

UTJECAJ NEJEDNAKE GUSTOĆE DIJAPOZITIVA NA TAČNOST SLOJNOG PLANA KOD KARTIRANJA NA STEREOINSTRUMENTIMA

Ing. KRUNOSLAV ŠMIT — Zagreb

Slojni plan dobiven restitucijom na instrumentima prve vrsti (autograf A8 i A7, stereoplanigraf C8 i C5) sadrži pogreške koje se kod pažljivog rada i normalnih okolnosti ne daju u cijelosti izbjeći. Instrumentalna visinska tačnost je ograničena i ovisi o relativnoj visini lijeka te o bazisnom odnosu. Tačnost horizontalizacije modela ovisi o tačnosti orijentacionih tačaka i deformacije modela. Osim toga, na tačnost slojnog plana utječe subjektivna pogreška restitutora, pogreška prenosa autograf-koordinatografa te fotografska kvaliteta diapozitiva. Ove pogreške utječu na tačnost slojnog plana svaka na svoj način. Zajednički učinak svede se kod kartiranja na veličinu unutarnjeg dozvoljenog odstupanja i tada slojni plan zadovoljava postavljeni zahtjev kod pojedinog zadatka.

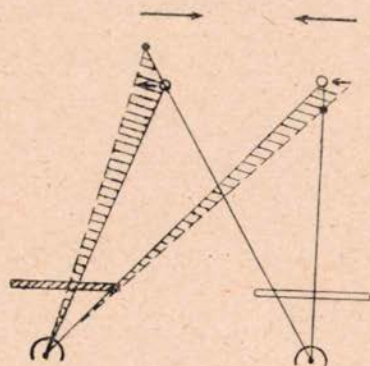
Međutim, prilikom restitucije pojavljuje se još jedna pogreška koja se kod pojedinačnog mjerenja visina ne primjećuje. Ona se primjećuje kod izvlačenja slojnica, odnosno dok je mjerača markica u pokretu. Na raznim mjestima u modelu ima različitu vrijednost. Pojavljuje se u obliku spljoštene elipse kojoj je mala poluos u smjeru z-osi instrumenta. Nazovimo je stoga »Visinska elipsa«.

Pojedini fotogrametrijski pogoni ovu pojavu zanemaruju, ili njen učinak naknadno korigiraju. Razni pogoni rješavaju ovaj problem različito.

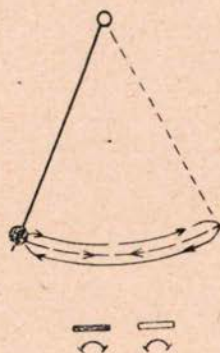
Zavod za fotogrametriju A. G. G. fakulteta u Zagrebu ispitivao je u kolikoj mjeri i na koji način visinska elipsa utječe na tačnost slojnog plana, te na koji se način može umanjiti ili eliminirati njen utjecaj.

Prilikom rada na autografu A8 možemo primijetiti visinsku elipsu kod postava mjerne marke na ravnom terenu i njenog vođenja u x-smjeru instrumenta lijevo — desno kod svega nekoliko okreta volana. Ako ovo ponovimo više puta dobijemo utisak da mjerna markica opisuje elipsu. Ta pojava dolazi više do izražaja u nadirnim profilima nego u sredini baze. Dotičan utjecaj u direktnoj je proporciji s razlikom u gustoći diapozitiva. U slučaju da je razlika u gustoći izazvana samo padom osvjetljenja, karakterističnim za dotični aeroobjektiv, mora pad u sredini baze biti jednak za jedan i drugi snimak.

Ovaj je efekt protumačio König [1]. On tumači da kod kontinuirane stereoskopske izmjere nastaje efekt iskrivljavanja ako su snimci tonski neujednačeni ili je jedno oko slabije. Oko koje promatra tamniji snimak je tromije, tj. slabije reagira na pokrete markice u modelu. Uslijed toga nastaje prividna paralaksa kod koje je markica tamnijeg snimka u zakašnjenju prema drugoj markici (sl. 1). Veličina paralakse ovisi o brzini kretanja markice i razlici snimaka u tonu.



