

## TRASE IN IZOSTRATE NA GEOLOŠKI KARTI

*Nikola Drakulić*

Z 12 slikami med tekstem

Vzporedno z napredkom na različnih geoloških področjih in z razvojem znanosti vobče je potrebno izpopolnjevati načine za ponazarjanje dejstev in elementov novih ugotovitev.

V primerjavi z drugimi naravoslovnimi vedami je ta potreba za geologijo še posebno pomembna, ker se sinteza znanja o geološki zgradbi določenega območja zrcali v prvi vrsti v geološki karti, geoloških profilih in drugih grafičnih ponazoritvah.

Geološka karta je najustreznejša slika geoloških razmer določenega območja, ker vsebuje vse tri komponente geološke zgradbe: sestavo — kot materialno, zlog — kot prostorsko in starost (relativno starost formacij in zaporedje geoloških dogajanj) — kot časovno komponento. Sestava, zlog in čas so popolnoma enakovredni elementi geološke zgradbe. Zato jim moramo pri regionalnih geoloških študijah posvetiti enako pozornost tako pri terenskih raziskovanjih kakor tudi pri obdelavi zbranih podatkov in vzorcev ter pri končni ponazoritvi. O njihovi večji ali manjši važnosti moremo govoriti le v primerih, kadar gre za raziskave v čisto določene namene, kot npr. v praktični geologiji, kjer je vprašanje starosti povečini manjšega pomena. Vsakega od navedenih treh elementov vrisujemo na geološko karto z ustrežno kombinacijo barv, označb in simbolov po predpisih, prvotno določenih z JUS, pozneje pa z navodilom za izdelavo osnovne geološke karte. Grafično ponazarjanje sestave in starosti geoloških formacij je že povečini tradicionalno, ker so pri nas tudi v preteklosti skrbno gojili znanstvene discipline kot so mineralogija, petrografija, stratigrafija in paleontologija. Zato se dajo vsa nova odkritja na teh geoloških področjih lahko in hitro vključiti v ustrezno geološko vejo.

Nasprotno sestavi in starosti pa v detajlnem raziskovanju zloga nimamo omembe vredne tradicije. Tako rekoč vse izkušnje so novejšega datuma, ker je tudi sama veda o zlogu relativno mlada. Zato so se pri sestavljanju JUS in navodila za izdelavo osnovne geološke karte posebej trudili, da bi našli označbe, ki bi ustrezale dosedanjemu znanju o zlogu. Vzporedno kot narašča raven znanja in se razširjajo površine, ki jih je treba preučiti za osnovno geološko karto SFRJ, se kaže tudi potreba po popolnejših in sodobnejših načinih ponazarjanja različnih tektonskih elementov. Pri tem imajo vidno vlogo trase in izostrate.

Do nedavnega smo se pri nas pri preučevanju geološke zgradbe povečini omejevali na določevanje starosti in sestave različnih geoloških

enot, zlogu pa smo posvečali daleč manjšo pozornost. Opis zloga je bil povečini omejen na kratke pripombe ali premalo utemeljene in često samovoljne regionalne sklepe, na geoloških kartah pa so bile strukturne značilnosti označene z nekaj znaki vpadov plasti in z nekaterimi prelomnicami. Vzrokov za to je več, glavni pa je v napačnem pojmovanju geološke zgradbe (nerazumevanje za enakovrednost njenih komponent) in v pomanjkanju znanja o zlogu, kar se da za preteklo dobo opravičiti. Pa tudi danes se še pri regionalnih geoloških preučevanjih zlog tu in tam zapostavlja, čeprav je bil v zadnjem času dosežen določen napredek.

### **Definicija trase in klasifikacija geoloških ploskev**

Presečnico dveh ploskev, ki jo opazujemo z ene izmed njiju, na splošno imenujemo traso; to ime velja, v širšem pomenu, tudi za projekcijo presečnice, če obenem z njo rišemo samo eno izmed ploskev, ki se sekata. Petek trase je odvisen od oblike in položaja obeh ploskev, ki jo določata.

Kadar govorimo o trasah na geološki karti, mislimo na presečnice terenskega površja z geološkimi ploskvami, tj. z različnimi površinami, ki obstajajo v kompleksu kamenin. Presečnice vedno opazujemo s površja terena, na geološki karti pa jih rišemo kot pravokotne projekcije, enako kot vse druge geološke podatke, ki jim za podlago uporabljamo topografsko karto. Tako upodobljene trase so ali premice ali krive črte; premica nastane v primerih, ko sta geološka ploskev in terensko površje ravnini, ali ko je ena od njiju vertikalna ravnina, v splošnem torej takrat, ko njuna presečnica leži v vertikalni ravnini, v vseh drugih primerih pa dobimo krive črte. Po tej definiciji ima svojo traso vsaka geološka ploskev, ki pride na površje zemlje. Zaradi skladnosti terena in karte bi morali vsako traso vnesti v karto, vendar je to včasih težko včasih pa celo nemogoče. Na večini geoloških kart so običajno vrisane le trase geoloških meja in prelomov, pa še te ne vedno tako, da bi po svojem položaju in obliki ustrezale geometrijski zakonitosti. Da bi mogli oceniti, katere geološke ploskve je možno izraziti s trasami, na kakšen način in pod kakšnimi pogoji, moramo poznati njihove posebnosti in jih klasificirati. Med geološke ploskve štejemo meje geoloških enot, prelome, plastovitost, foliacijo, razpoke, klivažo in aksialne ploskve gub. Njihova klasifikacija je odvisna od različnih kriterijev, predvsem od dimenzije, pogostnosti, oblike in geološkega pomena.

Po dimenziji razlikujemo na določenem raziskovalnem prostoru, ne glede na njegovo velikost, majhne in velike geološke ploskve. Majhne imajo lokalni pomen in jih na geološki karti ne moremo vrisati skladno z njenim merilom kot trase, temveč le s standardnimi znaki za označevanje vektorjev vpadov. Velike geološke ploskve pa moramo nanesti na karto kot trase. To zahtevo je treba izpolniti, kadar je to le možno (npr. plastne površine sedimentov je bolje prenesti na karto v obliki tras ustrezno izbranih plasti kot pa s standardnimi znaki).

Po pogostnosti ločimo dve skupini geoloških ploskev; prve nastopajo na določenem prostoru le posamezno ali v omejenem številu (geološke

ploskve omejene pogostnosti), medtem ko so druge zastopane množično (geološke ploskve neomejene pogostnosti). Vse geološke ploskve prve skupine, kamor štejemo meje geoloških enot, dislokacije in aksialne ploskve večjih nagubanih struktur, kakor tudi večje razpoke, bi morali vnesti na geološko karto s posameznimi trasami (to se v glavnem tudi izvaja, z izjemo aksialne ploskve gub). V drugi skupini, kamor spadajo plastovitost, foliacija razpoke in klivaža, pa je s terenskim raziskovanjem možno določiti samo del geoloških ploskev, pa še teh zaradi prostora ne moremo vseh označiti na karti. Zato je treba izmed njih izbrati primere, ki prostorsko in morfološko ustrezajo srednjim vrednostim množice, in samo te posamezne predstavnike vnesti na karto kot trase (tako imenovane izbrane trase). Tega načina prenašanja geoloških ploskev neomejene pogostnosti na karto doslej pri nas nismo uporabljali, temveč smo plastovitost in foliacijo usedlin in metamorfnih kamenin označevali s standardnimi znaki za posamezne merjene vpade ali za lokalne statistične vrednosti.

Kljub raznovrstnosti geoloških ploskev in njihovim različnim medsebojnim prehodom jih lahko razdelimo na dva osnovna tipa: enostavnega in sestavljenega. Pripadnost prvemu ali drugemu tipu je odvisna od tega, ali imajo geološke ploskve pravilne geometrijske oblike ali ne, oziroma, ali jih po metodah opisne geometrije lahko prikažemo s trasami ali ne. To ima za posledico, da sta pri izdelavi geoloških kart potrebna dva postopka in ustrezen kriterij za interpretacijo struktur, označenih na kartah.

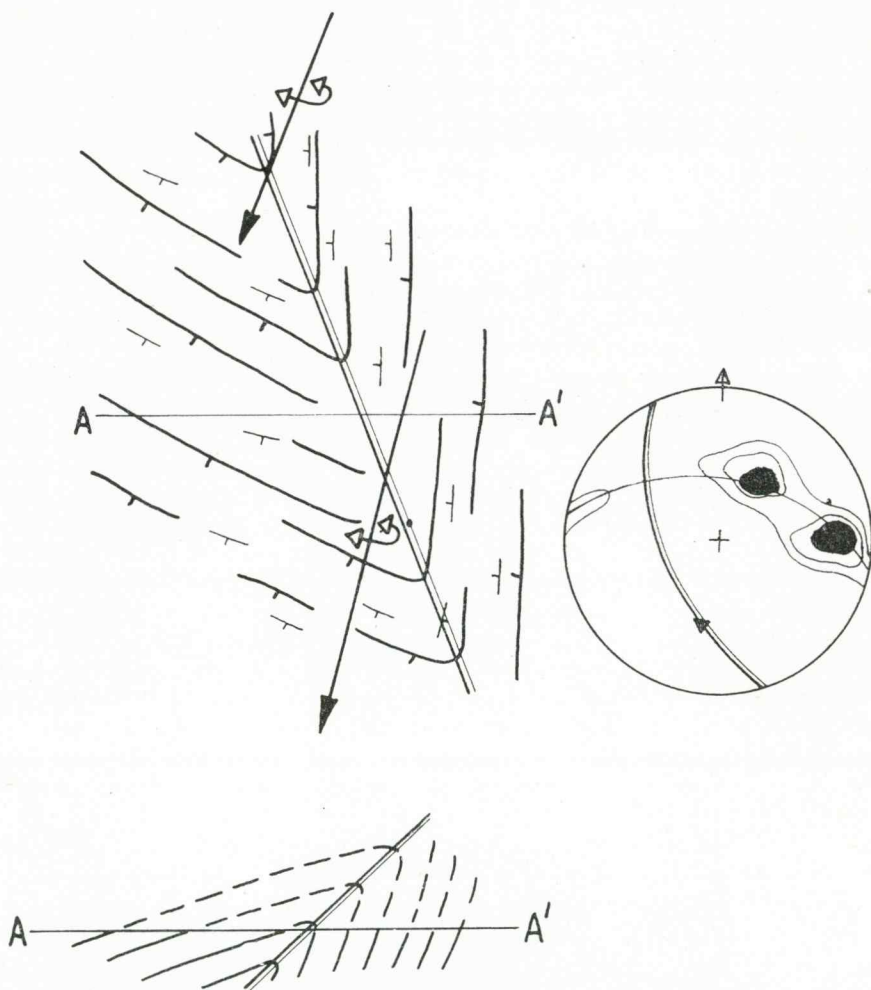
Večino geoloških ploskev lahko približamo ravninam, tj. najenostavnejšim ploskvam, bodisi da gre za geološko ploskev v celoti ali vsaj za njen tako velik del, da ga na geološki karti lahko podamo v pravi velikosti. V tem pogledu so najidealnejše aksialne ploskve gub, pa tudi dislokacije, razpoke in klivaža. Ploskve plastovitosti in foliacije so po večini valovite, vendar jih kljub temu lahko v mnogih primerih delno nadomestimo z ravninami in prikažemo s trasami; tudi če predstavljajo nagubane strukture višjih simetrij (rombične in monoklinske), je često možno s trasami označiti njihovo pravo obliko, tj. brez aproksimacije sistemom ravnin. Kadar torej gre za presečnice ravnin ali enostavnih, pravilnih geoloških ploskev s površinskim reliefom, velja za trase na geološki karti geometrijska zakonitost, ki se da kontrolirati. To nam daje naslednji dve možnosti (pod pogojem, da za ustrezne geološke ploskve imamo vse potrebne podatke):

