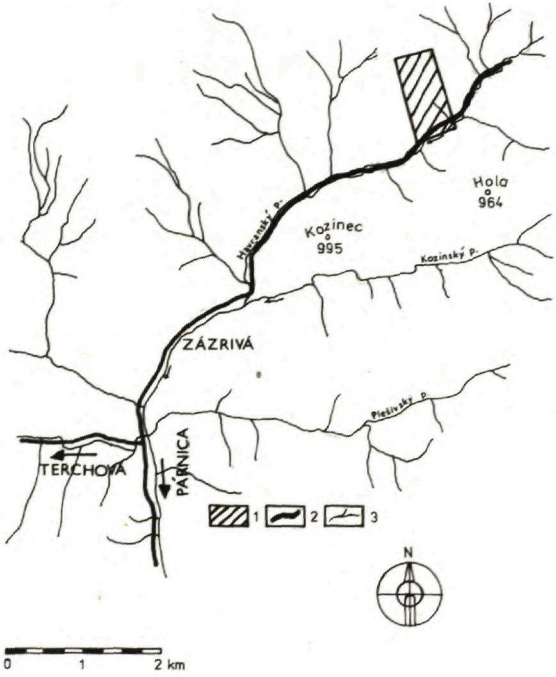
RNDr. V. Jánová—RNDr. M. Kováčik—RNDr. I. Modlitba, Geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava.

Úvod

Okolie obce Zázrivá (okres Dolný Kubín) je známe okrem vcelku zaujímavej geologickej stavby aj početným výskytom rozsiahlych svahových deformácií. Vyskytujú sa napr. v okolí kóty „Pavláskova skala", východne od osady Kozinská, na južných svahoch doliny Petrovského potoka pod kótou „Okrúhlica", a najmä v okolí osád Malá a Veľká Havrania. Svahové deformácie sú takmer výlučne viazané na územia budované paleogénnymi horninami magurského príkrovu — pieskovcami a slieňmi oravsko-magurskej jednotky, ktoré v spojitosti s mohutným vývojom svahových sedimentov a špecifických hydrogeologických pomerov vytvárajú priaznivé štruktúry pre vznik svahových deformácií. Z celkovej plochy, na ktorej sa vyskytujú tieto horniny v okolí Zázrivej (asi 29 km^2) je 6,2 km^2 devastovaných svahovými deformáciami (t. j. 21,7 %).

Jednotlivé deformácie sa nachádzajú v rôznych štádiách vývoja, no väčšinu z nich môžeme označiť ako potenciálne. Menšia časť je aktívna, pričom pohyb je spravidla permanentný, lokálne obmedzený iba na časť svahovej deformácie.

V nedávnej dobe, podľa údajov pracovníkov lesného závodu v Oravskom Podzámku približne 5. 4. 1983, vznikla na lokalite Veľká Havrania rozsiahla deformácia svahu, ktorá úplne zničila lesný porast na ploche asi 0,4 km^2 a lesnú spevnenú cestu v úseku 130 m. Ďalší úsek cesty v dĺžke asi 220 m bol silne



Obr. 1a. Situačná mapa lokality Veľká Havrania.

poškodený. S postihnutou cestou sa od roku 1985 počítalo ako s komunikáciou okresného významu pre rýchle spojenie severozápadných častí okresu Dolný Kubín s centrom.

Spomínaná svahová deformácia sa nachádza asi 300 m severne od obce Zázrivá — časť Veľká Havrania, v doline Havranského potoka, v časti označovanej miestnym názvom Kaňová (obr. 1A).

Geomorfologické a klimatické pomery

Študovaná oblasť patrí do geomorfologického celku Oravskej Magury, časť Paráč. Reliéf možno klasifikovať ako vysočinový, podhôľny. Z hľadiska výskytu svahových deformácií je táto oblasť označovaná ako potenciálna oblasť makrozosunov (Atlas SSR).

Prevláda tu horská klíma s malou inverziou teplôt, vlhká až veľmi vlhká, chladná. Vzhľadom na to, že ide o územie s pomerne veľkou morfologickou členitosťou (značné výškové rozdiely medzi dolinami a vrcholmi), sú značné rozdiely aj v klimatických pomeroch na malé vzdialenosti. Popri všeobecnej cirkulácii vzdušných más a slnečnej radiácii, ktoré sú hlavnými ukazovateľmi klímy, hrá dôležitú úlohu aj nadmorská výška a expozícia svahov.

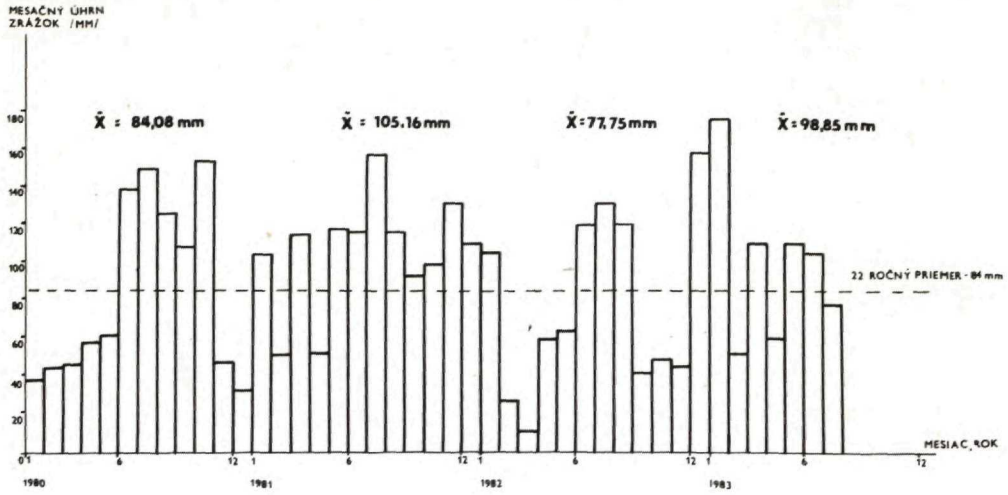
Vplyv klimatických pomerov na stabilitu svahov daného územia sa uplatňuje hlavne prostredníctvom zrážok. V danom území sú zrážkové pomery určované celkovou cirkuláciou vzduchu v strednej Európe a takmer vždy sú odrazom tzv. západných situácií, pri ktorých sa nad územie dostávajú vlhké hmoty do Atlantického oceánu. Ako vidno z tabuľky 1, je priemerný ročný chod zrážok veľmi premenlivý, pričom ich minimum sa vyskytuje vo februári a marci (5,6—5,8 %) a maximum v júli (12,2 % z ročných zrážok).

Tabuľka 1

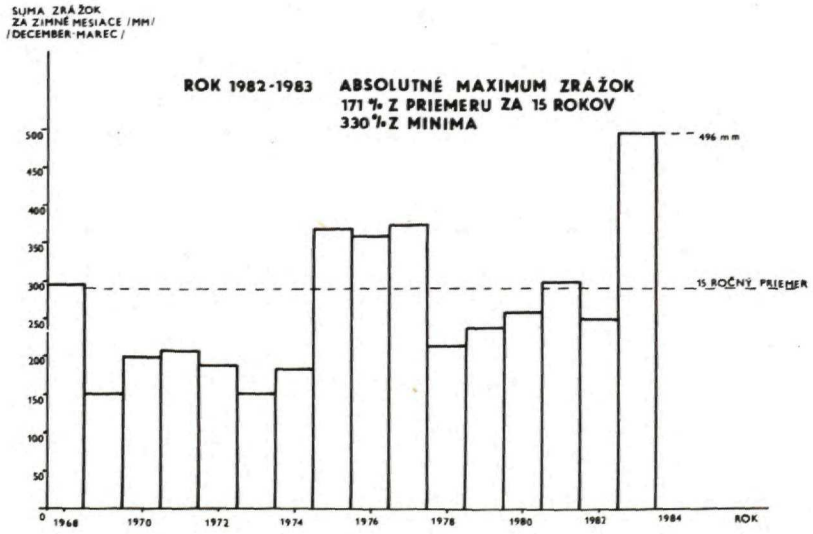
Priemerné mesačné úhrny zrážok v mm za roky 1960—1982. Zrážkomerná stanica Zázrivá (podľa údajov HMÚ Bratislava).

Mesiac	Zrážka v mm	% ročných zrážok
január	73,1	7,4
február	55,3	5,6
marec	57,8	5,8
apríl	67,8	6,8
máj	91,8	9,2
jún	111,5	11,2
júl	120,9	12,2
august	105,0	10,6
september	80,1	8,0
október	80,1	8,0
november	65,6	6,6
december	85,6	8,6
Ročná suma	994,0	100,0

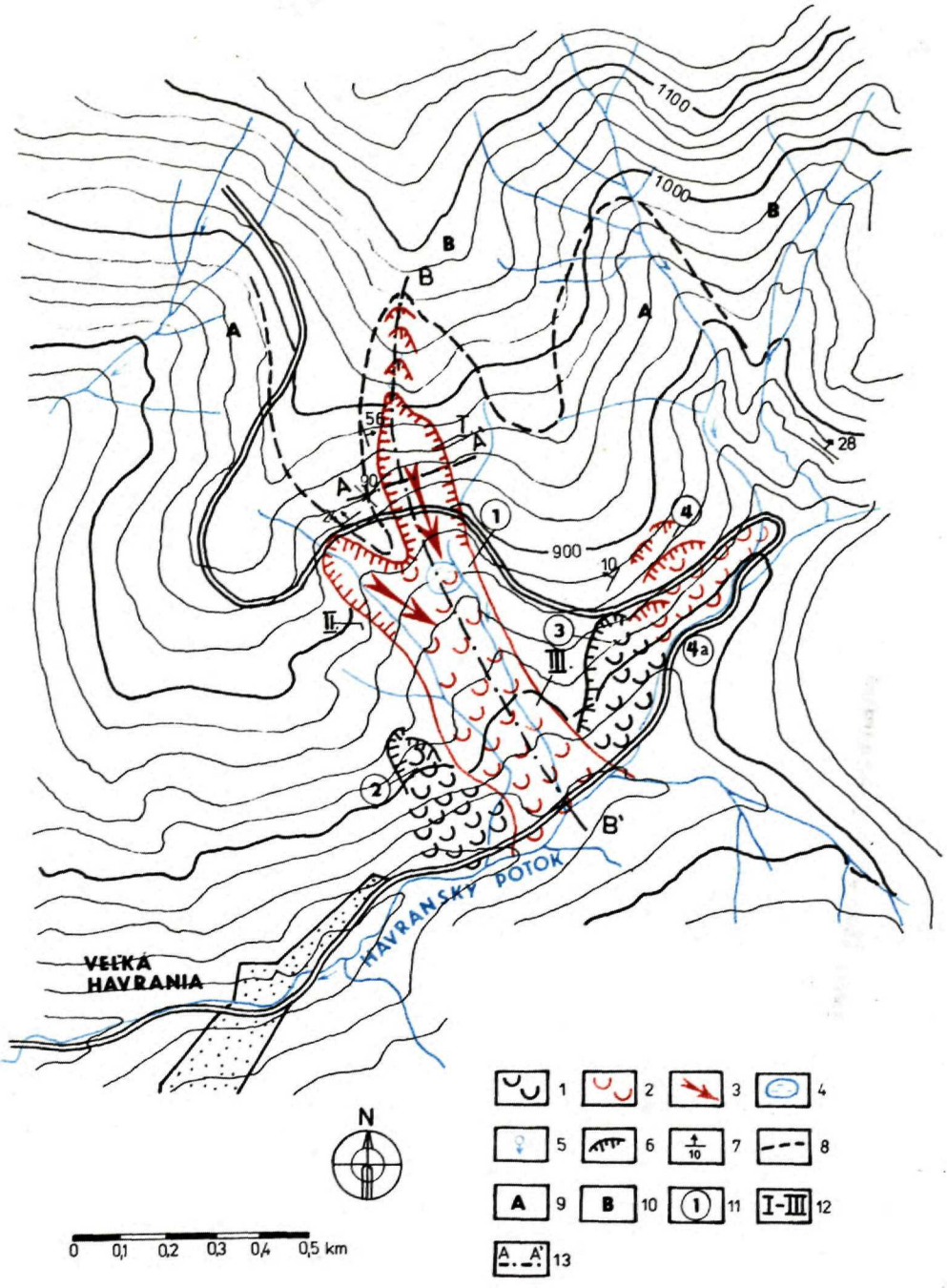
Podľa Atlasu SSR je v tejto oblasti priemerne 140—160 dní so zrážkami väčšími ako 1 mm, priemerná intenzita 15-minútového dažďa dosahuje 130—140 mm a priemerná výška snehovej pokrývky je 100—150 cm. Snehová pokrývka sa



Obr. 1. Prehľad mesačných zrážok za obdobie 1980—1983. Zrážkomerná stanica Zázrivá. (Zostavila V. Jánová podľa údajov HMÚ, Bratislava.)



Obr. 2. Prehľad zrážok v zimných mesiacoch (december—marec) za posledných 20 rokov (1964—1983). Zrážkomerná stanica Zázrivá. (Zostavila V. Jánová podľa údajov HMÚ, Bratislava.)



Obr. 3 Mapa svahových deformácií na lokalite Veľká Havrania

1 — plošné svahové deformácie, potenciálne; 2 — plošné svahové deformácie, aktívne; 3 — smer pohybu prúdovej svahovej deformácie; 4 — jazierko; 5 — vývery podzemnej vody; 6 — odlučné hrany; 7 — smer a sklon vrstiev; 8 — geologické rozhranie medzi pieskovcom a pieskovcovo-ílovcovým súvrstvím; 9 — pieskovcovo-ílovcové súvrstvie; 10 — pieskovcové súvrstvie; 11 — číslo svahovej deformácie; 12 — etapy zosúvania; 13 — geologické rezy (profil).

udržuje od novembra do apríla. Územie má nadbytok vlahy — vyjadrený rozdielom medzi potenciálnym výparom a úhrnom zrážok je 200—400 mm.

Vzhľadom na vznik svahových pohybov, ktorý bol datovaný na začiatok apríla 1983, je dôležité poznať vývoj zrážok v blízkom predchádzajúcom období. Podľa údajov zrážkomernej stanice Zázrivá v rokoch 1980—1983 (do augusta) bol vývoj ročných zrážok v priemere normálny a dosahoval v roku 1980 100,1 %, v roku 1981 125,2 % a v roku 1982 92,6 % z 22-ročného priemeru.

Ak však budeme analyzovať veľkosť zrážok v časovom úseku tesne pred vznikom svahových pohybov, t. j. v zimných mesiacoch 1982—1983 (december—marec) zistíme, že za toto obdobie zrážky dosiahli 15-ročné maximum (496 mm), a to vďaka nadnormálnym zrážkam v decembri 1982 a v januári 1983.

Vývoj zrážok v mesačných úhrnoch za obdobie rokov 1980—1983 a prehľad zrážok v zimných mesiacoch za uplynulých 20 rokov je znázornený na obrázkoch 1 a 2 zostavených podľa údajov HMÚ v Bratislave.

Geologická stavba územia

Územie postihnuté zosúvaním je budované horninami magurského flyšu, spodným oddielom oravsko-magurskej jednotky. V danej oblasti je reprezentovaná pieskovcovo-ílovcovým súvrstvím, v ktorom vystupujú sivé až tmavosivé vápnité ílovce s obsahom muskovitu. Dehydrované majú drobnočriepkovitý rozpad. Striedajú sa s laminovanými a konvolentne zvrstvenými muskovitickými vápnitými pieskovcami. Na niektorých miestach súvrstvia vystupujú sivé, drobové, gradačne zvrstvené pieskovce. Hrúbka pieskovcových lavíc je 30—150 cm. Vzájomný podiel pieskovcov a ílovcov je 4 : 1. Paleontologické vyhodnotenie mikrofauny v horninách poukazuje na spodný eocén-ilerd.

Okrem pieskovcov ílovcového súvrstvia vystupujú na lokalite horniny tzv. pieskovcového súvrstvia, v ktorom pomer pieskovcov k ílovcom je asi 9 : 1. Súvrstie je spodnomiocénneho až strednomiocénneho veku. Pieskovce sú jemno- až hrubozrnné, laminované alebo gradačne zvrstvené. Na spodných plochách sú časté prúdové stopy a organoglyfy. Ílovce tohto súvrstvia sú zhodné s ílovcami pieskovcovo-ílovcovej litofácie (J. Haško et M. Polák 1979).

Pieskovcovo-ílovcové súvrstvia sú v záujmovej oblasti prekryté rôzne hrubým deluviálnym pokryvom, ktorý má charakter ílovito-piesčitý až ílovitý, rôznej konzistencie.

Striedanie pieskovcov a ílovcov neumožňuje väčšiu akumuláciu podzemných vôd. Pre tieto vrstvy je charakteristický plytký obeh podzemných vôd. Väčšina infiltrovaných zrážok odteká v malých hĺbkach, zväčša paralelne s povrchom terénu, pričom zasahujú hlavne zónu zvetrania alebo rozvoľnenia v pieskovcových vrstvách. Pramene majú charakter najmä puklinový alebo vrstevnatý s výdatnosťou, ktorá kolíše v rozmedzí 0,3—1,0 l/s v závislosti na zrážkach.

Opis a plošné rozšírenie svahových deformácií

Pohybom svahových sedimentov, resp. ich podložia, je postihnutý svah údolia Havranského potoka s orientáciou na juhovýchod v dĺžke asi 1000 m, zväčša jeho stredná a spodná časť. Deformácia svahu začína asi 100 m severovýchodne za osadou Veľká Havrania a končí pri rozdvojení doliny tesne pred jej uzáverom (obr. 3).

Celé postihnuté územie možno komplexne hodnotiť ako deformáciu zloženého typu. Všeobecne možno klasifikovať jeho vek ako recentný. Z prevažnej väčšiny sú jednotlivé deformácie aktívne a potenciálne s výrazným morfologickým prejavom na povrchu.

V rámci terénneho mapovania sme na lokalite identifikovali štyri samostatné svahové deformácie, ktoré sa odlišujú nielen pozíciou na svahu, ale i relatívnym vekom, vývojovým štádiom a morfologickým prejavom.

Svahová deformácia 1

Táto svahová deformácia sa nachádza v strednej časti frontálneho poľa (obr. 3, deformácia 1). Ako sme už spomenuli v úvode, pravdepodobne vznikla začiatkom apríla 1983 (asi 5. 4. 1983). Je vyvinutá takmer po celej dĺžke svahu nad Havranským potokom. Svah je orientovaný na juhovýchod a pôvodne mal priemerný sklon 13°20′. Podľa istých morfologických znakov svahu a vývoja toku Havranského potoka je možné predpokladať, že v spodnej časti svahu bola pôvodne vyvinutá staršia svahová deformácia. V zmysle klasifikácie A. Nemčoka—J. Pašeka—J. Rybářa (in A. Nemčok 1982) pravdepodobne mala charakter zosúvania, zasahovala asi do výšky 850 m n. m. (obr. 3, deformácia 3).

