

Ej70



PREUČEVANJE NORMATIVOV
PRI STROJNI GRADNJI
GOZDNIH CEST

Okf. 305 : 383

Biotehniška fakulteta
Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije

PREUČEVANJE NORMATIVOV
PRI STROJNI GRADNJI GOZDNIH CEST

Ljubljana, december 1968

Sestavil:

Andrej Dobré

Dipl. inž. gozdarstva



Direktor:

Milan Ciglar

Dipl. inž. gozdarstva



V S E B I N A

	Stran
0. UVOD	4
1. VRTANJE	5
1.1 Splošno o vrtanju	5
12.0 Delavec in izkoristek njegovega časa	6
12.1 Analiza delovnega časa vrtalca	8
13.0 Izvor energije	16
13.1 Storilnost vrtanja pri uporabi kompresorja FAGRAM 7o2	17
13.2 Storilnost vrtanja pri uporabi kompresorja FAGRAM 7oo	19
14.0 Vrsta vrtalnega kladiiva	23
14.1 Primerjava RK-18 in RK-21	24
14.2 Storilnost vrtanja z RK-17	27
14.3 Storilnost vrtanja z vrtalnim orodjem „Cobra“	29
15.0 Dolžina vrtalnega svedra	32
15.1 Obraba konice vrtalnega svedra	34
16.0 Dolžina cevi za pretok stisnjenega zraka	34
17.0 Trdota hribine	48
18.0 Analiza storilnosti vrtanja	50
2. MINIRANJE	52
2.1 Pojem miniranja	52
22.0 Analiza strukture delovnega časa minerja	53
23.0 Poraba razstreliva	57
24.0 Poskusno miniranje	65
25.0 Normativi miniranja	71

	Stran
3. IZVEDBA ZEMELJSKIH DEL Z BULDOŽERJEM	73
3.1 Splošno	73
32.0 Analiza delovnega časa strojnika	73
33.0 Storilnost buldožerja	80
33.1 Osnovni tehnični podatki buldožerja	80
33.2 Storilnost buldožerja na delovišču Suhelj	80
33.3 Storilnost buldožerja na delovišču Jelovica	82
4. PRIPRAVA POSIPNEGA MATERIALA V PESKOKOPU ROVTARICA - JEZERCA	87
5. NAKLADANJE MATERIALA Z NAKLADALNIKOM DODICH	89
5.1 Splošno o nakladanju	89
51.1 Osnovni tehnični podatki nakladalnika Dodich	89
52.0 Storilnost nakladalnika	90
52.1 Nakladanje nepresejanega razrahlja- nega materiala	90
52.2 Nakladanje kamenja	92
52.3 Storilnost nakladalnika glede na presejani material	93
52.4 Ročno nakladanje kamenja na kamion	93
6. PREVOZ MATERIALA	95
6.1 Povprečna hitrost kamionov	95
6.2 Število potrebnih kamionov	97
7. RAZGRINJANJE IN VALJANJE	102
7.1 Storilnost grejderja	102
7.2 Storilnost valjarja	105

	STOPNJA IZKORIŠČENOSTI IN SINHRONIZIRANO	
8.	DELO STROJEV	106
81.0	Splošno o izkoriščenosti strojev	106
81.1	Analiza izkoriščenosti strojev pri vožnji 2 kamionov	107
81.2	Analiza izkoriščenosti pri vožnji 3 kamionov	109
9.	NAPAKE PRI UGOTAVLJANJU KUBATUR ZEMELJSKIH ODKOPOV	115
9.1	Nastavitev problema	115
9.2	Napake zaradi nepravokotnosti prečnih pro- filov	117
9.3	Napake merjenja z razalko	125
9.4	Napake merjenja s profilko	129
9.5	Napake zaradi netočnega risanja prečnih profilov	132
9.6	Napake zaradi netočnega merjenja površin prečnih profilov	134
9.7	Napake zaradi poenostavljenega obrazca	135
9.8	Napake zaradi krivin	142
9.9	Napake zaradi preredkih prečnih profilov	149
9.10	Povzetek	152

0. U V O D

Kljub uvajanju čedalje težje mehanizacije pri spravilu lesa, bo ostala gozdna cesta v naših terenskih in drugih razmerah še precejšnjo dobo temelj za vsakršno smotrno gospodarjenje z gozdovi. V primerjavi z državami z razvitim gozdnim gospodarstvom imamo razmeroma še zelo redko omrežje sodobnih gozdnih cest. Računamo, da bo potrebno zgraditi vsaj še trikrat toliko cest kot jih imamo danes, če bomo hoteli, da bodo naši gozdovi primerno odprti za intenzivno gospodarjenje. Zato čaka vsaj za dve desetletji naše gozdarje pri zgoščevanju in izboljševanju cestnega omrežja še obilico dela. Pri tako obsežnem delu moramo postaviti dve bistveni zahtevi:

1. kako graditi hitreje in
2. kako graditi ceneje

Pravo pot za doseg tega cilja lahko iščemo le v uvajanju sodobne mehanizacije. Na to pot smo pri nas že stopili, saj smo prvič uporabili težji stroji za zemeljska dela že pred desetiimi leti in si danes niti zamisliti ne moremo, da bi si privoščili graditi večjo gozdno cesto le s krampi in lopatami. S prehodom iz ročne na strojno gradnjo se je pojavilo polno novih problemov, ki nujno zahtevajo rešitev. Najprej se postavi vprašanje pravih izbora strojev in vzporedno s tem vprašanje smotrne organizacije dela, kar je še posebno važno prav pri gradnji cest v gozdu, kjer vladajo popolnoma specifične razmere. Nadalje uvajanje strojev zahteva hitro ukrepanje, gospodarske odločitve in obenem s tem se zahteva tudi spreminjanje miselnosti človeka.