1. da kontroliramo položaj in obliko tistih tras, ki smo jih dobili z neposrednim terenskim opazovanjem (konkordantne meje zaporedja plasti, večji prelomi in razpoke),

2. da po ustrezni metodi opisne geometrije vnesemo nove trase, ki smo jih v naravi opazili, vendar jih nismo mogli kontinuirno spremljati (aksialne ploskve gub, plastovitost, foliacija, klivaža; konkordantne meje zaporedja plasti, večji prelomi in razpoke na krajih, kjer so pokriti ali jih le domnevamo).

Erozijsko diskordantne površine (prek izrazitega reliefa), meje med različnimi vrstami kamenin v magmatskih masivih ter plastovitost in

foliacija v triklinsko nagubanih zaporedjih plasti so povečini nepravilno ukrivljene ploskve, morfološko tako komplicirane konstrukcije, da jih tudi z najbolj grobim približevanjem ne moremo nadomestiti z ravninami, niti z drugimi enostavnimi ploskvami. Zato jih s trasami ne moremo označiti po metodah opisne geometrije, temveč le z neposrednim opazovanjem terena. Za tako določene trase sicer tudi velja geometrijska zakonitost, ki je pa praktično kabinetsko ni mogoče kontrolirati. Z na-

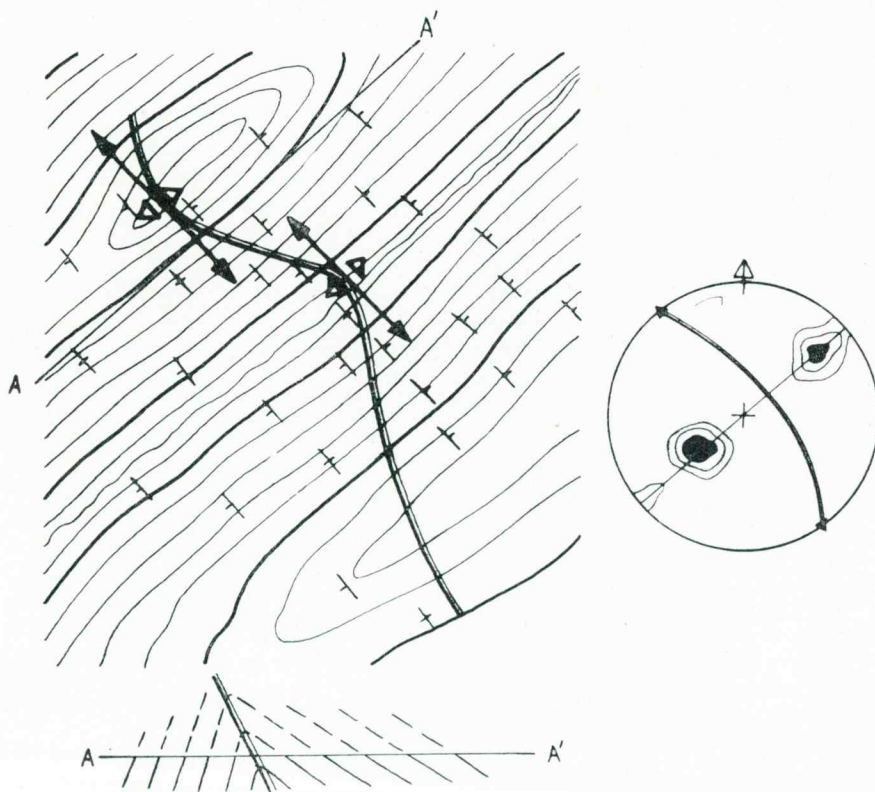


Sl. 1. Prevrnjena antiklinala na horizontalnem terenu; njena os vpada pod večjim kotom. Na skici je struktura prikazana z znaki za vpad plasti, s trasami plasti, s traso aksialne ploskve in z osmi gub dveh plasti, na profilu s trasami plasti in s traso aksialne ploskve ter na diagramu z očitano koncentracijo polov ploskev plastovitosti, s polom osi B, s krogom  $\pi$  in s traso aksialne ploskve.

knadno analizo položaja trase glede na površinski relief lahko dobimo le približno predstavo o prostorski sliki ustrezne geološke ploskve ali o obliki določenega magmatskega telesa.

Če upoštevamo, kar smo prej napisali o obliki geoloških ploskev in njihovem vplivu na geološko karto, moramo opozoriti, da morfološke značilnosti določene geološke ploskve lahko razberemo edino le s preučevanjem trase na geološki karti (npr. s preučevanjem erozijsko diskordantne geološke meje, določene z neposrednim kartiranjem), medtem ko se v drugačnih razmerah trasa vnese samo v primeru, če je znana oblika geološke ploskve (npr. oblika geoloških ploskev neomejene pogostnosti, ki se vnašajo na karto z izbranimi trasami), kar je zelo pomembno tako za pravilno izdelavo geološke karte kakor tudi za njeno smotrno uporabo.

Določene geološke ploskve imajo pri nanašanju na geološko karto prednost pred drugimi zaradi svojega pomena za razlago zloga. Prvo



Sl. 2. Poševna antiklinala s horizontalno osjo, odkrita v erozijskem useku, pravokotnem na smer plasti. Struktura je na skici prikazana z znaki za vpad plasti, s traso aksialne ploskve in z osmi gub dveh plasti, na profilu s trasami plasti in s traso aksialne ploskve ter na diagramu z očrtano koncentracijo polov ploskev plastovitosti, s poli osi B, krogom  $\pi$  in s traso aksialne ploskve.

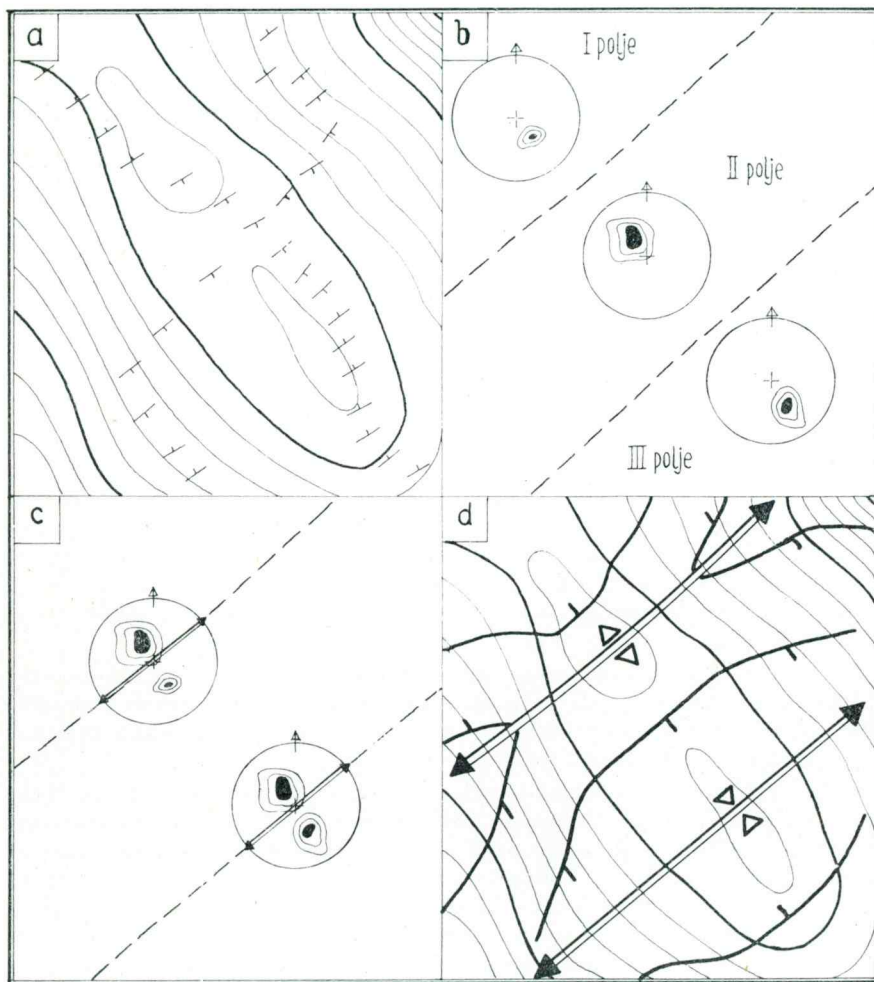
mesto gre vsekakor geološkim mejam, ki ločijo kartirane litološke enote, določajo njihovo obliko, položaj in medsebojno razmerje, poleg tega pa nam omogočajo, da vidimo osnovne obrise zloga. Prvenstveno vlogo imajo tudi druge geološke ploskve z omejeno pogostnostjo, oziroma dislokacije in aksialne ploskve velikih gub, ker se v njih odražajo najpomembnejše disjunktivne in plikativne oblike litokronoloških enot. Po pomembnosti pridejo nato geološke ploskve z neomejeno pogostnostjo, in sicer za usedline in metamorfne kamenine najprej plastovitost in foliacija ter nato klivaža in razpoke, za magmatske kamenine pa foliacija, klivaža in razpoke. Te geološke ploskve lahko mnogo pripomorejo k popolnejši sliki zloga, če so prikazane kot trase.