Novovzniknutá svahová deformácia v hornej časti svahu má charakter tečenia, t. j. v čase vzniku šlo o rýchly, krátkodobý pohyb horninových hmôt kašovitej až tekutej konzistencie. V dolnej časti svahu má charakter zosúvania, pre ktorý je typický pomerne pomalší pohyb horninových hmôt mäkkej až tuhej konzistencie. V čele zosunu mal, resp. má pohyb charakter „vytláčania podložia", t. j. pohyb je vertikálny v smere nahor a čiastočne nastáva i vejárovité „rozliezanie" prehneteného materiálu do strán, najmä v južnom smere. Potvrdzuje to pomerne častý výskyt otvorených trhlín orientovaných rovnobežne až vejárovite so spádnicou v akumulačnej časti a v čele deformácie.

Morfológia svahovej deformácie je veľmi výrazná, s ostrým ohraničením voči okolitému stabilnému terénu. Odlučná časť je členená na dve časti, má tvar písmena Y. Východnejšia vetva, označená I. na obr. 3, zasahuje svah v nadmorskej výške asi 1000—1020 m n. m. Tvorí ju ostro ohraničená ryha tvaru V, hlboká maximálne 10—15 m, typická pre deformácie prúdového typu.

Nad horným ohraničením ryhy, v úseku dlhom asi 100 m možno pozorovať otvorené, čerstvé trhliny bez výplne, široké 0,20—0,40 m. Trhliny prebiehajú klinovite, a to jednak v smere sever—juh, jednak severovýchod—juhozápad. Steny

trhlín sú navzájom posunuté, maximálny posun bol zistený až do 1 m (Tab. I, obr. 1). Vystupuje v nich ílovitá hlina hnedá, silne prevlhčená, mäkkej, miestami až kašovitej konzistencie, v niektorých častiach so značnou piesčitou prímesou. Trhliny sú často prepletené koreňovým systémom smrekov. Miestami je v stenách možné pozorovať tmavošedé ílovce s čriepkovitým rozpadom a balvany pieskovcov jemných hnedošedých farieb. V mieste výskytu opísaných trhlín, asi 30 m vyššie, je možné pozorovať na povrchu terénu prejavy starších pohybov plazivého, t. j. pomalého charakteru, pravdepodobne spojeného so sufóziou. Je tu vyvinutá menšia, morfologicky málo výrazná odlučná oblasť amfiteátrovitého typu, s maximálnym rozpätím oblúka do 50 m. Sklon odlučnej plochy sa pohybuje od 25° do 28°. V odlučnej oblasti, resp. v jej blízkosti, je niekoľko rozptýlených prameňov až mokradí s nepatrnou výdatnosťou. Vzhľadom na pozíciu prameňov na svahu možno predpokladať, že ide o plytký obeh podzemnej vody vo zvetranej zóne flyšového súvrstvia a v deluviálnych sedimentoch.

V západnom svahu odlučnej plochy tejto deformácie vystupujú hnedošedé až šedé jemnozrnné pieskovce vrstevnaté, muskovitické, rozpadavé na doskovité úlomky, na povrchu značne zvetrané (tab. I, obr. 2). V dôsledku intenzívneho zvetrania je povrchová vrstva pieskovcov premenená na ílovito-piesčité elúvium svetlohnedej až šedej farby. Hrúbka tohto elúvia vrátane nadložných deluviálnych hlín nepresahuje 1,5 m. Smerom do hĺbky sa rozpad pieskovcov stáva úlomkovitým až balvanitým, pričom rozpad využíva hlavne plochy vrstevnatosti a na vrstevnatosť kolmé plochy rozpojiteľnosti. Hrúbka pieskovcových vrstiev sa pohybuje od 10 do 50 cm. Vo vyššej časti odlučnej plochy vystupujú pevné, masívne pieskovce, silne muskovitické, zrejme s kremitým tmelom, so žilkami bieleho kalcitu a slabo pozorovateľnou vrstevnatosťou.

Pieskovce sa striedajú s tmavošedými ílovcami, ktoré sú drobnovrstevnaté (hrúbka vrstvičiek do 20 cm), muskovitické, čiastočne detailne prevrásnené (dôsledok svahových pohybov?). Rozpad ílovcov je väčšinou čriepkovitý, menej tabuľkovitý, pričom hrúbka tabuliek nepresahuje 2 cm. Rozpad ílovcov urýchľuje dehydratácia. Z toho je možné usudzovať na objemovú nestálosť ílovcov pôsobením vody. V danom prípade je odôvodnený predpoklad, že napúčanie a zmrašťovanie je jedným z faktorov podmieňujúcich vznik tejto deformácie. Na povrchu rýchle podliehajú zvetrávaniu, pričom sa vytvárajú ílovité až hlinité elúviá tmavošedej farby.

Na puklinách a plochách vrstevnatosti sa vyskytujú vrstvičky bieleho kalcitu. V súvrství je pomer vrstvičiek ílovcov k pieskovcom asi 1 : 5—7. Predpokladáme, že toto súvrstvie patrí do tzv. pieskovcového súvrstvia. V tesnej blízkosti odkrytých pieskovcových vrstiev, pravdepodobne v pozdĺžnej osi svahovej deformácie, prebieha jeho styk s pieskovcovo-ílovcovým súvrstvím.

Opisované súvrstvie má v oblasti svahovej poruchy priebeh vrstiev atypický pre dané územie. Vrstvy upadajú rovnobežne so západným svahom ryhy. Ich sklon je 60—64°, smer sklonu 27—34°. Čelá vrstiev prebiehajú takmer rovnobežne so spádnicou svahu. Vrstvy upadajú strmo a mierne šikmo do svahu. Plochy vrstevnatosti v danej časti svahovej deformácie podmienili priebeh šmykovej plochy. Najmä na styku ílovcov sú dokonale vyhladené, so stopami po pohybe. Ílovce sú na

dotyk „mastné". V hornej časti odlučnej plochy sa smer sklonu vrstiev mení na 74°, sklon 56°. Priebeh týchto vrstiev možno sledovať i v zárezе cesty tesne nad bočnou hranou svahovej deformácie, kde však smer sklonu je 52° a sklon takmer 90°. V danom prípade nie je vylúčené, že „pretočenie" vrstiev môže byť spôsobené gravitačným pohybom staršieho dáta. Túto domnienku potvrdzuje aj pomerne väčšia rozvoľnenosť „pretočených" vrstiev a značná prímes hlinitého materiálu v okolí.

V súvrství možno dobre identifikovať tri systémy puklín, ktoré majú väčší alebo menší podiel na vzniku šmykovej plochy. Prvý puklinový systém má smer sklonu plôch odlučnosti 134° a sklon 64°. Plochy odlučnosti zapadajú po svahu. Druhý systém má smer sklonu 90°, sklon 49°, a je približne rovnobežný s pozdĺžnou osou deformácie. Tretí systém je typický kalcitovou výplňou. Má smer sklonu 110°, sklon 70°.

Opisovaný svah je lokálne postihnutý tečením vrchných deluviálnych a eluviálnych hlinitých, ílovito-hlinitých, prípadne piesčito-hlinitých sedimentov deluviálneho a eluviálneho pôvodu, miestami s úlomkami a balvanmi pieskovcov. Vytvárajú sa tu zemné prúdy maximálnej dĺžky do 20 m a šírky max. 3—5 m; materiál má výraznú kašovitú konzistenciu. Vznikajú v miestach kumulovaného prítoku podzemných vôd na styku deluviálnych hlín a podložných ílovcov alebo pieskovcov. Ide o proces dotvarovania novovzniknutých svahov ryhy.

Vo svahu je možné pozorovať niekoľko zamokrených miest až prameňov, ktoré vznikajú hlavne v zvetranej zóne flyšového súvrstvia. Obeh podzemných vôd zrejme nepresahuje hĺbku 2—3 m.

Východný svah odlučnej časti má miernejší sklon (v priemere 40—45°) ako protiľahlý. Vystupujú v ňom prevažne deluviálne ílovito-hlinité sedimenty, v ktorých „plávajú" úlomky až balvany pieskovcov a čriepkovité úlomky ílovcov. Balvany pieskovcov dosahujú veľkosť až 1 m^3. Z uvedeného je možné predpokladať, že východný svah je budovaný vo väčšej miere ílovcami ako pieskovcami. Ďalej možno predpokladať, že ide o súvrstvie pieskovcovo-ílovcové, v ktorom pomer medzi ílovcami a pieskovcami je vo všeobecnosti udávaný 1 : 4. Tento predpoklad potvrdzuje i geologická stavba širšieho okolia. Vzhľadom na zakrytie svahu hlinitými deluviálnymi sedimentmi nie je možné presne definovať úložné pomery v danom mieste. Z výskytu balvanov však možno predpokladať, že flyšové súvrstvie upadá do svahu ryhy, a je teda v odlišnej pozícii ako flyšové súvrstvie v západnom svahu ryhy. Litologický charakter pieskovcov a ílovcov je veľmi podobný ako horniny v západnom svahu. Stupeň zvetrania je však značne vyšší, zvetraný materiál je značne prehnetený a vo svahu nestabilný vzhľadom na mäkkú až kašovitú konzistenciu. Nie je vylúčené, že rôzne úložné pomery hornín v oboch svahoch ryhy majú svoju príčinu v tektonickom styku, ktorý prebieha v pozdĺžnej osi deformácie.

Priamo zo svahu vyviera niekoľko prameňov vody s nemeratelnou výdatnosťou. Opäť ide o pramene vznikajúce na rozhraní skalného podložia a zvetranej zóny s obehom vody do 3—4 m (tab. II, obr. 1).

Východný svah má zhruba severozápadný—juhovýchodný smer a so západným svahom ryhy sa stýka pomerne ostro, zvierajú uhol asi 45—50°.

Na dne ryhy sa zbierajú vody z opisovaných výverov a v čase mapovania (máj, jún 1983) vytvárali potôčik s výdatnosťou asi 10—15 l/min. V spodnej časti je ryha vyplnená hlinito-kamenitým materiálom mäkkej až kašovitej konzistencie. Hrúbku tohto materiálu v spodnej časti ryhy možno odhadnúť na 7—10 m. Čiastočne je tento materiál vytečený na lesnú cestu, kde vytvára typický bochníkovitý „val" (bočné čelo), vysoký asi 4—5 m (tab. II, obr. 2). Podľa nahromadenia materiálu a zvyškov stromov možno usudzovať, že zeminy boli transportované v tejto časti 100—120 m. Dĺžka ryhy je asi 300 m, šírka do 150 m. Celkový pohľad na túto časť deformácie je v tabuľke III, obr. 1.

Západnejšia vetva (na obr. 3 označovaná ako deformácia 2) odlučnej časti zasahuje svah do výšky asi 920 m n. m. Morfologicky je odlišná od východnejšej vetvy, v priečnom profile má tvar písmena U. Prakticky v celej dĺžke je vyplnená zosúvajúcim sa materiálom. Povrch je bizarne nerovný a neschodný pre vývraty stromov, zeminy kašovitej konzistencie a široko roztvorené trhliny ťahového charakteru (tab. III, obr. 2). Odlučná plocha má oblúkovitý tvar, tvorí výrazný terénny stupeň asi 2 m vysoký. Nachádza sa tesne pod násypom lesnej cesty. Je zaujímavé, že i napriek tesnej blízkosti odlučnej plochy je teleso cesty neporušené.

Táto odlučná časť sa vytvorila v starej ryhe, ktorá svojou morfológiou pripomína ryhu vytvorenú tečením až zosúvaním hlinito-kamenitého materiálu. V mieste odlučnej plochy je široká do 50 m. Pôvodná hĺbka nebola väčšia ako 5 m. Ryhou preteká potok, ktorý sa rozptyľuje v novej deformácii.

Bočné ohraničenie ryhy je ostré, miestami vychádza šmyková plocha na povrch, kde tvorí typické „zrkadlové" plochy dosahujúce výšku do 2 m. Sú vytvorené v šedých íloch až ílovcoch mäkkej konzistencie. Šmykové plochy prechádzajú do pôvodného svahu, ktorý je dosť intenzívne porušený priečnymi roztvorenými trhlinami (30—50 cm). Zosúvajúci sa materiál je tvorený hnedými a šedými ílovitými a piesčitými hlinami prevažne mäkkej a kašovitej konzistencie, s obsahom balvanov pieskovcov. Na základe celkového morfologického charakteru možno predpokladať, že v tejto odlučnej časti bol pohyb pomalší ako vo východnejšej vetve. Hĺbka šmykovej plochy, resp. hrúbka zosunutého materiálu dosahuje približne 10 metrov. Dĺžka je asi 150—170 m, šírka 40—80 m. Je charakteristická pre deformáciu prúdového typu.

Oba prúdy zosúvajúcich sa zemín vytekajúcich z opisovaných odlučných častí sa spájajú zhruba v úrovni 820—840 m n. m., t. j. približne v polovici svahu. Zliatím oboch prúdov sa vytvorila mohutná akumulácia zosunutého materiálu (tab. IV, obr. 1). Jej hrúbka sa odhaduje na 20—35 m. Povrch je silne nepravidelne zvlnený, materiál kašovitý a na povrchu sa vytvorili v bezodtokových depresiách jazierka o priemere 20—30 m. Jazierka sú napájané potokmi z odlučných častí deformácie, ale tiež potokom, ktorý priteká zo svahu mimo deformácie. Celková šírka zosunutých más dosahuje asi 350—400 m. V mieste stretania oboch prúdov je vytvorený 5—7 m vysoký terénny val, ktorý je čelom akumulačnej časti prúdovej deformácie tečúcej z východnej vetvy odlučnej časti. Prúd tečúci zo západnej vetvy pokračoval v pohybe do nižších častí svahu, kde sa zastavil. Jeho čelo je menej výrazné, vysoké 1,5—2,0 m, členené, bochníkovité. Medzi oboma prúdmi je nad miestom spojenia zachovaná pôvodná časť povrchu terénu, ktorá vytvára zreteľný

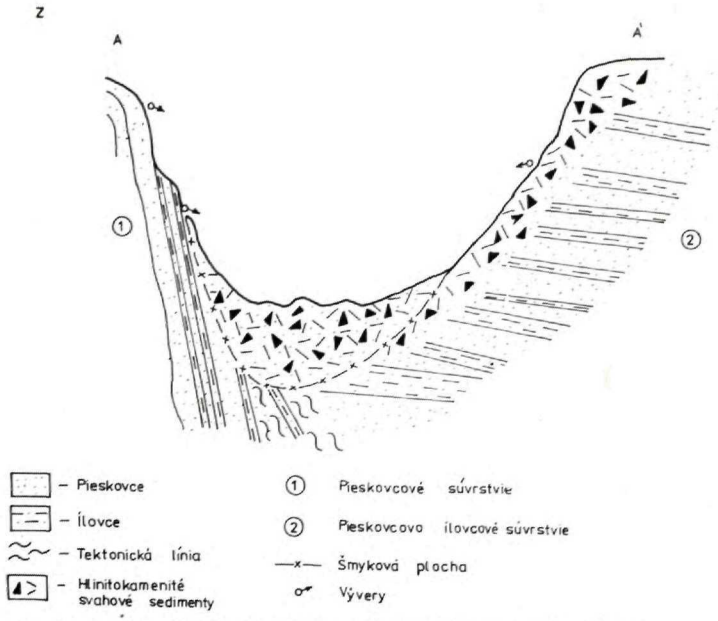
chrbát. Jeho dĺžka je asi 100 m, šírka 40—50 m. Stabilita tohto úseku je podmienená geologickou stavbou. Vzhľadom na celkovú zhodu medzi orientáciou vrstiev pieskovcového súvrstvia a tvarom stabilného územia možno predpokladať, že do týchto miest pokračuje pieskovcové súvrstvie, ktoré vystupuje v západnom svahu ryhy východnej vetvy odlučnej časti deformácie a vzhľadom na svoju litológiou, úložné pomery, ako aj vzťah sklonu svahu k úložným pomerom pieskovcového súvrstvia nie je vhodné pre vznik svahovej deformácie.

Približne od nadmorskej výšky 800 m n. m. po dno údolia dostáva deformácia svahu charakter zosúvania, ktoré v čele deformácie prechádza až do vytláčania deluviálnych sedimentov vo vertikálnom smere. Morfológia tejto časti svahovej deformácie je typická pre uvedený druh pohybu. Povrch je nepravidelne zvlnený, s častými bezodtokovými depresiami a otvorenými trhlinami, spravidla zaliatymi vodou. Trhliny sú spočiatku orientované kolmo na pohyb, pričom zasahujú i do častí svahu mimo vlastné teleso deformácie. Potom spravidla so smerom pohybu zvierajú ostrý uhol. Sú zrejme prejavom dotvárania, resp. prispôsobovania sa okolitých svahov na novú situáciu v pomeroch napätosti vo svahu. Boli pozorované trhliny roztvorené až na 1,50 m. Podľa zvislosti mladého lesného porastu možno usudzovať, že pohyb zosúvania v tejto časti je nerovnomerný. V niektorých častiach je možné pozorovať lokálne neprirodzené náklony ihličnatých stromov.

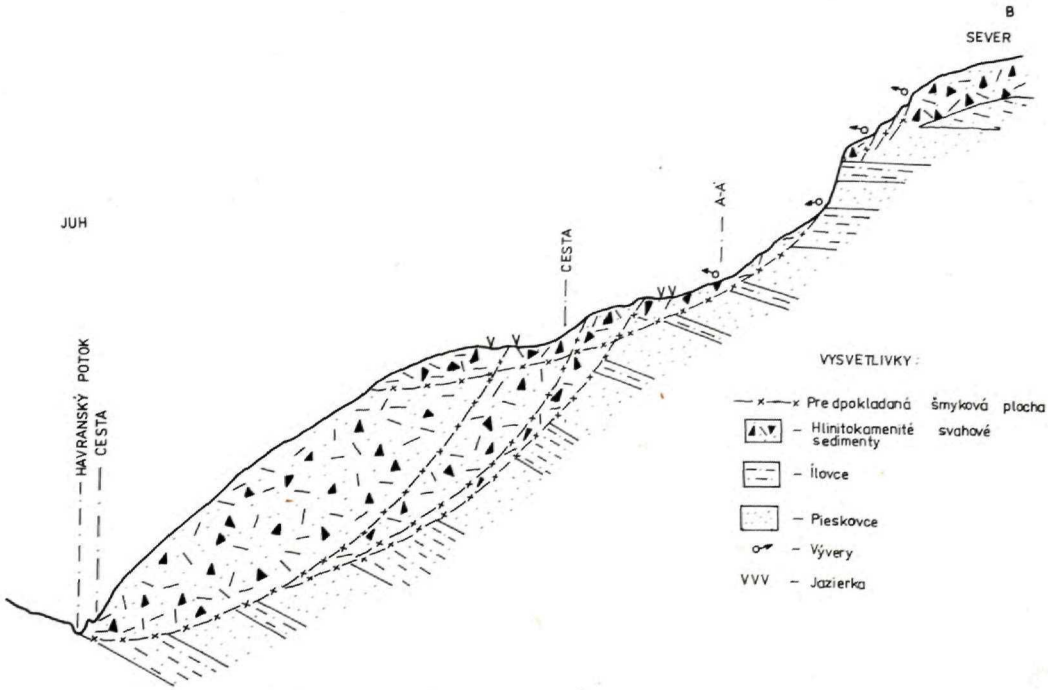
Čelo svahovej deformácie siaha až do údolia, kde intenzívne zatláča a prehradzuje Havranský potok. Má typický bochníkovitý tvar s max. výškou do 15 m. Je tvorené hlinito-kamenitým materiálom. Po okrajoch možno sledovať výrazné zábaly, ktoré ohraničujú čelo deformácie hlavne na severnom okraji. Výška zábalu nepresahuje spravidla 0,5 m. Priebeh trhlín je v tejto časti rovnobežný so smerom pohybu, t. j. je prejavom tlakových účinkov deformácie v tejto časti. Trhliny sú otvorené na hrúbku 5—20 cm, spravidla nevyplnené a do hĺbky sa pomerne rýchlo uzatvárajú. Zosúvajúci materiál má poväčšine tuhú konzistenciu. Posun v čele deformácie, resp. v celej akumulačnej časti bol podstatne menší ako v odlučnej časti. Pohyboval sa v rozmedzí do 5—7 m.