Zavedati se moramo, da je gradnja gozdnih cest s stroji šele na pohodu in da nimamo še nikakršnih dolgotrajnih izkušenj. Strokovne literature o tem gradbeništvu je zelo malo, literature o specifičnem gozdnem gradbeništvu, ki bi obravnavalo sodobno problematiko, pa skoraj ni. Žal tudi tujih izsledkov ne moremo slepo prenašati v naše razmere, ampak si moramo sami iskati lastno pot. Problemov je veliko in nastajajo z dneva v dan še novi. Zato gre gradbenemu obratu gozdnega gospodarstva Bled vse priznanje, da je spoznalo nujnost o sistematičnem in poglobljenem preučevanju dela pri sedanji stopnji gradnje gozdnih cest. Le na osnovi temeljitega poznavanja vsega procesa dela je mogoče šele podati določene zaključke in usmeriti nadaljnji razvoj gozdnega gradbeništva v pravo smer.

Pričujoča študija še daleč ni mogla odgovoriti na vsa pereča vprašanja pri strojni gradnji, dosti je še ostalo za nadaljna preučevanja, vendar je to le poskus, da se s številkami prikaže današnje stanje in na osnovi tega iščemo izboljšave ter nove rešitve seveda v mejah gospodarnosti.

1. VRTANJE

1.0 Splošno o vrtanju

Kadar je hribina tako čvrsta, med seboj sprejeta ali celo kompaktna, da onemogoča učinkovito delo delovnih strojev, v našem primeru dozerja, je potrebno hribino predhodno razrahljati. V ta namen je edino ekonomično rahljanje in drobljenje z razstrelivom. Vsa dela v zvezi z razstreljevanjem izražamo s skupno besedo miniranje. Uspešnost miniranja zahteva, da z najmanjšo možno količino razstreliva, z najmanj porabljenega dela, najbolj učinkovito razdrobimo hribino. Temu cilju se bomo približali, če bomo upoštevali že znane izkušnje o miniranju hribin, ki so rezultat dolgoletnega praktičnega dela in uvajali novejšo izsledke, ki jih prinaša razvijajoča se tehnika na sploh in v miniranju posebej. Če hočemo doseči dober napredek pri miniranju, v prvi vrsti znižati stroške za drobljenje 1 m³ hribine in prihraniti na času, potem moramo analizirati in izboljšati tiste postopke, ki so pri vsakem delu najdražji. Pri miniranju je očitno najdražje vrtanje minskih vrtin. Po zelo grobi oceni velja, da na vrtanje odpade 70 % vseh stroškov miniranja. Torej ravno vrtanje je tisto področje, ki ga velja podrobneje preučiti in izkati boljše, bolj ekonomične prijeme. Če bo mogoče tukaj najti le drobne izboljšave, bo že mogoče vplivati na ekonomičnost celotnega miniranja. Prav to izhodišče nam je narekovalo, da smo vrtanje analizirali precej podrobno, kolikor so pač dopuščale omejene možnosti.

Pri preučevanju samega vrtanja smo ugotavljali, kako posamezni činitelji vplivajo na ekonomičnost vrtanja. Činitelji, ki vplivajo na storilnost pri vrtanju, bi bili naslednji:

- a) delavec in izkoristek njegovega časa
- b) izvor energije
- c) vrsta vrtnega kladiva
- d) dolžina svedra
- e) dolžina cevi
- f) trdota hribine

V nadaljnjem bomo razčlenili in pojasnili vplivnost vsakega posameznega činitelja in podali nekatere predloge, kako izboljšati delo oziroma tehnično napravo.

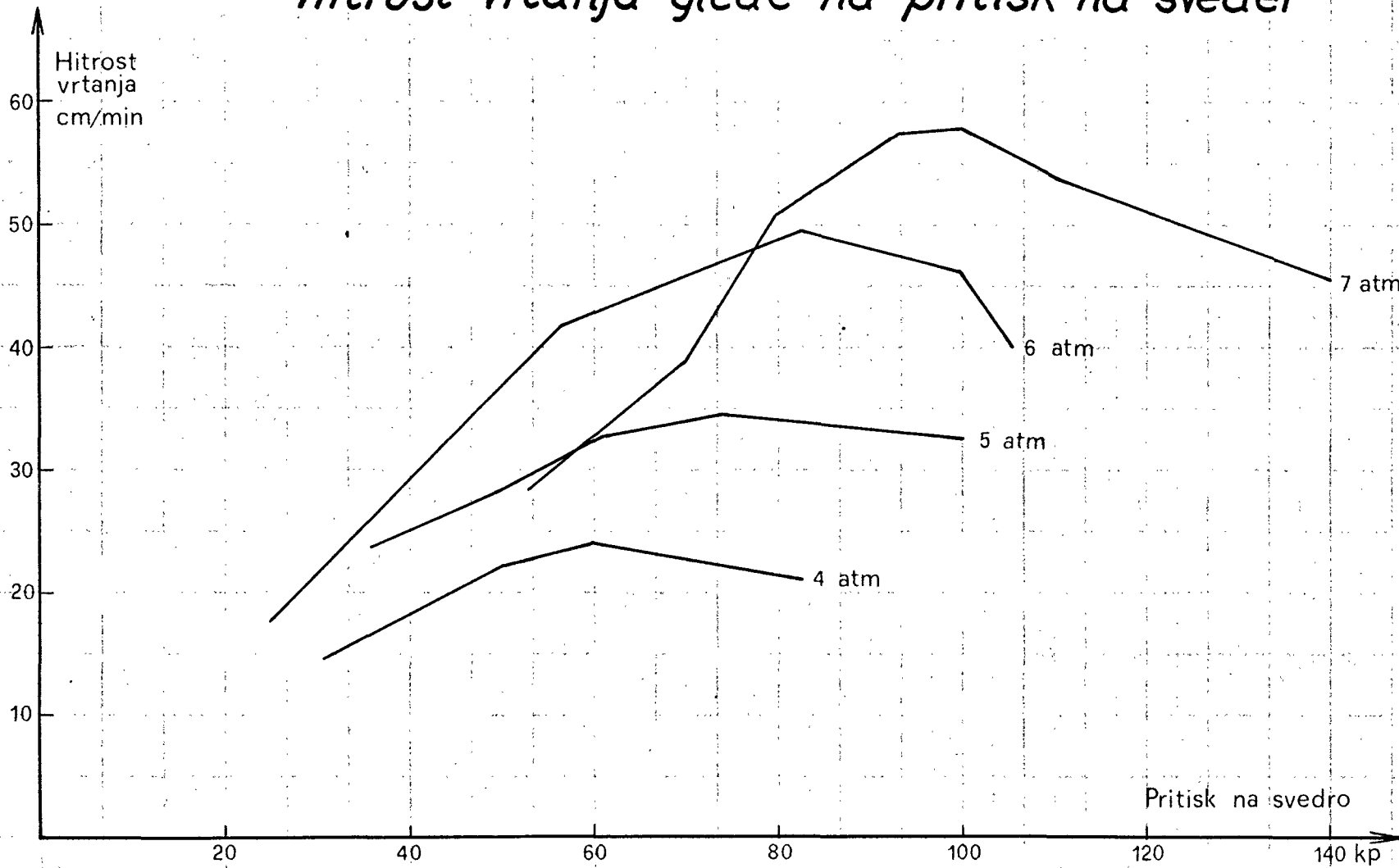
12.0 Delavec in izkoristek njegovega časa.