Posebej se moramo ukvarjati z aksialnimi ploskvami gub in z njihovim pomenom za pojasnitev zloga. Dejstvo je, da aksialnih ploskev doslej skoraj nikoli nismo označevali na geoloških kartah. Plikativne oblike smo označevali samo z osmi B (pa še to ne vedno) in s standardnimi znaki za označevanje vpadov plasti na krilih (v glavnem). Na ta način je bila aksialna ploskev zanemarjena v primerjavi z osjo B, kar seveda ni prav, ker vsak od teh elementov označuje posebne lastnosti določene strukture in posebne značilnosti zloga sploh. Aksialna ploskev ima kot ravnina celo določene prednosti pred osjo B kot linearnim elementom zloga, kar se na geološki karti lahko različno odraža (sl. 1 in 2). V vsaki polovici gube je samo ena aksialna ploskev, ki ima svoje stalno mesto in položaj v prirodi (kjer se pojavlja kot trasa) in zato tudi na geološki karti (kjer je tudi označena kot trasa), medtem ko serija plasti, nagubanih v isti polovici gube, vsebuje toliko osi, vzporednih med seboj, kolikor je plasti (osi se v prirodi povečini pojavljajo kot preboji skozi površino reliefa). Vseh osi ne vnašamo na karto (v obliki projekcij), temveč le nekatere, običajno pa samo eno. Aksialna ploskev vsebuje vse te osi in obenem predstavlja simetrijsko ploskev kril gube. Njena trasa na geološki karti kaže vergenco gube in razmejuje krilna območja; pri tem je ali vzporedna s trasami nagubanih plasti (pod izjemnim pogojem, da je os B vzporedna s površino terena), ali pa jih seče v slemenu gube. Nasprotno ima lahko os B zelo različne položaje napram trasam plasti in trasi aksialne ploskve; često pa ji povsem nepravilno pripisujejo vlogo trase aksialne ploskve, in jo označujejo na geološki karti tako, da spaja slemena nagubanih plasti tudi v primerih, ko to geometrijsko ni opravičljivo. Glede na pomen, ki ga imata za interpretacijo zloga os B in aksialna ploskev, je potrebno na geološki karti označiti oba ta elementa.

Geološke ploskve lahko klasificiramo tudi po drugih kriterijih, npr. po genetskem razmerju do matičnih kamenin (primarne geološke ploskve so nastale istočasno kot kamenine, sekundarne pa kot posledica različnih deformacij) in po njihovem materialnem bistvu (resnične in imaginarne).

### Nanašanje tras na geološko karto

Geološka karta je vsota vseh podatkov, tako tistih, ki smo jih zbrali neposredno na terenu in po njegovih slikah (fotogramih), kakor tistih, ki smo jih dobili posredno z raznimi analizami (strukturno statističnimi,



Sl. 3. Postopno določevanje izbranih tras:

a) terenska geološka karta litološko in stratigrafsko enostavne formacije; označene so posamezne meritve vpadov plasti, po katerih se območje deli na tri homogena polja,

b) konturni diagrami ploskev plastovitosti za posamezna polja, ki dajejo srednje elemente vpadov plasti v vsakem polju,

c) konturna diagrama plastovitosti za po dve sosednji polji, ki določata elemente vpadov aksialnih ploskev in osi B strukture,

d) končna geološka karta, na kateri so strukture prikazane z izbranimi trasami, s trasami aksialne ploskve in s projekcijami osi B gub.

petrografskimi, kemijskimi, paleontološkimi idr.). Isto velja za vsak posamezen del geološke zgradbe. Tudi trase geoloških ploskev nanašamo na karto neposredno s prenašanjem terenskih opazovalnih točk ali s prerisavanjem tras, vidnih na aeroposnetkih, in posredno po metodah opisne geometrije.

Geometrijske metode posrednega prenašanja na geološko karto lahko uporabimo v primerih, ko geološke ploskve ustrezajo naslednjim pogojem:

1. po velikosti morajo ustrezati merilu geološke karte, da jih lahko realno prikažemo,
2. morajo imeti enostavne, geometrijsko pravilne oblike ali nasploh oblike, ki jih je možno določiti,
3. imeti morajo odločilno ali zelo pomembno vlogo v zlogu,
4. za določitev njihovega položaja v prostoru moramo imeti dovolj podatkov.

Če geološke ploskve z omejeno pogostnostjo ustrezajo vsem navedenim pogojem, potem že znane ploskve geometrijsko kontroliramo, nove pa izrišemo. V primeru, da določeno traso kontinuirno vidimo na aeroposnetku ali smo jo na terenu detajlno določili po »metodi sledenja kontakta«, je njena označba na geološki karti tako natančna, da jo je treba geometrijsko le še kontrolirati (npr. prelome in konkordantne geološke meje).

V primeru pa, da določene geološke ploskve na terenu ne moremo opazovati kontinuirno, ali jo samo kabinetško lahko v celoti določimo (kar velja posebno za aksialne ploskve gub), njeno traso lahko pravilno izrišemo samo po metodah opisne geometrije.

Pod ugodnimi pogoji glede velikosti, oblike in položaja lahko geološke ploskve z neomejeno pogostnostjo prikažemo na geološki karti po metodah opisne geometrije z izbranimi trasami namesto s standardnimi znaki za merjene elemente vpada. V praksi pri izbiri tras običajno ni težav, treba pa je paziti pri določitvi lokacij in srednjih vrednosti izbranih tras (sl. 3). Najprej razdelimo celotno raziskovalno območje na homogena polja, tj. na dele, kjer se merjeni elementi vpada le malo razlikujejo drug od drugega. Nato za vsako polje določimo srednje (statistične) elemente vpadov geoloških ploskev; najprimernejša metoda zato je odbiranje maksimumov polov na Schmidtovi mreži. Na ta način orientiramo geološke ploskve, ki predstavljajo posamezne dele območja. Končno izberemo najugodnejše lokacije geoloških ploskev, oziroma njihovih tras. Te lokacije so lahko vnaprej določene z litološkimi in drugačnimi značilnostmi polj in z vidljivostjo tras na aeroposnetkih ali pa jih je treba določiti v odvisnosti od oblike in površine polj. Priporočljivo je s trasami označiti tiste »vnaprej določene« plasti, ki se od drugih členov zaporedja razlikujejo po določeni značilnosti (sestava, barva, favna idr.), a jih zaradi premajhne debeline ni mogoče vrisati na geološki karti kot posebej kartirane enote. Če polje fotogeološko ni enotno, temveč se na posnetkih posebej odražajo le posamezne plasti (odpornejše proti eroziji, z bujnejšo ali siromašnejšo vegetacijo idr.), tedaj njihove trase določajo lokacije izbranih tras. Če

lokacija izbrane trase geološko ni vnaprej določena, ker je zaporedje plasti enolično, je najprimerneje postaviti eno traso po sredini polja, poleg nje pa še dve ali več tras v enakih razdaljah (če je površina polja velika). Pri tem je dolžina vsake trase odvisna od obsega polja in zato vsebuje geološka karta, izdelana po teh načelih, več relativno kratkih nezveznih tras (če bi bile zvezne, bi bil izpolnjen eden izmed glavnih pogojev, da se izbrane trase nadomeste z izostratami). Pri izbiranju tras se je seveda treba izogibati subjektivnega ocenjevanja in pretiranega posploševanja, ki vodi do shematiziranih in netočnih geoloških kart.

Geoloških ploskev z neomejeno pogostnostjo ne moremo vedno prikazati z izbranimi trasami Vzrokov za to je več; najpogostnejši pa je v tem, da ne poznamo zadosti strukture, in zato tudi ne morfologije geoloških ploskev. Vzrok za to pa je v pomanjkanju podatkov o tektoniki bodisi zaradi pokritega terena ali zaradi preredkih opazovalnih točk. Zato moramo na strukturno kompliciranih terenih podrobneje raziskovati in zbrati mnogo več podatkov kakor v tektonsko enostavnih območjih. V pokritih terenih niti ne moremo pričakovati nadrobnih podatkov o zlogu in vobče o geološki zgradbi in je zato pogosto težko opredeliti tektonske deformacije, zlasti še konkretne disjunktivne in plikativne oblike. Izjemoma se primeri, da zaradi zelo kompliciranih oblik niti precizno določenih geoloških ploskev ne moremo prikazati v obliki tras po metodah opisne geometrije, ali pa je to možno le približno. V takem primeru situacijo označimo na drug način — z ustrezno kombinacijo različnih tektonskih znakov.

V vsakem primeru je zelo priporočljivo, da geološke ploskve neomejene pogostnosti naneseemo na geološko karto z izbranimi trasami, če je to le mogoče. S tem bo geološka karta pridobila raznovrstne prednosti v primerjavi z dosedanjimi kartami:

1. Bo mnogo bolj slikovita in pregledna, tako da bo že na prvi pogled možno opaziti posamezne strukturne oblike, vsaj v osnovnih črtah. Medsebojno razmerje tektonskih elementov bo mnogo bolj razumljivo, ker bo možno spremljati položaj in orientacijo geoloških ploskev, ki oblikujejo plikativne strukture plastovitih formacij in karakterizirajo položaj in razpored razpok (npr. na krasu in v magmatskih masivih). Deformacijske oblike se gotovo mnogo bolj plastično izražajo, če jih prikažemo z izbranimi trasami, kakor če jih označimo z znaki za posamezne merjene elemente vpada geoloških ploskev.

2. Z izbranimi trasami dosežemo najvišjo stopnjo integracije zbranih podatkov. Vse geološke ploskve, merjene posamezno, se posredno vključijo v splošno sliko zloga, ker dobimo elemente vpada izbrane geološke ploskve statistično kot srednje vrednosti skupin. Na ta način je možno najbolj popolno ostvariti cilj, da obsežemo čim več znanih podatkov na čim eksaktnejši način. Nasprotno pa s standardnimi znaki zaradi pomanjkanja prostora pogosto ni mogoče vnesti na karto vseh merjenih vpadov geoloških ploskev.

3. Na takšni karti je mnogo bolj izražena prava slika geoloških razmer. Izbrane trase ustrezajo resničnemu stanju geoloških razmer do tiste

stopnje, ki je možna po sedanjem poznavanju geološke zgradbe, oziroma ustrezajo položaju izbranih geoloških ploskev, kot zastopnikov skupin geoloških ploskev, med seboj vzporednih in dovolj blizu druga drugi. Na ta način je možno določiti spremembo smeri in zavoje katerekoli geološke ploskve na območju, ki je strukturno nadrobno raziskano, ker po potrebi lahko interpoliramo ali ekstrapoliramo nove izbrane trase med stare ali poleg njih. Na ta način je na reliefu možno določiti vse točke, v katerih se pojavljajo posebno značilne in zanimive geološke ploskve, in sicer ne glede na odkritost terena vzdolž trase, kar je možno zelo dobro uporabiti pri reševanju praktičnih problemov v ekonomski geologiji (npr. pri kontinuirnem sledenju rudne žile ali sloja, ki sta le delno odkrita, pa četudi samo v enem edinem izdanku. Vseh teh možnosti in prednosti nam geološka karta ne nudi, če so na njej geološke ploskve neomejene pogostnosti označene s standardnimi znaki vektorjev vpadov; vsak znak označuje lokacijo (kjer je narisana) in orientacijo (grafično in številčno) le enega delca samo ene od mnogih geoloških ploskev. Znaki so torej le simbolično narisani, imajo standardne dimenzije, ki so v primerjavi z resničnim stanjem povečini zelo pretirane, tj. na geološki karti zavzemajo mnogo večjo površino, kot znaša velikost neposredno merjenih delov. Zato je jasno, da izbrane trase bolj ustrezajo resničnemu stanju v naravi.

