

## O METODAMA, TEHNICI I EKONOMIČNOSTI PRAĆENJA RADOVA NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA

DRAGOLJUB PUTNIKOVIĆ, dipl. inž. — Beograd

1. TEHNOLOŠKI PROCES POVRŠINSKOG OTKOPAVANJA I NJE-  
GOVO PRAĆENJE. — Eksploatacija rudnog ležišta površinskim otkopava-  
njem sastoji se u tome da se najpre odstrani neproduktivna masa — jalo-  
vina, dok se ne dođe do rude, pa se tako otkriveno rudno ležište otkopava.  
Ovakav način eksploatacije ima svoje velike prednosti:

- Mogućnost upotrebe mehanizacije velikih kapaciteta koja omogućuje veliki učinak sa minimalnim angažovanjem radne snage;
- Mogućnost iskorišćenja celokupnog ležišta, dok je podzemnim odko-  
pavanjem iskorišćenje svedeno na 50%; i
- Potpuna bezbednost u radu koja u podzemnom odkopavanju zavisi od mnogih faktora.

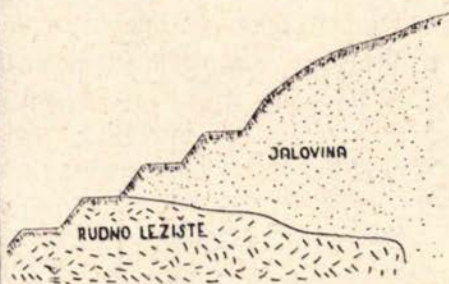


Sl. 1. Početni radovi na otvaranju jednog površinskog kopa



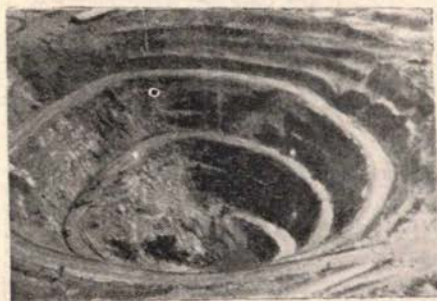
Prema položaju, obliku ležišta i konfiguraciji terena otkopavanje se vrši zasecanjem terena u obliku terasa — etaža. Pri ovome se javljaju dva tipa formiranja radilišta:

**Brdski tip** kojim se vrši otkopavanje etažama na jednoj strani, tako da su etaže iznad nivoa osnovne radne površine, gde se obavlja prerada (Sl. 2.) U ovom slučaju, ruda se spušta sa pojedinih etaža na zbirno mesto, gde se nalaze objekti prerade rude.



Sl. 2. Brdski tip otkopavanja sa radnim profilom

**Dubinski tip** kojim se vrši otkopavanje etažama sa dve strane, tako da su etaže ispod nivoa osnovne radne površine (Sl. 3). U ovom slučaju se ruda izvlači sa pojedinih etaža na zbirno mesto, gde se nalaze objekti prerade.



Sl. 3. Dubinski tip otkopavanja sa radnim profilom

Otkopana jalovina se odlaže na određena mesta van otkopnog područja (spoljno odlagalište) ili na mestima unutrašnjeg otkopa gde je otkopana ruda (unutrašnje odlagalište).

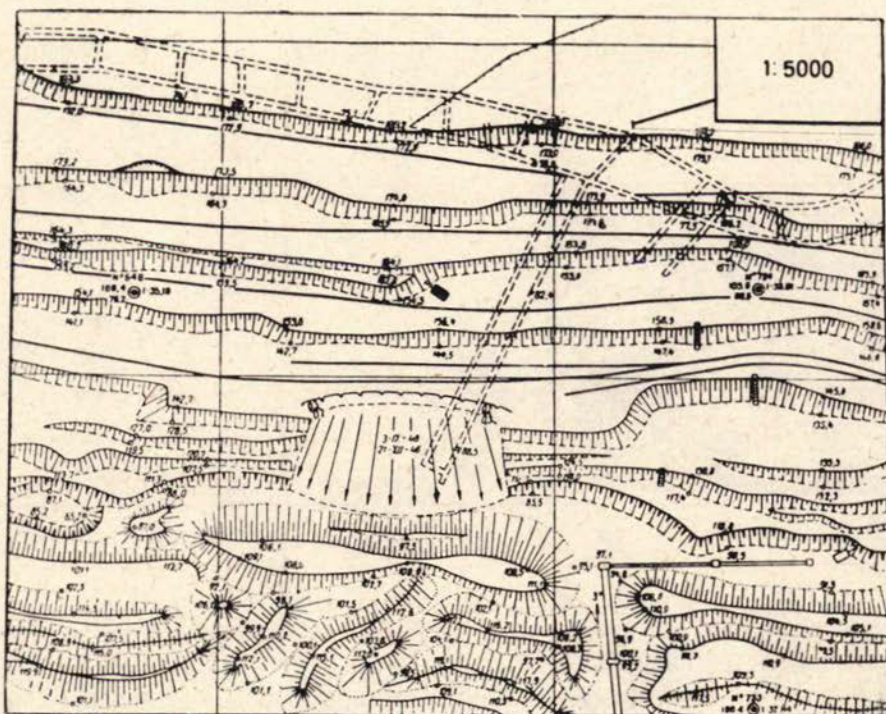
Upotrebom mehanizacije velikih kapaciteta nastala je stalna potreba za tehničkim i ekonomskim uvidom u rad pogona. Praćenje napredovanja radova je vezano za vremenski razmak ustaljen u jednoj radnoj jedinici.



U ovom procesu praćenja radova i zahteva rudarske operative, pred geodetskom službom se javljaju sledeći zadaci:

1. Razvijanje trigonometrijskih, poligonometrijskih i nivelnanskih mreža kao osnova za sve buduće geodetske radove;
2. Izrada plana površinskog kopa u krupnoj razmeri sa svim postrojenjima, objektima, električnom, saobraćajnom i drenažnom mrežom;
3. Izrada plana odlagališta sa svim objektima na njemu;
4. Snimanje i obeležavanje minerskih mreža za masovna miniranje;
5. Izračunavanje količine izvršenih radova;
6. Praćenje mehaničkih promena tla na etažama i odlagalištima;
7. Sastavljanje i vođenje dinamičkih planova i profila koji daju sliku proizvodnje za bilo koji interval vremena;
8. Određivanje oblika rudnog ležišta njegovih granica, moćnosti naslaga, tektonskih poremećaja, itd;
9. Razni operativno-proizvodni zadaci vezani za dinamiku proizvodnje.