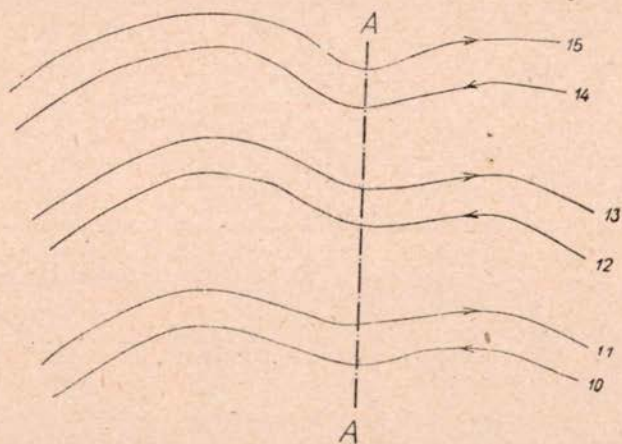
Slika 1.



Slika 2.

Ako se smjer kretanja podudara sa smjerom baze prividna paralaksa prelazi u stereoparalaksu, što daje dalji ili bliži presjek odgovarajućih zraka prema bazi.

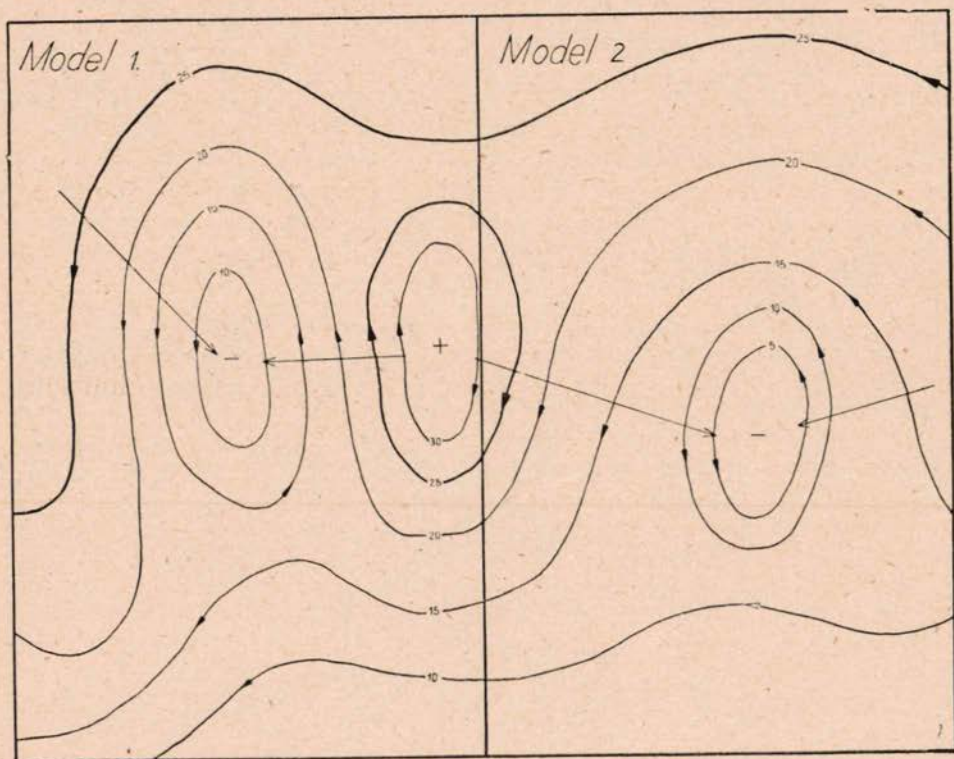
Ovo tumačenje možemo provjeriti jednostavnim pokusom. Ako promatramo gibanje njihala kroz naočale koje imaju jedno tamno a drugo svjetlo staklo, njihalo će opisivati savijenu elipsu (sl. 2).