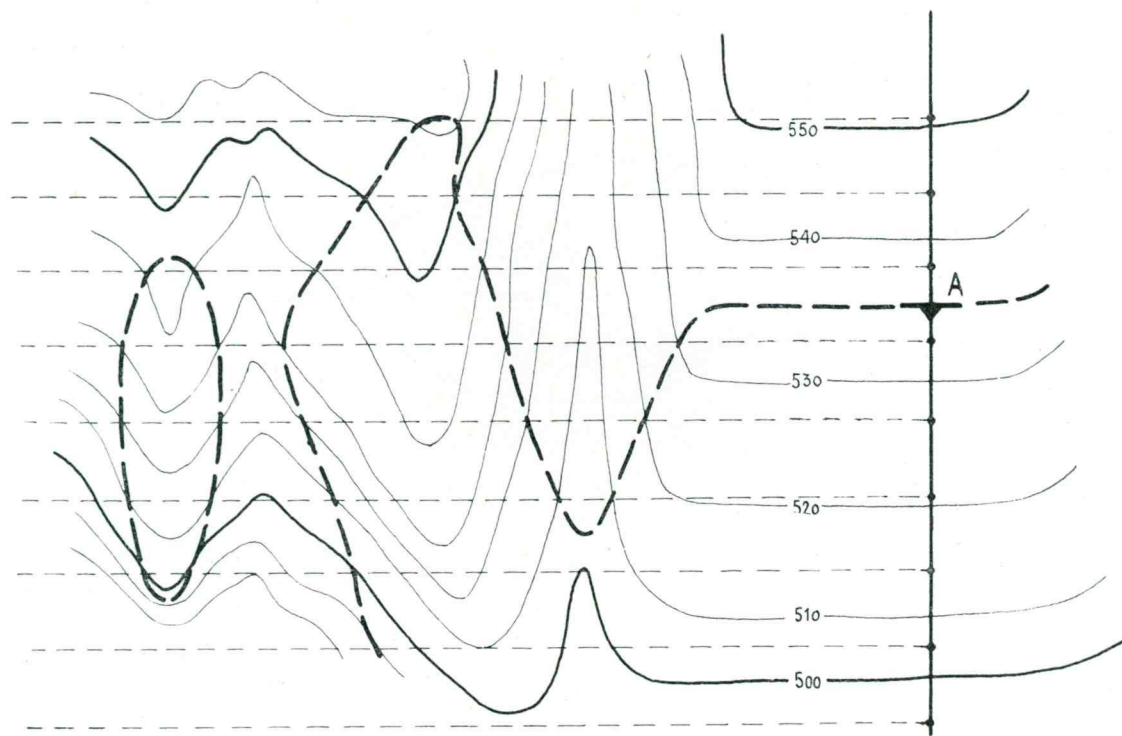
4. Po izbranih trasah lahko na geološki karti ločimo tiste dele določenega območja, katerih zlog je znan, od delov z neznano strukturo, kjer so geološke ploskve neomejene pogostnosti označene le z določenim številom raztresenih znakov za vpade. Razločevanje dobro preučenih delov od pokritih in premalo raziskanih je zelo pomembno med drugim tudi zato, ker nam kaže, kje moremo osredotočiti nadaljnja raziskovanja.

Po navodilih za izdelavo osnovne geološke karte označevanje plastovitih formacij z izbranimi trasami ni obvezno, kar pa ne pomeni, da te metode ne bi mogli uporabljati pri nadaljnjem kartiranju za osnovno geološko karto SFRJ.

Naj tu pripomnim, da predpisi nimajo namena preprečevati uvedbo novih elementov, če pomenijo napredek, temveč administrativno predpisujejo le minimum enotnih označb, barv in simbolov. Današnje zahteve bodo v doglednem času itak spremenjene in dopolnjene zaradi vedno boljšega načina dela in novih izkušenj.

### **Postopek pri indirektnem nanašanju tras na geološko karto**

Problem določevanja presečnic geoloških ploskev s površjem zemlje, oziroma problem indirektnega nanašanja tras na geološko karto (na topografsko podlago) spada v področje opisne geometrije in se rešuje po metodi kotirane projekcije. Ta metoda zahteva, da obe presečni ploskvi izrazimo z istoimenskima izohipsama. Ker je relief površja že prikazan z izohipsami na topografski podlagi, je potrebno določiti le še stratoizohipse (izohipse geoloških ploskev); pri tem moramo poznati obliko geološke ploskve in njeno lego, tj. njene elemente vpada in eno točko na terenu, skozi katero poteka — če gre za ravnino, in dve ali več točk z enakim številom linij največjega vpada geološke ploskve — če gre za krivo ploskev. Rešitev



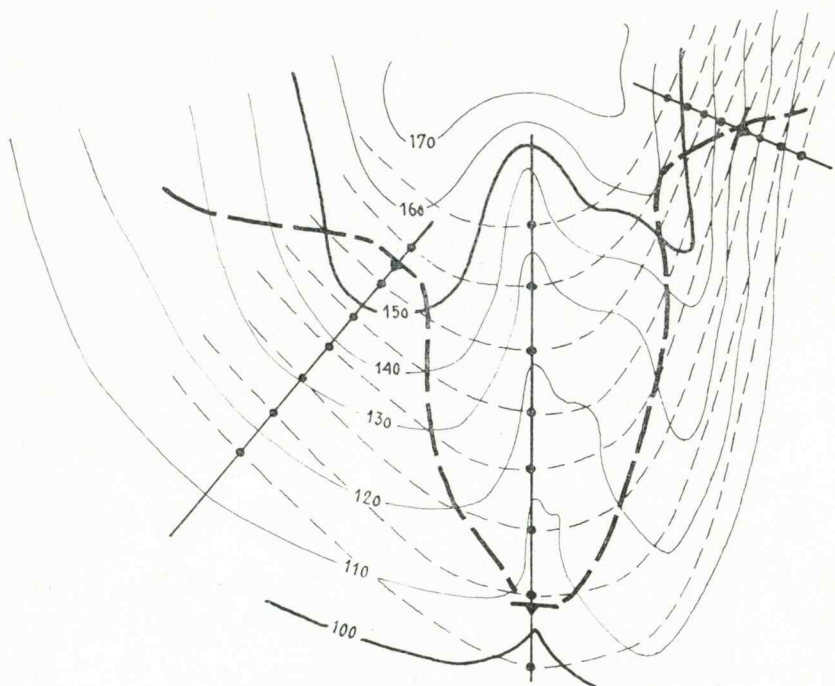
Sl. 4. Trasa ravnine na površju razčlenjenega terena.

te naloge je sorazmerno enostavna in v glavnem znana vsakemu tehniško izobraženemu geologu. Zato naj zadostuje, da postopek le na kratko ponovimo, in sicer na primeru, ko ravnina seka površje terena z razčlenjenim reliefom.

Poznati moramo elemente vpada ravnine in eno točko na terenu, kjer se ta ravnina pojavlja (sl. 4):

— skozi znano točko potegnemo vpadnico;

— če se znana točka ne nahaja na izohipsi terena, določimo na vpadnici točko s celo koto, katere absolutna višina se ujema z višino določene izohipse terena; najlažje najdemo tisto točko s celo koto, ki je znani



Sl. 5. Trasa krive geološke ploskve na površju razčlenjenega terena.

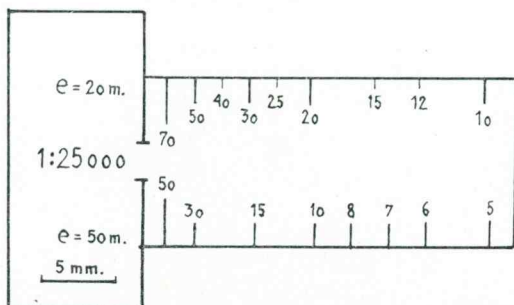
točki najbližja, kar naredimo grafično ali analitično ( $i' = h' \cotg \alpha$ , kjer sta  $i'$  in  $h'$  horizontalna projekcija razdalje in višinska razlika med znano točko in prvo naslednjo točko, ki ima koto izohipse,  $\alpha$  je vpadni kot ravnine);

— izračunamo vrednost intervala vpadnice glede na merilo karte, ekvidistanco in vpadni kot ravnine, interval lahko dobimo tudi grafično in analitično; v drugem primeru je njegova vrednost pri ekvidistanci 20 m in merilu karte 1 : 25.000 naslednja:

$$i = \frac{20 \cotg \alpha}{25} = \frac{4 \cotg \alpha}{5} \text{ (mm);}$$

— od reporne točke (s koto najbližje izohipse terena, ki smo jo vnaprej določili) glede na dolžino intervala razdelimo vpadnico, tj. določimo točke, ki ustrezajo kotam izohips terena; nato izvlečemo skozi te točke stratoizohipse kot pravokotnice na vpadnico;

— spojimo točke, v katerih se sekajo istoimenske izohipse ravnine in površja terena, in dobimo traso.



Sl. 6. Enostaven merilnik razdalj.

Kot smo že omenili, metoda kotirane projekcije omogoča, da na geološki karti prikažemo tudi krive geološke ploskve v njihovi pravi obliki in ne le kot aproksimacije ravninam.

Pri tem se postavlja pogoj, da morata biti znani za vsako krivo geološko ploskev vsaj dve vpadnici (na različnih delih ukrivljene ploskve) in po ena točka na vsaki vpadnici. Trase izvlečemo po podobnem postopku kot prej, s tem da dobimo stratoizohipse z interpolacijo, tj. s spajanjem istoimenskih točk, ki se nahajajo na sosednjih vpadnicah krive geološke ploskve (in imajo obliko krivulj — sl. 5). Kolikor več podatkov imamo (npr. da poznamo eno traso, več točk ene geološke ploskve, več točk nekaj geoloških ploskev itd.) toliko enostavnejši je postopek risanja tras.

Največja težava pri risanju tras je, da moramo vedno znova izračunavati dolžino intervala, ki se od primera do primera menjava v odvisnosti od vpadnega kota geološke ploskve, medsebojne razdalje izohips in merila karte. Da bi se temu izognili, podajamo v tabeli 1 vrednosti intervalov za različne vpadne kote pri medsebojnih razdaljah izohips 100 m, 50 m in 20 m in pri merilu karte 1 : 25.000. Intervali so podani v milimetrih z natančnostjo  $\pm 0,25$ .