Ovi zadaci se rešavaju klasično-geodetskim principima, a u novije vreme i fotogrametrijski.



Sl. 4, Plan jednog površinskog kopa



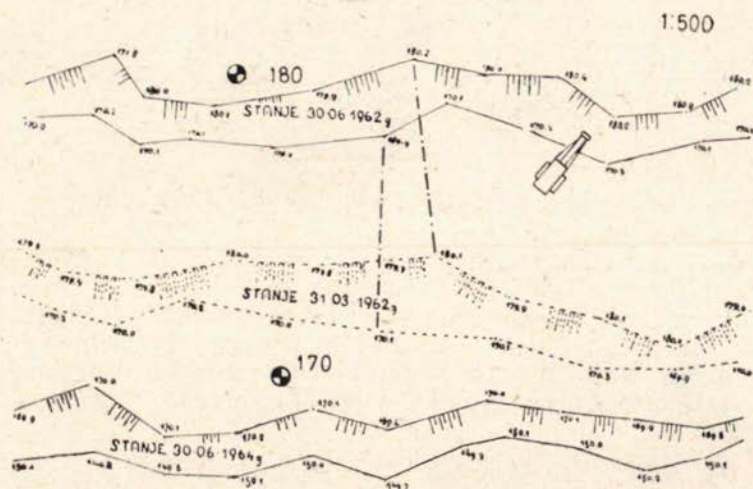
## 2. KLASIČNO-GEODETSKI NAČIN PRAĆENJA ODKOPAVANJA. —

Napred navedeni zahtevi praćenja dinamike proizvodnje obavljaju se klasično-geodetskim merenjima, uglavnom tahimetrijski, pod pretpostavkom da postoji trigonometrijska i nivelmanska mreža; i računanjima koja su opšte poznata. Upotreba instrumenata i pribora svodi se na razne konstrukcije.

Najobimniji i stalni geodetski radovi su na snimanju i izradi plana površinskog kopa (Sl. 4) sa stanjem radova za određeni period. Ovako stanje je potrebno predstaviti sa celokupnim objektima, postrojenjima, saobraćajnom, električnom i drenažnom mrežom. Zatim, radovi na izračunavanju iskopa, jer ovaj zadnji daje ekonomski efekt eksploatacije za određeno vreme. Praćenje rada na odlagalištu je takođe proces neophodan u procesu odkopavanja. Ostali radovi su daleko manjeg obima jer su povremeni. Prvi se obavljaju po svim dosada utvrđenim pravilima državnog premera i mogu biti kombinovani sa elektronskim računanjima. Ovde će biti objašnjeno izračunavanje kubature iskopa i praćenje odlagališta.

Radovi na izračunavanju kubature iskopa. — Terenski radovi i obračun kubature iskopa zavise od metode računanja. Ove metode su: metoda horizontalnih i metoda vertikalnih preseka.

Metoda horizontalnih preseka se sastoji u tome, da se za računanje kubature koriste kao osnova planovi krupne razmere 1 : 500 ili 1 : 1000. Na planu etaža kartira se novo snimljeno stanje, gde već postoji stanje etaže pre otkopavanja (Sl. 5). Zatim se izračunaju planimetrom otkopne



Sl. 5. Etažni plan sa koga se računa kubatura iskopa

površine, gornje  $P_2$  i  $P_1$  i njihove odgovarajuće srednje visine  $H_{2sr}$  i  $H_{1sr}$ , a potom kubatura:

$$V = \frac{P_2 + P_1}{2} (H_{2sr} - H_{1sr}) \quad (1)$$

Ako postoje velike razlike u visinama, onda se ovo računanje vrši po delovima — blokovima.

Metoda vertikalnih preseka zahteva prehodno razvijanje i stacioniranje terenskih profila (preseka) normalno na osovину rudnog ležišta ili na osovину razvoja kopa koja je često u pravcu jedne koordinatne osovine, pa su time i profili u koordinatnom sistemu. Na ovako formiranim terenskim profilima (Sl. 6.) snimaju se svi prelomi stvoreni radom mehanizacije. Zatim se sa tako kartiranog profila, izračuna površina planimetrom, a potom kubatura između dva uzastopna profila:

$$V = \frac{S_k + S_{k+1}}{2} \cdot l \quad (2)$$

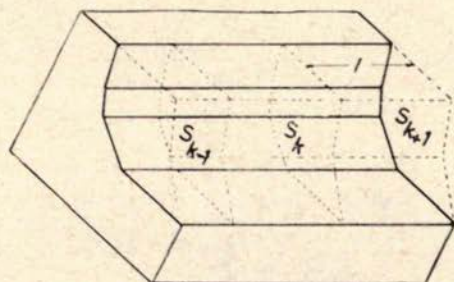
gde je:

$S_k$  površina predhodnog profila

$S_{k+1}$  površina narednog profila

$l$  razmak profila, ili ukupna kubatura iskopa na jednoj etaži:

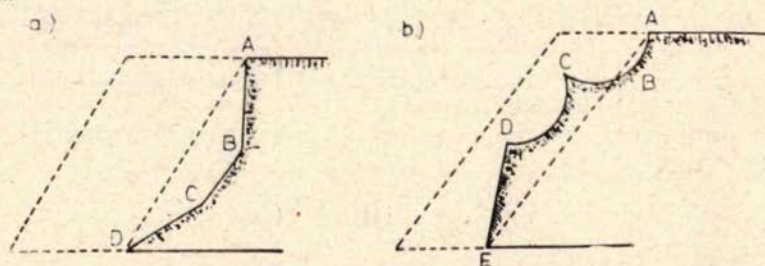
$$V = l \cdot \left( \frac{S_0 + S_n}{2} + S_1 + S_2 + \dots + S_{n-1} \right)$$



Sl. 6. Vertikalni profili koji daju iskop

Praksa je pokazala da su podaci dobijeni jednom i drugom metodom jednaki pod uslovom da su za to ispunjeni terenski uslovi.

Metoda horizontalnih preseka je vrlo pogodna kod slučajeva gde rad bagera pri otkopavanju daje pravilne kosine i mala odstupanja po projektovanim visinama. Na ovaj način se pri izračunavanju kubature može zahvatiti cela etaža u bloku bez ikakve deobe, što ubrzva ceo postupak izračunavanja.