Predpokladaný priebeh šmykovej plochy svahovej deformácie

Na základe predchádzajúcich údajov možno predpokladať, že šmyková plocha bude prebiehať zväčša vo zvetranej zóne skalného podložia, pričom nie je vylúčené, že v odlučných častiach zasiahne i skalný podklad a v akumulačnej časti bude situovaná v deluviálnych sedimentoch. Pre svahové deformácie typu tečenia má šmyková plocha zložený priebeh. V odlučnej časti, kde vo východnej vetve je na úseku asi 40—60 m odkrytá, má spočiatku mierne zakrivený tvar a prechádza do takmer rovinného tvaru, pričom sleduje bázu zóny zvetrania skalného podložia. V priečnom profile má výrazne „vaňovitý" tvar (obr. 4). Najväčšiu hĺbku dosahuje v oblasti stretania sa oboch prúdov—12—17 m pod terénom. V akumulačnej časti prúdových deformácií je šmyková plocha asi stupňovite prerušená pohybom podložia a vychádza na pôvodný terén, ktorý v konečnom úseku preberá funkciu šmykovej plochy.



Obr. 4. Schematický priečny profil A-A′ odlučnou časťou svahovej deformácie 1.



Obr. 5. Schematický pozdĺžny profil B-B′ svahovou deformáciou 1.

Pre svahovú deformáciu typu zosúvania šmyková plocha má pravdepodobne priebeh veľmi blízky rotačnej ploche, a to najmä v časti priťaženej prúdovou deformáciou, ako aj v akumulačnej časti. V strednej časti jej priebeh bude asi ovplyvnený opäť zónou zvetrania skalného podložia. Maximálnu hĺbku priebehu šmykovej plochy možno predpokladať do 30 m. Na povrch vystupuje v úrovni Havranského potoka (obr. 5).

Mechanizmus vývoja svahovej deformácie

Domnievame sa, že na svahovej deformácii 1 došlo k pohybu horninového materiálu v troch vzájomne súvisiacich a nadväzujúcich etapách.

V prvej etape došlo k pohybom v oblasti dnešnej východnej vetvy odlučnej časti (obr. 3 — deformácia 1). Vznikla prúdová svahová deformácia s pomerne rýchlym pohybom (tečenie) zosúvajúcich sa más. Pritom došlo k odnosu deluviálnych sedimentov i z priestoru pod dnešnou západnou vetvou odlučnej časti, čím sa v rámci druhej etapy aktivizovala deformácia prúdového typu v pôvodnom údolí (obr. 3 — deformácia 2). Vzhľadom na to, že pohybová energia deformácie 2 bola väčšia ako deformácie 1, deformácia 2 jej prehradila pohyb, čo spôsobilo, že sa materiál z oboch deformácií nahromadil v tomto priestore a spôsobil priťaženie spodnej polovice svahu. V dôsledku tohto priťaženia sa aktivovala deformácia 3 (obr. 3), ktorá z hľadiska charakteru pohybu svahových sedimentov má odlišný charakter ako deformácia 1 a 2. Aktiváciu deformácie 3 považujeme za tretiu etapu pohybu zosúvajúcich sa más horninového materiálu.

Faktory a príčiny vzniku svahovej deformácie 1

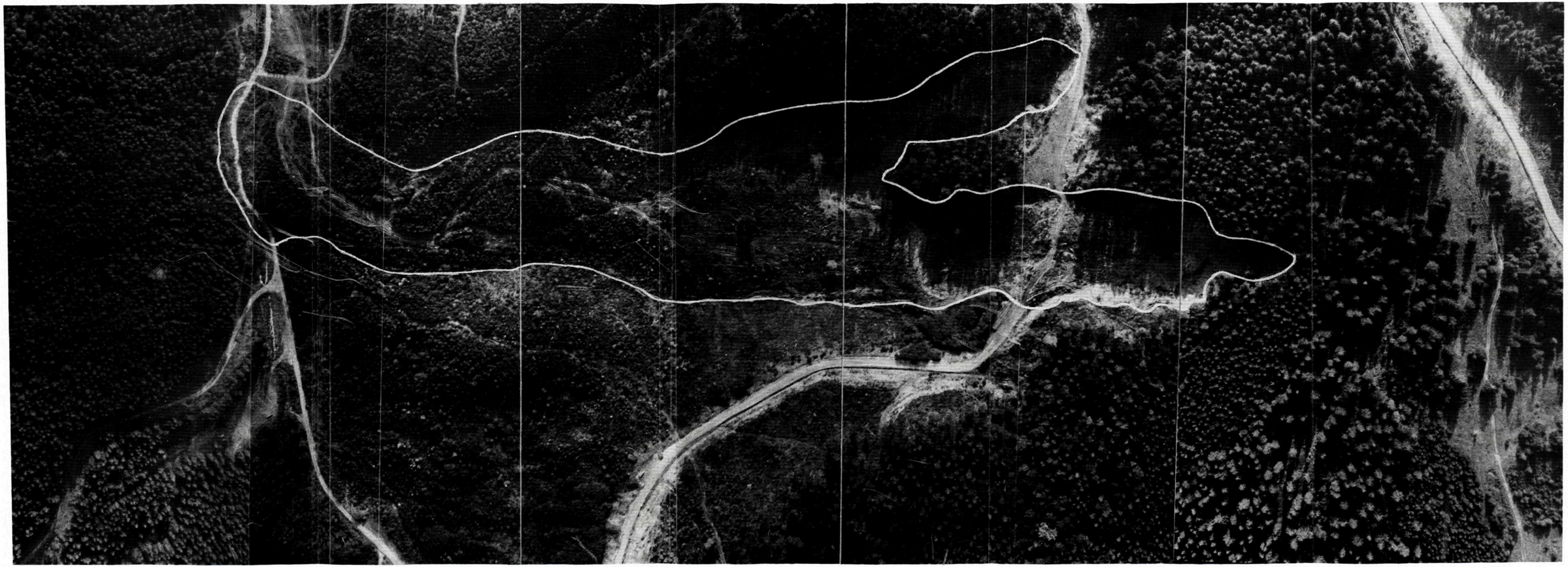
Ako faktory vzniku zosúvania na lokalite Havrania sa uplatnili:

1. Vhodné geologické a hydrogeologické pomery vo vzťahu k jarnému topeniu snehu a zrážkam (obr. 1 a 2). Vo zvetranej zóne skalného podložia, vďaka vhodným úložným pomerom vrstiev flyšového súvrstvia, ktoré vytvorili prirodzený žľab z nepriepustných ílovcov, došlo ku kumulovaniu podzemnej vody. Kumulovanie vody urýchlili nadmerné zrážky v zimných mesiacoch 1982—1983, ktoré dosiahli 20-ročné maximum. V dôsledku zníženia konzistencie deluviálnych zemín, zvýšením pórových tlakov v zeminách, znížením pevnosti zemín ich prevlhčením, ako aj účinkom zvýšenia hydrodynamického tlaku sa neúmerne zvýšili aktívne sily vo svahu.
2. Podkopanie svahu zárezom pri výstavbe lesnej cesty. Svah bol budovaný horninami zvetranej zóny a svahovými hlinami rozmoknutými podzemnou vodou. Podkopanie svahu vyvolalo ďalšie zblíženie pasívnych a zvýšenie aktívnych síl vo svahu.

Svahová deformácia 2

Situácia svahovej deformácie 2 je znázornená na obrázku 3. Nachádza sa v tesnej blízkosti svahovej deformácie 1, na jej južnom okraji.

Obr. 6. Letecký pohľad na svahovú deformáciu 1 — Veľká Havrania



Postihuje spodnú časť svahu od dna údolia do výšky asi 850 m n. m. Dlhá je asi 330 m, široká maximálne 180 m. Postihnutá je plocha približne 33 000 m^2.

Morfologicky je pomerne výrazne ohraničená. Odlučná časť tvorí zreteľnú ryhu s oblúkovitou odlučnou stenou vysokou asi 2—3 metre. Transportačná časť je intenzívne zvlnená, miestami zamokrená, najmä v jarnom období. Akumulačná časť má typický bochníkovitý tvar s výrazným vyklenutím. Zasahuje až do Havranského potoka. Výška odlučne časti je 3—4 m.

V pohybe boli hlinito-kamenité sedimenty, ktoré sa nachádzajú v nadloží pieskovcovo-ílovitého súvrstvia magurského flyšu. Predpokladáme, že šmyková plocha má zložený tvar a prebieha vo zvetranej zóne skalného podložia v hĺbke asi do 10 metov. Vzhľadom na to, že na telese deformácie neboli zistené väčšie sústredené vývery podzemných vôd, ale len rozptýlené pramene vo forme mokradí, možno predpokladať, že obeh podzemnej vody je pomerne plytký a zasahuje len do rozvoľnenej zóny skalného podložia. Ako príčinu zosunutia svahových sedimentov možno označiť kumuláciu podzemných vôd v šmykovej zóne po výdatných zrážkach. V zmysle klasifikácie A. Nemčoka—J. Pašeka—J. Rybáňa (in A. Nemčok 1982) ide o prúdový zosun. Vzhľadom na to, že v telese tejto svahovej deformácie a v jej tesnom okolí sa nevyskytujú žiadne čerstvé trhliny, možno predpokladať, že v minulých rokoch (vrátane začiatku roku 1983) nedošlo k aktivizácii jej pohybu. Svahovú deformáciu možno teda považovať za dočasne ukľudnenú. Možno však predpokladať, že obnovenie pohybu môže nastať napr. podkopaním akumulačnej časti poruchy v údolí, alebo zmenou hydrogeologických, resp. hydrologických pomerov.

Svahová deformácia 3 a 4

Situácia svahových deformácií 3 a 4 je znázornená na obrázku 3. Nachádzajú sa v tesnej blízkosti poruchy 1, asi 30—50 metrov východne. Porušeným svahom prechádza lesná spevnená cesta, ktorá je na niekoľkých miestach pohybom svahových sedimentov poškodená. Poškodené sú hlavne násypy a zárezy cesty. Ďalší úsek cesty v dĺžke asi 400—500 metrov je ohrozený zosúvaním.

Morfológia svahových deformácií

Zosúvanie je rozšírené v strednej a spodnej časti svahu hlavného údolia do výšky asi 880 m n. m. Celková šírka postihnutého územia dosahuje maximálne 550 m, dĺžka asi 220 m. Devastovaná plocha sa odhaduje na 121 000 m^2, kubatúra zeminy v pohybe je asi 968 000 m^3. Väčšia časť svahovej deformácie 3 bola v lete 1983 dočasne ukľudnená, ale s potenciálnou možnosťou obnovenia pohybu. Na deformácii 4 boli zistené pomerne čerstvé stopy po aktivite. Podľa vzhľadu trhlín a stavu porastov možno predpokladať posledné pohyby začiatom roku 1983, prípadne koncom roku 1982. Svahová deformácia 4 je teda aj v súčasnej dobe aktívna.

Porušenie svahu možno klasifikovať ako plošné, pretože postihuje prakticky celú šírku svahu. Z hľadiska charakteru pohybu charakterizujeme celé zosuvné

územie ako zložený typ. Vyskytujú sa tu lokálne ostro obmedzené deformácie hlavne typu zosúvania a menej tečenia.

Morfologicky je táto skupina deformácií na povrchu menej výrazná ako deformácia 1, pretože je značne zarastená vegetáciou. Odlučné časti sú zreteľne vyvinuté, u deformácie 4 až výrazné, oblúkovitého tvaru. V deformácii 4 je odlučná časť viditeľná nad zárezom cesty (tab. IV, obr. 2), kde tvorí oblúkovité stupne vysoké asi 1 m. Podľa jej plošného rozšírenia možno predpokladať súvislosť medzi vybudovaním zárezu cesty a jej vznikom. Odlučné časti ostatných deformácií nezasahujú nad cestu. Sú vyvinuté pod telesom násypu cesty, prípadne zasahujú až do násypu. Transportačné časti sú pomerne krátke, ploché a strmé. Akumulačné časti zasahujú až do Havranského potoka, ktorý ich intenzívne erodoval. Sú preto relatívne ploché a členené.

Posunutie zosúvajúcich sa zemín nie je všeobecne veľké. Na väčšine zosuvného územia pohyb nedosahoval viac ako 10—15 m. Jedine v mieste označenom 4a (obr. 3) bol evidovaný pohyb asi 150 m. V tomto mieste došlo k posunutiu mladého porastu drevín vysadeného v rámci sanačných opatrení tesne pod telesom cesty, až do úrovne potoka, kde porast normálne ďalej vegetuje (tab. V, obr. 1).

Geologická stavba územia

Na opisovanej svahovej deformácii 3 a 4 sa zosúvajú hlinito-kamenité svahové sedimenty a skalné podložie v zóne zvetrávania. Pohyby v skalnom podloží boli zistené hlavne v oblasti svahovej deformácie 4 (obr. 3) nad zárezom cesty. Pohyb skalného podložia je evidentný i v samotnom zároze cesty, kde vystupujú rozvoľnené lavice pieskovcov o hrúbke 30—50 cm a ílovce, ktoré sú však často prekryté svahovými hlinami. Lavice pieskovcov v zároze cesty majú odlišné úložné pomery ako pieskovce vyskytujúce sa v odkryvoch situovaných v stabilných častiach svahu. Pokiaľ v odkryvoch bol nameraný smer sklonu lavíc 50° a sklon 28°, v zároze cesty sa pohybuje od 266° do 315° a sklon od 2° do 10°.

Skalné podložie v oblasti svahových deformácií 3 a 4 je tvorené pieskovcovo-ílovcovým súvrstvím magurského flyšu. Flyšoidný charakter hornín vytvára podmienky pre vznik plytkého obehu podzemných vôd, viazaného hlavne na zónu zvetrania a rozvoľnenia skalného podložia. Na území svahových deformácií bolo preto evidovaných len niekoľko rozptýlených prameňov typu mokradí s nemerateľnou výdatnosťou, ktoré v suchšom období vysychajú.

Priebeh šmykových plôch

Ako už bolo uvedené, v opisovanej časti svahu sa vyskytujú svahové deformácie typu zosúvania a tečenia. Na základe celkovej dĺžky svahových deformácií, sklonu a tvaru odkrytých šmykových plôch v odlučnej časti, ako aj morfológie povrchu deformácie možno predpokladať, že pre deformácie typu zosúvania je charakteristický tzv. zložený až rotačný priebeh šmykových plôch. Zložený priebeh s výrazným zakrivením v odlučnej časti sa predpokladá hlavne u svahovej deformácie 3. Jej hĺbku možno odhadnúť na 4—6 m pod terénom. Podobný

priebeh šmykovej plochy má i svahová deformácia, ktorá sa nachádza pri východnom ukončení zosuvného územia (okraj deformácie 4, obr. 3), je však viac planárna a zasahuje len do hĺbky asi 1,5—2,0 m. V mieste svahovej deformácie 4 (obr. 3) je v oblasti nad cestou vyvinutá pravdepodobne rotačná šmyková plocha (tab. IV, obr. 2), ktorej východ na povrch je asi v úrovni telesa cesty a zasahuje do hĺbky 5—7 metrov. Možno predpokladať, že v tomto mieste, najmä v úseku tesne nad cestou, zasahuje šmyková plocha i zónu zvetrania skalného podložia. V úrovni cesty táto šmyková plocha nadväzuje na ďalšiu šmykovú plochu s planárnym priebehom, ktorá vychádza na povrch až v úrovni Havranského potoka. Prebieha v hĺbke 4—5 m pod terénom.

Svahová deformácia charakteru tečenia (na obr. 3 označená ako 4a) prebieha po mierne zakrivenej šmykovej ploche takmer rovinného priebehu v hĺbke 1—1,5 m, pravdepodobne po styku skalného podložia so svahovými sedimentmi.

Faktory a príčiny vzniku svahových deformácií 3 a 4

Vznik opisovaných svahových deformácií je viazaný v prvom rade na hydrogeologické pomery. V dôsledku priaznivej porušenosti skalného masívu v zóne zvetrania a rozložení svahových sedimentov na svahu nastáva kumulovanie podzemných vôd do priestoru šmykovej zóny svahovej deformácie, kde nahromadená voda spôsobuje znižovanie šmykovej pevnosti ílovitých zemín alebo hornín zmenou ich konzistencie.

Istý podiel na vyvolaní svahových deformácií má aj bočná erózia Havranského potoka, ktorá podmienila vznik nestabilného sklonu svahu, ktorý má sklon asi 47°.

Medzi vážne príčiny vzniku týchto deformácií je treba počítať aj zmeny profilu svahu a zmenu napätosti vo svahu v dôsledku výstavby lesnej cesty. Odkopaním pomerne vysokých zárezov (do 5 m výšky) a vybudovaním mohutných násypov o šírke 6—10 m a výške do 7 m sa výrazne zväčšili aktívne a zmenšili pasívne sily vo svahu. Realizáciou výstavby cesty sa tiež zmenili odtokové pomery zrážkovej a podzemnej vody zo svahu, ktorá sa začala hromadiť v priekope cesty a presakovať do svahových sedimentov.

Uvedené podmienky vzniku zosúvania pôsobia na stabilitu svahu viac-menej ako komplexný vzájomne prepojený systém, čím sa ich celkový účinok intenzívne zväčšuje a vyvoláva pohyb svahových sedimentov v čoraz väčšej miere.

Záver

Na základe terénneho mapovania a analýzy miestnych údajov bol spresnený rozsah svahových deformácií na lokalite Veľká Havrania.

Aktivizovaná časť v roku 1983 predstavuje jednu z najväčších prírodných katastrof v poslednom desaťročí na území SSR a len vďaka tomu, že sa vyskytuje mimo osídlené oblasti, nespôsobila väčšie materiálne škody. I napriek tomu však na lesnom poraste a lesnej ceste výška škôd presahuje niekoľko mil. Kčs.