Risanje tras po metodi kotirane projekcije lahko zelo poenostavimo in olajšamo z uporabo ustrezne grafične priprave — intervalnega merilnika; z njim hitro in enostavno vrisujemo intervale in izvlečemo stratoizohipse. Merilnik intervala si lahko izdelamo iz milimetrskega papirja, celuloida ali kakšnega drugega materiala, na katerem označimo dolžine intervalov za vse vpadne kote (na skali od 0 do 90) pri določeni medsebojni razdalji izohips in določenem merilu karte; merilniki so lahko različni, ker dolžino intervalov lahko grafično prikažemo na več načinov (sl. 6, 7 in 8).

# TABELA INTERVALOV

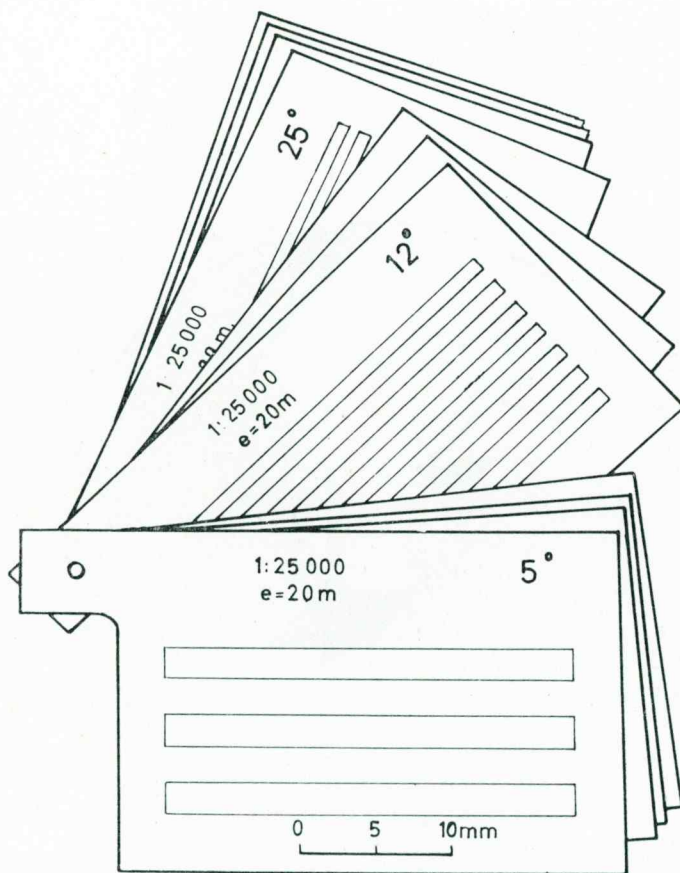
(za vpadne kote ravnine od 1 do 87, merilo karte 1:25 000 in medsebojne razdalje izohips 100, 50 in 20 metrov)

Tabela 1

| Vpadni<br>kot<br>ravnine<br>(°) | Interval<br>za<br>e = 100 m<br>(mm) | Interval<br>za<br>e = 50 m<br>(mm) | Interval<br>za<br>e = 20 m<br>(mm) | Vpadni<br>kot<br>ravnine<br>(°) | Interval<br>za<br>e = 100 m<br>(mm) | Interval<br>za<br>e = 50 m<br>(mm) | Interval<br>za<br>e = 20 m<br>(mm) |
|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1                               | 229,0                               | 114,5                              | 46,0                               | 44                              | 4,0                                 | 2,0                                | 1,0                                |
| 2                               | 114,5                               | 57,5                               | 23,0                               | 45                              | 4,0                                 | 2,0                                | 1,0                                |
| 3                               | 76,5                                | 38,0                               | 15,5                               | 46                              | 4,0                                 | 2,0                                | 1,0                                |
| 4                               | 57,0                                | 28,5                               | 11,5                               | 47                              | 3,5                                 | 2,0                                | 0,5                                |
| 5                               | 45,5                                | 23,0                               | 9,0                                | 48                              | 3,5                                 | 2,0                                | 0,5                                |
| 6                               | 38,0                                | 19,0                               | 7,5                                | 49                              | 3,5                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 7                               | 32,5                                | 16,5                               | 6,5                                | 50                              | 3,5                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 8                               | 28,5                                | 14,0                               | 5,5                                | 51                              | 3,0                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 9                               | 25,5                                | 12,5                               | 5,0                                | 52                              | 3,0                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 10                              | 22,5                                | 11,5                               | 4,5                                | 53                              | 3,0                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 11                              | 20,5                                | 10,5                               | 4,0                                | 54                              | 3,0                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 12                              | 19,0                                | 9,5                                | 4,0                                | 55                              | 3,0                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 13                              | 17,5                                | 8,5                                | 3,5                                | 56                              | 2,5                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 14                              | 16,0                                | 8,0                                | 3,0                                | 57                              | 2,5                                 | 1,5                                | 0,5                                |
| 15                              | 15,0                                | 7,5                                | 3,0                                | 58                              | 2,5                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 16                              | 14,0                                | 7,0                                | 3,0                                | 59                              | 2,5                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 17                              | 13,0                                | 6,5                                | 2,5                                | 60                              | 2,5                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 18                              | 12,5                                | 6,0                                | 2,5                                | 61                              | 2,0                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 19                              | 11,5                                | 6,0                                | 2,5                                | 62                              | 2,0                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 20                              | 11,0                                | 5,5                                | 2,0                                | 63                              | 2,0                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 21                              | 10,5                                | 5,0                                | 2,0                                | 64                              | 2,0                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 22                              | 10,0                                | 5,0                                | 2,0                                | 65                              | 2,0                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 23                              | 9,5                                 | 4,5                                | 2,0                                | 66                              | 2,0                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 24                              | 9,0                                 | 4,5                                | 2,0                                | 67                              | 1,5                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 25                              | 8,5                                 | 4,5                                | 1,5                                | 68                              | 1,5                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 26                              | 8,0                                 | 4,0                                | 1,5                                | 69                              | 1,5                                 | 1,0                                | 0,5                                |
| 27                              | 8,0                                 | 4,0                                | 1,5                                | 70                              | 1,5                                 | 0,5                                | 0,5                                |
| 28                              | 7,5                                 | 4,0                                | 1,5                                | 71                              | 1,5                                 | 0,5                                | 0,5                                |
| 29                              | 7,0                                 | 3,5                                | 1,5                                | 72                              | 1,5                                 | 0,5                                | 0,5                                |
| 30                              | 7,0                                 | 3,5                                | 1,5                                | 73                              | 1,0                                 | 0,5                                | 0,0                                |
| 31                              | 6,5                                 | 3,5                                | 1,5                                | 74                              | 1,0                                 | 0,5                                |                                    |
| 32                              | 6,5                                 | 3,0                                | 1,5                                | 75                              | 1,0                                 | 0,5                                |                                    |
| 33                              | 6,0                                 | 3,0                                | 1,0                                | 76                              | 1,0                                 | 0,5                                |                                    |
| 34                              | 6,0                                 | 3,0                                | 1,0                                | 77                              | 1,0                                 | 0,5                                |                                    |
| 35                              | 5,5                                 | 3,0                                | 1,0                                | 78                              | 1,0                                 | 0,5                                |                                    |
| 36                              | 5,5                                 | 3,0                                | 1,0                                | 79                              | 1,0                                 | 0,5                                |                                    |
| 37                              | 5,5                                 | 2,5                                | 1,0                                | 80                              | 0,5                                 | 0,5                                |                                    |
| 38                              | 5,0                                 | 2,5                                | 1,0                                | 81                              | 0,5                                 | 0,5                                |                                    |
| 39                              | 5,0                                 | 2,5                                | 1,0                                | 82                              | 0,5                                 | 0,5                                |                                    |
| 40                              | 5,0                                 | 2,5                                | 1,0                                | 83                              | 0,5                                 | 0,0                                |                                    |
| 41                              | 4,5                                 | 2,5                                | 1,0                                | 84                              | 0,5                                 |                                    |                                    |
| 42                              | 4,5                                 | 2,0                                | 1,0                                | 85                              | 0,5                                 |                                    |                                    |
| 43                              | 4,5                                 | 2,0                                | 1,0                                | 86                              | 0,5                                 |                                    |                                    |
|                                 |                                     |                                    |                                    | 87                              | 0,5                                 |                                    |                                    |