Sl. 7. Karakteristični zaseci bagera

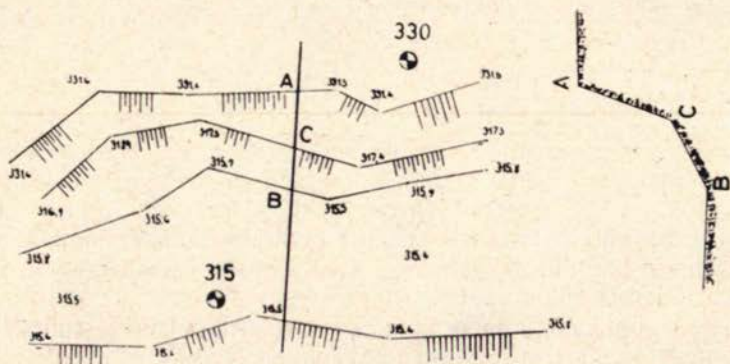


Metoda vertikalnih profila zahteva više terenskog i kancelariskog rada, ali u izvesnim momentima daje i veću tačnost od predhodne. Razni tipovi bagera formiraju razne profile (Sl. 7) pa je potrebno snimiti sve tačke, na pr.: A, B, C i D ili A, B, C, D i E. U slučaju metode horizontalnih preseka snimaju se samo tačke A i B, odnosno A i E, pa se u prvom slučaju (Sl. 7a) pojavljuje manjak, a u drugom (Sl. 7b) višak kubature. Međutim, metodom vertikalnih preseka snimaju se svi prelomi, ako je moguće stati na njih. Često je



Sl. 8. Izgled odronjenih masa (ruč) sa karakterističnim profilom

ova metoda jedino moguća. Pri ovome se postiže maksimalna tačnost u izračunavanju kubature, naročito kod vrlo nestabilnih kosina, koje se između dva snimanja odronjavaju (Sl. 8.). U rudnicima metala ove kosine su stabilne, ali se radom bagera i miniranjem formiraju nove ivice, tako da je na profilu potrebno snimiti i tačku C (Sl. 9.).



Sl. 9. Detalj snimljene etaže čije su kosine formirane miniranjem

Obe metode računanja kubature se često kombiniraju, tako što se etaže snimaju tahimetrski metodom rasutih tačaka i kartiraju u razmeri 1:500, pa se potom sa takvog plana izrađuju grafički profili i za njih izračuna ukupna kubatura.

Izračunavanje kubature moguće je izvršiti metodom bušenih kartica na elektronskim mašinama (Remington Rand UCT, Zuse 22 i dr.). Niz računanja, koja su potrebna da se izvrše dosadašnjim načinom izdvojena su na četiri



programske grupe. Prvi program zahvata izračunavanje polarnih koordinata i visina detaljnih tačaka iz tahimetrijskog zapisnika akomodiranog za mašinu. U drugoj fazi, ovi podaci se pretvaraju u pravouglo koordinat. Treća faza se sastoji u interpolaciji detaljnih tačaka u odnosu na projektovane profilne linije. Površina profila i kubature sračunavaju se u četvrtoj fazi.

U toku ovoga rada, međufazni i konačni rezultati izlaze štampani na šest različitih tabelarnih pregleda. Na taj način postoji dovoljno podataka za kontrolu svih faza pa se pogrešni rezultati merenja mogu odbaciti.

**Tačnost izračunavanja kubature iskopa.** — Tačnost izračunavanja kubature metodom horizontalnih preseka izražena je relativnom greškom.

$$\frac{m_v}{V} = \sqrt{\frac{m_p^2}{2P^2} + \frac{m_H^2}{H^2}} \quad (3)$$

gde je:

$$P = \frac{P_1 + P_2}{2},$$

$$H = H_{2sr} - H_{1sr},$$

$m_H$  greška računanja  $H$ ,

$m_p$  greška računanja površina  $P_1$  i  $P_2$ .

Tačnost izračunavanja kubature metodom vertikalnih profila izražena je također relativnom greškom

$$\frac{m_v}{V} = \frac{m_s}{S} \cdot \frac{\sqrt{4n-6}}{2n-2} \quad (4)$$

gde je  $S$  srednja površina iz  $n$  profila,  
 $m_s$  greška računanja površine i  
 $n$  broj vertikalnih profila.

U ovom izrazu je  $\frac{\sqrt{4n-6}}{2n-2} < 1$  i teži ka nuli za  $n = \infty$ , što znači

da se greška izračunavanja kubature smanjuje se povećanjem broja profila.

Tačnost izračunavanja kubature ne zavisi samo od načina uzimanja preseka, već toliko isto i od: tačnosti trigonometrijske, poligonske i nivelmanske mreže, tačnosti određivanja i kartiranja detaljnih tačaka, subjektivnog uočavanja terenskih preloma od strane izvršioca radova, odnosno od faktora slučajnog karaktera koji su opšte poznati.

Iskustvo je pokazalo da se kubatura iskopa dobijena iz radnih izvještaja operative neće razlikovati od kubature dobijene gološkim putem više od 3%. Pojava ove razlike se opravdava napred pomenutim faktorima.

Ispitivanja Rudarskog instituta u Freiberg-u su pokazala da se srednja relativna greška dobijanje kubature, zavisno od postupaka rada, kreće od 0,6 do 1,0%, pa se tačnost takvih podataka može ceniti po empiričkom obrascu

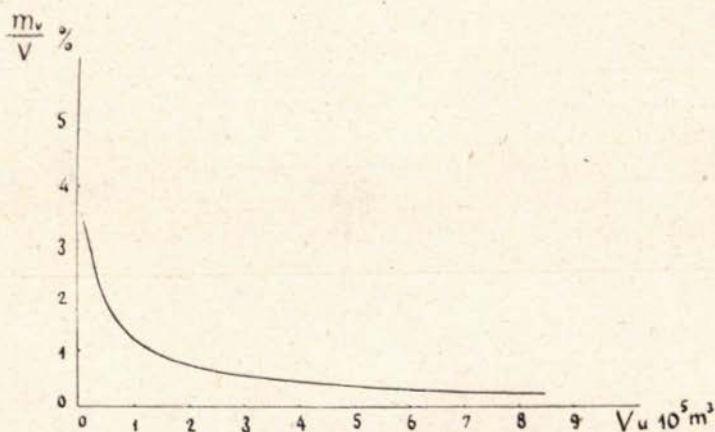
$$m_r = \frac{m_v}{V} = \frac{K}{\sqrt{V}} \quad (5)$$

gde je  $K = 340$ , koeficijent dobijen empirički iz više nezavisnih merenja i  $V$  ukupna kubatura iskopa radne jedinice za jedan period.