Odveč bi bilo dokazovati, da je zdrav, fizično dovolj razvit, strokovno kvalificiran in osebno vesten, ter prizadeven delavec prvi pogoj za uspešnost vsakega še tako preprostega dela. Zato je potrebna nenehna skrb organizatorjev (delovodij, šefov obrata), da nameščajo delavca na tisto delovno mesto, za katerega je fizično sposoben in strokovno podkovan ter s primernim stimuliranjem v dohodkih vplivati na njegovo prizadevnost ter voljo do dela. Prav delo z vrtalnimi stroji je fizično zelo naporeno in utrudljivo. Obenem pa zahteva vendar določeno znanje in izkušnost o pravilnem zastavljanju minske vrtine, ker miner ni v stanju, da bi za vsako vrtino določal mesto in smer vrtenja.

Pri delu z vrtalnimi stroji nas predvsem zanima, ali je potrebno, da delavec z vso silo pritiska na vrtalno kladivo in se pri tem močno utruja, ali pa je dovolj, da s svojimi rokami le usmerja vrtalno kladivo. Kateri pritisk na vrtalno kladivo je najbolj racionalen, o tem nismo delali lastnih meritev, pač pa smo se posluževali podatkov, ki jih navaja ing. Andro Bertafelle (1).

Podatki so podani v grafikonu št.1. Veljajo le za vrtalno kladivo RK-21. Posebnih podatkov za RK-18 ni bilo mogoče dobiti, pač pa so zakonitosti povsem podobne. V diagramu je na abscisi nanešen pritisk na kladivo v kp, na ordinati pa odgovarjajoča hitrost vrtenja, podana v cm na minuto. Poskusi so bili delani v srednje trdem apnencu. Zato jih je mogoče koristno uporabiti na večina gradbiščih pri nas. Prvo, kar nam grafikon pokaže, je ugotovitev, da se učinek vrtenja glede na pritisk na kladivo raz-

Hitrost vrтанja glede na pritisk na sveder



— 6 a —

Grafikon 1

lično ponaša pri različnih pritiskih zraka. Zato imamo tudi za vsak konstanten pritisk v razmaku po 1 atm posebno krivuljo. Pri vseh krivuljah nastopa ista zakonitost. S povečevanjem pritiska na kladivo učinek vrtanja nekaj časa raste, doseže določeno kulminacijo, nato s povečevanjem pritiska učinek zopet pada. To zakonitost si razlagamo tako, da v začetku s povečanjem pritiska povečujemo udarno moč na samo glavo svedra in s tem pospešujemo drobljenje kamenine, s prevelikim pritiskom pa slabimo moč vrtnega stroja in samo povečujemo trenje med svedrom in dnom ter stenami vrtine. Zato je povsem logično, da pri slabotnejšem pritisku zraka ne smemo povečavati pritisk na kladivo in obratno, pri močnejšem zračnem pritisku je potreben tudi močnejši pritisk na kladivo, če hočemo, da vrtno kladivo optimalno izkoriščamo. Iz tega spoznanja si lahko napravimo naslednji koristen zaključek:

- zunanji pritisk na vrtno kladivo naj bo tem večji, čim večji in konstantnejši zračni pritisk daje kompresor (nov kompresor, ugodne vremenske razmere)
- čim krajša je povezava med kompresorjem in kladivom (kratka cev)
- čim boljše je vrtno kladivo (dobro vzdrževano, pravilno mazano)
- čimbolj lomljiva je kamenina.

Ker pa nenehno pritiskanje na vrtno kladivo zelo utruja vrtnalca, je priporočljivo, da se vrtnalec in njegov pomočnik pogosto menjata. Zdravniško je ugotovljeno, da je delo bolj uspešno, če so odmori pogosti in zato krajši, kot pa redki in dolgotrajni. Prav to izkustvo velja še posebno poudariti pri tako napornem delu, kot je vrtanje.

V kamnolomih, posebno pri delu v tunelih (rudnikih), so se uveljavile podporne noge, ki nadomeščajo pritisk delavčeve roke. Vrtalec le pravilno usmerja sveder, podporo in potreben pritisk na kladivo pa opravlja podporna noga. Pri gradnji gozdnih cest podporne noge niso mogle pokazati svojih prednosti iz več razlogov:

- izkopi so večinoma plitvi in vrtine so usmerjene pretežno navzdol, ker je delovanje podporne noge ne pride v veljavo
- hitro premeščanje kladiva onemogoča uspešno uporabo podporne noge.

Le v primeru obsežnega vrтанja na strmih pobočjih ali pri razširitvah v odkopih bi bilo umestno napraviti ekonomski račun, ki bi lahko pokazal, da bi se v določenih razmerah podporne noge amortizirale na enem samem gradbišču.