Z hľadiska nových poznatkov bol potvrdený fakt, že zosuvné štruktúry vo flyšových pohoriach nie sú viazané len na flyšové vrstvy uložené súhlasne so

svahom, ale vznikajú tiež v štruktúrach, kde úložné pomery vrstiev a puklinové systémy vytvárajú „vaňovité" štruktúry v tvare V alebo U.

Ako ukázali údaje zo zrážkomernej stanice Zázrivá, rozhodujúcou príčinou, t. j. impulzom k zosúvaniu boli výdatné zrážky v zimných mesiacoch a topenie snehu v jarných mesiacoch.

Literatúra

Atlas Slovenskej socialistickej republiky. 1980, Slov. Akad. Vied, Bratislava.

HAŠKO, J.—POLÁK, M. 1979: Vysvetlivky ku geologickej mape Kysuckých vrchov a kvánskej Malej Fatry. Geol. Úst. D. Štúra, Bratislava, 1—145.

NEMČOK, A. 1982: Zosuvy v slovenských Karpatoch. Vyd. Slov. Akad. Vied, Bratislava, 1—318.

V. JÁNOVÁ—M. KOVÁČIK—I. MODLITBA

Slope Deformations on Locality Zázrivá—Veľká Havrania

Summary

In April 1983 N of the village Zázrivá in Veľká Havrania a catastrophic slope deformation damaged a 130 m long part of the road and 0.4 sqkm of forest vegetation. Another, partly damaged road segment was about 220 m long. The accumulation part of the slope deformation dammed the Havranský potok brook.

The locality is in the Oravská Magura M.s. (Paráč). The mountain range has a highland relief and excess of humidity. The rainfall reached the 15 years' maximum in the time from December 1982 and March 1983 (Fig. 1, 2).

The area affected with landsliding consists of rocks of the Magura Flysch, namely of the sandstone-claystone formation with the sandstone/claystone ratio 4 : 1, and of the sandstone formation with the sandstone-claystone ratio 9 : 1. The age of the formations is Lower Miocene — Middle Miocene. The formations are characterized with a shallow circulation of groundwater associated mostly to the weathering zone and to the loosened zone of the rock basement or to more permeable layers of cover formations.

By mapping on the locality four independent slope deformations were distinguished. They differ in age, position of the slope, evolutionary stage or in morphology on the surface of the area.

The slope deformation 1 (Fig. 3) was activated in April 1983 and developed on almost the entire slope in the length of about 800 m. In its upper part it has the flowing character, its middle and lower parts resemble landsliding and the front shows typical characters of building of the basement. The slope deformation is morphologically pronounced on the surface. Its areal shape is Y-like. The surroundings of the deformation above the main scarp are disturbed by joints indicative of a permanent expansion of the affected area.

Loamy-stony slope sediments are sliding over the stony basement consisting of sandstone and claystone formation. By its orientation of joint systems and by the strike and dip the rock basement forms tub-like structures favourable for slope deformation of flow type. The relation of such a structure to the source area of a slope deformation is shown in Pl. III, Photo 1. The shear plane is in the weathered zone of the rock basement at the maximum depth of about 30 m. In vertical profile the plane is tub-shaped (Fig. 4). In longitudinal profile its course is close to the rotation plane (Fig. 5).

The slope deformation 1 developed in three stages. In the first stage the slope deformation I (Fig. 3) of the flow type with rapidly moving slope sediments formed. The migration of sediments over the slope resulted in disequilibrium in the system of active and passive forces, especially in the place of the slope deformation II (Fig. 3) which got activated. In about a half of the slope the two deformations formed

a vast accumulation of slope sediments. It was an unfavourable load of the middle part of the slope, so in the place denoted as deformation III (Fig. 3) another deformation activated in the third stage. It had the character of a landslide.

The slope deformation 1 was mainly caused by specific geologic and hydrogeologic conditions in the area, by particularly rich precipitation in the winter of 1982/1983 including snow melt, and by disturbation of the natural slope dip owing to the construction of high embankments and cuts at the road construction.

The slope deformation 2 (Fig. 3) represents the flow type of landsliding. It is older than the deformation 1 and morphologically prominent. Its areal extent is smaller. The shear plane is in the zone of loosened rock basement at the depth of about 10 m. It is temporarily calm.

Slope deformation 3 and 4 (Fig 3) are also quiet at present. There are local traces of recent movements. These deformations are less pronounced. They are mainly in the lower and middle parts of the slope. Smaller active areas were formerly protected by woody plants, but it was no success (Pl. V, Photo 1). Shear planes of deformations 3 and 4 show complex and rotation courses. They are at the depth of about 4—6 m, on the contact of the loosened rock basement with the overlying slope sediments.

With respect to necessary reconstruction of the road, all slope deformations should be protected, mainly by surficial and deep draining of the slope, by regulation of the Havranský potok brook, and by stabilization of embankments and road cuts.

The data about the slope deformation on the locality Veľká Havrania show that slope deformations in flyschoid rocks are not associated only with structures with strike and dip approximately equal to strike and dip of strata, but also with other favourable structures with relations between their stratification and joint systems.

Explanations of Text-figures

Fig. 1a. Situation map of locality Veľká Havrania.

Fig. 1. Monthly precipitation in 1980—1983. Precipitation gauge station Zázrivá (Compiled by Jánová according to data from HMÚ Bratislava).

Fig. 2. Precipitation in winter months (December—March) of past 20 years (1964—1983). Precipitation gauge Zázrivá (Compiled by Jánová according to data from HMÚ Bratislava).

Fig. 3. Map of slope deformations on locality Veľká Havrania.
1 — potential slope deformations, 2 — active slope deformations, 3 — course of movement of flow slope deformation, 4 — lake, 5 — groundwater issues, 6 — main scarps, 7 — strike and dip of strata, 8 — geologic contact between sandstone and sandstone-claystone formations, 9 — sandstone-claystone formation, 10 — sandstone formation, 11 — number of slope deformation, 12 — stages of landsliding, 13 — geologic sections.

Fig. 4. Schematic vertical profile A-A′ of source area of slope deformation 1.

Fig. 5. Schematic longitudinal profile B-B′ of slope deformation 1.

Fig. 6. Aerial view on Veľká Havrania slope deformation 1 (Encl.; p. 168).

Explanation of Plates I—V

Plate I
Photo 1. Cracks above source area of slope deformation 1.
Photo 2. Exposure of sandstones in western wall of source area of deformation 1.

Plate II
Photo 1. Groundwater issues in eastern slope of deformation 1.

Photo 2. "Loaf-shaped" front of material flowing to road.

Plate III
Photo 1. General view of furrow-eastern part of source area of deformation 1.
Photo 2. Tension crack above source area of western part, filled with water.

Plate IV
Photo 1. Accumulation of flowed out material from source areas of slope deformation 1.
Photo 2. Source area of slope deformation 4 above forest path.

Plate V
Phot 1. Displacement of trees by landsliding. Arrow-head denotes course of movement.
Photo 2. Exposure of sandstone banks in source area of slope deformation 4.

Vysvetlivky k fotografickým tabuľkám I—V

Tabuľka I
Obr. 1. Trhliny nad odlučnou časťou svahovej deformácie 1.
Obr. 2. Odkryv pieskovcov v západnej stene odlučnej časti deformácie 1.

Tabuľka II
Obr. 1. Vývery podzemných vôd vo východnom svahu ryhy svahovej deformácie 1.
Obr. 2. „Bochníkovité" čelo vytekajúceho materiálu na cestu.

Tabuľka III
Obr. 1. Celkový pohľad na ryhu — východná vetva odlučnej časti deformácie 1.
Obr. 2. Ťahová trhlina nad odlučnou časťou západnej vetvy vyplnená vodou.

Tabuľka IV
Obr. 1. Akumulácia vytečeného materiálu z odlučných častí svahovej deformácie 1.
Obr. 2. Odlučná časť svahovej deformácie 4 nad lesnou cestu.

Tabuľka V
Obr. 1. Posunutie porastu stromov zosúvaním. Smer pohybu vyznačený šipkou.
Obr. 2. Odkryv lavíc pieskovcov v odlučnej časti svahovej deformácie 4.

Západné Karpaty, sér. hydrogeológia a inž. geol. 6, s. 175—193, Geol.Úst. D. Štúra, Bratislava 1985

JÁN VLČKO

Optimalizačná analýza v inžinierskogeologickom hodnotení pohronského metropolitného regiónu

(13 obr. v texte, angl. resumé)

Abstract. The author presents a brief information on the method of automatic treatment of optimization of the metropolitan region of Pohronie and its possible application in preparation of engineering-geologic basical data for the territorial planning.

Obsah

Úvod 175
Modelové znázornenie skúmaného systému (etapa A) 176
Transformácia modelu na automatizované spracovanie (etapa B) 177
Optimalizácia modelu (etapa C) 178
Experimentovanie s modelom 189
Literatúra 192
Anglické resumé 193

V metodike hodnotenia väčších územných celkov zaujímajú čoraz významnejšie miesto kvantitatívne metódy. Spomedzi viacerých, v praxi iných odborov dobre rozpracovaných metód, pre potreby regionálnej inžinierskej geológie najväčšie uplatnenie nachádza optimalizačná analýza. O inžinierskogeologickej optimalizácii hovoríme vždy v súvislosti s rozhodovaním o najvhodnejšom využití územia, keď výber spoločensky najpreferovanejšieho variantu sa uskutočňuje zvážením väčšieho počtu relevantných faktorov geologického prostredia.

Z nášho hľadiska možno optimalizačnú analýzu využiť pri:

— vyhľadávaní optimálnych lokalít (rajónov, okrskov) pre určitý technický zámer (napr. pre výstavbu priemyselného komplexu, skladovanie tuhých odpadov a i.).

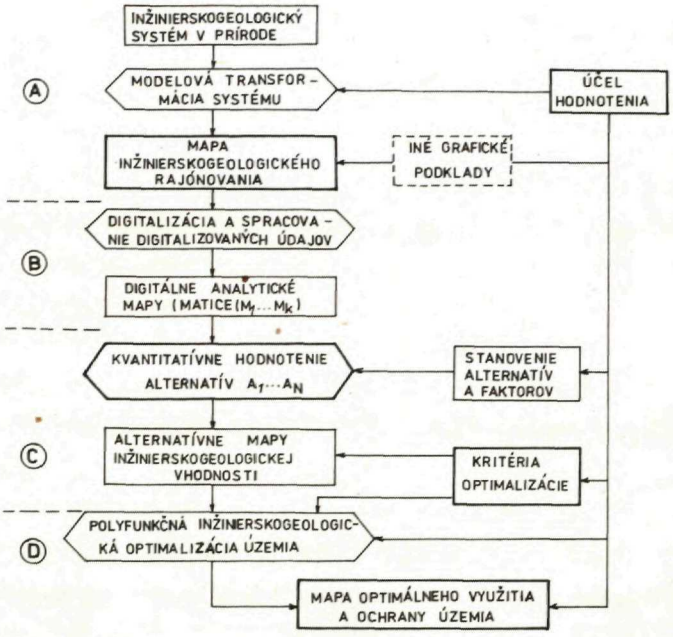
— rozhodovaní o optimálnom spôsobe využitia jednotlivých rajonizačných jednotiek v mapovanom území (M. MATULA 1979, 1981a).

RNDr. J. Vlčko, CSc., Katedra inžinieskej geológie PFUK, Zadunajská 15, 851 01 Bratislava.

V ďalšom podávame stručný opis metodiky automatizovaného spracovania optimalizačnej analýzy, ktorá bola aplikovaná pri spracovaní časti územia pohronského metropolitného regiónu v mierke 1 : 25 000. Sústredili sme sa pritom iba na najdôležitejšie pracovné kroky a operácie, ktoré z hľadiska zamerania tohto príspevku považujeme za najdôležitejšie.

Pre bližšie pochopenie problematiky v závere každej teoreticky rozvádzanej časti podávame jej praktickú aplikáciu v uvedenom území.

Postup optimalizačnej analýzy (obr. 1) možno rozdeliť do štyroch etáp (J. Vlčko 1981).



Obr. 1. Vývojový diagram inžinierskogeologickej optimalizácie využiteľnosti územia.

Modelové znázornenie skúmaného systému (etapa A)

Popri nevyhnutnej definícii cieľov hodnotenia spočíva ťažisko tejto etapy v transformácii skúmaného prírodného systému do adekvátneho modelu, ktorý by bol vhodným podkladom na ďalšie čiastkové operácie optimalizačnej analýzy. Daným predpokladom najlepšie vyhovuje mnohoúčelová mapa inžinierskogeologického rajónovania zostrojená v mierke 1 : 25 000, príp. 1 : 10 000, ktorá na danej úrovni predstavuje syntetický model systému inžinierskogeologického prostredia.

Okrem mapy inžinierskogeologického rajónovania môžu byť do procesu optimalizácie zahrnuté i ďalšie, len pre daný účel zostavené grafické podklady, ako

napr. mapa potenciálov geologického prostredia a i. Tieto, vzhľadom na svoj charakter i cieľ hodnotenia, môžu byť do optimalizačnej analýzy zahrnuté i v ďalších etapách.

Transformácia modelu na automatizované spracovanie (etapa B)

Automatizovaný postup spracovania logicko-matematických operácií optimalizačnej analýzy vyžaduje, aby všetky grafické podklady, ktoré vstupujú do procesu optimalizácie, boli do pamäti počítača uložené v digitálnej forme.

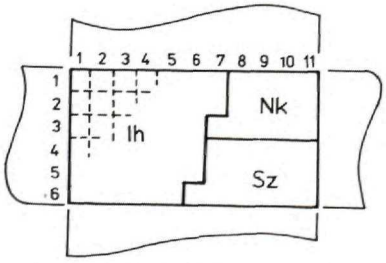
Princíp digitalizácie spočíva v odčítaní súradníc jednotlivých prvkov grafickej predlohy. Túto činnosť zabezpečujú grafické výpočtové systémy, ktoré naviac umožňujú aj spracovanie digitalizovaných grafických prvkov pomocou minipočítača, ako i prezentáciu výsledkov v grafickej forme (medzi najvýkonnejšie a pre nás dostupné prístroje tohto druhu patria výrobky fy Tektronix z USA inštalované v Geofonde, Praha).

V dôsledku zložitosti a značnej variability javov zohľadnených na východiskovej mape inžinierskogeologického rajónovania je účelné pri digitalizácii vychádzať zo zjednodušených modelov. Z viacerých možností zjednodušenia za najvhodnejšiu možno považovať tú, pri ktorej sa mapa inžinierskogeologického rajónovania digitalizuje vo forme niekoľkých analytických máp, a to tak, že každá z nich predstavuje jednu zložku, resp. vlastnosť zložky inžinierskogeologického prostredia.

Pre účely optimálneho využitia časti pohronského metropolitného regiónu sme východiskovú mapu inžinierskogeologického rajónovania zdigitalizovali vo forme štyroch analytických máp.

Mapa M_1 „Typy rajonizačných jednotiek" predstavuje kvalitatívny a kvantitatívny model skladby základovej pôdy; mapa M_2 „Hydroizobaty" obsahuje údaje o hĺbke hladiny podzemnej vody; mapa M_3 „Reliéf" obsahuje údaje o nadmorskej výške územia; mapa M_4 „Geodynamické javy" zohľadňuje výskyt, rozsah a charakter geodynamických javov.

Digitalizáciou každého grafického podkladu sa získa uzavretý súbor dát, ktorého vlastnú náplň, okrem tzv. identifikačného kľúča (sú to údaje, ktoré definujú súbor), tvorí množina súradnicových dvojíc, ktoré prislúchajú jednotlivým digitalizovaným charakteristikám (vrstevnice, hydroizobaty, hranice rajonizačných jednotiek, geodynamické javy).



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
01001	.	.	.	.	.	01001	09009	.	.	09009
01001	.	.	.	.	.	01001	09009	.	.	09009
01001	.	.	.	.	01001	09009	09009	.	.	09009
01001	.	.	.	.	01001	02002	.	.	.	02002
01001	.	.	.	.	01001	02002	.	.	.	02002
01001	.	.	.	01001	02002	.	.	.	.	02002

Obr. 2. Schematický výsek z mapy „Typy rajonizačných jednotiek" a jej zodpovedajúcej matice M_1.

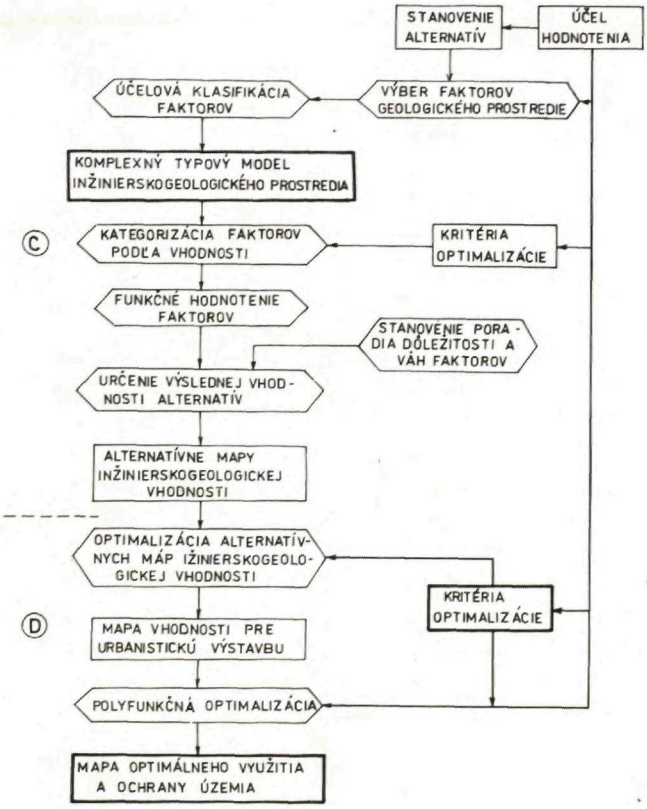
Pretože výpočtové operácie prebiehajú v celom rozsahu mapovaného územia, je potrebné z množiny nespojitých súradnicových dvojíc vytvoriť súbor údajov spojite pokrývajúcich celú plochu mapového podkladu. Získané údaje vytvárajú v pamäti počítača matice ($M_1 \ldots M_k$), ktorých prvky už nie sú súradnice digitalizovaných charakteristík, ale ich reálne hodnoty (obr. 2).