Tabela I

$V$ u $m^3$	$\frac{m}{V}$ %
900 000	0,36
700 000	0,41
500 000	0,48
300 000	0,62
150 000	0,8
125 000	0,96
100 000	1,08
75 000	1,24
50 000	1,52
40 000	1,79
25 000	2,15
20 000	2,40
15 000	2,78
10 000	3,40
5 000	4,81

Na sl. 10, prema priloženoj tabeli I, dat je dijagram ove zakonitosti, odakle se može zaključiti da relativna greška izračunate kubature iznosi 1% tek kod iskopa oko 100 000  $m^3$ , a da granicu od 3% prelazi kod iskopa manjeg od 15 000  $m^3$ .

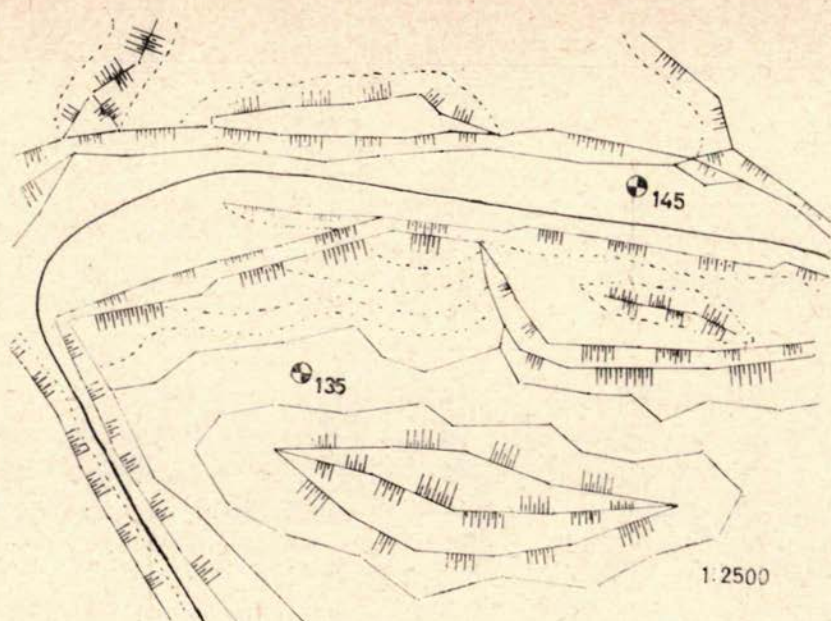


Sl. 10. Dijagram tačnosti izračunate kubature

Prema ovome, može se usvojiti kriterijum da se razlika kubature radova prijavljenih od strane operative i dobijenih geodetskim merenjima, može tolerisati za trostruko od vrednosti dobijene iz obrasca 5.

**Geodetski radovi u praćenju odloženih masa.** — Praćenje radova na odlaganju otkopane jalovine u pogledu njenog količinskog napredovanja i stabilnosti odloženih masa, jedan je od ostalih operativnih zadataka geodetske službe u pogonu.





Sl. 11. Detalj jednog odlagališta

Radi predstave odlagališta na planu, vrše se snimanja svih terenskih preloma i objekata na njemu (Sl. 11.).

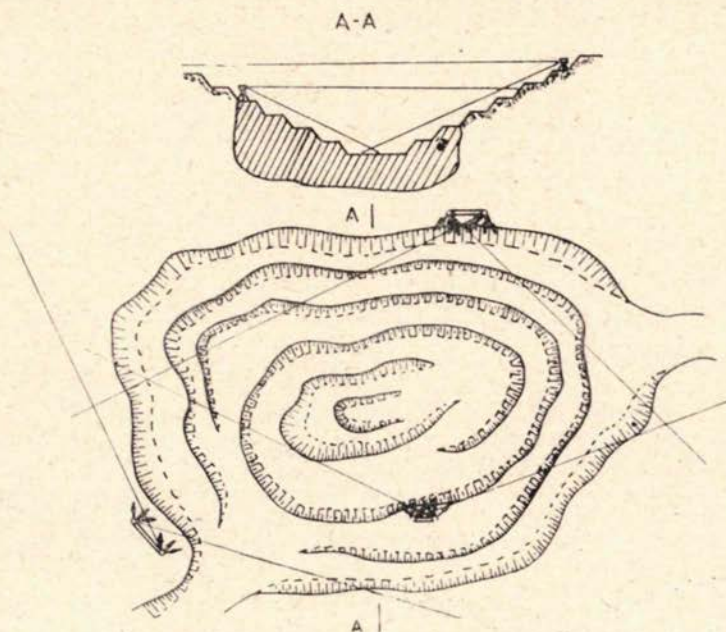
Praćenje stabilnosti odloženih masa zahteva detaljnije snimanje celog odlagališta, zbog utvrđivanja njegovih mehaničkih osobina radi bezbednog kretanja mehanizacije. Ovaj rad se obavlja uglavnom tahimetrijski, koji je težak i opasan zbog rada na nestabilnim mestima.

**3. FOTOGRAMETRISKI NAČIN PRAĆENJA OTKOPAVANJA.** — Praćenje radova na jednom površinskom kopu može se obavljati terestričkom i aero-stereofotogrametrijom. Ceo postupak je zasnovan na upotrebi poznatih instrumenata za snimanje i restituciju.

**Terestričko snimanje.** — Ovakovo snimanje se može izvršiti sa pogodnih uzvišenja stvorenih tokom procesa otkopavanja. Pri samom snimanju, moguće je da postojeća mehanizacija ili izvesni delovi etaže zaklone vidno polje fotokamere tako da se ne može zahvatiti otkopni front. Ali, ovakvi delovi terena se mogu dopuniti bočnim fotosnimanjem ili u krajnoj nuždi klasičnim načinom. Apsolutnu orijentaciju je moguće izvršiti iz, na terenu određenih elemenata optičke osovine i dovoljnog broja pravilno raspoređenih kontrolnih tačaka. Koristeći teoretske postavke terestričke fotogrametrije najvažniji deo rada je biranje baze za snimanje, radi zahvata što šireg i dubljeg otkopnog područja. Pri tome možemo razlikovati sledeće slučajeve snimanja, odnosno postavljanja baze na veštačkim uzvišenjima.