12.1 Analiza delovnega časa.

Poleg tehničnih sposobnosti delovnega orodja in osebne prizadevnosti delavca je učinek v prvi vrsti odvisen od dobre organizacije dela. Da bi lahko ugotovili, kakšna je notranja struktura delovnega časa vrtalca, smo na dveh deloviščih, v Brdski dolini in v Suhlju napravili 4 oziroma 5 celodnevnih snemanj. Celotni delovni čas vrtalca smo razdelili na naslednje elemente:

- a) pripravljalni in zaključni čas
- b) odmori
- c) zastoji
- d) vrтанje

ad a) V pripravljalni čas smo šteli tisti čas, ki ga je pora-

bil delavec ob prihodu na delovišče, ko je odložil svojo prtljago (odvečno obleko, malico), do tistega trenutka, ko je prijel za delovno orodje in z njim začel delati (vrtalec z vrtalnim kladivom, pomočnik z ročnim orodjem). Med pripravljalnimi časom sta vrtalec in pomočnik razmeščala gumijaste cevi, po potrebi sestavljala, prinesla na mesto vrtnja vrtalno kladivo, svedre, olje za mazanje kladiva in ostalo orodje (kramp, železni drog idr.).

Zaključni čas zajema čas, ko vrtalec preneha z vrtnjem do trenutka, ko zapusti delovišče. V ta čas je všteto pospravljanje orodja, čiščenje orodja in odlaganje delovne obleke.

Iz analize delovnega časa je razvidno, da je bil pripravljalni in zaključni čas dokaj različno dolg in sicer od 18 do 52 minut ali povedano v odstotkih 3,6 do 9,4 % delovnega časa. Točno ni mogoče opredeliti, kako dolg naj bi bil ta čas, ker je odvisno od več vzrokov, vendar se je v praksi uveljavilo nepisano pravilo, da se tako za pripravljalni kot za zaključni čas upošteva 15 minut, skupno 30 minut, kar znaša pri 10 urnem delavniku 5 % oziroma pri 8 urnem 6,2 % od delovnega časa.

ad b) Odmor zajema tisti čas, ki ga delavec porabi za izdatnejši počitek in opoldanski obrok hrane. Med odmori niso všteti kratki premori med delom. Redni odmor je s predpisom določen glede tega, ali se obravnava kot plačani ali neplačani čas. V času, ko so bile opravljene meritve, je bil odmor določen kot plačani čas in je trajal 30 minut ali 5, % od 10 urnega delovnika. Pri merjenjih na deloviščih smo ugotovili, da je dejansko trajal od 38 do 46 minut ali 6,7 do 11,5 % delovnega časa. Podaljševanje rednega odmora ni v nobenem primeru koristno. Če je delo res naporno, so boljši krajši in pogostejši odmori.

ad c.) V zastoje smo šteli tisti čas, ko vrtalec ni mogel vrta-
ti zaradi prekinitve dotoka komprimiranega zraka. Zastoj je na-
stal zaradi:

- okvare na kompresorju (takega primera pri naših meritvah
ni bilo)
- okvare na gumijasti cevi
- prekinitve dela zaradi miniranja.

Ravno zastoji zaradi miniranja so bili najbolj pogosti in časov-
no najdaljši. Med lo urnem delom smo jih zabeležili po številu
2 do 4. Trajali so od 7 do 38 minut. Če pa tako izgubljeni čas
za vrtalca seštejemo, dobimo zaskrbljujočo vsoto časa (do 93
minut v enem delovnem dnevu ali kar do 20,5 % delovnega časa.
O tako velikem deležu zastojev zaradi miniranja se velja zamisli-
ti in iskati rešitve kjerkoli je to mogoče. V prvi vrsti bi naj-
več lahko prispeval izkušeni delovodja. Ta naj bi bolje usklaje-
val posamezne faze dela na delovišču, da ne bi prihajalo do ne-
potrebnih premikov delovnih strojev, še bolj pa do nepotrebnih
medsebojnih čakanj ali motenj pri delu. Kot drugi ukrep bi ve-
ljalo razmisliti o učinkoviti zaščiti kompresorjev s lahko mon-
tažno, toda dovolj čvrsto zaščito strehe. Na ta način ne bi bi-
lo potrebno za vsako manjše miniranje iz delovišča odstranjeva-
ti kompresorja, kar povzroča znatno izgubo časa ne samo pri vr-
tanju ampak tudi pri delu buldožerja. Iz analize delovnega časa
je razvidno, da je buldožer porabil celo do 16% časa za premik
kompresorjev. Seveda se v vsakem primeru in na vsakem mestu ne
bo dalo izogniti potrebnemu premiku kompresorja zaradi miniranja.
Če pa se tako premikanje zmanjša vsaj za četrtnino ali celo za
polovico, so to v letni sezoni že ogromni prihranki tako v de-
narju kot v času.

ad d) Pod vrtenjem v ožjem smislu razumemo tisti delovni element v celotni fazi vrtenja, ko delavec opravlja namensko delo. Ker je to za nas najbolj odločujoči element vrtenja, smo ga razdelili še podrobneje na delovne operacije:

- premik
- zastoji pri vrtenju in mazanje
- izpihavanje minskih vrtin
- čisto vrtenje

Pod premikom razumemo potreben čas, ki ga vrtalec porabi, ko konča z vrtenjem ene vrtine do začetka vrtenja naslednje vrtine. Čas premika bi lahko še nadalje razdelili na samo hojo in porabo časa za nastavitev nove vrtine. Iz podatkov je razvidno, da je čas premika trajal od 0,20 do 3,4 minute ali povprečno 1,7 minute. Čas, potreben za hojo je razmeroma zelo kratek (0,1-0,5 minute) in ni mogoče kaj izboljševati. Pač pa je čas za nastavitev nove vrtine odvisen predvsem od v naprej pripravljenega mesta, kar je rezultat skrbnega dela pomočnika vrtalca, ki z ročnim orodjem (kramp, železni drog itd.) očisti mesto za novo vrtino.

Zastoji pri vrtenju nastanejo največkrat zaradi zagozditve svedra v minski vrtini. Takih zastojev ni mogoče naprej predvideti, ker so odvisni od lastnosti hribine. Pogosteje se pojavljajo v močno razpokani, prepereli ali slojasti hribini. Ker je izbijanje zagozdenih svedrov zamudno in naporno opravilo, bi bilo zelo koristno na vsakem delovišču imeti jekleni ključ z dolgo ročico, s katerim bi se sveder izvlekel iz vrtine. Med čas zastoja prištevamo tudi potrebni čas za redno mazanje vrtalnega kladiiva. Pri tem ne gre štediti časa in vsako zanemarjanje orodja se lahko bridko maščuje. Pri mazanju kladiiva se je potrebno točno držati navodil, ki jih predpiše vsaka tovarna za redno vzdrževanje orodja.