Optimalizácia modelu (etapa C)

Je rozdelená (obr. 3) do týchto čiastkových operácií:

Stanovenie konkurujúcich alternatív ($A_1 - A_N$)

Uvažované alternatívy musia byť v súlade so širšou koncepciou územného plánovania a urbanizmu záujmovej oblasti a zodpovedať takému druhu hospodársko-technickej aktivity, ktorá si bezprostredne pre svoju realizáciu vyžaduje



Obr. 3. Vývojový diagram inžinierskogeologickej optimalizácie územia etapy C a D.

inžinierskogeologické rozbory a odporúčania. Do procesu inžinierskogeologickej optimalizácie časti pohronského metropolitného regiónu boli vybrané tri navzájom konkurujúce alternatívy (obr. 4), ktoré svojím zameraním tvoria základné a najbežnejšie druhy urbanistickej výstavby. Sú to:

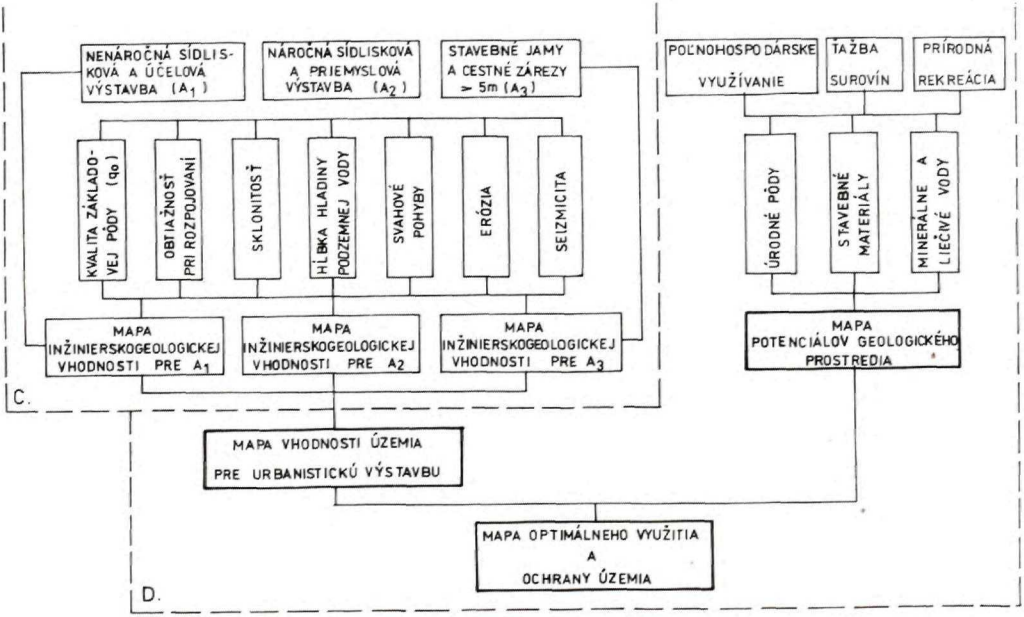
A_1 — nenáročná sídlisková a účelová výstavba (predpokladaná hĺbka zakladania 1,5 m),

A_2 — náročná sídlisková a priemyslová výstavba (hĺbka zakladania 3,5 m),

A_3 — stavebné jamy a cestné zárezy (hĺbka 5 m).

Výber faktorov geologického prostredia

Závisí od inžinierskogeologických pomerov hodnoteného územia a účelového zamerania zvolených alternatív. Do procesu inžinierskogeologickej optimalizácie využiteľnosti územia vyberajú sa faktory, ktoré ovplyvňujú využiteľnosť územia. Patria k nim tie, ktoré priamo vytvárajú inžinierskogeologické, príp. geotechnické podmienky výstavby uvažovaných druhov stavieb, a tým rozhodujú o ich realizácii (napr. kvalita základovej pôdy vyjadrená hodnotou q_0, hladina podzemnej vody), ďalej faktory ovplyvňujúce ekonomickú stránku realizovania výstavby (obťažnosť pri rozpojovaní, sklonitosť územia ai.). Významné sú aj ďalšie faktory geologického charakteru, zahrnuté do pojmu potenciály geologického prostredia, ako napr.



Obr. 4. Vývojový diagram inžinierskogeologickej optimalizácie (etapy C a D) využitý pri výbere optimálneho spôsobu využitia hodnoteného územia.

výskyt a rozsah ložísk nerastných surovín, kvalitných poľnohospodárskych pôd atď., ktoré pri hodnotení optimálneho využitia územia zohrávajú veľmi dôležitú úlohu.

Pre uvažované tri alternatívy riešenia optimálneho využitia časti pohronského metropolitného regiónu boli vybrané (obr. 4) nasledujúce faktory:

— kvalita základovej pôdy (vyjadrená hodnotou q_0),
— obťažnosť pri rozpojovaní (na základe zatriedenia podľa ČSN 73 3050),
— hĺbka hladiny podzemnej vody,
— sklonitosť územia vyjadrená v %, s gradáciou podľa Projektu urbanizácie SSR (Kolektív autorov 1974),
— seizmicita (podľa ČSN 73 0036),
— svahové pohyby,
— erózia.

Uvedené faktory po kvalitatívnej stránke predstavujú heterogénnu množinu javov a vlastností geologického prostredia. Niektoré sú obsiahnuté vo východiskovom modeli, na mape inžinierskogeologického rajónovania, a stávajú sa súčasťou základnej bázy dát priamo pri digitalizácii už v etape B aplikovaného metodického postupu, napr. hĺbka hladiny podzemnej vody, rozsah a výskyt geodynamických javov; ostatné je potrebné stanoviť výpočtom.

Výpočet a účelová klasifikácia faktorov

V rámci tejto čiastkovej operácie sa vypočítavajú (stanovujú) rozhodujúce faktory geologického prostredia a súčasne sa i klasifikujú, to znamená, že sa im v číselnom vyjadrení priraďujú objektívne schematizované reálne, alebo, ako sme ich nazvali, typové hodnoty.

Z pestrej množiny faktorov, ktoré prichádzajú do úvahy pri vypracovaní inžinierskogeologickej optimalizačnej analýzy, len nepatrnú časť možno klasifikovať bez predchádzajúcich úprav. Sú to faktory kvantitatívne (typ A), ktoré možno priamo stanoviť, ako napr. hĺbka hladiny podzemnej vody, sklonitosť územia; ďalej faktory prechodné (typ B), u ktorých možno určiť iba interval hodnôt, ktoré môžu nadobudnúť, napr. zatriedenie hornín podľa obťažnosti pri rozpojovaní (ČSN 73 3050), zaradenie zemín do skupín (ČSN 72 1002) a i. Pri klasifikácii, resp. prisudzovaní typových hodnôt vyššie opísaným typom faktorov (B, príp. A) sa najčastejšie opierame o zatriedenia inžiniersko-typologické, zohľadnené v základných stavebných normách, rôznych smerniciach a odporúčaniach, ďalej využívame klasifikácie vybraných zložiek geologického prostredia (M. Matula 1981b, M. Hrašna 1981) a pod. Samostatnú skupinu tvoria faktory kvalitatívne (typ C), ktoré možno klasifikovať len vtedy, ak sa pre ne zostavia špeciálne triedenia, obvykle zamerané len pre účely optimalizácie (napr. klasifikácia svahových pohybov uvedená v tabuľke 3).

Faktory a typové hodnoty faktorov sa vypočítavajú pomocou matematických algoritmov z digitálnych analytických máp (matice $M_1 \ldots M_k$), pre každý plošný element mapy (zodpovedá znaku tlačiarne výpočtového zariadenia) a zvolenú

alternatívu osobitne. V pamäti počítača sa opätovne vytvoria dvojrozmerné matice (Z_{ij}); ich počet zodpovedá počtu faktorov

$$\sum_{i=1}^{n} Z_{ij} = \sum_{i=1}^{n} m_i$$

Pri výpočte sa využíva funkčná spätosť vypočítavaných faktorov a digitálnych analytických máp.

Pri výpočte typových hodnôt prvých dvoch faktorov (kvalita základovej pôdy, obťažnosť pri rozpojovaní, príp. ďalšie vlastnosti hornín) z mapy „Typy rajonizačných jednotiek" sa využila jedna z najväčších predností systému typologickej inžinierskogeologickej rajonizácie pri vytváraní podrajónov, ktorá spočíva v použití presne definovaných typov hornín (M. MATULA—M. HRAŠNA 1979), ďalej v presnom určení limitov hrúbky, resp. hĺbok a sledu typov hornín. Ich aplikáciou možno zostaviť 21 typových modelov proporcionálneho usporiadania hrúbok hornín, ktoré vytvárajú jeden uzavretý klasifikačný systém.

Prehľad typových modelov vo všeobecnom symbolickom vyjadrení je v tab. 1.

Tabuľka 1

Poradie	Označenie	Poradie	Označenie
1.	C	12.	$a2b2C_2$
2.	$a1C_1$	13.	$a2b3C_2$
3.	$a2C_1$	14.	$a3b1C_2$
4.	$a1b1C_1$	15.	$a2b3C_3$
5.	$a1b2C_1$	16.	$a3b1C_3$
6.	$a1b2C_2$	17.	$a3b2C_2$
7.	$a1b3C_2$	18.	$a3b2C_3$
8.	$a1b3C_3$	19.	$a3b3C_3$
9.	$a2b1C_1$	20.	$a3C_2$
10.	$a2b1C_2$	21.	$a3C_3$
11.	$a2b2C_1$		

a, b — typy hornín pokryvných útvarov; C — typy hornín predkvartérneho podkladu; 1, 2, 3 — indexy hrúbok, resp. hĺbok povrchu vrstiev (a, b: 1<2 m; 2: 2—5 m; 3: >5 m; C: 1<5 m; 2: 5—10 m; 3: >10 m).

Postup výpočtu faktorov q_0, resp. obťažnosti pri rozpojovaní je nasledujúci:

— podľa vypracovaného programu počítač určí príslušnosť každého plošného elementu mapy k jednému z 21 typových modelov (obr. 5) v požadovanej úrovni (alternatívami podmienených hĺbkach zakladania) vyberie príslušný horninový typ a priradí mu zodpovedajúcu typovú hodnotu vypočítavaného faktora. Napriek istej striktnosti pri vyčleňovaní územných celkov na úrovni podrajónov boli na zabezpečenie presnej identifikácie horninových typov v rámci jednotlivých modelov a s tým súvisiacej presnosti ďalších výpočtov do programu zabudované niektoré úpravy týkajúce sa typového rozhrania vrstiev. Sú to:

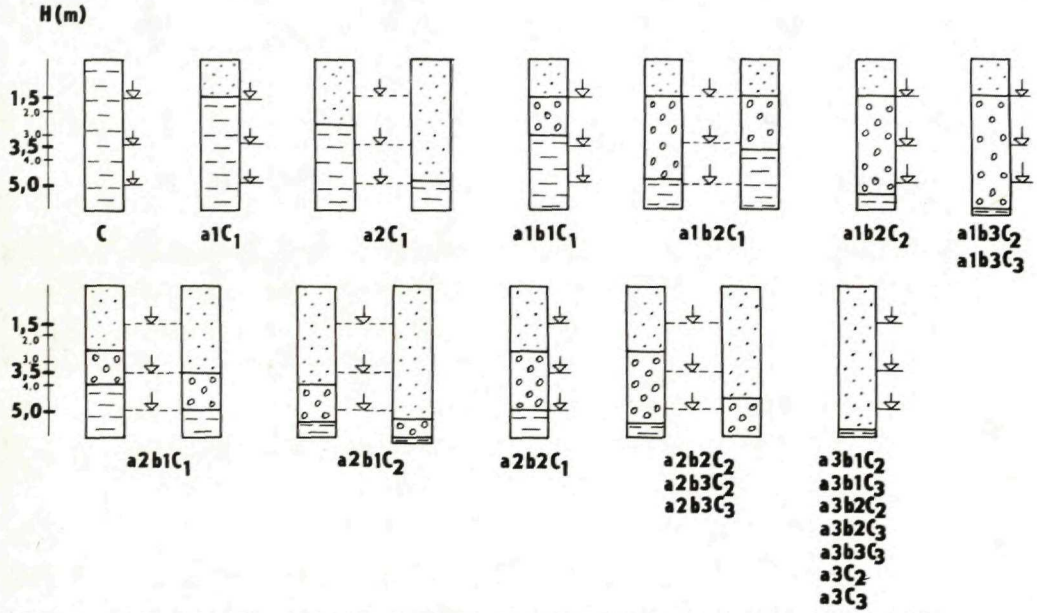
— pre vrstvu z intervalu hrúbky <2 m bola stanovená typová hrúbka 1,5 m,

— vrstva z intervalu 2—5 m musí mať hrúbku najmenej 2,5 m a z intervalu >5 m najmenej 5,5 m,

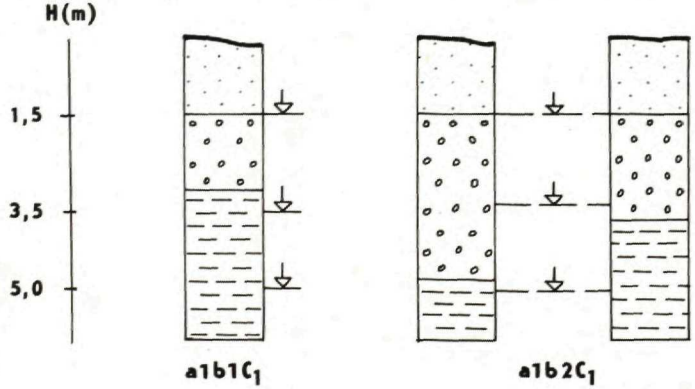
— ak predkvartérny podklad je v hĺbke 5—10 m, stanovila sa jeho minimálna hĺbka 5,5 m.

— ak hrúbka povrchovej vrstvy je <2 m, počítač do riešenia automaticky vyberá typové hodnoty vrstvy ležiacej v jej podloží.

V tých prípadoch, keď aj napriek prijatým úpravám je určenie horninového typu obťažné (napr. pri druhej uvažovanej alternatíve u typových modelov $a2C_1$, $a2b2C_2$, $a2b3C_2$ a $a2b1C_2$), pretože teoreticky môžu do úvahy prichádzať dva rozdielne typy hornín, počítač vyberá oba, porovná typové hodnoty vypočítavaných faktorov a do ďalších výpočtov zaradí hodnotu nepriaznivejšiu (obr. 6).



Obr. 5. Prehľad typových modelov podrajónov (uvažujú sa najviac 3 vrstvy základovej pôdy).



Obr. 6. Spôsob výpočtu faktorov u dvoch rozdielnych typových modelov podrajónov.

Program podľa konkrétnych podmienok a požiadaviek zohľadňuje aj vzájomný vplyv niektorých faktorov a ich spätný dosah na vypočítavané typové hodnoty. Napr. vplyv hĺbky hladiny podzemnej vody na hodnotu q_o, stupeň porušenia, prípadne zvetrania na určenie triedy obťažnosti pri rozpojovaní atď.

V tabuľke 2 uvádzame prehľad typových hodnôt hornín klasifikačného systému typologickej rajonizácie na základe ich zatriedenia podľa obťažnosti pri rozpojovaní podľa ČSN 73 3050.

Typové hodnoty ďalších faktorov sa vypočítavajú z mapy „Hydroizobaty". Na základe vypracovaného programu sa interpoláciou, prípadne extrapoláciou zo vstupných údajov (zdigitalizované hydroizobaty) pre každý plošný element mapy vypočítava hĺbka hladiny podzemnej vody; z mapy „Reliéf" sa zo vstupných údajov, ktoré predstavujú zdigitalizované izolínie (vrstevnice) vyjadrujúce nadmorskú výšku územia interpoláciou vrstevníc pre každý plošný element mapy vypočítava sklonitosť; z mapy „Geodynamické javy" sa v miestach ich výskytu podľa programu určuje typ geodynamického javu, v ostatných častiach sú hodnoty nulové. Vstupom do programu sú zdigitalizované geodynamické javy vyjadrené na východiskovej mape inžinierskogeologického rajónovania.

Kategorizácia faktorov podľa vhodnosti

Typové hodnoty rozhodujúcich faktorov je v ďalšom potrebné podľa vopred vypracovaných kritérií zoskupiť do troch kategórií vhodnosti, ktoré v kvalitatívnych

Tabuľka 2

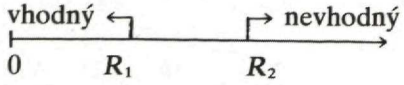
	Označenie	Opis	Triedy obťažností pri rozpojovaní podľa ČSN 73 3050
Typy hornín pokryvných útvarov	b	balvanité a hruboúlomkovité zeminy	3—5
	g	štrkovité a úlomkovité zeminy	1—3
	u	úlomkovité a štrkovité zeminy s hlinitým tmelom, prevažne bez dotyku štrkových zŕn	1—4
	p	piesčité zeminy	1—2
	n	striedanie piesčitých a štrkovitých zemín	1—3
	h	súdržné zeminy	2—4
	k	striedanie súdržných a nesúdržných zemín	1—4
	s	sprašové zeminy	2—3
	o	organické a kašovité zeminy	4
Typy hornín predkvartérneho podkladu	S	skalné horniny	6—7
	B	poloskalné horniny	5
	F	striedanie skalných a poloskalných hornín	5—6
	G	štrkovité zeminy	2—5
	P	piesčité zeminy	1—2
	N	striedanie štrkovitých a piesčitých zemín	1—4
	I	súdržné zeminy	2—4
	K	striedanie súdržných a nesúdržných zemín	1—4

pojmoch (vhodný, podmienečne vhodný a nevhodný) vyjadrujú spôsobilosť každého z faktorov na realizáciu uvažovaných alternatív. Kritériami pre takéto zatriedenie sú podobne ako pri klasifikácii faktorov už vyššie opísané normové predpisy, ďalej návrhy semikvantitatívnych klasifikácií vybraných zložiek inžinierskogeologického prostredia a pod.

Postup kategorizácie je nasledujúci:

Obor typových hodnôt každého z faktorov (F_{ij}) sa dvoma hraničnými bodmi R_1 a R_2 rozdelí na tri podmnožiny — kategórie vhodnosti. Vzájomný vzťah hraničných bodov R_1, R_2 určuje spôsob kvalitatívneho vyjadrenia kategorizácie faktorov.

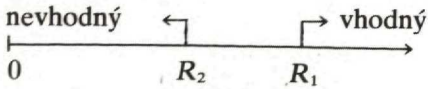
Ak $R_1 < R_2$, potom faktory z intervalu $F_{ij} \leqslant R_1$ sú kvalifikované ako vhodné a faktory z intervalu $F_{ij} \geqslant R_2$ ako nevhodné (obr. 7).



Obr. 7

Platí nepriamy vzťah podľa zásady „čím nižší → tým lepší" (napr. sklonitosť, obťažnosť pri rozpojovaní atď.).

Ak $R_1 > R_2$, potom platí opačný vzťah, čo značí, že faktory z intervalu $F_{ij} \geqslant R_1$ sú klasifikované ako vhodné a faktory z intervalu $F_{ij} \leqslant R_2$ ako nevhodné (obr. 8). Platí priamy vzťah „čím vyšší → tým lepší" (napr. hladina podzemnej vody).



Obr. 8

Typové hodnoty faktorov z intervalu ohraničeného bodmi R_1 a R_2 v oboch prípadoch vyjadrujú podmienečnú vhodnosť.