### Primer geološke karte z izbranimi trasami

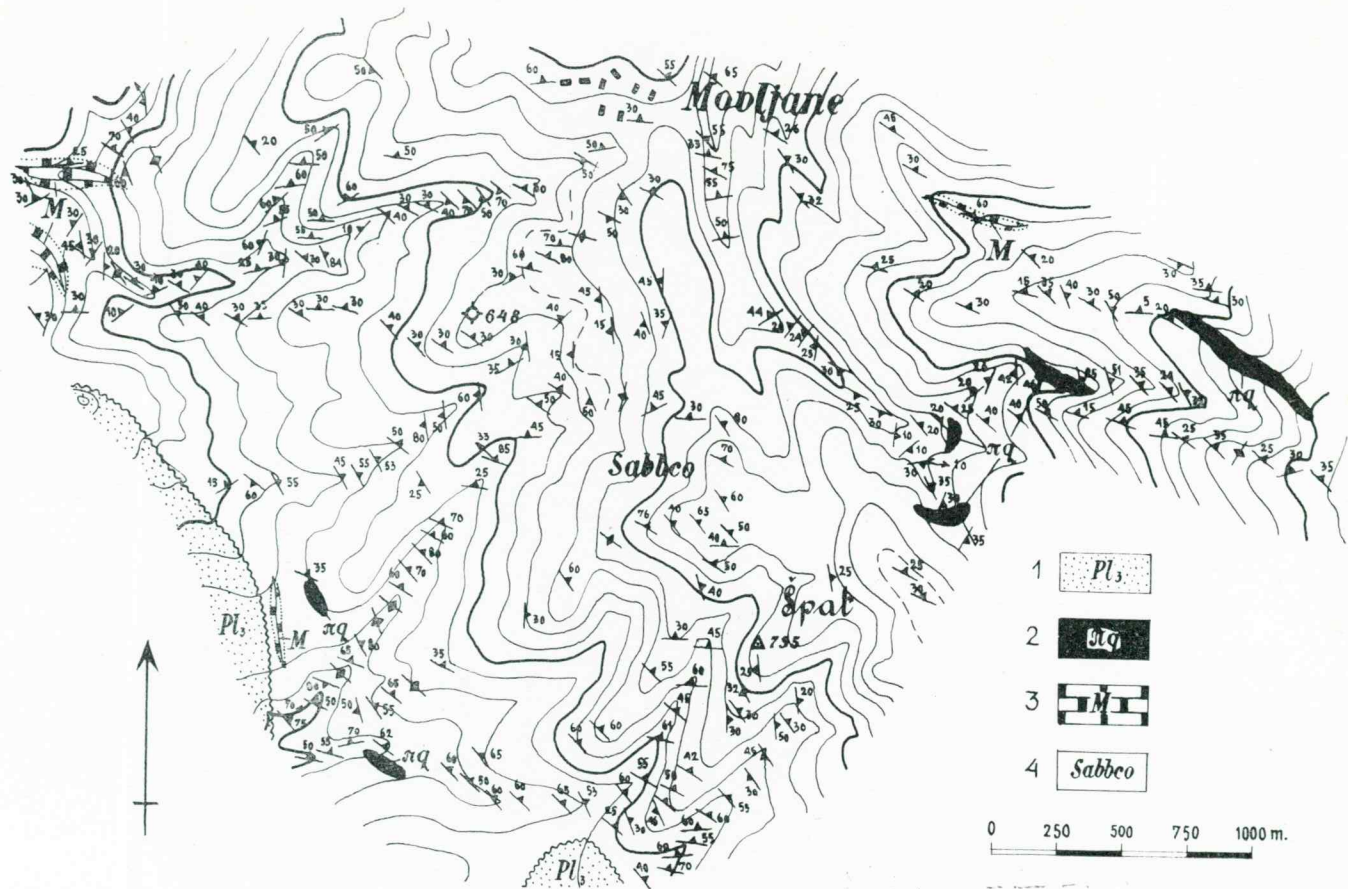
Prva geološka karta, ki je na njej zlog prikazan z izbranimi trasami (enakomerno razporejenimi na celotnem območju) je bila pri nas izdelana leta 1960 po navodilih avtorja in z njegovim delnim sodelovanjem. Gre za list ORAHOVAC 54, kjer je kartirala ekipa zavoda za geološka in geofizikalna raziskovanja v Beogradu. V njej so sodelovali Smilja Palinka-



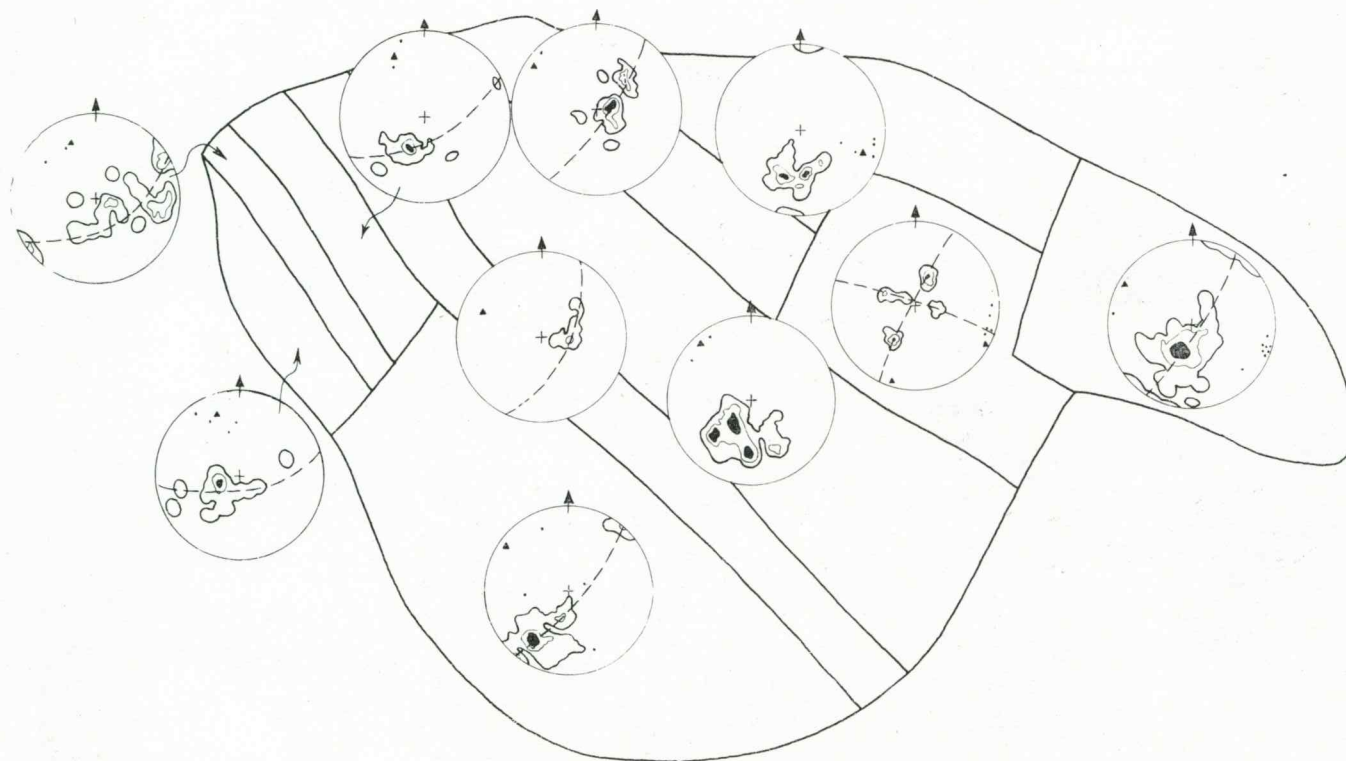
Sl. 7. Serija merilnikov razdalj, izdelanih na principu prerezanih šablon (konstrukcija M. Dimitrijevića)

šević, Ljubomir Dedić in Jovan Andjelković. Na izkušnjah, pridobljenih pri tem delu, temelje nekatere izmed trditev, postavljenih v tem članku in delno tudi primer in metodika risanja geoloških ploskev neomejene pogostnosti z izbranimi trasami (in izostratami).

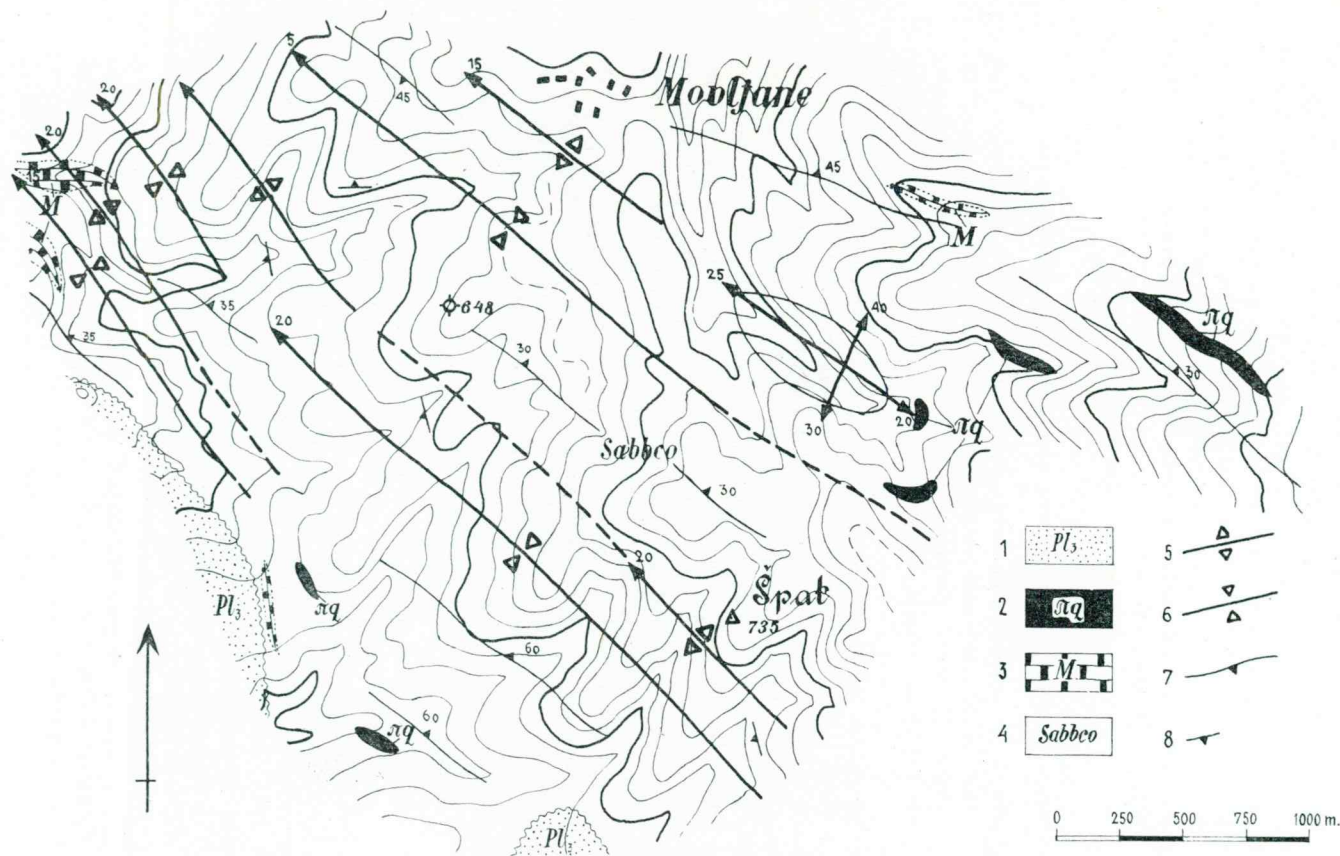
338



Sl. 9. Detajl klasične geološke karte (list ORAHOVAC 54); na njem je paleozojska formacija prikazana samo z znaki za vpad foliacije. 1. zgornjepliocenski sedimenti, 2. kremenov porfir, 3. marmor, 4. albitno-biotitno-kloritni skrilavec.



Sl. 10. Isto območje kot na sl. 9. Konturni diagrami foliacije za homogena polja s poli statistične osi B in lineacije.



Sl. 11. Isto območje kot na sl. 9. Geološka karta, na kateri so strukture prikazane z osmi B gub in z izbranimi trasami. 1. zgornjegliocenski sedimenti, 2. kremenov porfir, 3. marmor, 4. albitno-biotitno-kloritni skrilavec, 5. os antiklinale, 6. os sinklinale, 7. izbrana trasa foliacije, 8. vpad foliacije, posamezna meritev.

loški karti podan z osmi B (vendar bi bilo bolje nanesti trase aksialnih ploskev, kar smo videli šele pozneje) in z izbranimi trasami foliacije. Postopek pri izdelavi končne oblike geološke karte smo principialno opisali že prej (sl. 3), rešitev v določenem primeru pa vsebujejo slike 9, 10 in 11, ki kažejo isti del terena v raznih fazah izdelave in z različnimi podatki. Že na prvi pogled lahko ugotovimo prednosti geološke karte, na kateri je zlog izražen z izbranimi trasami foliacije (in osmi gub — sl. 11), če jo primerjamo z geološko karto, na kateri je zlog označen le s standardnimi znaki vpadnih vektorjev foliacije (sl. 9).