Izpihavanje minskih vrtin je potreben čas, ko vrtalec s komprimiranim zrakom skozi glavo svedra izpihuje drobir in prah iz minske vrtine. Pogostnost izpihavanja je odvisno od vrste kamnine, predvsem pa od globine minske vrtine. Če so vrtine kratke do 80 cm in če je kamenina suha, lahko drobljiva, potem se čas za izpihavanje praktično lahko zanemari. V nasprotnem primeru pa izpihavanje lahko doseže do 6 % časa od čistega vrtnanja.

Končno nam preostane še naloga, da podrobno analiziramo tisti čas, ki je edino odločilen za koristno vrtnanje. Imenovali smo ga čisto vrtnanje. Čim večji delež v delovnem času bo zajemalo čisto vrtnanje, tem večji bo učinek. Zato je prva naloga vsakega organizatorja, da posamezne faze dela tako med seboj uskladi, da bo čas čistega vrtnanja čim daljši, kajti le v tem času se opravlja efektivno delo. Pri dobro organiziranem delu ter v primeru, da ne bi bilo zunanjih ovir (okvare strojev, vremenske ovire), bi moralo čisto vrtnanje zajemati kar 75 % od 8 urnega delovnega časa. Iz analize podatkov, ki smo jih dobili pri merjenju strukture delovnega časa vrtalca, pa smo lahko ugotovili, da je dejanski izkoristek dosti manjši, saj je čas čistega vrtnanja zavzemal le od 46,0 % do 73,6 % ali povprečno 59,9 % od celokupnega delovnega časa. Tako nizek odstotek efektivnega dela je posledica prekomernega povečanja ostalih neproduktivnih časov (predvsem zastoji, odmori). Zato je prizadevanje za skrajševanje neproduktivnega časa istočasno ^{skrb za} povečanje efektivnega dela. Podatek, da je bilo pri merjenju ugotovljeno le 60 % efektivnega časa, je potrebno oceniti iz več vidikov. Pove nam, da je vrtalno orodje izkoriščeno le 60 %, prav tako pa tudi kompresor, ki je razmeroma drag stroj. Ves ostali čas motorji kompresorja stojijo ali kar je še slabše in škodljivo, tečejo v prazno. Dalje nam podatek tudi razodene, da je vrtalec le slabo zaposlen s čistim vrtnanjem. Če pomislimo, da na enem vrtalnem kladivu delata dva delavca, je torej en delavec povprečno zaposlen pri samem vrtnanju le 30 % svojega delovnega časa. Pri tako nizkem izkoristku delovnega časa za efektivno delo se nam opravičeno porodi misel, ali ne bi

bilo potem bolj racionalno zmanjšati število delavcev oziroma na tri delavce dodati dve vrtalni kladivi. Pri podrobni proučitvi značaja samega vrtenja spoznamo, da je ta faza dela ena najtežjih, če ni celo najzahtevnejša, saj poleg izredno velikega fizičnega napora prinaša še vzporedne nevšečnosti, ki so škodljive za zdravje delavca, to je močna vibracija držajev kladiva in prekomeren hrup. Neprijeten kovinski hrup vrtalnega kladiva dosega pri glavi vrtalca od 100 do 105 fonov. Če upoštevamo, da je zgornja meja ropota, ki ni škodljiva v eni izmeni za delavca le 85 fonov, potem ni težko izračunati, da mora vrtalec prenašati kar za 20 % močnejši ropot kot je iz zdravstveno varnostnih vidikov dopustno.

S spreminjanjem sedanje organizacijske oblike (dva delavca na eno kladivo) ne bi dosegli zaželenega uspeha. Proti temu govorita v glavnem dva argumenta. Prvič bi iz varstvenih ali boljše rečeno humanih vidikov samo poslabšali delovne pogoje vrtalca, drugič pa nismo še ničesar povedali, kakšen je dejanski izkoristek energije vrtalca med efektivnim delom. Torej v dani situaciji, ko so delovna orodja še nepopolna (premočna vibracija, prevelik ropot) ter nedovoljna storilnost v efektivnem času, spreminjanje sedanje organizacijske oblike ne bi bilo smotno. Pravilna rešitev se odpira le v iskanju pogojev, da so zaposleni delavci bolje, to se pravi učinkovitejše zaposleni, kar je predvsem skrb dobrega delovodje.

V naslednjih dveh razpredelnicah so podani podatki strukture delovnega časa vrtalca na dveh deloviščih.

Razpredelnica št. 1

Delovišče Suhelj

Šnemalni dnevi	I	II	III	IV	V	Povprečje
Skupni delovni čas v minutah	164	340	230	315	434	
pripravljalno - zaključ. čas v %	12,2	-	-	19,2	-	5,1
odmori v %	-	8,8	13,0	-	9,2	7,1
zastoji v %	19,5	37,3	4,5	-	17,5	15,6
vrtanje v %	68,3	53,9	82,5	80,7	73,3	72,2
skupaj	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
čisto vrtanje v %	57,2	46,0	73,4	63,5	48,0	56,7

Razpredelnica št.2.

Delovišče Brdska dolina

Šnemalni dnevi	I	II	III	IV	Povpreč.
skupni delovni čas v minutah	562	396	565	564	
pripravljalno-zaključni čas v %	3,2	1,5	3,6	9,3	4,7
odmori v %	6,7	11,5	6,7	7,1	7,5
zastoji v %	14,2	7,0	4,3	3,4	5,4
vrtanje v %	85,8	80,0	85,0	80,2	82,4
skupaj	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
čisto vrtanje v %	71,1	58,6	73,6	47,9	62,4

Iz razpredelnice lahko razberemo naslednje:

- odstotek pripravljajalno-zaključnega časa močno niha (od 15 - 19,2 %) in zajema v povprečju 5 %. Če vzamemo za primerjavo 15 minut za pripravljajalni in 15 minut za zaključni čas, bi pri istem delovnem času izneslo 7,5 %. Torej razlika v povprečnem odstotku ni velika, le da bi bil pripravljajalno-zaključni čas bolj enakomerno porazdeljen na vsak dan, kar bi dokazovalo o redni skrbi za vzdrževanje strojev in naprav.
- odstotek odmorov je v povprečju 7,3 % kar je skoraj enako teoretičnemu odstotku (7,5 %) za deseturni delavnik.
- odstotek zastojev tudi zelo niha (od 3,4 - 37,3%), kar je popolnoma razumljivo, saj so zastoji nepredvideni in na njih le delno lahko vplivamo. V povprečju zajemajo 10 % delovnega časa.
- povprečni odstotek vrtanja zajema 78 % delovnega časa. Bolj pomemben pokazatelj za storilnost je odstotek čistega vrtanja. Ta je v povprečju 59,9 %, zaokroženo 60 %.