Slika 3

Kod izvlačenja slojnice prilikom kartiranja slojnog plana visinska elipsa se uoči na taj način što se dvije i dvije slojnice približuju odnosno udaljuju jedna od druge, iako je pad terena jednoličan. Ovo naročito dolazi do izražaja kad su slojnice paralelne sa x-osi instrumenta (sl. 3).

Ovaj raspored slojnica dobijemo kod izvlačenja naprijed-natrag, tj. naizmjenično jednu slojnicu naprijed drugu natrag. Kad bi izvlačili sve slojnice u istom smjeru dobili bismo isti razmak slojnica i utjecaj visinske elipse prividno ne bi došao do izražaja. Slojni plan tada daje vjernu sliku terena, pomaknutu za veličinu male poluosi elipse u smjeru y-osi instrumenta. Pomak ovisi o brzini izvlačenja. Ovakvo kartiranje je pogrešno, što se lako može zaključiti iz profila A-A označenog na sl. 3. Postoje čak i pravila kako treba izvlačiti slojnice u modelu, da bi sa susjednim bio ispravno povezan, i da pojedini restitutori bez dogovora znaju u kojem smjeru treba izvlačiti. Na sl. 4 prikazan je jedan od tih načina.



Slika 4.

Kod ovog vrijedi slijedeće pravilo:

Ako vektorom označimo pad terena, onda treba izvlačiti tako da vektor uvijek rotira u istu stranu. U ovom slučaju u smjeru obrnutom od kazaljke na satu.

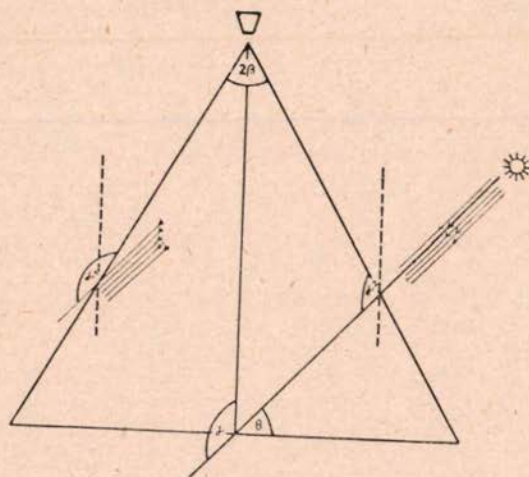
Ovim načinom dobija se gotovo uvijek isti smjer izvlačenja. Jedino na prevojima i sedlima može nastati iznimka. Tako se izbjegne različit razmak slojnica, ali se zato na spoju dva modela mogu dobiti velika odstupanja. Kartiranje je u ovom slučaju neracionalno. Moramo nakon svake izvučene slojnice voditi olovku na mjestu početka prethodne slojnice, pri čemu instrument nije iskorišten.

Kod nekih pogona izvlače se slojnice naizmjenično u oba smjera. Na mjestima gdje kartirane slojnice nemaju jednaki razmak, a teren ima jednoličan pad, uvedu se korekcije prilikom iscrtavanja planova.

Imajući sve ove činjenice u vidu prešli smo na eksperimentalno određivanje visinske elipse.

Imali smo na raspolaganju diapozitive koje je firma Aeroeksploracija iz Frankfurta izradila za potrebe izgradnje cesta u Luxemburgu.

Format snimka	23×23
Žarišna daljina	$f = 150 \text{ mm}$
Mjerilo snimanja	$M_s = 1:3000$
Mjerilo modela	$M_m = 1:2000$
Mjerilo kartiranja	$M_k = 1:1000$
Relativna visina lijeta	$h = 500 \text{ m}$
Bazisni odnos	$= 1:2$
Podatak visinskog brojila	$= \pm 0.02 \text{ m}$
Postavna visinska točnost	$= \pm 0.05 \text{ m}$
Ekvidistancija slojnice	$= 1 \text{ m}$



Slika 5.