Podkladmi pre kategorizáciu faktorov (typu A a B) nášho riešenia boli ČSN 73 1001, ČSN 73 3050, ČSN 73 0036, Projekt urbanizácie SSR i návrhy semikvantitatívnych klasifikácií vybraných zložiek inžinierskogeologického prostredia (M. Hrašna 1981, M. Matula 1981b).

Pre názornosť uvádzame i kategorizáciu svahových pohybov, ktoré prináležia k faktorom typu C. Smerodajnou pre vypracovanie kategorizácie je hodnota tzv. koeficientu zosuvnej intenzity (K_i), ktorý vychádza z kvantitatívneho ocenenia stupňa aktivity (A) a rýchlosti (R) príslušného svahového pohybu. Určuje sa vzťahom $K_i = A \,.\, R$ podľa tabuľky 3.

Tabuľka 3

Svahové pohyby			
Aktivita (A)	Kvantitatívne ocenenie	Rýchlosť (R)	Kvantitatívne ocenenie
aktívne a ukľudnené	5	rýchle až veľmi rýchle	4
stabilizované	3	pomalé až rýchle	3
		veľmi pomalé	2

Kategorizácia svahových pohybov je potom nasledujúca:
ak $K_i > 12$ územie považujeme za nevhodné na zástavbu;
ak $K_i \leq 12$ územie sa nevylučuje zo zástavby; možnosti jeho ďalšieho využitia určia výsledky komplexného inžinierskogeologického prieskumu.

Na záver treba poznamenať, že uvedené kvantitatívne ocenenie svahových pohybov, umožňujúce ich kategorizáciu, je spracované len pre účely optimalizačnej analýzy a nenadobúda všeobecnú platnosť.

Prehľad kategorizácie typových hodnôt vybraných faktorov pre všetky tri uvažované alternatívy je uvedený v tabuľke 4.

Funkčné hodnotenie faktorov

Typové hodnoty faktorov rozdelené do troch kategórií vhodnosti pomocou funkcií $f_{ij}(F_{ij})$ pretransformujeme a dostaneme funkčné hodnoty. Tieto na rozdiel od typových hodnôt vyjadrujú mieru vhodnosti každého z hodnotených faktorov vzhľadom na realizáciu zvolených alternatív. Funkčné hodnoty sú z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$.

Pri funkčnej transformácii obdobne ako pri kategorizácii faktorov vychádzame zo vzájomného vzťahu hraničných bodov R_1 a R_2.

Ak $R_1 < R_2$, potom $F_{ij} \leq R_1$ je funkcia definovaná vzťahom $f_{ij}(F_{ij}) = 1$ a túto funkčnú hodnotu majú všetky faktory označené ako vhodné; ak $F_{ij} \geq R_2$, funkcia je definovaná vzťahom $f_{ij}(F_{ij}) = 0{,}05$ a predstavuje funkčnú hodnotu pre faktory nevhodné (obr. 9).

Ak $R_1 > R_2$, potom $F_{ij} \geq R_1$ je funkcia definovaná vzťahom $f_{ij}(F_{ij}) = 1$, čo predstavuje funkčnú hodnotu pre faktory vhodné; ak $F_{ij} \leq R_2$, platí $f_{ij}(F_{ij}) = 0{,}05$ a predstavuje funkčnú hodnotu pre faktory nevhodné (obr. 10).

Funkčné hodnoty faktorov vyjadrujúce podmienečnú vhodnosť, $F_{ij} \in \langle R_1, R_2 \rangle$, sa vypočítajú podľa interpolačného vzorca:

$$f_{ij}(F_{ij}) = \frac{0{,}95}{R_1 - R_2} (F_{ij} - R_2) + 0{,}05$$

Výsledkom tejto čiastkovej operácie je redefinícia matíc Z_{ij} a zostavenie matíc Z'_{ij}; ich prvkami sú funkčné hodnoty faktorov.

Stanovenie poradia dôležitosti a váh faktorov

Robí sa najčastejšie tzv. binárnym rozhodovacím postupom. Princíp stanovenia spočíva vo vzájomnom porovnaní relatívneho významu každého faktora so všetkými ostatnými faktormi pomocou tzv. trojuholníka párov (Fullerov trojuholník), v ktorom horné čísla z dvojice čísel tvoria poradové číslo porovnávaného faktora, dolné čísla poradové čísla s ním porovnávaných faktorov. Postupne sa posudzuje a hodnotí relatívny význam jednotlivých faktorov v každej dvojici. Poradové číslo dôležitejšieho faktora, jeho „prvenstvo", sa nejakým spôsobom označí (napr. zakrúžkovaním). Celkový počet prvenstiev:

$$\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} = \frac{m_i(m_i - 1)}{2} .$$

Tabuľka 4

Faktory	Kategorizácia vhodnosti	Nenáročná sídlisková a účelová výstavba — alternatíva A_1			Náročná sídlisková a priemyslová výstavba — alternatíva A_2			Stavebné jamy a cestné zárezy hlbšie ako 5 m — alternatíva A_3		
		Hraničné hodnoty kategórií	Funkčné hodnoty	Váha	Hraničné hodnoty kategórií	Funkčné hodnoty	Váha	Hraničné hodnoty kategórií	Funkčné hodnoty	Váha
kvalita základovej pôdy — q_o (MPa)*	$F_{ij} \in \langle R_j; \infty \rangle$ $F_{ij} \in (R_1; R_2)$ $F_{ij} \in (0; R_2 \rangle$	$R_1 = 0{,}15$ $R_2 = 0{,}05$	1 (F_{ij}) 0,05	0,19	$R_1 = 0{,}35$ $R_2 = 0{,}15$	1 (F_{ij}) 0,05	0,14	$R_1 = 0{,}1$ $R_2 = 0{,}05$	1 (F_{ij}) 0,05	0,09
triedy rozpojiteľnosti podľa ČSN 73 3050	$F_{ij} \in \langle 1; R_1 \rangle$ $F_{ij} \in (R_1; R_2)$ $F_{ij} \in \langle R_2; 7 \rangle$	$R_1 = 3$ $R_2 = 6$	1 (F_{ij}) 0,05	0,04	$R_1 = 3$ $R_2 = 7$	1 (F_{ij}) 0,05	0,04	$R_1 = 3$ $R_2 = 5$	1 (F_{ij}) 0,05	0,14
hĺbka hladiny podzemnej vody (m)	$F_{ij} \in \langle R_1; \infty)$ $F_{ij} \in (R_2; R_1)$ $F_{ij} \in \langle 0; R_2 \rangle$	$R_1 = 3$ $R_2 = 2$	1 (F_{ij}) 0,05	0,23	$R_1 = 5$ $R_2 = 2$	1 (F_{ij}) 0,05	0,23	$R_1 = 6$ $R_2 = 5$	1 (F_{ij}) 0,05	0,23
sklonitosť (%)	$F_{ij} \in \langle 0; R_2 \rangle$ $F_{ij} \in (R_1; R_2)$ $F_{ij} \in \langle R_2; \infty)$	$R_1 = 12$ $R_2 = 20$	1 (F_{ij}) 0,05	0,14	$R_1 = 5$ $R_2 = 12$	1 (F_{ij}) 0,05	0,14	$R_1 = 12$ $R_2 = 20$	1 (F_{ij}) 0,05	0,19
seizmicita (°MCS)	$F_{ij} \in \langle 5; R_1 \rangle$ $F_{ij} \in (R_1; R_2)$ $F_{ij} \in \langle R_2; \infty)$	$R_1 = 7$ $R_2 = 9$	1 (F_{ij}) 0,05	0,09	$R_1 = 6$ $R_2 = 8$	1 (F_{ij}) 0,05	0,14	$R_1 = 7$ $R_2 = 9$	1 (F_{ij}) 0,05	0,04
svahové pohyby**	$F_{ij} \in (0; R_1 \rangle$ $F_{ij} \in (R_1; R_2)$ $F_{ij} \in (R_2; \infty)$	$R_1 = 0$ $R_2 = 12$	1 0,05	0,23	$R_1 = 0$ $R_2 = 12$	1 0,05	0,23	$R_1 = 0$ $R_2 = 12$	1 0	0,23
erózia	neprítomná; $F_{ij} = R_1$ prítomná; $F_{ij} = R_2$	$R_1 = 0$ $R_2 = 1$	1 0	0,04	$R_1 = 0$ $R_2 = 1$	1 0	0,04	$R_1 = 0$ $R_2 = 1$	1 0	0,04

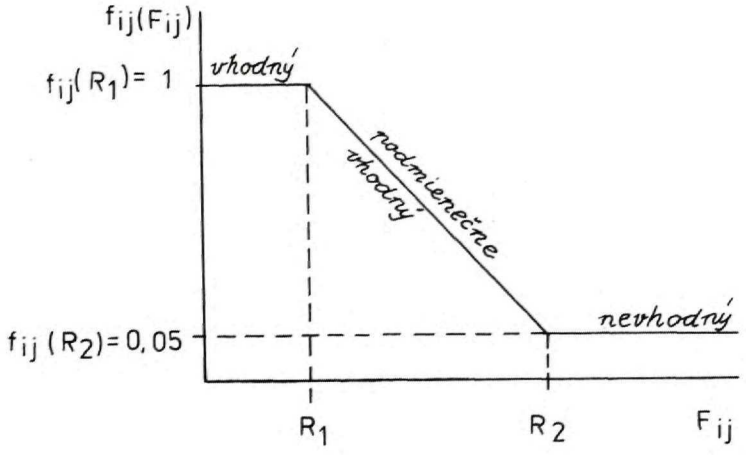
*Pri stanovení hodnoty q_o sa uvažuje šírka základu 1 m, ako aj vplyv hladiny podzemnej vody a hĺbky zakladania

**Svahové pohyby sú hodnotené v závislosti od koeficientu zosuvnej intenzity K_z, ktorý zodpovedá hraničným bodom R_1, R_2

Váhu faktora potom definujeme ako podiel počtu „prvenstiev" každého z faktorov k celkovému počtu všetkých možných „prvenstiev" a vypočítame podľa vzťahu:

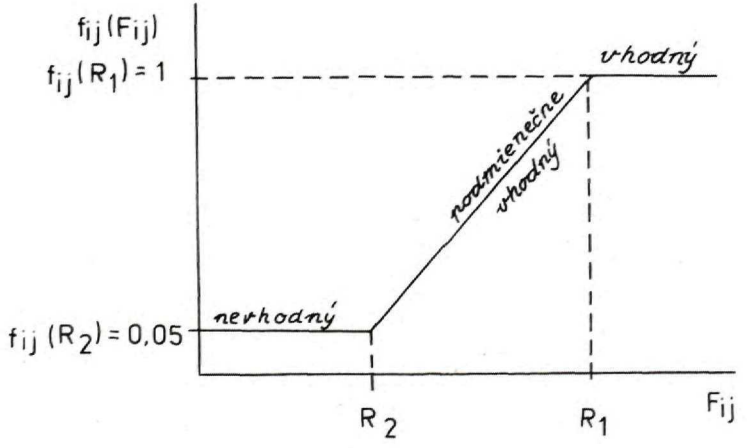
$$v_{ij} = \frac{2p_{ij}}{m_i \,.\, (m_i - 1)},$$

kde v_{ij} vyjadruje váhu $(i = 1, \ldots, n;\ j = 1, \ldots, m_i)$;
p_{ij} — počet prvenstiev $(i = 1, \ldots, n;\ j = 1, \ldots, m_i)$;
m_i — počet faktorov v rámci alternatívy $A_i (i = 1, \ldots, n)$.



platí $R_2 \succ R_1$

Obr. 9

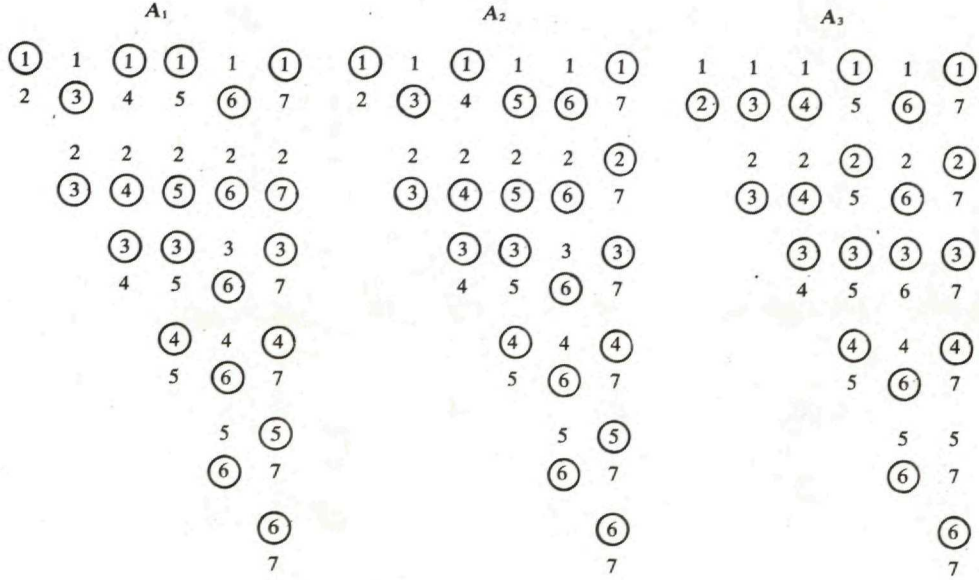


platí $R_1 \succ R_2$

Obr. 10

Stanovenie poradia dôležitosti a váh faktorov je potrebné vykonať pre každú alternatívu riešenia osobitne.

Na obr. 11 je znázornený spôsob stanovenia poradia dôležitosti, v tabuľke 5 počet „prvenstiev" a hodnoty váh pre tri uvažované alternatívy nášho riešenia.



Obr. 11

Tabuľka 5

Faktory	Alternatíva A_1		Alternatíva A_2		Alternatíva A_3	
	počet prvenstiev p_{ij}	váha v_{ij}	počet prvenstiev p_{ij}	váha v_{ij}	počet prvenstiev p_{ij}	váha v_{ij}
1. kvalita základovej pôdy	4	0,19	3	0,14	2	0,09
2. obťažnosť pri rozpojovaní	0	0,04	1	0,04	3	0,14
3. hĺbka hladiny podzemnej vody	5	0,23	5	0,23	6	0,23
4. sklonitosť	3	0,14	3	0,14	4	0,19
5. seizmicita	2	0,09	3	0,14	0	0,04
6. svahové pohyby	6	0,23	6	0,23	5	0,23
7. erózia	1	0,04	0	0,04	1	0,04

Určenie výslednej inžinierskogeologickej vhodnosti alternatív

Súčin funkčných hodnôt (prvky matice Z'_{ij}) a váhy udáva zváženú hodnotu faktorov. Suma týchto hodnôt, vyjadrená pre každú zvolenú alternatívu a plošný element mapy osobitne, udáva výslednú hodnotu inžinierskogeologickej vhodnosti územia. Určuje sa vzťahom:

$$H_{ij} = \sum_{j=1}^{m_i} Z'_{ij} \cdot v_{ij} .$$

Hodnoty H_{ij} z intervalu $\langle 0; 1 \rangle$ v ďalšom, podľa prijatého kritéria optimalizácie, rozdelíme na tri podmnožiny, z ktorých každá reprezentuje jednu kategóriu vhodnosti.

Zavŕšením tejto etapy sú grafické výstupy vytlačené na rýchlotlačiarni počítača alebo na kresliacom zariadení v podobe alternatívnych máp inžinierskogeologickej vhodnosti.

Počet máp zodpovedá počtu zvolených alternatív. Na nich sú podľa vyššie uvedených zásad vykreslené typologicky generalizované územné jednotky, ktoré oproti východiskovým jednotkám rajonizácie vyjadrujú v pojmoch kvality vhodnosť územia z hľadiska realizácie zvolenej alternatívy.

V našom riešení výsledné hodnoty inžinierskogeologickej vhodnosti (H_i) boli rozdelené do troch kategórií takto:

$H_i \in \langle 0{,}86; 1 \rangle$ — územie vhodné na realizáciu uvažovanej alternatívy

$H_i \in \langle 0{,}76; 0{,}85 \rangle$ — územie podmienečne vhodné na realizáciu uvažovanej alternatívy

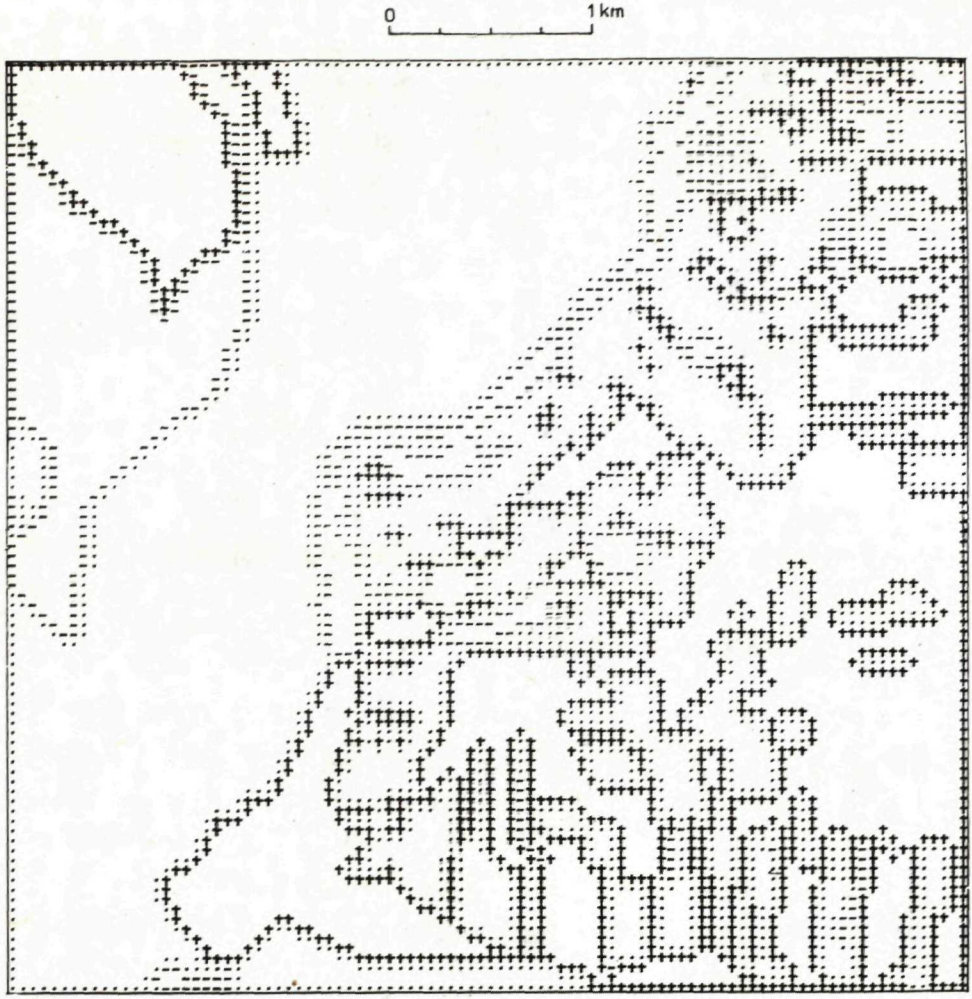
$H_i \in \langle 0; 0{,}75 \rangle$ — územie nevhodné na realizáciu uvažovanej alternatívy.