Vsi zgornji podatki (odstotki časa za določen časovni element) nam prikazujejo le relativne podatke, ker so preračunani le na dejanski delovni čas. Popolnoma drugo sliko dobimo, če preračunamo na deseturni delovni čas, kakor se stvarno beleži v delovnem dnevniku. V primerjavo bomo vzeli le delovišče Brdská dolina, ki daje bolj realne vrednosti. Analiza delovnega časa nam izkazuje, da delovni čas vrtalca zajema le 82 % deseturnega delovnega časa in ta potem odpade na čisto vrtanje le 54 %. Ta odstotek, ki edino predstavlja čas efektivnega dela, nam zgovorno kaže, da bo potrebno posvetiti še mnogo skrbi organizaciji na samem delovišču.

13.0 Izvor energije

Pri gradnjah gozdnih cest uporabljamo pri nas skoraj izključno komprimirani zrak kot spremenjeno obliko energije za pogon vrtnih kladiv. Za komprimiranje zraka služijo kompresorji, ki jih pogonjajo motorji na notranje izgorevanje.

Na naših deloviščih so najbolj razširjeni kompresorji domače izdelave FAGRAM 700, le redkeje najdemo FAGRAM 702. Za primerjavo naj navedemo naslednje tehnične podatke:

FAGRAM 700:		FAGRAM 702:	
moč motorja	32 KM		74 KM
štev. obratov	1400/min		1400/min
kapaciteta zraka	3 m ³ /min.		6 m ³ /min.
delovni pritisk	7 kg/cm ²		7 kg/m ²
teža stroja	1016 kg		1950 kg

Ker je vsak stroj prilagojen s svojimi tehničnimi lastnostmi na določene pogoje dela, zato nikakor ni mogoče načelno reči, kateri od obeh tipov kompresorjev je boljši. Izbiira najekonomičnega tipa kompresorja je paš prepuščena analitikku, ki skrbi za nabavo strojnega parka in razporeja na posamezna delovišča v danih pogojih najbolj gospodaren stroj. Poznano je, da so pogoji dela pri gradnji gozdnih cest popolnoma specifični :

- ozka in razpotegnjena oblika delovišča
- razmeroma majhna količina dela na enem prostoru
- potreba po veliki mobilnosti.

Vsi naštetih momenti govorijo v prid lažjemu tipu kompresorjev, v našem primeru tipu FAGRAM 700.

13.1 Storilnost vrtanja pri uporabi kompresorja FAGRAM 7o2

Da bi lahko preiskusili uporabnost kompresorja težjega tipa, si je gradbeni obrat g.g. Bled izposodil od gradbenega podjetja „Gradis“ kompresor FAGRAM 7o2, na katerem so bila izvedena nekateri merjenja. Kompresor je delal na delovišču Suhelj, na nadmorski višini 1350 m. Povprečna temperatura ozračja v času merjenja je bila 22 C°. Kompresor je bil izdelan leta 1958 in je imel v času meritev že okoli 10 000 obratovnih ur.

Podatki o storilnosti vrtanja pri uporabi kompresorja FAGRAM 7o2 so prikazani v razpredelnici št.3. Rezultati so razvrščeni glede na vrsto vrtalnega kladiva (RK-18 in RK-21), dolžino vrtalnih svedrov ter dolžino gumijaste cevi.

Razpredelnica št.3.

I. Vrtalno kladivo RK-18		
A) dolžina vrtalnega svedra 80 cm		
dolžina cevi	storil.vrtanja m/h	število vrtin
60 m	11,7	21
90 m	15,6	37
150 m	9,5	15
B) dolžina svedra 160 cm		
dolžina cevi	storil.vrtanja m/h	število vrtin
60 m	13,4	11
90 m	11,4	16
150 m	9,1	18
C) dolžina svedra 240 cm		
dolžina cevi	storil.vrtanja m/h	število vrtin
60 m	12,4	15
90 m	11,7	7
150 m	9,5	20
D) dolžina svedra 320 cm		
dolžina cevi	storil.vrtanja m/h	število vrtin
60 m	6,8	1
90 m	10,9	4

II. Vrtalno kladivo RK-21		
A) dolžina vrtalnega svedra 80 cm		
dolžina cevi 60 m	storil.vrtanja m/h 17,0	število vrtin 3
dolžina vrtalnega svedra 160 cm		
dolžina cevi 60 m	storil.vrtanja m/h 16,3	število vrtin 3
III. Vrtalno kladivo RK-18 + RK-21 istočasno Meritve na kladivu RK-18		
A) dolžina svedra 80 m		
dolžina cevi 60 m	storil.vrtanja m/h 12,2	število vrtin 8
90 m	7,8	6
B) dolžina svedra 160 cm		
dolžina cevi 60 m	storil.vrtanja m/h 11,3	število vrtin 24
90 m	12,0	2
C) dolžina svedra 240 cm		
dolžina cevi 60 m	storil.vrtanja m/h 10,2	število vrtin 15

Iz razpredelnice št.3. je mogoče razbrati naslednje ugotovitve:

- Storilnost je pri enakih delovnih elementih pri ročnem kladivu RK-21 za okoli 20 % večja kot pri RK-18.
- Storilnost s povečanjem dolžine svedra pada, vendar je ta padec zelo neenakomeren. Točnih izračunov ni bilo mogoče napraviti, pač pa lahko rečemo, da povprečno pade storilnost 10 % pri podaljšanju svedra za 1 m.