Niz br. 27

Diapozitivi izrađeni na pločama Kodak-Contrast.

Smjer lijeta: sjever-jug; Kamera: 15 Ag 103, Re 5a

Niz br. 33

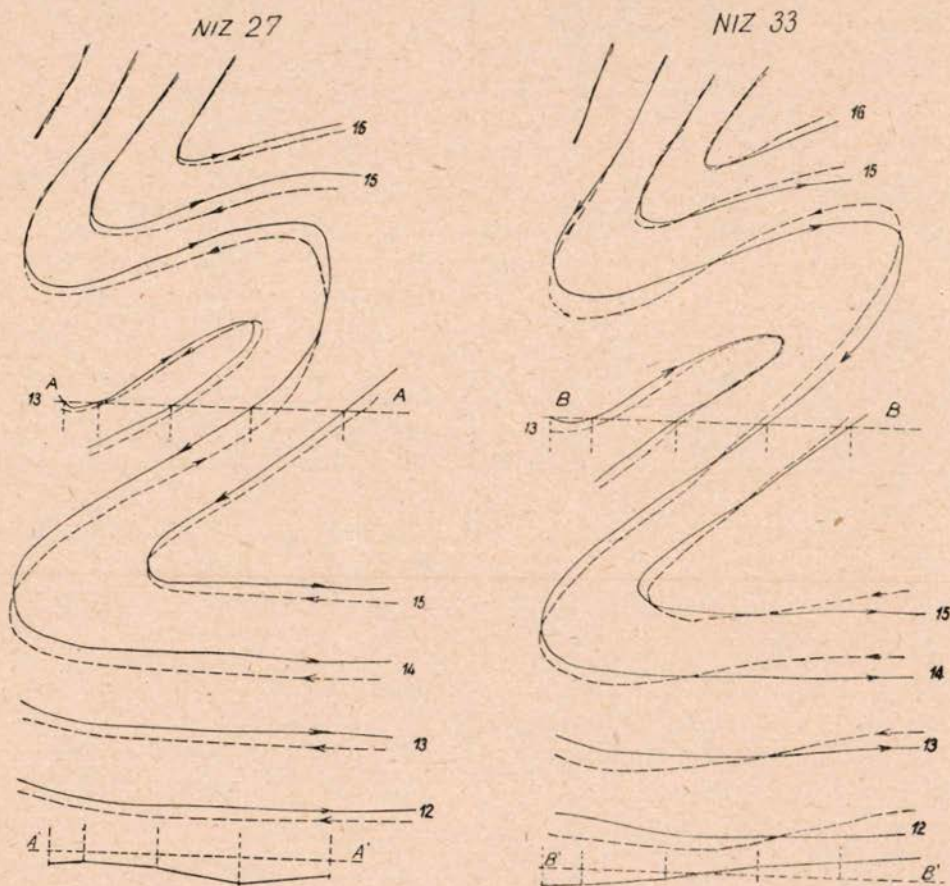
Diapozitivi izrađeni na pločama Pervola-Perutz

Smjer lijeta: istok-zapad; Kamera: br. 15 Ag86, RC 5a

Opažanja su vršena prilikom izrade planova, kod firme INKABU, Frankfurt/Main, na autografu A8 Wild. Slojnice su kartirane u oba smjera, tj. svaka slojnica dva puta. Odstupanja, nastala tom prilikom, pripisujemo utjecaju visinske elipse. Ovako odvojenu pogrešku visinske elipse slijedimo u modelu po veličini i predznaku. Kasnije možemo utvr-

ditu koliko i s kojim predznakom ona utječe na vanjsku tačnost slojnih plana. Moramo stoga najprije odrediti koliki je iznos visinske elipse u jednom modelu odnosno u jednom nizu.