Na základe vyššie uvedeného rozdelenia hodnôt H_i boli vykreslené tri alternatívne mapy inžinierskogeologickej vhodnosti. Jedna z nich je na obrázku 12.

Experimentovanie s modelom

Číslicové počítače menením vstupných parametrov umožňujú cieľavedome zasahovať do optimalizačného procesu, ovplyvňovať ho, resp. experimentovať s ním. Túto výhodu možno v plnom rozsahu využiť v záverečnej etape nášho metodického postupu. Pri hľadaní ďalších možností inžinierskeho využitia územia sme využili metódu superpozície a navzájom podľa prijatých kritérií superponovali tri alternatívne mapy inžinierskogeologickej vhodnosti. Získaná mapa vhodnosti územia na výstavbu, podľa účelového zamerania alternatív, býva obvykle špecializovaná na určitý druh výstavby a v mnohých prípadoch môže tvoriť i konečný cieľ procesu optimalizácie.

Napríklad pri zostavení mapy vhodnosti územia na urbanistickú výstavbu bolo zvolené kritérium, podľa ktorého sa navzájom superponovali územné celky s najvyšším bodovým ocenením ($H \geq 0{,}86$), t. j. také, ktoré na základe optimalizácie preukázali vhodnosť na realizáciu niektorých z uvažovaných alternatív riešenia.



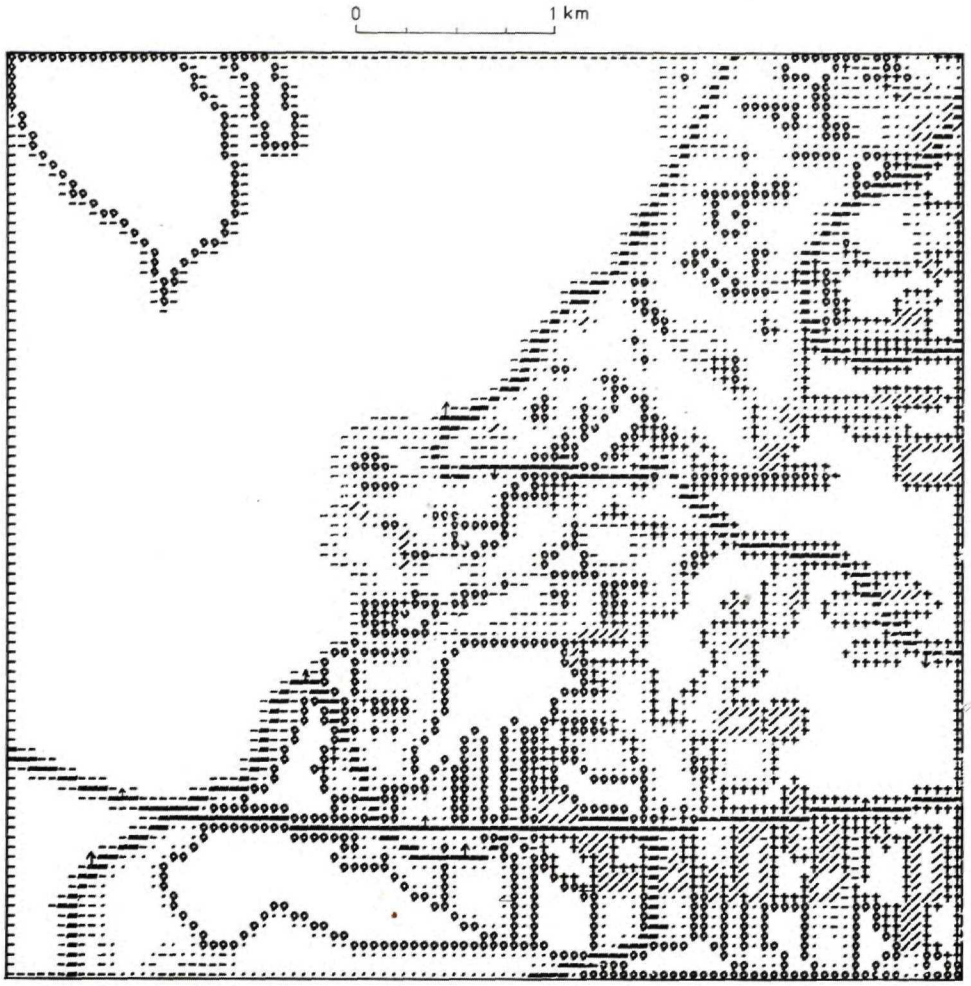
+++++ ÚZEMIE VHODNÉ

..... ÚZEMIE PODMIENEČNE VHODNÉ

----- ÚZEMIE NEVHODNÉ

Obr. 12. Mapa inžinierskogeologickej vhodnosti pre alternatívu A_2 (plochy ohraničené rovnakým znakom vymedzujú rovnaké územné celky).

Poznámka: Mapy na obr. 12 a 13 sú spracované na stolnom kalkulátore WANG 2200 B v jazyku FORTRAN. Program pre ich spracovanie vypracovala RNDr. Z. Rychlíková z Katedry inžinierskej geológie PFUK.



Obr. 13. Mapa optimálneho využitia a ochrany územia (plochy ohraničené rovnakým znakom vymedzujú rovnaké územné celky).

Modernejšie prístupy, založené na komplexnom hodnotení všetkých rozhodujúcich faktorov geologického prostredia, uvažujú aj s tzv. polyfunkčnou optimalizáciou územia. Táto spočíva v kombinácii mapy vhodnosti územia na výstavbu so špeciálnymi rajónovými mapami, ktoré zohľadňujú rozsah a výskyt dôležitých faktorov, ktoré pri využívaní územia často zohrávajú veľmi dôležitú úlohu (napr. poľnohospodárske pôdy, významné ložiská nerastných zdrojov, zdroje minerálnych a pitných vôd atď.).

Výsledným grafickým výstupom v príkladnom riešení je mapa optimálneho využitia a ochrany územia (obr. 13), ktorú sme získali kombináciou mapy vhodnosti územia na urbanistickú výstavbu s mapou výskytu geopotencionálových faktorov.

Členenie územných jednotiek na predmetnej mape v podstate zodpovedá členeniu na mape vhodnosti územia na urbanistickú výstavbu, s tým rozdielom, že každý územný celok je naviac charakterizovaný podľa výskytu geopotenciálových faktorov.

Prirodzene, pre experimentovanie v tejto etape metodického postupu nemôže platiť žiadna záväzná šablóna. Priestor tu dostáva tvorivá aktivita riešiteľov, od ktorej závisí počet zvolených alternatív riešenia, pružné a účelu podriadené menenie vstupných parametrov a s tým súvisiaci stupeň kvality cieľového výstupu.

Literatúra

ČSN 73 1001; 1968: Základová půda pod plošnými základy.

ČSN 73 3050, 1963: Zemní práce.

ČSN 73 0036, 1973: Seizmická zatížení staveb.

HRAŠNA, M. 1981: Kvantitatívne klasifikácie hydrogeologických, geomorfologických a geodynamických javov na inžinierskogeologických mapách. Zb. Inžinierskogeologické problémy horninového a krajinného prostredia v investičnej výstavbe. ČS VTS Košice, 216—228.

Kolektív autorov 1974: Projekt urbanizácie SSR. Urbion, Bratislava.

MATULA, M.—HRAŠNA, M. 1979: Inžinierskogeologické mapovanie a typologická rajonizácia. In: Inžinierskogeologické štúdium horninového prostredia a geodynamických procesov. Vyd. Slov. Akad. Vied, Veda, Bratislava, 261—278.

MATULA, M. 1979: Inžinierska geológia a racionálne využívanie prostredia. Acta Polytechnica — Práce ČVUT Praha, 37—49.

MATULA, M. 1981a: Moderné prístupy v regionálnej inžinierskej geológii. Acta geol. geogr. Univ. Comen., 36, 5—23.

MATULA, M. 1981b: Kvantitatívne klasifikácie hornín na inžinierskogeologických mapách. In: Inžinierskogeologické problémy horninového a krajinného prostredia v investičnej výstavbe. ČS VTS Košice, 200—215.

VLČKO, J. 1981: Optimalizačná analýza v inžinierskogeologickom hodnotení pohronského metropolitného regiónu. Kand. dizert. práca. PFUK, Bratislava, 1—155.

JÁN VLČKO

Optimization Analysis in Engineering-Geological Study of the Pohronský Metropolitan Region

Summary

The author describes methods of automatized treatment of optimization analyses applied in the study of a part of the Pohronský metropolitan region resulting in a map 1 : 25 000. The description only concerns basical operations.

The optimization analysis consists of four stages (Fig. 1). The stage C is most important (Fig. 3). It comprises logical-mathematical operations proper.

The search for optimum use of the area of interest was based on three alternatives. The process of decision comprised eight selected factors of the geologic environment (Fig. 4). They are most significant for the realization of the selected alternatives.

The graphic outputs of the stage C are three alternative maps of engineering-geological suitability (Fig. 12). They were treated by computer. By superposition of the maps the map of suitablity for urban constructions was made and its combination with the map of geoenvironmental potentials resulted in the stage D in the map of optimum landuse and geoenvironmental protection of the area (Fig. 13).

Explanations to Figures 12 and 13

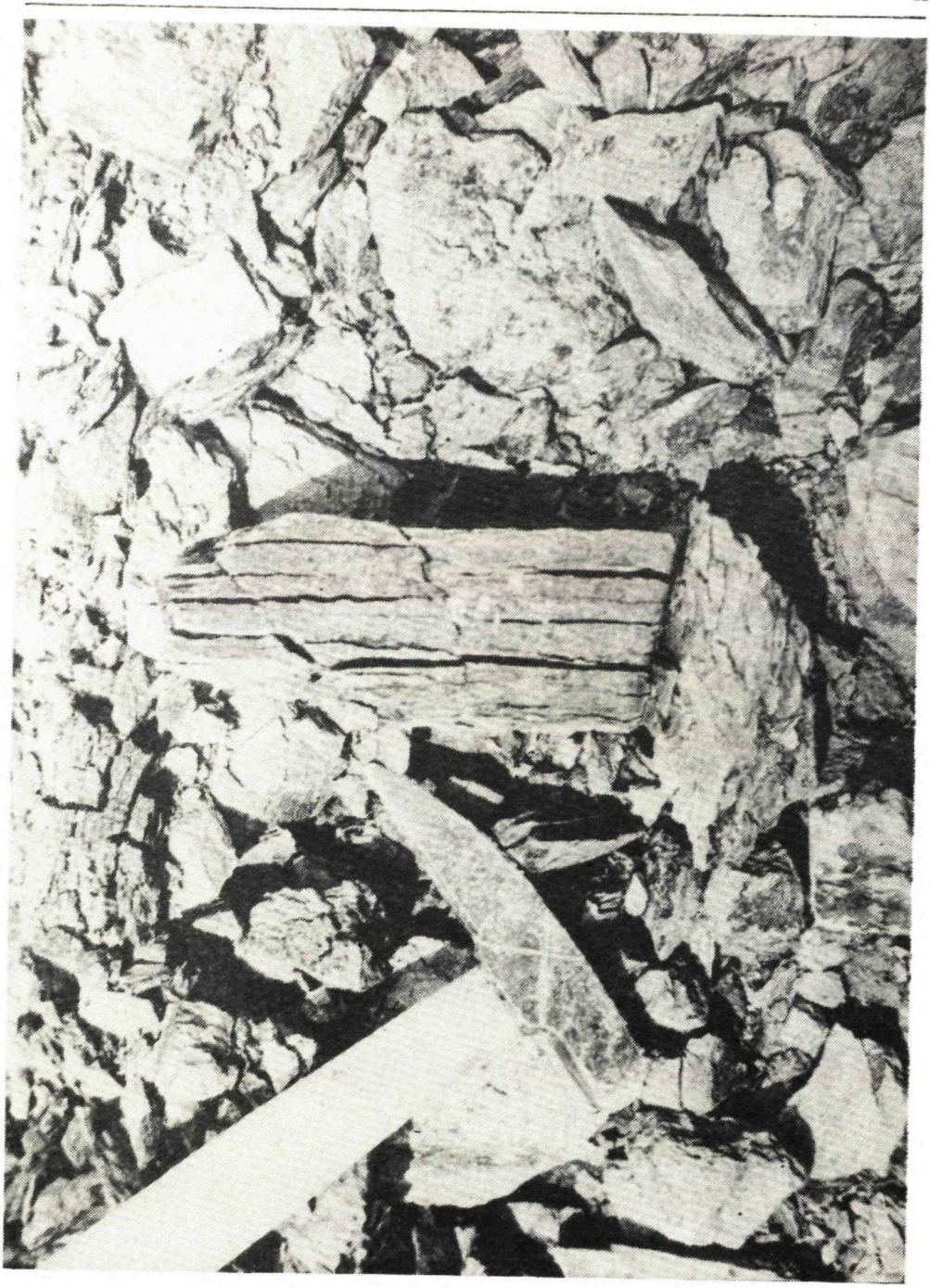
Fig. 12. Map of engineering-geologic suitability for alternative A_2 (surfaces bordered with equal symbol delimitate respective areas).

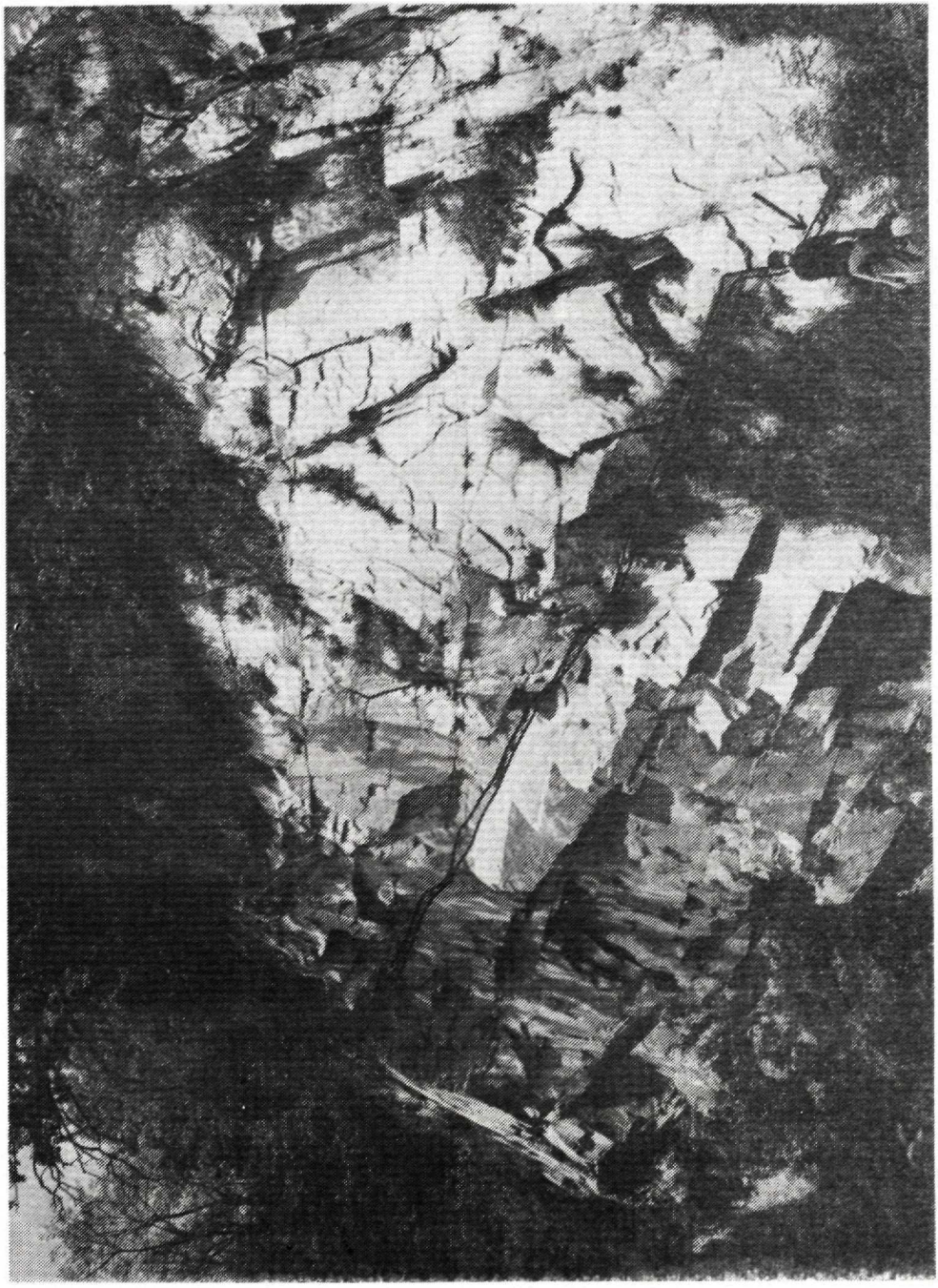
Fig. 13. Map of optimum landuse and geoenvironmental protection (surfaces bordered with equal symbol delimitate respective areas).