- Storičnost s podaljševanjem cevi pada in sicer lo % do 15 % s podaljšanjem cevi za 30 m. Več o vprašanju dolžine cevi bo govora v poglavju o vplivu dolžine cevi na storičnost.
- Storičnost pri istočasnem vrtenju z dvema kladivoma se bistveno ne spremeni. To ugotovitev je bilo pričakovati, saj ima kompresor kapaciteto 6 m³ zraka na minuto in je torej dovolj močan za nezmanjšano delo dveh kladiv. Poraba goriva znaša 10 litrov nafte na obratovalno uro, torej porabi za 3,8 krat več kot FAGRAM 700. Iz primerjalnih podatkov o storičnosti obeh tipov kompresorjev, iz kalkulacije cene za eno obratovalno uro ter iz splošnih prednosti oziroma pomanjkljivosti enega in drugega tipa kompresorja je mogoče smotrno določiti, v katerem primeru je ekonomičnejši tip FAGRAM 702 oziroma FAGRAM 700.

13.2 Storičnost vrtenja pri uporabi kompresorja FAGRAM 700

Pri ugotavljanju storičnosti vrtenja pri kompresorju FAGRAM 700 smo podatke razdelili po :

- gradbiščih (Brdska dolina, Suhelj in pod Klekom)
- po vrsti vrtalnih kladiv (RK-18, RK-21)
- dolžini vrtalnih svedrov (80 cm, 160 cm in 250 cm)
- po dolžini cevi

Zbrani, grupirani ter statistično obdelani podatki o storičnosti vrtenja so podani na naslednji strani v razpredelnici št.4.

Razpredelnica št.4.

Delovišče:		Brdska dolina	
I. Vrtalno kladivo RK - 18			
A) dolžina svedra 80 cm			
dolžina cevi	storilnost vrtanja	število vrtin	
90 m	11,5	77	
B) dolžina svedra 160 cm			
dolžina cevi	storilnost vrtanja	število vrtin	
90 m	9,8	22	
II. Vrtalno kladivo RK - 21			
A) dolžina svedra 80 cm			
dolžina cevi	storilnost vrtanja	število vrtin	
90 m	13,9	68	
120 m	16,4	43	
B) dolžina svedra 160 cm			
dolžina cevi	storilnost vrtanja	število vrtin	
90 m	10,8	10	
120 m	11,8	39	
Delovišče:		Pod Klekom	
I. Vrtalno kladivo RK - 18			
A) dolžina svedra 80 cm			
dolžina cevi	storilnost vrtanja m/h	število vrtin	
60 m	9,46 m/h	7	
90 m	7,75 "	57	
120 m	5,27 "	9	

Delovišče: Pod Klekom		
I. Vrtalno kladiivo RK - 18		
B) dolžina svedra 160 cm		
dolžina cevi	storilnost vrtnanja	število vrtnin
60 m	6,24 m/h	11
90 m	5,08 "	8
120 m	2,50 "	3
C) dolžina svedra 200 cm		
dolžina cevi	storilnost vrtnanja	število vrtnin
60 m	6,30 m/h	12
90 m	5,45 "	8
Delovišče: Suhelj		
I. Vrtalno kladiivo RK - 18		
A) dolžina svedra 80 cm		
dolžina cevi	storilnost vrtnanja	število vrtnin
90 m	16,68 m/h	18
B) dolžina svedra 160 cm		
dolžina cevi	storilnost vrtnanja	število vrtnin
90 m	15,80 m/h	56
II. Vrtalno kladiivo RK - 21		
A) dolžina svedra 80 cm		
dolžina cevi	storilnost vrtnanja	število vrtnin
90 m	17,20 m/h	42
B) dolžina svedra 160 cm		
dolžina cevi	storilnost vrtnanja	število vrtnin
90 m	17,78 m/h	13

Na tem mestu bomo primerjali samo storilnost vrтанja glede na uporabo različnega tipa kompresorjev (FAGRAM 700 in FAGRAM 702) seveda pri enakih ostalih delovnih razmerah (enaka dolžina svedra, enaka dolžina cevi in isto delovišče). Za primerjavo smo vzeli podatke merjenj na delovišču Suhelj pri dolžini cevi 90 m. Podatki in razlike storilnosti v odstotkih so podani v spodnji razpredelnici.

Razpredelnica št.5.

Vrsta kompresorja	Vrtalno kladivo RK-18				Vrtalno kladivo RK-21			
	dolžina sved. 80 cm		dolžina sved. 160 cm		dolžina sved. 80 cm		dolžina sved. 160 cm	
	storil. vrтанja	razlika	storil. vrтанja	razlika	storil. vrтанja	razlika	storil. vrтанja	razlika
FAGRAM 700	16,7m/h	-	15,8m/h	-	17,2m/h	-	17,8m/h	-
FAGRAM 702	15,6m/h	-6,6%	11,4m/h	-22,8%	14,5m/h	-15,7%	13,9m/h	-21,8%

Proti pričakovanju nam podatki iz zgornje razpredelnice dokazujejo, da je bila pri uporabi kompresorja FAGRAM 702 storilnost nižja za 6 % do 22 % glede na storilnost pri uporabi FAGRAM-a 700. Pri krajših dolžinah svedra (80 cm) je razlika v storilnosti manjša (6 - 15 %), pri daljših svedrih (160 cm) pa večja (21-22%). Po logičnem sklepanju bi morali dosežati pri uporabi močnejšega kompresorja FAGRAM 702 tudi boljše rezultate pri storilnosti vrтанja. Gornji podatki pa nam prikazujejo ravno obratno. Anomalijo v rezultatih si lahko pojasnujemo le s tem, da je bil kompresor FAGRAM 702 že iztrošen (10 000 obratovnih ur) in je kljub večji kapaciteti zraka dajal nižji pritisk komprimiranega zraka, kar je neugodno vplivalo na storilnost vrtalnih naprav.

14.o Vrsta vrtalnega kladiva

Do sedaj nam naši proizvajalci vrtalnega orodja ne nudijo taka vrtalna kladiva, ki bi bila posebno prilagojena za delo v gradbeništvu, kaj šele v gozdnem gradbeništvu. Zato smo prisiljeni uporabljati vrtalno orodje, ki je predvsem namenjeno za delo v rudnikih, ker je tam potrošnja takega orodja tudi največja. V gradbeništvu do sedaj uporabljamo le klasična vrtalna kladiva lahkega tipa do 25 kg.