Analizirajući odstupanja slojnica u nizu br. 27 i 33 vidimo da se visinska elipsa vrlo malo mijenja između pojedinih modela. Karakteristična slika odstupanja ostaje u svim modelima ista. Između nizova postoji međutim razlika. Ovo dovodimo u vezu sa različitim azimutalnim smjerom



Slika 6.

lijeta odnosno utjecajem sunca. Raspršenje svjetlosti je maksimalno u smjeru širenja svjetla, drugi manji lokalni maksimum raspršenja nastupa u protivnom smjeru, a minimum raspršenja imamo okomito na smjer širenja svjetlosti. Stoga se strana terena bliža suncu preslikava bistrije nego dalja strana (sl. 5), a promatranje ili snimanje u smjeru svjetla daje veće kontraste u detaljima nego protiv svjetla [2] i [3].

Ovo nas upućuje da se mora voditi računa za svaki niz posebno. Ako odaberemo samo karakteristične smjerove slojnica u jednom fiktivnom

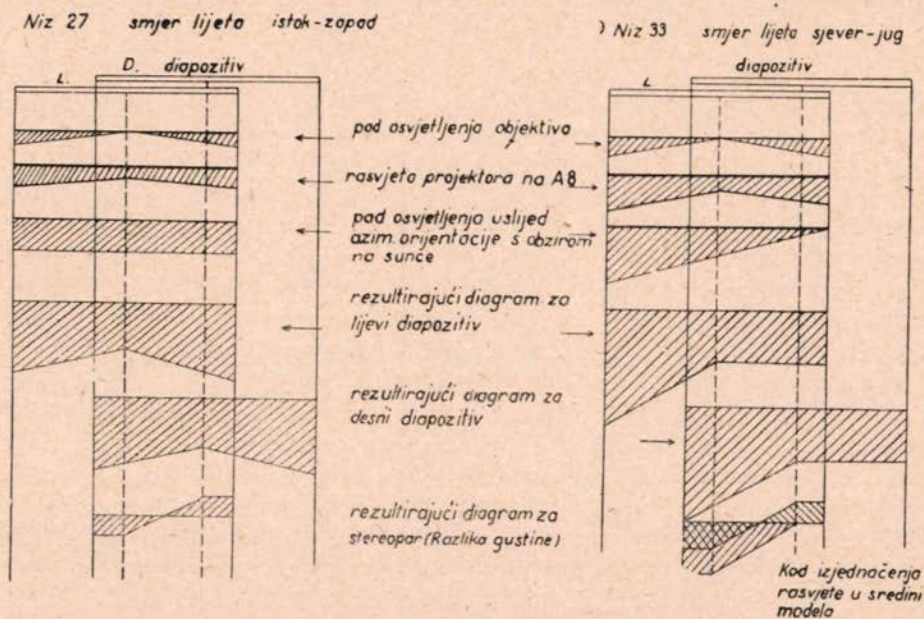
modelu odstupanja uslijed pojave visinske elipse izgledala bi kao što je prikazano na sl. 6.

U nizu br. 27 pogreška visinske elipse ima gotovo po čitavom modelu istu vrijednost i istog je predznaka. Kod niza br. 33 ona se mijenja po predznaku, a po veličini je najmanja u sredini modela. Utjecaj visinske elipse dolazi u znatno reduciranom iznosu do izražaja kod slojnica koje su paralelne s y-osi instrumenta jer će u tom slučaju prividna paralaksa postati transverzalnog paralaksom (sl. 1) i tako osim te smetajuće paralakse ne postoji iskrivljavanje stereoeffekta. Potrebno je napomenuti da je u oba niza prije kartiranja izvršeno svjetlosno izjednačenje oba projektor na sredini modela slobodnim ocijenjivanjem od oka.