Snimanje sa radnih ivica se obavlja uglavnom kod kopova gde se proces odlaganja jalovine vrši van otkopnog područja, tako da se baze postavljaju na ivicama suprotno od otkopnog fronta. Niže ivice, koje se ne mogu zahvatiti, snimaju se sa suprotnih strana etaža (Sl. 12.). Ovako postavljene baze nisu dugotrajne i moraju se obnavljati prilikom svakog snimanja.



Sl. 12. Sema snimanja sa radnih ivica

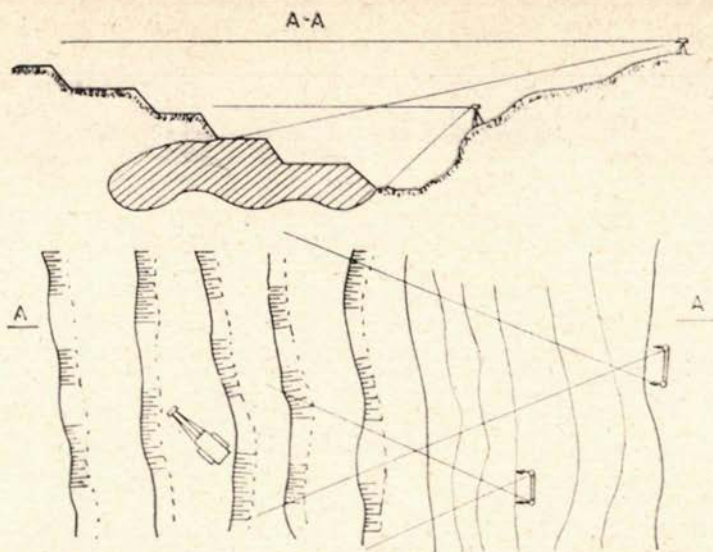
Snimanje sa ivica koje se ne ne odkopavaju je vrlo ekonomično, jer se jednom postavljene i određene baze mogu koristiti za više periodičnih snimanja u toku dužeg vremena. Na taj način, postupak oko biranja baza i određivanja njenih elemenata je sveden na minimum. Ukoliko se otkopni front spusti na veću dubinu, nastaju mrtvi uglovi. Takva se mesta snimaju sa pogodno odabranih baza na niže delu terena. (Sl. 13.).

Snimanje sa unutrašnjih odlagališta. Ako se odlaganje jalovine vrši u otkopane delove površinskog kopa, bilo da je to odlaganje mostom (Sl. 14a) ili vučom u nivou etaža (Sl. 14b), mogu se pogodno odabrati baze, za korišćenje nekoliko narednih snimanja. One se ne mogu koristiti trajno jer se menjaju ranije određeni elementi zbog stabilizacije odloženih masa. Sa druge strane, takva mesta gde su postavljene baze, brzo se zatrpavaju pri odlaganju jalovine.

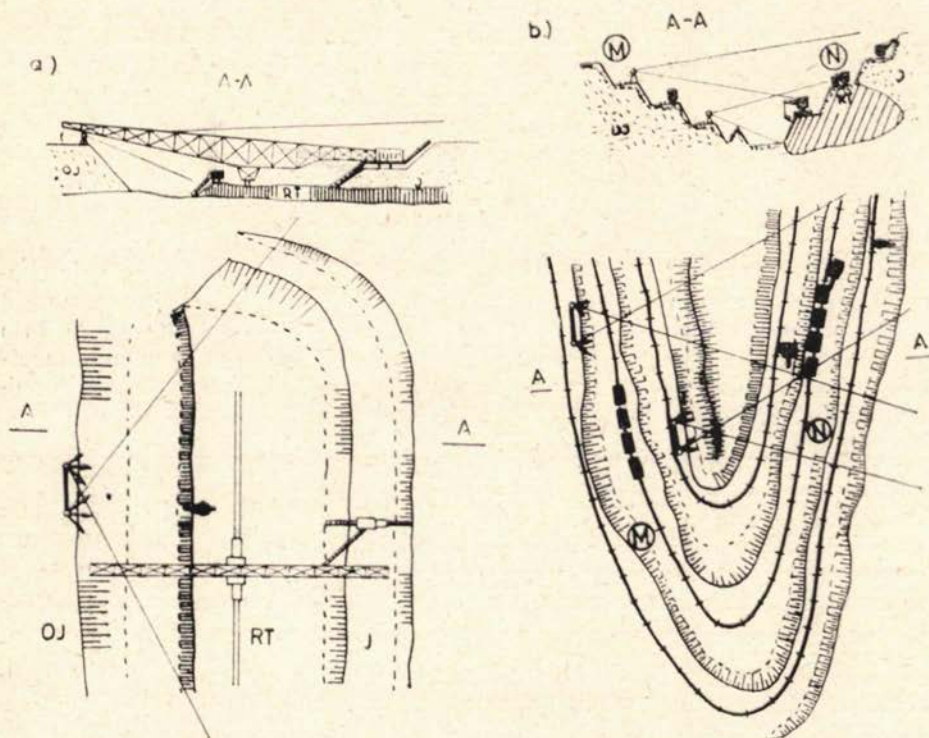
Snimanje sa radnih etaža se obavlja sa ciljem dopunske predstave ivica koje nisu zahvaćene glavnim snimanjem, zatim odronjene ili minirane mase i to uglavnom stereometarskom komorom.

Svi napred spomenuti slučajevi snimanja najčešće se kombiniraju radi zahvata što veće površine sa što manje praznina i sa što manjim brojem baza. Ovo je naročito povoljno kod površinskih kopova dubinskog tipa.





Sl. 13. Šema snimanja sa ivica koje se ne odkopavaju



Sl. 14. Šema snimanja sa unutrašnjeg odlagališta, a) odlagalište mostom i b) odlagalište u nivou etaža; OJ odložena jalovina, J, jalovina, RT rudno telo, N otkop, M odlagalište.

Svako snimanje je praćeno geodetskim terenskim radovima radi prikupljanja elemenata orijentacije i povezivanja snimaka u državni koordinatni sistem. Glavni terenski radovi su:

- Prenos projektovanih baza;
- Merenje baza za snimanje;
- Priključak baza za državnu mrežu (položajno i visinski); i
- Određivanje kontrolnih tačaka za kontrolu i što bolju orijentaciju modela.