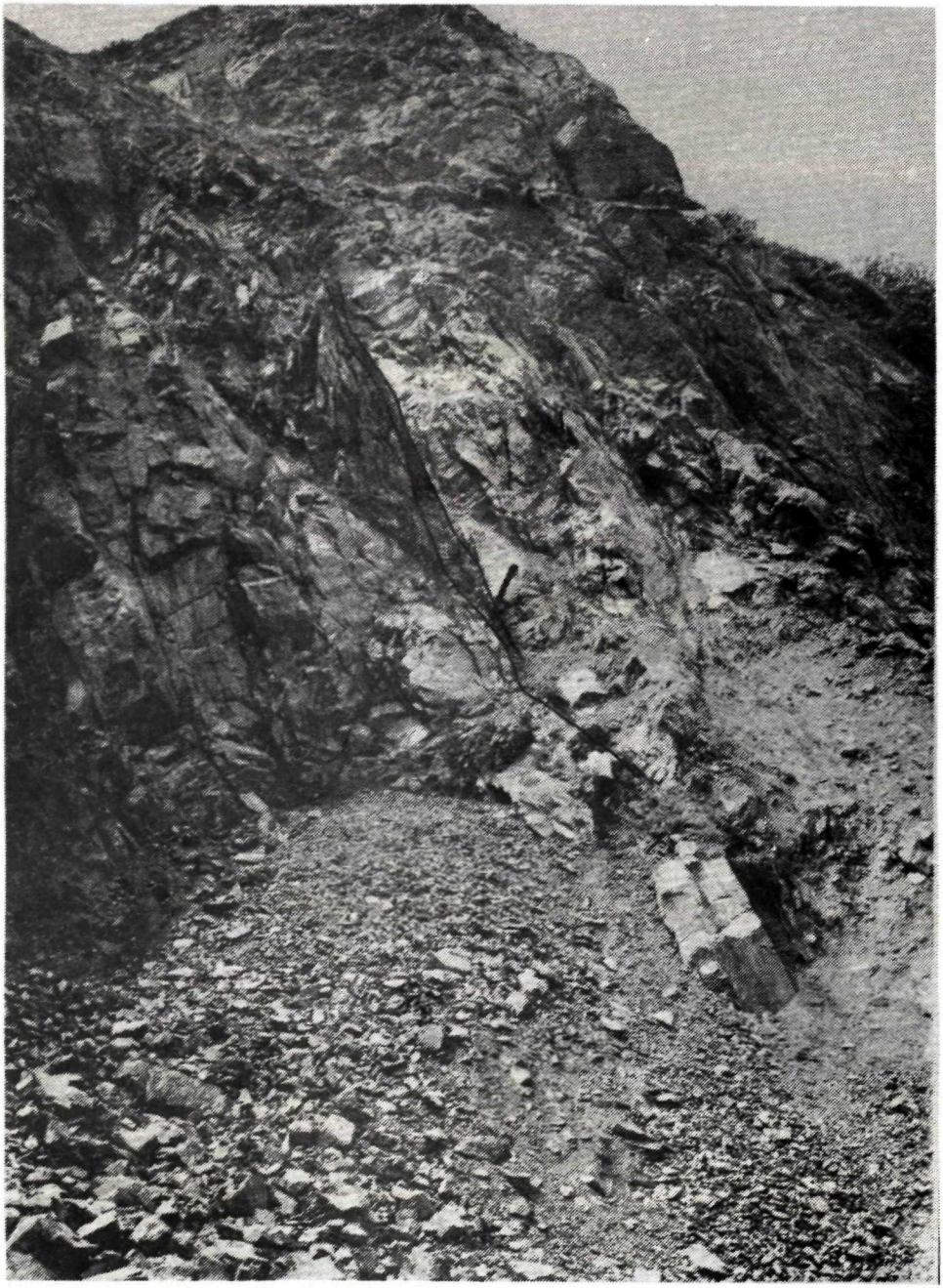
Remark: Maps (Fig. 12 and 13) were treated by table calculator WANG 2200 B in FORTRAN. The program was prepared by Z. Rychlíková from the Department of Engineering Geology at Faculty of Natural Sciences of the Comenius University in Bratislava.

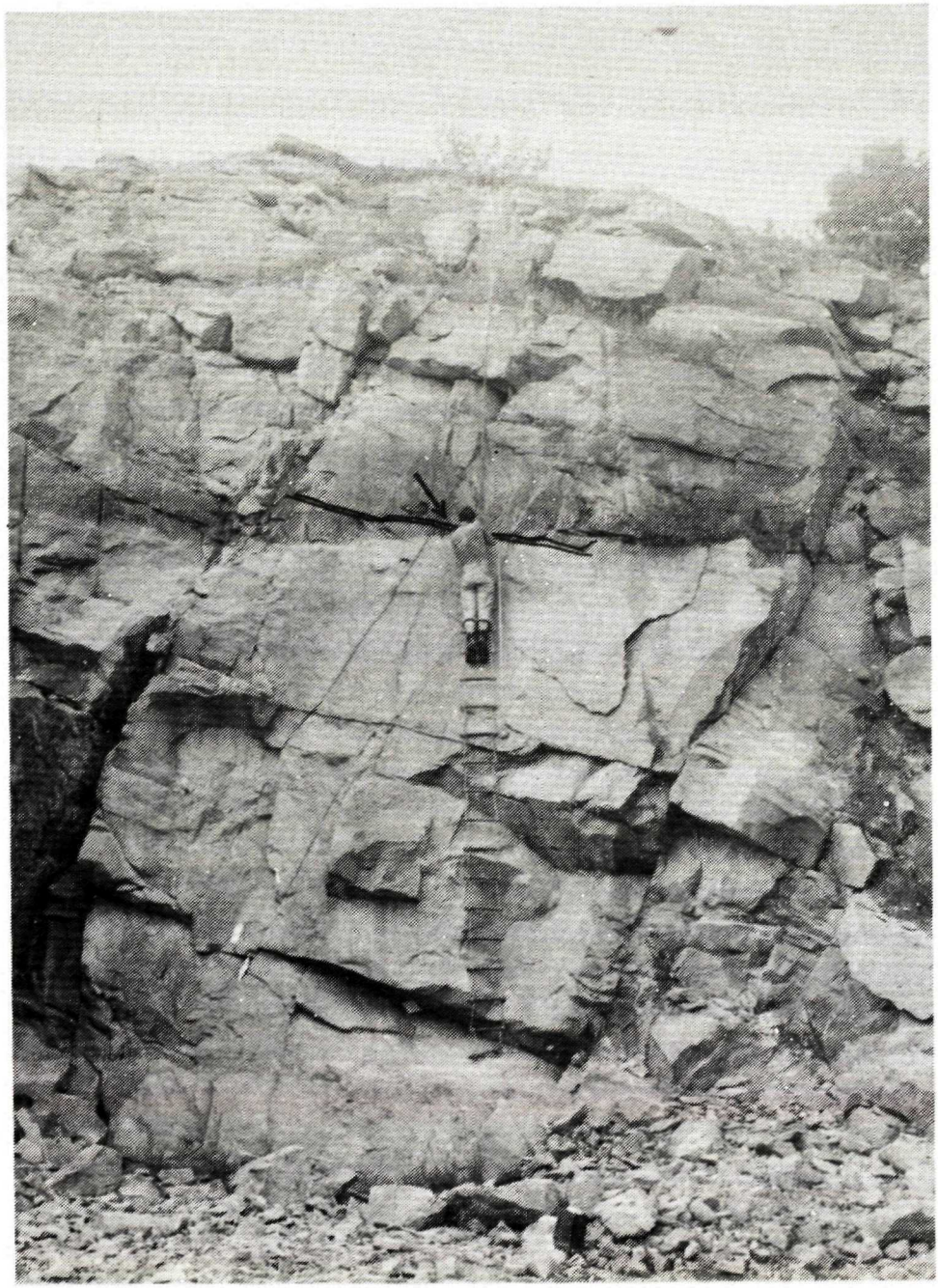
FOTOGRAFICKÁ PRÍLOHA

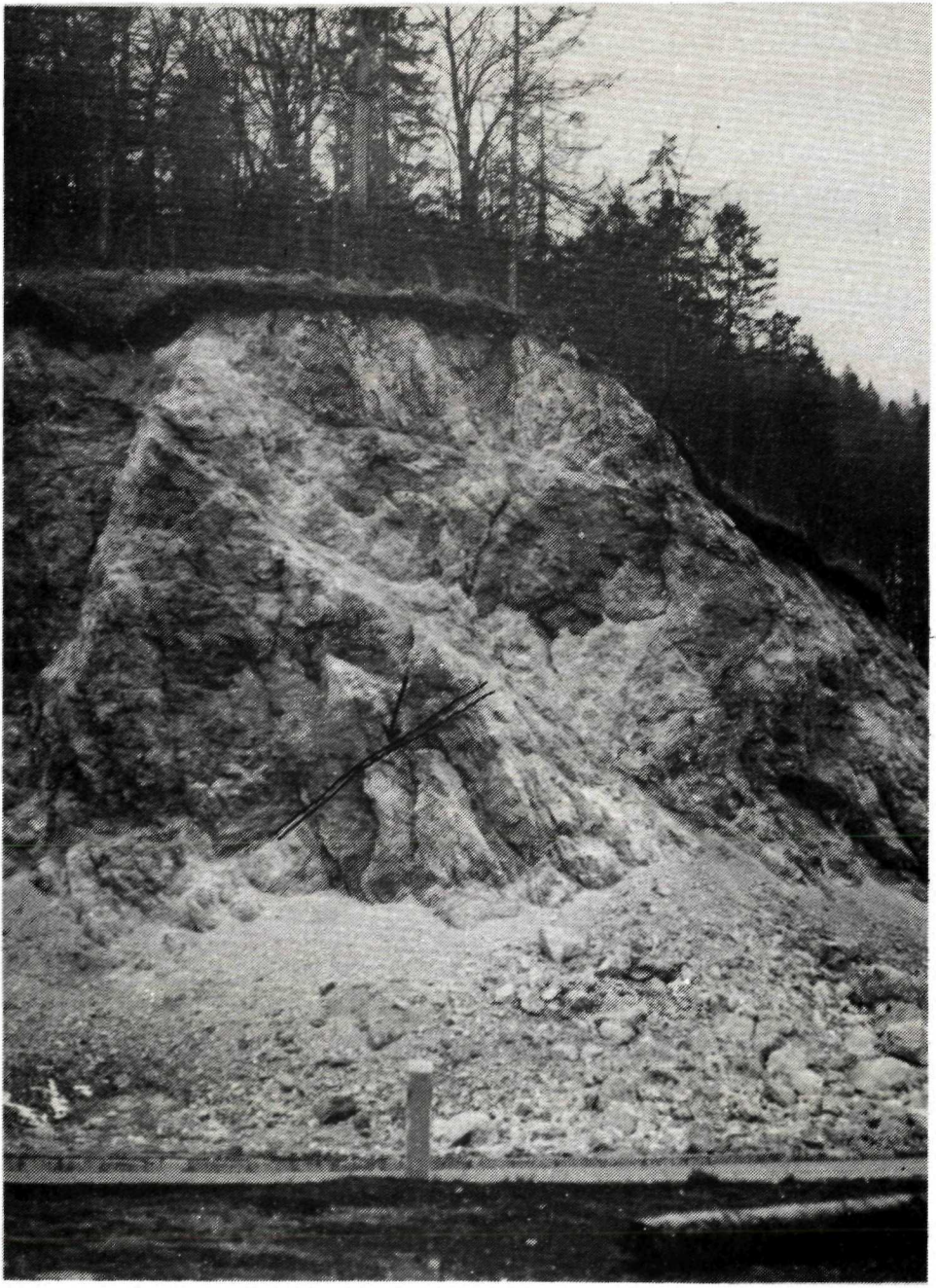
PHOTOGRAPHS

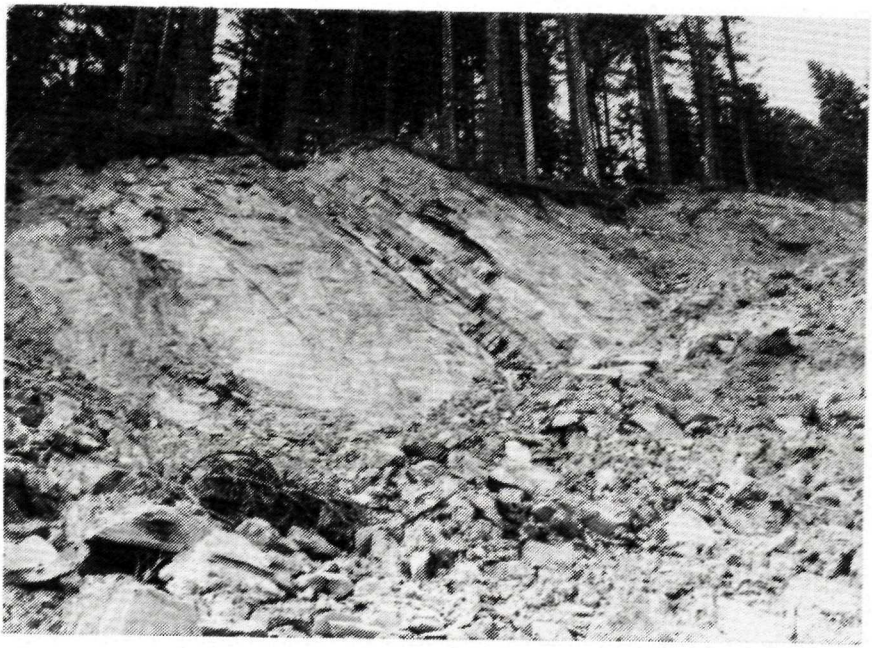


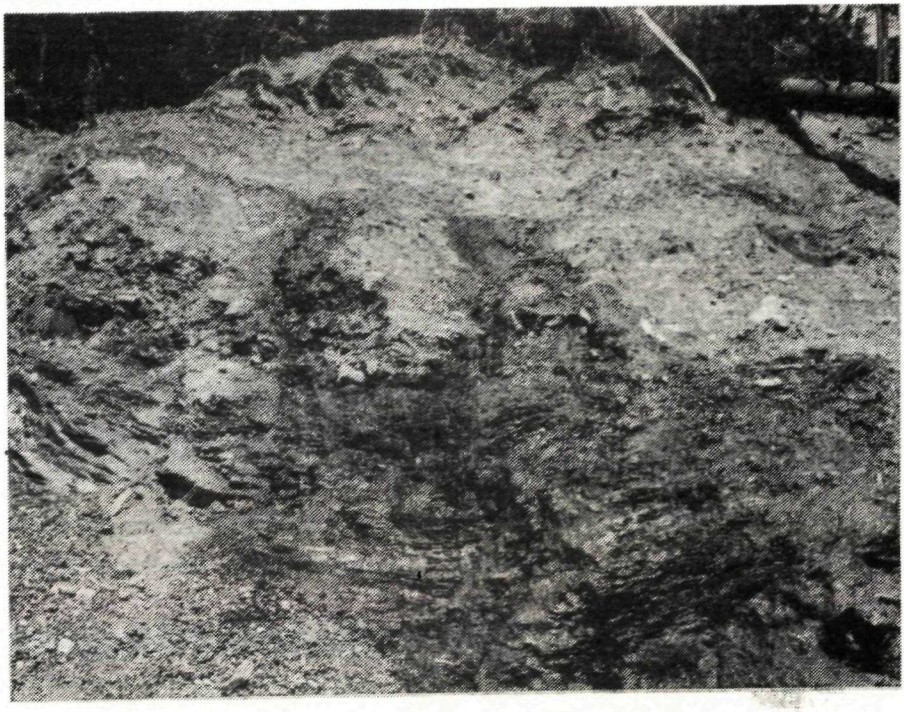


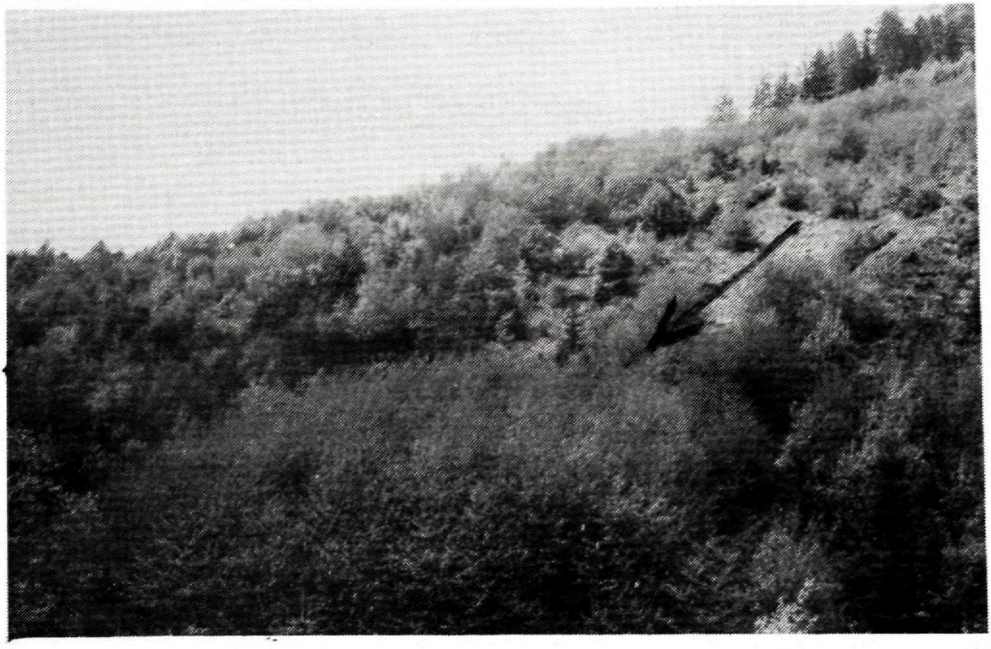












In the periodical ZÁPADNÉ KARPATY (West Carpathians) so far the folloving articles have been published in the series HYDROGEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY

Vol. 1 – 1975

HANZEL, V.: Ground waters of the Choč mantle and the Veľký Bok series on the north-east slopes of the High Tatras
KULLMAN, E. – ZAKOVIČ, M.: The Choč mountain range hydrogeology
ŠKVARKA, L.: Zvodnené zlomové línie v oblasti neovulkanitov Slovenska

Vol. 2 – 1980

KULLMAN, E.: L'hydrogéologie du Quaternaire et des parties supérieures de Néogène de la plaine Záhorská
GAZDA, S.: Hydrogeochemical conditions of the Záhorská nížina Lowland
ŠKVARKA, L.: Hydrogeological conditions in the Žiarska kotlina depression
ZAKOVIČ, M.: Hydrogeological conditions in the Paleogene of the Levočské vrchy mountains

Vol. 3 – 1980

KULLMAN, E.: L'evaluation du regime des eaux souterraines dans les roches carbonatiques du Mésozoique des Carpates Occidentales par les courbes de tarissement des sources
FRANKO, O.: Geothermal Energy Resources in Slovakia (Problems, methods and results of research)
GAZDA, S. – HANZEL, V.: Influence of natural factors on chemical properties of groundwaters in the West Carpathians
ZAKOVIČ, M.: La caracteristique de la perméabilité des sédiments paléogène de la Slovaquie

Vol. 4 – 1982

MELIORIS, L. – VASS, D.: Hydrogeological and geological conditions in Levice hydrogeological structure
KULLMAN, E.: Hydrogéológie des montagnes de Galmus
FRANKO, O. – MICHALÍČEK, M.: Iodin-bromidine waters of Slovakia
FRANKO, O. – ZAKOVIČ, M. – BODIŠ, D.: Minerals waters of Zvolenská pahorkatina (upland)

Vol. 5 – 1984

HANZEL, V. – GAZDA, S. – VAŠKOVSKÝ, I.: Hydrogeology of the southern part of the Vysoké Tatry Mts. and of their foreland

Vol. 6 – 1985

MODLITBA, I. – JEDLA, P. – KLUKANOVÁ, A. – KOVÁČIK, M.: Engineering-geologic Conditions in NE part of Košice Town Region
HOLZER, R. – HRUŠKOVÁ, A. – KOVÁČIK, M. – MODLITBA, I. – TURAN, J.: Fhysical-Mechanical Properties of Joint Fillings
JÁNOVÁ, V. – KOVÁČIK, M. – MODLITBA, I.: Slope Deformations on Locality Zázrivá – Veľká Havrania
VLČKO, J.: Optimization Analysis in Engineering-Geological Study of Metropolitan Region of Pohronie

Tem. skup. 03/9
Cena brož. 25,— Kčs