Diagram veličine visinske elipse (presjek paralelan s x-osi instrumenta A-A odnosno B-B na sl. 6) ukazuje da bi se pomoću navedenog podešavanja svjetlosti projektor, prouzročena pogreška mogla eliminirati kod niza br. 27 obzirom na njezin (približno) konstantan iznos, dok kod niza 33 to nije slučaj.

Prema profilu B-B na sl. 6 vidljivo je da bi kod izjednačenja rasvjete u jednom nadirnom profilu dobili dvostruku pogrešku u drugom profilu.

Na temelju ovih rezultata zaključujemo sljedeće:



Slika 7.

Krivulja pada osvjetljenja za dotični aeroobjektiv, krivulja pada osvjetljenja zbog različite azimuntalne orijentacije obzirom na sunce, kao i razlika u gustoći diapozitiva uslijed fotografske izrade i intenziteta osvjetljenja projektor daju rezultirajuću krivulju za svaki diapozitiv odnosno stereopar. O toj rezultanti ovisi kakva će veličina visinske elipse biti u jednom nizu,

Prema slici 7 možemo dalje zaključiti:

Azimutalna orijentacija niza prema suncu ima za posljedicu da po čitavom modelu dobijemo jednaku visinsku elipsu (niz br. 33, smjer lijeta sjever-jug) ili nema nikakvog utjecaja (niz br. 27 smjer lijeta istok-zapad).

Prema tome bi nakon izjednačenja rasvjete u sredini baze, trebala visinska elipsa biti iste veličine u nadirnim profilima za sve nizove. Budući da se za visinske elipse kod različitih nizova dobiju ipak različiti iznosi, moramo tu razliku pripisati više utjecaju razlike gustine diapozitiva prouzročene fotografskom izradom i materijalom, a manje utjecaje pada osvijetljenja karakterističnim za dotični aeroobjektiv.

Bez strogog izjednačenja rasvjete projektora dobivane su prilikom kartiranja navedenih zadataka slijedeće vrijednosti za veličinu visinske elipse.

Niz br. 27

Čitanjem na 8 modela oko 300 razlika između istih slojnica, koje se protežu pretežno u xx-smjeru, dobivena je srednja vrijednost visinske elipse od $\pm 0,25$ m.

Niz br. 33

Čitanjem na 28 modela oko 400 razlika između istih slojnica samo u nadirnim profilima dobivena je srednja vrijednost visinske elipse od $\pm 0,50$ m, ili u dimenziji modela $\pm 0,25$ mm ($M_m = 1:2000$), npr. ako kartiramo u mjerilu 1:1000 s ekvidistancijom slojnica 1 m i dobijemo razliku između iste slojnice kartirane u oba smjera 2 mm, a razliku između susjednih slojnica kartirane u istom smjeru 10 mm, onda veličina visinske elipse iznosi 0,20 m.

Ako uzmemo maksimalni iznos visinske elipse kojeg smo dobili kod 0,25 mm pitamo se da li je taj iznos konstantan pod istim uvjetima osvijetljenja i u navedenom mjerilu modela, (1:2000) — tj. izrade diapozitiva i kod različitih mjerila modela.

Uzmemo li da je iznos konstantan za mjerilo modela 1:10000 dobili bismo vrijednost od 2,5 m. Ovu pretpostavku nažalost ne možemo dokazati jer za to nismo imali odgovarajući materijal. Rezultati na fotomaterijalu izrađenom u V. G. I. za potrebe sliva Kupa-Korana, snimljenog u 1:20000 kamerom Rc 5a, format 18×18 cm, $f = 115$ mm i kod mjerila modela 1:10000 dobili smo slijedeću vrijednost za veličinu visinske elipse:

$$\text{maksimalna } e = \pm 1,8 \text{ m}$$

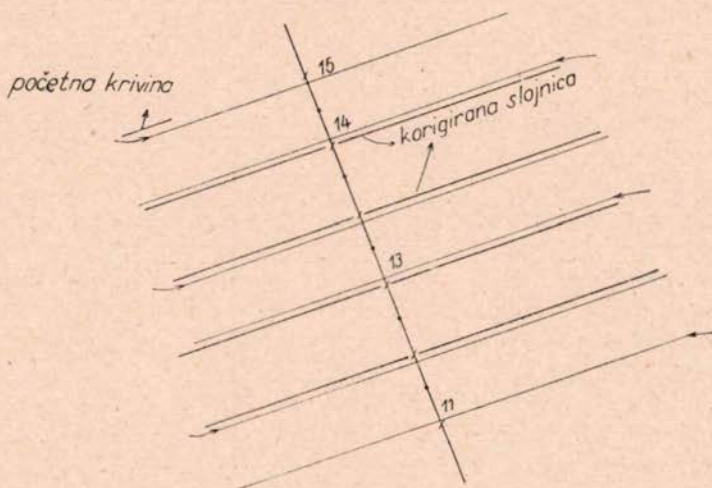
$$\text{srednja } e = \pm 0,8 \text{ m}$$

Rečeno je, da je razlika u gustoći diapozitiva glavni uzrok pogreške visinske elipse. Treba, dakle, postaviti pitanje da li možemo dobiti diapozitive iste gustoće. Na ovo pitanje ne bi mogli na temelju ovih elemenata dati precizan odgovor. Nama ostaje samo da kod korišćenja diapozitiva pri razlici u gustoći vodimo računa o utjecaju visinske elipse. Kod

ovog se slučaja treba pridržavati nekih pravila, tako da se visinska elipsa eliminiira ili dovede na vrlo malen iznos. U tom smislu preporučili bi slijedeći postupak prilikom kartiranja:

1. Treba izjednačiti rasvjetu projektora nakon kartiranja probne slojnice koja se pruža u x-smjeru instrumenta od lijevog do desnog kraja modela. Moramo rasvjetu podešavati tako dugo dok se ne dobiju simetrična odstupanja u nadiranim profilima ili po čitavom modelu samo slučajne pogreške.

2. Treba izvlačiti svaku slojnicu u oba smjera kod ravničastog terena (nagib 5—10⁰/o). Kod izvlačenja u jednom smjeru treba paziti na početnu krivinu koja se kartira, a u stvari ne postoji (sl. 8). Kod strmog terena treba izvlačiti naizmjenično jednu slojnicu u jednom smjeru a susjednu u protivnom. Kad se kod ovakvog kartiranja dobiju slojnice s nejednakim razmacima, a teren ima jednoličan pad, treba izvršiti korekciju prilikom iscertavanja. Korekcija se uzima grafički kao na slici br. 8. Pravilo glasi: Ako označimo sredine između slojnica (tačkice), onda kroz simetralu dužine između naznačenih sredina prolazi korigirana slojnica (ove sredine uzimamo od oka).