Za restituciju i konačnu izradu planova i profila koriste se stereoautografi i stereokomparatori raznih konstrukcija.

Pomoću stereoautografa (Wild, Zeiss, Drobišćev i drugi) podaci za izradu plana i profila dobivaju se kombinacijom grafičko-mehaničkog ili grafičko-analitičkog načina. Analitički podaci za grafičku izradu profila se dobijaju u sistemu instrumenata, koj se transformišu u državni koordinatni sistem. Ovaj ceo postupak se može obaviti specijalnim računskim i elektronskim mašinama i na taj način vrlo brzo doći do kubature radova. Postupak za izradu plana je poznat i on je čisto grafičko-mehanički.

Analitički postupak je moguć i na stereokomparatorima razne konstrukcije u kojima se mogu dobiti koordinate svake detaljne tačke u odnosu na levu stanicu snimanja:

$$Y_F = \frac{b}{p} \cdot f, \quad X_F = \frac{Y_F}{f} \cdot x_1, \quad Z_F = \frac{b}{p} \cdot z_1 \quad (6)$$

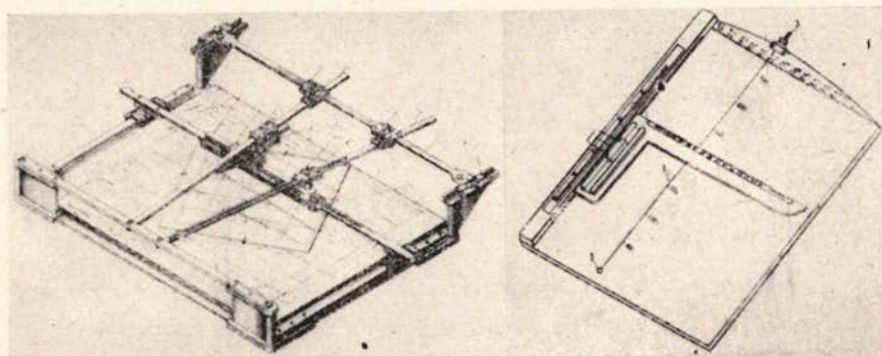
gde je  $b$  baza snimanja,

$f$  žižina daljina komore,

$p$  horizontalna paralaksa i

$x_1$  i  $z_1$  koordinate tačaka na levom snimku.

Ovako dobijene tačke iz očitanih vrednosti na stereokomparatoru  $p$ ,  $x_1$  i  $z_1$  se mogu koristiti za grafičku izradu plana i izračunavanje kubature radova. Postoje pribori raznih konstrukcija za kartiranje ovako dobijenih detaljnih tačaka i to sa već sračunatim koordinatama  $X_f$  i  $Y_f$  pomoću tablica ili pribori kojima se tačke mogu kartirati kad se znaju vrednosti  $x_1$ ,  $z_1$  i  $p$  (Sl. 15). Pomoću pomagala raznih konstrukcija proces kartiranja detaljnih tačaka je vrlo brz i lak.



Sl. 15. Pribori za kartiranje terestričkih snimaka



Kubatura iskopa se može takođe izračunati korišćenjem metode horizontalnih preseka pomoću formule:

$$V = S \cdot h_{sr} = \frac{b^2 f}{2} \cdot h_{sr} \sum_1^n \frac{x_{1i}}{p_i} \left( \frac{1}{p_{i-1}} - \frac{1}{p_{i+1}} \right) \quad (7)$$

gdje je

$$h_{sr} = Z_{F_{sr}}^g - Z_{F_{sr}}^d$$

veličina dobijena kao razlika srednjih vrednosti  $Z_f$  za gornju i donju etažu. Postoje takođe i tablice pomoću kojih se može izračunati veličina

$$N = \sum_1^n \frac{x_{1i}}{p_i} \left( \frac{1}{p_{i-1}} - \frac{1}{p_{i+1}} \right)$$

po argumentima  $x_1$  i  $p$ , tako da je kubatura iskopa na jednoj etaži

$$V = \frac{b^2 \cdot f}{2} \cdot N h_{sr}$$

**Aerოსnimanje.** — Ovakav način snimanja ima osnovnu tehničku prednost nad terestričkom, jer su visine stanica za snimanje zastupljene u potpunosti. Na taj način su izbegnuti mrtvi uglovi koji se pojavljuju kod terestričkog snimanja.

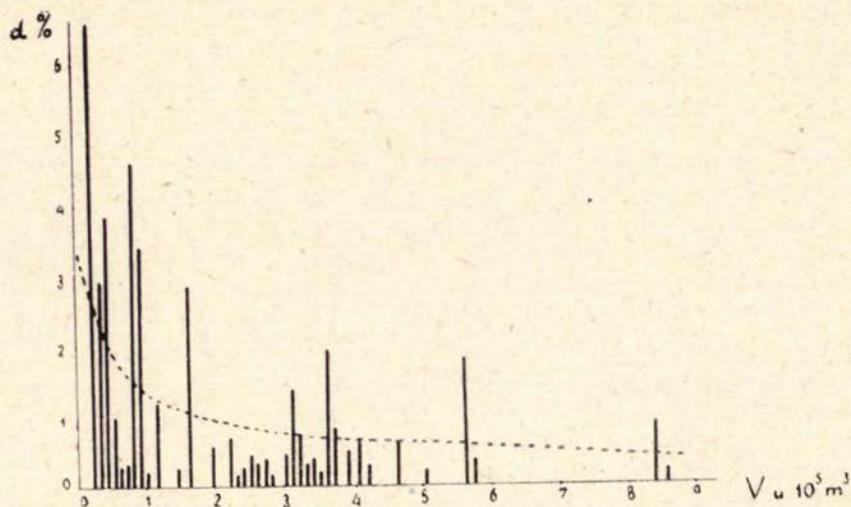
Aerofotogrametrija može u potpunosti zameniti tahimetriju u detaljnom premeru, pa se sa pravom može reći da je takva zamena izvodljiva u potpunosti i na praćenju radova na površinskim kopovima velike površine. Praksa je pokazala da se sa dovoljnom tačnošću mogu dobiti planovi i profili razmere 1 : 1000.

Fotosnimanje kopa se može izvesti sa visine 200—300 m sa duplom komorom koja ima žižinu daljinu 200 mm i maksimalnom brzinom leta oko 200 km/h. Ima slučajeva kad je dubina kopa veća od 70 m, pa je tada otežan stereoskopski utisak kod restitucije. U tom slučaju snimanje se vrši dva puta, zahvatajući jedanput grupu donjih, a drugi put grupu gornjih etaža. Ujedno se može vrlo povoljno snimiti i odlagalište, ako je ono unutar samog kopa.