### Izostrate in postopek za njihovo nanašanje na geološko karto

Med izbranimi trasami nekaterih geoloških ploskev z neomejeno pogostnostjo (kar velja predvsem za plastovitost in foliacijo) imajo poseben pomen izostrate. V ožjem pomenu bi morali razumeti pod izostratami več vzporednih tras geoloških ploskev s konstantno vertikalno medsebojno razdaljo.

Izraz izostrata je geološka literatura sprejela, čeprav se navadno ne uporablja čisto v tistem pomenu, kar dejansko predstavlja. Po pomenu same besede (grško *ισος* = isti, enak; latinsko *stratum* = plast), bi izostrate bolj ustrezale izbranim trasam, tj. trasam istih ali enakih plasti. Zato bi bil bolj primeren izraz ekvidistančne trase ali ekvidistančne izostrate.

Že to, kako je definicija formulirana, kaže, da bi mogli z izostratami prikazovati v glavnem le enostavne strukture tistih formacij ali njihovih delov, katerih plasti so enako debele (čeprav litološko niso identične), kar pa v prirodi redko najdemo. Pri teh pogojih bi bila uporaba izostrat precej omejena, ker je pač sam pojem preveč ozko določen. Da bi povečali možnost označevanja struktur in debeline plasti, ta pojem lahko razširimo na izbrane kontinuirne trase geoloških ploskev, približno vzporednih, ki imajo vsaj v enem vertikalnem profilu enako medsebojno razdaljo; tako definirane izostrate ne bi označevale le strukture in debeline formacij (tudi magmatitov, če imajo foliacijo), temveč tudi spremembo debeline kartiranih skupin plasti.

Praktično dobimo izostrate le pod posebno ugodnimi pogoji: zlog nam mora biti zelo dobro znan, struktura ne sme biti komplicirana, in plasti oziroma geološke ploskve neomejene pogostnosti morajo imeti veliko razsežnost. Uporaba izbranih tras je torej mnogo širša, ker z njihovo pomočjo laže vsaj približno označimo zlog vseh usedlin in metamorfnih kamenin. Toda izostrate imajo vse prednosti, značilne za izbrane trase, poleg tega nam nudijo še en podatek — debelino plastovitih formacij, in sicer zelo natančno in ilustrativno. Zato lahko trdimo, da dosežemo najvišjo stopnjo slikovitosti v prikazovanju zloga na geološki karti, če uspešno določimo izostrate določenega območja.

Ko so izpolnjeni vsi geološki pogoji, da se debelina in struktura plastovitih formacij na določenem terenu lahko prikažeta z ekvidistančnimi ali subekvidistančnimi geološkimi ploskvami, se lotimo določevanja in risanja njihovih tras (izostrat), kar je tehnično precej komplicirano. Glavni problem je, najti na geološki karti kraj z nizom točk, skozi katere po-

tekajo izostrate. Ko so te točke znane, je nadaljnji postopek precej lažji, ker se skozi nje enostavno potegnejo trase po metodi kotirane projekcije.

Medsebojno razdaljo izostrat, začeni od reperne izostrate, ki se navadno ujema s spodnjo mejo zaporedja plasti, računamo analitično ali grafično.

Analitični račun je teoretična podlaga za grafični postopek in je mnogo težji in bolj kompliciran, včasih pa je vendarle praktično uporabljiv. Podlaga računa, s katerim se natančno formulirajo medsebojne odvisnosti spremenljivk, je najlažje razumljiva na primeru konstantnega naklona terena v smeri vpada geološke ploskve. V tem primeru je razdalja

med sosednjima izostratama izražena s splošno formulo  $r = \frac{e_s \cos \beta}{\sin (\alpha - \beta)}$ , tj.

je funkcija naklona terena in vpadnega kota geološke ploskve, za katero določamo lokacijo trase ( $r$  = pravokotna razdalja med sosednjima izostratama na karti,  $e_s$  = stratoekvidistanca kot konstanta,  $\alpha$  = vpadni kot ravnine (ekvidistančne geološke ploskve),  $\beta$  = naklon terena v smeri vpada geološke ploskve; kota  $\alpha$  in  $\beta$  sta v isti profilni ravnini in privzamemo, da imata en skupen krak — horizontalno premico; lahko sta pozitivna ali negativna, kar določamo na naslednji način: pri pogledu pravokotno na profil je kot negativen, če se meri od horizontalne premice proti drugemu kraku v smeri urnega kazalca, pozitiven pa, če se meri v obratni smeri; pri tem je vseeno, s katere strani profilne ravnine gledamo, ker se cosinus in sinus računata od absolutnih vrednosti kotov oziroma njihovih algebrskih vsot).

V posebnih primerih razmerja kotov  $\alpha$  in  $\beta$  ima splošna formula za medsebojno razdaljo izostrat še drugačne, povečini poenostavljene oblike, v katerih kote predstavljajo njihove absolutne vrednosti brez predznakov + ali —. Takšnih primerov je devet, izmed katerih so trije osnovni:

1. ekvidistančne ravnine vpadajo v nasprotni smeri kot naklon terena.

$$a) \ r = \frac{e_s \cos \beta}{\sin (180 - [\alpha + \beta])} \text{ za } \alpha + \beta > 90^\circ$$

$$b) \ r = e_s \cos \beta \text{ za } \alpha + \beta = 90^\circ$$

$$c) \ r = \frac{e_s \cos \beta}{\sin (\alpha + \beta)} \text{ za } \alpha + \beta < 90^\circ$$

2. ekvidistančne ravnine vpadajo v isto smer kot teren

$$\check{c}) \ r = \frac{e_s \cos \beta}{\sin (\alpha - \beta)} \text{ za } \alpha > \beta$$

$$d) \ r = \infty \text{ za } \alpha = \beta$$

$$e) \ r = \frac{e_s \cos \beta}{\sin (\beta - \alpha)} \text{ za } \alpha < \beta$$

3. ekvidistančne geološke ploskve ali teren so horizontalni

$$f) r = e_s \cotg \beta \quad \text{za } a = 0, \quad 0 < \beta < 90^\circ$$

$$g) r = \frac{e_s}{\sin a} \quad \text{za } \beta = 0, \quad 0 < a < 90^\circ$$

$$h) r = e_s \quad \text{za } a = 90^\circ, \quad \beta = 0$$

Ne smemo pozabiti, da veljajo vse te formule v idealnem primeru konstantnega naklona terena in je zato njihova uporaba omejena. Če gre za razčlenjen teren med ekvidistančnimi geološkimi ploskvami, je analitično računanje razdalj med izostratami preveč komplicirano in nepraktično.

Postopek nanašanja izostrat oziroma določevanja točk, skozi katere izostrate potekajo, lahko zelo poenostavimo in pospešimo z uporabo grafičnih metod, najenostavnejša je naslednja:

— na podlagi obstoječih podatkov narišemo več pomožnih geoloških profilov v smeri vpada plasti: pri tem uporabimo srednje — statistične vrednosti elementov vpada, dobljene na Schmidtovi mreži za vnaprej izbrano homogeno polje;

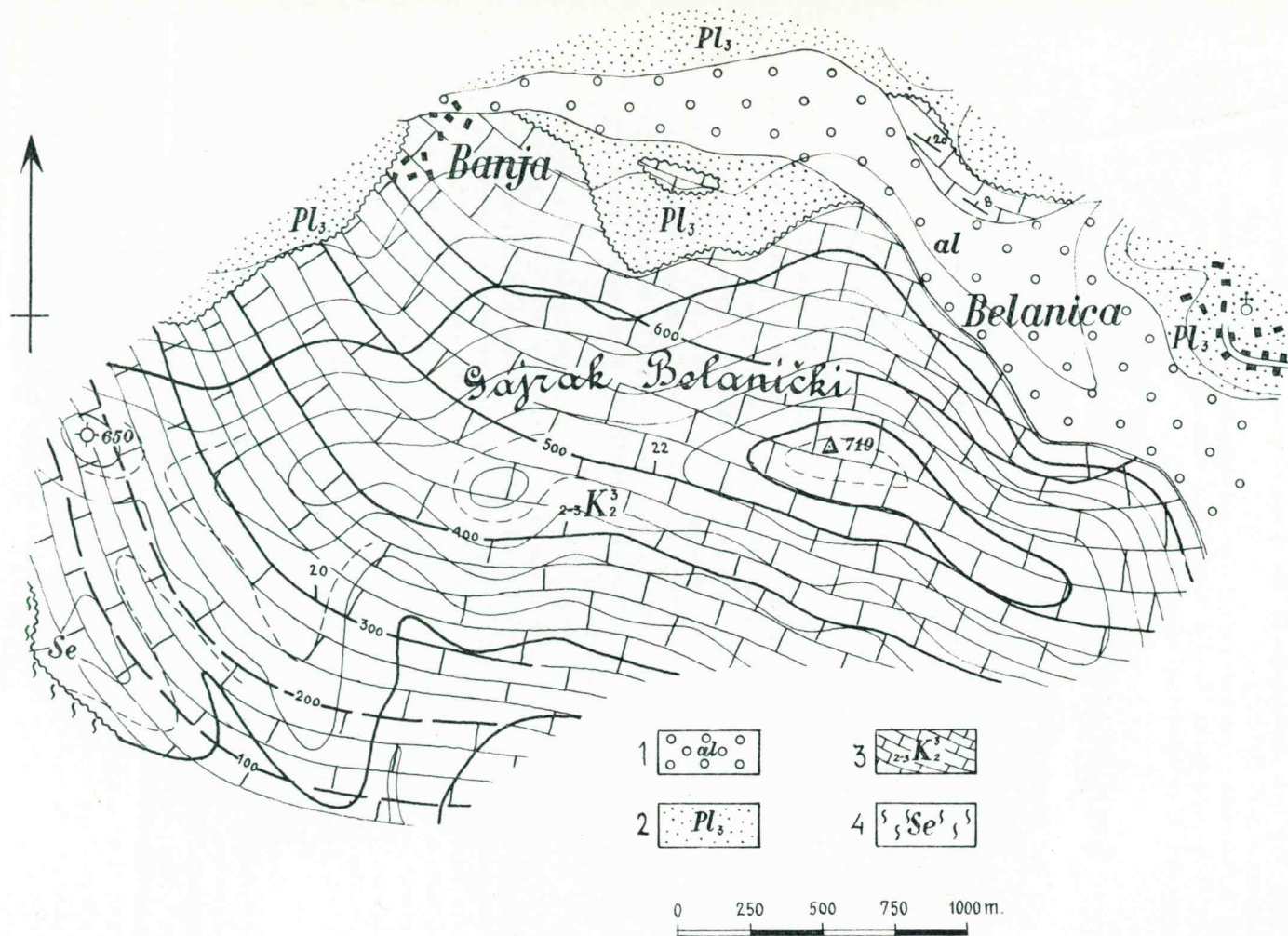
— na vsakem profilu odmerimo stratoekvidistance od reperne ploskve (pravzaprav od njene trase na profilu) naprej; na ta način na profilih najprej določimo in narišemo vse ekvidistančne ali subekvidistančne geološke ploskve, ki jih je treba prikazati na karti z izostratami;

— vse točke, v katerih geološke ploskve prihajajo na profilih na površje terena, prenesemo na geološko karto in nato skozi nje po metodi kotirane projekcije narišemo trase (izostrate).