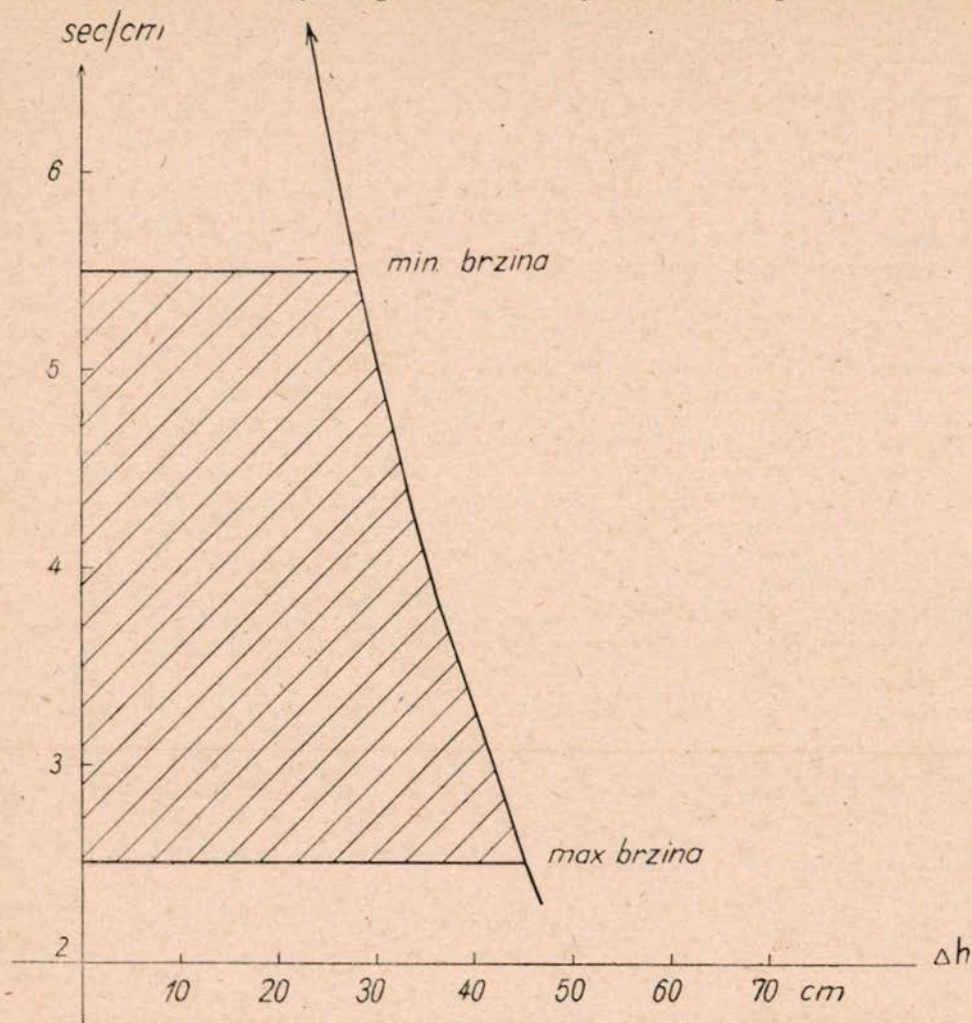


Slika 8.

3. Treba kartirati prosječnom brzinom od 3,5—4,0 sec. za 1 cm predenog puta na snimku, kad postoji razlika u gustoći diapozitiva koju ne možemo podešavanjem rasvjete ukloniti. Kod ove brzine kartiranja je brzina i točnost kartiranja u najboljoj srazmjeri. Povećavanjem brzine vođenja markice gubimo na točnosti, a dobivamo na brzini i obrnuto. Na sl. 9 prikazan je diagram visinske elipse u ovisnosti od brzine kartiranja kod diapozitiva različite gustoće.

4. Model treba kartirati do nadirnih profila i do simetrale poprečnog preklopa, jer pogreška visinske elipse udalžavanjem od nadirnih profila naglo raste (pad osvjetljenja naglo se mijenja prema periferiji snimka).

Smatramo da je pogrešno ocjenjivati rad pojedinog restitutora po tome da li dobiva slojnice geomorfološki vjerne ili ne, a pri tome zane-



Slika 9.

maruje utjecaj visinske elipse. Ne smije se na račun efekta prepustiti pojedinom restitutoru da slojnice izvlači svojevorno i bez sistema, već se on pri tome treba držati rezonskih pravila.

LITERATURA:

- [1] Gruber: »Ferienkurs in Photogrametrie«, Stuttgart 1930.
- [2] F. Braum: »Fotogrametrijski tjedan 1954. u Münchenu«, Geodetski list 9—12/1954.
- [3] Brock: »Physical Aspects of Air Photography«, 1952.