Restitucija snimaka, izrada plana i profila može se vršiti u potpunosti na instrumentima I, a delimično na instrumentima II reda. Orientacija modela se može izvršiti samo posrednim putem i već ustaljenim i dobro poznatim metodama. Kartiranje planova, izrada i obračun profila može se vršiti numerički, grafički i kombinovano sa eventualnim korišćenjem elektronskih i računskih mašina.

Na kraju je vredno pomenuti profiloskop, instrument pomoću koga se restitucijom može doći odmah do profila. Njime se uštedi u međuradnjama, koje je potrebno obaviti na već pomenutim instrumentima za restituciju, da bi se došlo do profila.

Tačnost fotogrametrijske metode. — Zahtevi rudarske operative u pogledu tačnosti su  $\pm 0,10$ — $\pm 0,20$  m po položaju i visini za svaku detaljnu tačku kada se radi klasičnim načinom. Ovoj tačnosti se u potpunosti može udovoljiti upotrebom napred pomenutih fotogrametrijskih instrumenata. Tačnost se može povećati primenom odgovarajuće tehnike rada. Ovo iziskuje veći utrošak vremena čime se smanjuje ekonomičnost pomenute metode. Inostrana iskustva su pokazala da se greške u računanju kubature iskopenih masa ponašaju približno po teorisko-empiričkom stavu 5. Na sl. 16. date su zakonitosti razlika dobijenih klasično i fotogrametrijski, što znači da se tačnost fotogrametrijski određene kubature kreće od 1%—3%.



Sl. 16. Zakonitost ponašanja razlika između kubature iskopa dobijenog klasično i fotogrametrijski

4. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE NAVEDENIH METODA. — Zahtevi rudarske operative se za sada udovoljavaju klasično-geodetskim načinom, uglavnom tahimetrijski, pod pretpostavkom da postoji solidna osnova (triangulacija i nivelman). Ova metoda ima suštinskih nedostataka:

- Veliki obim terenskih radova oko određivanja svake detaljne tačke po položaju;

- Neophodno fizičko prisustvo radnika na detaljnim tačkama koje se nalaze na ivicama etaža i odlagališta i granicama osipanja, a što u većini slučajeva nije bezopasno; i

- Neophodna izrada poligonske mreže za svaku etažu i za svako snimanje, jer se mreža uništava otkopavanjem.

U novije vreme, razvojem mehanizacije na površinskim kopovima povećala se i radna površina sa ciljem što veće proizvodnje. Ovime se povećao i obim rada u praćenju otkopavanja za jedan vremenski period, a sa time i ekspeditivnije davanje izvještaja i planova operativi.



Van zemlje se uveliko prelazi na zamenu tahimetrije fotogrametrijom i to najviše terestričkom jer ima praktična preimućstva:

— Veliko smanjenje obima terenskih radova, koji se jedino sastoji iz fotografisanja kopa i određivanja baza, pod uslovom da su trigonometrijska i nivelmanska mreža dovoljno guste;

— Određivanje svake detaljne tačke, na kojoj je potrebno fizičko prisustvo radnika, zamenjeno je optičko-mehaničkim postupkom;

— Mogućnost smanjenja radova u određivanju baza, ako su iste izabrane za nekoliko narednih snimanja; i

— Tačnost dobijenih podataka zadovoljava zahteve rudarske operative.

Ova preimućstva su moguća ako su ispunjeni sledeći uslovi:

— Postojanje mesta na kopu, gdje je moguće obezbediti trajnu očuvanost baza snimanja;

— Postojanje dovoljno uzvišenih mesta koja su višlja od etaža rudarskih radova u cilju smanjenja mrtvih uglova;

— Mesta gde se postavljaju baze snimanja treba da se nalaze na suprotnim stranama etaža, a po mogućnosti da su paralelne radi što pravilnijeg preseka ivica etaža sa optičkim zracima;

— Rastojanja od ivica, gde se nalaze baze do linija snimanja etaže, ne treba da prelaze određenu dužinu; i

— Zavisnost između dužina baza i dubina snimanja mora biti zastupljena zavisno od raspoložive komore i tražene tačnosti.

Iskustva su pokazala da uvek mora postojati manjkavost nekog od ovih uslova, a to znači da će na kraju postojati neka mesta koja ne mogu biti zahvaćena ili su zahvaćena pod vrlo nepovoljnim uslovima. Ovakva mesta se mogu dopuniti fotogrametrijski, snimanjem stereometarskom kamerom ili tahimetrijski što je i najteže. Iz ovog sledi, da se tahimetrijski način snimanja ne može u potpunosti ukloniti, nego da je i neophodan za dopunske radove.

Prednosti aerofotogrametrijskog snimanja su izložene napred i nisu zavisne od spoljnih faktora (osim vremenskih), već od tehničkih i ekonomskih. Ovakvo snimanje ima prednost nad tahimetrijskim pod uslovom da je zastupljena ekonomičnost.

Ne treba izgubiti iz vida, da na kvalitet dobijenih podataka, pored instrumenata za snimanje i kartiranje, ima u velikoj meri uticaj i kvalitet fotografskog materijala. Pored ovog, važan je postupak i obrada materijala poslije snimanja na koje treba obratiti osobitu pažnju.

Na kraju se može zaključiti, da postoji velika tehnička prednost fotogrametrijske metode nad klasičnom od kojih će neke biti pomenute.

Samo snimanje otkopa je, može se reći, trenutno (jedan dan), dok se klasičnim načinom ovaj rad obavi sa 5 — 10 puta više vremena. Profile za izračunavanje kubature moguće je razviti zavisno od terenskih preloma i u svako vreme ih pogustiti pri merenju na modelu, a ne kako je to uobičajeno, da su profili stacionirani na jednakim odstojanjima prema nekoj od koordinatnih osovina ili osovini rudnog tela.

Fotogrametrijskim načinom se mogu uvek i u svako doba kontrolisati eventualni propusti u izračunavanju kubature masa, naknadnim merenjem sa modela prethodnog i momentalnog stanja.

Obračun otkopa na mestima gde se nalaze proslojci jalovine i rude je ovom metodom jedino moguć. Klasičnim načinom je to neizvodljivo ili vrlo otežano pa se taj obračun izvodi približno.