Razdaljo med repnim (začetnim) horizontom in vsako naslednjo geološko ploskvijo, ki jo podajamo z izostrato, moramo na geološki karti označiti s številčnimi vrednostmi (na sami izostrati). Pri vzporednih geoloških ploskvah označena vrednost stratoekvidistance velja za določeno izostrato na vsej njeni dolžini, medtem ko se v primeru različne debeline plasti ta vrednost spreminja in je zato potrebno vse pomembnejše (spremenljive) vrednosti označiti v ustreznih točkah vsake posamezne izostrate.

### Primer geološke karte z izostratami

Pri izdelavi geološke karte za list ORAHOVAC 54 smo poskusili prikazati geološke ploskve neomejene pogostnosti tudi z izostratami (sl. 12). Poleg izbranih tras, s katerimi je prikazan zlog paleozojskega metamorfnega skrilavca, sta struktura in debelina plastovitega senonskega apnenca v severozahodnem delu terena nakazani z izostratami s stratoekvidistance 100 metrov. Teh sedimentov sicer nismo mogli popolnoma razčleniti z ekvidistančnimi geološkimi ploskvami, ker so prelomi ponekod precej porušili primarne nagubane strukture, jih razdelili na bloke in prekinili kontinuirnost posameznih horizontov. Kljub temu smo uspešno določili izostrate za večji del apnenca, ki sestavlja enostavne brahiformne struk-



Sl. 12. Detajl geološke karte lista ORAHOVAC 54.1; tektonska struktura in debelina senonskega plastovitega apnenca sta prikazani z izostratami.

1. aluvij; 2. zgornjepliocenski sedimenti, 3. senonski plastoviti apnenec, 4. serpentinit

ture. Pri tem smo ugotovili, da znaša debelina plastovitega senonskega apnenca prek 800 m.

Potrebno je pripomniti, da so pri nanašanju tras in izostrat dobro rabili aeroposnetki, ker je teren tega območja precej odkrit, posebno tisti del, ki je sestavljen iz apnenca.

## TRACES AND ISOSTRATA ON A GEOLOGICAL MAP

The trace can be defined as an intersection of two surfaces observed on either of them. On a geological map with a topographic base the trace represents the intersection of the geological surface with the earth surface. According to definition, all geological planes appear on the terrain with their traces; hence, they ought to be thus plotted on a geological map. Sometimes this is not feasible, but it is incontestable that the present possibilities are much wider than those practically used hitherto. In order to estimate more easily which planes can be shown by traces, in which way, and under which conditions, it is necessary to perform their classification and to get acquainted with their various types. In relation to this problem, the planes are distinguished according to their dimensions, number, shape, and geological importance.

As to the dimensions, in each area under investigation, regardless of its extent, one can always distinguish the comparatively small planes from the comparatively big ones, depending on the possibility of presentation to scale. The former ones cannot be represented by traces on account of small dimensions on the map scale, while the latter ones just require the representation by traces.

According to their number, one can distinguish planes of a limited number, which occur in a given area individually or in a limited number (geological boundaries, faults, axial surfaces of folds, and larger joints), and planes of a practically limitless or, shorter, limitless number which are represented in nature by an unmeasurable immensity (stratification, foliation, joints and cleavage). With the exception of axial surfaces, the planes of limited number have always been shown on geological maps by traces. The planes of limitless number have so far been represented chiefly by symbols for individual measurements of dip elements, although there are often conditions for a rational selection of representatives which could then be shown by traces (selected traces).

Analyzing shapes, two fundamental types can be noticed: one assembles the planes with geometrically regular and simple forms so that applying methods of descriptive geometry they can be easily plotted as traces. The other type comprises irregularly curved surfaces the traces of which can be practically established only by direct field inspection.

Plotting planes on a geological map in the order of their importance and their significance for the explanation of the geological structures is a logical consequence of the diversity of their nature and origin. The first place in this scale is occupied by geological boundaries, for they separate the mapping units, determine their position, form and mutual relation,

and, at the same time, make it possible to establish the fundamental outlines of the fabric. They are followed by other planes of the limited number (Figs. 1—3) then by stratification, resp. foliation, and, in the end, by cleavage and joints.

The traces can be plotted on a geological map directly — by immediate transfer of field points or by photogeological analysis, and indirectly — by the methods of descriptive geometry. The latter way requires for the planes to fulfill the following conditions: their dimensions have to be large enough in relation to the scale of the geological map; they have to show geometrically regular and simple forms, or such forms in general which can be determined to a sufficient degree. Besides, according to their significance, they must be indispensable for the explanation of the fabric, and distinctly fixed according to the site occurrence and orientation.

The individual traces of the plane of limited number are chiefly plotted directly, either by copying them, from the aerial photographs, or by the field method of following contacts. However, when they occur in nature only in some places, they can be correctly drawn only by interpolation applying the methods of descriptive geometry.

If all required conditions are fulfilled, the geological surfaces of limitless number can be shown on a geological map by selected traces, mainly applying the methods of the descriptive geometry. In principle, the procedure is as follows: firstly, the investigated area is divided into homogeneous fields, i. e. into parts in which the dip elements of the planes differ only slightly; secondly, for each field the mean (statistical) dip elements are determined by the Schmidt's net; thirdly, the most appropriate places of traces are selected, which may be predetermined by lithological characteristics of the field, by the visibility of the traces on aerial photographs, or by shapes and the extent of the field; fourthly, the trace is drawn by the methods of the descriptive geometry (Fig. 3).

If the geological planes of limitless number were represented by selected traces wherever it proves feasible, the geological map would gain manifold advantages over its former physiognomy. Above all, it would become much more illustrative and legible so that the whole tectonic relationship would be uncomparably more comprehensive. Besides, a geological map would more truly reflect the nature relations where the planes occur on the terrain as traces, too. Furthermore, through selected traces the maximum degree of integration of the collected data would be gained, for all individual measurements would be directly included into the selected traces which are determined statistically. Finally, one would achieve the distinction of those parts of an area whose fabric is known and is represented by selected traces, from the parts of an incompletely solved structure on which the planes of limitless number are represented in fragments by dispersed symbols for marking the vectors of the dip.

The problem of the indirect plotting of traces on a geological map is within the domain of the descriptive geometry, and it is solved by the method of the plotted projection. These methods make it necessary

that both surfaces are expressed by homonymous contour lines. The relief of the terrain being already represented by contour lines on the topographic map, the task consists in determining the strato-contour lines. Here it is indispensable to know the form of the geological plane, and its position, i. e. its dip elements and a point on the terrain through which it passes, if a plane is in question, or two and more such points with the same number of dip lines of the plane, if a curved surface is in question. Solution of this task is relatively simple and well known. (Figs. 4—5).

In the practical work at drawing traces by the plotted projection the greatest difficulty would be in the permanent computation of the length of intervals, for it changes according to the angle of the dip line, the contour interval and the map scale. Therefore, in the enclosed table (page 336) the values of the intervals for different dip angles at contour intervals of 100 m, 50 m, and 20 m and a map scale of 1:25,000 are given. The values of the intervals are expressed in millimeters with an accuracy of  $\pm 0.25$  mm. The plotting of traces can be considerably facilitated by using special graphic accessories — interval measurers by means of which intervals can be quickly and easily drawn and strato-contour lines constructed (Figs. 6—8).

Among selected traces of some planes of limitless number, isostrata are of special great importance. Strictly talking, this term refers only to traces of equidistant planes. However, in order to enlarge the possibility of representing the structures and the thickness of series, this definition ought to be widened so as to comprise with the isostrata all continuous traces of approximately parallel planes which, at least, in one normal section have an equal mutual distance.

The process of work in determining and drawing isostrata is more complex than that of drawing the ordinary selected traces. The main difficulty lies in finding out a series of points through which passes the system of isostrata. The computation of the distance from one isostratum to the other, starting from the key-point which normally coincides with the lower boundary of the series, is performed either analytically or graphically. The analytic estimate represents the basis of graphic method. The former is more difficult and more complicated, but sometimes it is also applicable in the practical work. The distance between the neighbouring isostrata in case of a constant terrain inclination is given by the

$$\text{general expression: } r = \frac{e_s \cos \beta}{\sin (a - \beta)}$$

where:  $r$  = normal distance between the isostrata on a map

$e_s$  = strato-equidistance

$a$  = dip angle of the equidistant plane

$\beta$  = inclination of the terrain towards the dip of the plane

The graphical method is much quicker and easier, considering that auxiliary profiles, placed in the direction of the dip of the geological plane, are used to find out the points through which the isostrata pass.

The principles and the methods of representing geological planes of limitless number by selected traces and isostrata were practically applied on the terrains of the sheet Orahovac 54 which was mapped in 1960. Many of the theories dealt with have resulted from experiences gained on that occasion. Besides the selected traces illustrating the spatial position of the Paleozoic series of crystalline schists, structures and thickness of Senonian limestone are represented by isostrata with a strato-equidistance of 100 m. Some details of the geological map of the sheet Orahovac 54 are given on figures 9—12.

#### LITERATURA

- Ažgirej G. D., 1956, Strukturnaja geologija, Moskva.  
Badley P. C., 1959, Structural methods for the exploration geologist, New York.  
Bujalov N. I., 1957, Strukturnaja geologija, Moskva.  
Djurović V., 1950, Nacrtna geometrija, Beograd.  
Milovanović B. i Dimitrijević M., 1953, Geološko kartiranje, Beograd.  
Palinkašević S., Dedić Lj. i Andjelković J., 1960, Tumač za geološku kartu lista Orahovac 54. — Fond str. dok. Zavoda za geol. i geof. istraživanja, Beograd.