Sve mehaničke promene tla: pokreti masa, izdizanje etaža, klizanje kosina na odlagalištima i etažama, mogu se najvjernije registrovati jedino ovom metodom, jer je praćenje promena vezano za vremenski razmak između dva trenutka. Ovaj trenutak je ustvari jedan dan, dok je klasičnim načinom potrebno daleko više vremena, čime se dovodi u pitanje verodostojnost podataka.

Fotogrametrijski snimak je dokument stanja kopa i odlagališta vezanog za datum a time i ujedno hronika dinamike radova u eksploataciji rudnog ležišta.

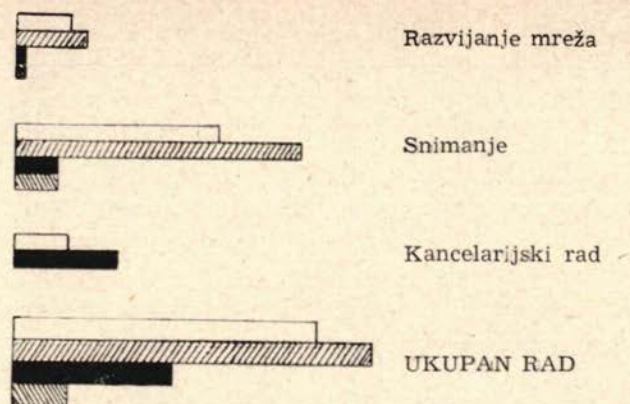
5. EKONOMICNOST IZLOZENIH METODA. — Za jedno kvartalno ili mesečno snimanje površinskog kopa možemo očekivati da će fotogrametrijski način dati rezultate za 40% do 60% manje utroška vremena od klasičnog, zavisno od momentalnih tehničkih i terenskih mogućnosti.

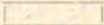
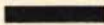
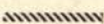
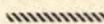


Sl. 17. Grafički prikaz pojedinih faza rada: Klasični način  i Fotogrametrijski način

Na bazi utroška vremena klasičnim načinom na jednom površinskom koku u zemlji i na bazi inostranih iskustva možemo očekivati sledeće radne rezultate fotogrametrijskog načina. Na sl. 17 grafički je dat očekivani odnos klasičnog (tahimetriskog) i fotogrametrijskog rada na pomenutom koku, pod pretpostavkom da se klasičnim načinom terenski rad obavlja autoredukcionim instrumentima, a fotogrametrijski sa fototeodolidom i stereokomparatorom. Iz ovakvog grafičkog prikaza se vidi da kod fotogrametrijskog rada postoje dve faze više i da se može očekivati duplo veći kancelarijski, a petostruko manji terenski rad.





Sl. 18. Grafički prikaz rada stručnjaka i radnika: klasično i fotogrametrijski rad stručnjaka    
rad radnika  

U grafičkom prikazu na sl. 18 dat je grafički prikaz stručnjaka i radnika kod klasičnog i fotogrametrijskog rada. Iz njega se vidi da je udeo radnika veliki kod klasičnog načina i čak ne pojmljiv bez njihovog učešća. Kod klasičnog načina je taj odnos 2 : 4, tj na dva stručnjaka sa srednjom stručnom spremom dolazi tri do četiri radnika. Međutim, kod fotogrametrijskog načina taj odnos bi bio sledeći 1 : 1 : 1, tj na jednog stručnjaka sa visokom ili višom stručnom spremom dolazi jedan, sa srednjom stručnom spremom i jednim radnikom.

Ceo proces rada pri izradi plana kopa i odlagališta, izračunavanju kubature iskopa i dobijanju svih potrebnih podataka, može se ubrzati i smanjiti za 70 — 80%, ako se u radu za restituciju, upotrebljavaju instrumenti I reda sa elektronskim mašinama za računanje.

Aerofotogrametrija je najekonomičnija samo pod uslovom da je površina snimanja veća od 2000 ha. O njoj ne može biti reči, jer ovako velike otkopne površine momentalno u našoj zemlji nema (najviše do 100 ha), a ni regiona gde bi bilo grupisano više površinskih kopova radi snimanja iz jednog leta.

Iz izlaganja se može zaključiti da terestrička fotogrametrija ima svoje puno opravdanje nad svojim metodama zbog tehničkih i ekonomskih preimućstava. Istina, ona ne može potpuno zameniti tahimetriju, jer će uvek postojati dopunski radovi koji se jedno mogu izvršiti tahimetrijski.

Iskustvo nam dozvoljava da tvrdimo, da za površinske kopove u našim uslovima odgovaraju instrumenti firme Zeiss: fototeodoit za snimanje, a za restituciju stereokomparator ili stereoautograf. Ovi instrumenti odgovaraju našim ekonomskim mogućnostima, jer se sa njima mogu postići sva navedena preimućstva. Zatim, rad sa pomenutim instrumentima, naročito stereokomparatorom, je jednostavan i ne zahteva veću obuku kadra koji radi klasičnim načinom. Instrumenti sa drugim tehničkim preimućstvima nisu ekonomični za rudarska poduzeća, jer bi se njihova upotreba svela na 20 — 30% od svog kapaciteta.

Trba imati na umu, da pored ovih instrumenata treba opremiti i fotolaboratoriju bez koje se ne može zamisliti rad.

Kao zaključak proizlazi da nabavku celokupne opreme treba sagledati u zavisnosti od momentalnih ekonomskih mogućnosti i perspektivnog razvoja preduzeća.

#### LITERATURA :

1. Kazakovskiĭ D. A. i dr. Markšeĭderskoe dela, Moskva 1959 g.
2. Bugaev E. A. Fotogrametrii, Moskva 1963. g.
3. Reĭzenkind I. Novie sposobi maršeĭderskih semok karberov, Moskva 1963. g.
4. Rŭger W. Die photogrammetrische Aufnahme als Mittel zur vollständigen Erfassung von standunsicheren Kippen und von Haldenrutschungen im Braunkohlentagebau, No 14 Vermessungs Informationen, Jena.
5. Rŭger W. Wirtschaftlichere Durchfŭhrung der Betriebskontrollmessung im Braunkohlentagebau mit Hilfe photogrammetrischer Verfahren, No 14 Vermessungs Informationen, Jena.
6. Heyli H. Quantity surveying of opencast workings by aerial photogrammetry, Mine & Quarry Engineering, May 1963. g.