Lahka vrtalna kladiva imajo tebe skupne tehnične lastnosti:

- premer bata v glavi kladiva 35 mm
- največja globina vrtenja 5 m
- poraba zraka 3 m³/min.
- učinek pri čistem vrtenju do 35 cm/min (21,0 m/h)
- učinek v 8 urah do 50 m

V gozdnem gradbeništvu pri nas sta v uporabi predvsem dva tipa vrtalnih kladiv in to: RK-18 in RK-21. V novem proizvodnem programu proizvajalca vrtalnega orodja Železarne Ravne na Koroškem sta se pojavila še dva nova tipa kladiv: RK-17 in RK-28. Kladivo RK-17 naj bi nadomestilo kladivo RK-18 in je predvsem namenjeno za lažja, manj obsežna dela. Kladivo RK-28 pa je namenjeno za obsežna kontinuirana dela. Poudarek pri konstrukciji tega kladiva je predvsem na večji storilnosti, zato je tudi poraba zraka povečana na 4,5 m³/min. Ni ga mogoče uporabljati le ročno, ampak obvezno zahteva podporno nogo, kjer je nameščen tudi regulator za avtomatično vodenje vrtenja. Za današnje stopnjo mehanizacije v gozdnem gradbeništvu vrtalno kladivo RK-28 ne bi bilo ekonomično, ker zahteva močnejši kompresor (kapaciteta: 5 m³ zraka/min.) in smer vrtenja pod določenim kotom (horizontalno in navzgor).

Zaradi primerjave podajamo osnovne tehnične podatke za nekatera vrtilna kladiva:

Razpredelnica št. 6.

Oznaka vrtal. kladiva	RK-17	RK-18	RK-21	RK-28
teža kladiva	17 kg	18 kg	21 kg	28 kg
poraba zraka m ³ /min	1,7-1,8	1,8-2,0	2,3-2,5	4,5
število udar. v minuti	2250	1900	2000	3100
število obrat. v minuti	210	220 in 290	220	320
optimalni pritisk zraka	5-6 atm.	5-6 atm.	6-7 atm.	6-7 atm.
minimalni pritisk zraka	4 atm.	4 atm.	5 atm.	4 atm.

Kladivo RK-18 izdelujejo v dveh izvedbah. Tip 3 je namenjen za vrtenje v trde skale, zato je tudi manjše število obratov (225 obr./min.), tip 4 pa je namenjen za vrtenje v mehkejši skali in ima 290 obr./min.

Novo vrtilno kladivo RK-17 je bilo v gradbeni sezoni 1968 prvič preizkušeno v praksi. Ugotovitve pri merjenju storilnosti vrtenja z RK-17 podajamo v posebnem poglavju.

14.1 Primerjava RK-18 in RK-21

Za primerjavo storilnosti vrtenja z RK-18 in RK-21 smo sestavili posebno preglednico, kjer lahko ugotovimo večjo storilnost vrtenja z RK-21 glede na vrsto kompresorja, dolžino svedra in delovišče.

Preglednica je na naslednji strani.

Preglednica št. 7.

Delovišče: Suhelj					
Kompresor 702					
vrtalno kladiivo	dolžina cevi	storil.vrtan. s sved.80 cm.	večja storiln.	storil.vrtan. s sved.160 cm	večja storil.
RK-18	60 m	11,7 m/h	-	13,4 m/h	-
RK-21	60 m	17,0 m/h	+45,3 %	16,3 m/h	+21,7 %
Kompresor 700					
vrtalno kladiivo	dolžina cevi	storil.vrtan. s sved.80 cm	večja storiln.	storil.vrtan. s sved.160 cm	večja storil.
RK-18	90 m	16,7 m/h	-	15,8 m/h	-
RK-21	90 m	17,2 m/h	+3,0 %	17,8 m/h	+12,7 %
Delovišče: Brdska dolina, kompresor 700					
vrtalno kladiivo	dolžina cevi	storil.vrtan. s sved.80 cm.	večja storil.	storil.vrtan. s sved.160 cm	večja storil.
RK-18	90 m	11,5 m/h	-	9,8 m/h	-
RK-21	90 m	13,9 m/h	+21,8 %	10,8 m/h	+11,0 %

Podatki v gornji razpredelnici nam dokazujejo, da je storilnost vrtalnega kladiiva RK-21 v vsakem primeru večja kot pri RK-18. Lahko rečemo, da je v povprečnih delovnih razmerah storilnost RK-21 za 3-20 % večja od RK-18. Tak velik razpon povečane storilnosti si razlagamo s tem, ker na storilnost vrtenja vpliva zelo veliko okoliščin in jih pri snemanju podatkov pri praktičnem delu na terenu ni mogoče izložiti. Zgornja razpredelnica pa nam nazorno potrjuje tudi to, da bo razpon med storilnostjo RK-18 in RK-21 tem večji, čimboljši so pogoji za uspešno delovanje vrtalnega kladiiva RK-21 (pritisk zraka 5-7 atm, konstanten zunanji pritisk na kladiivo 90-100 kg). Ker ima močnejši kompresor

FAGRAM 702 večjo kapaciteto komprimiranega zraka, se pri delu tega kompresorja storilnost RK-21 poveča kar za 20-45 % glede na storilnost RK-18. Moramo pa reči, da navedene vrednosti predpostavljajo le relativno povečanje storilnosti RK-21 pri uporabi kompresorja FAGRAM 702, ne pa absolutne.

Podobno, kakor pri vsakem stroju, je tudi pri izbiri najboljprimernega vrtilnega kladiva potrebno upoštevati dve lastnosti:

- higiensko varnostne
- ekonomsko tehnične

Iz higiensko varnostnih vidikov je v vsakem pogledu boljše kladivo RK-18 kot pa RK-21.

Kladivo RK - 18 je:

- za 3 kg lažje
- vibracijski sunki so šibkejši, kar ugodneje vpliva na vrtalca, posebno če nima močne telesne in kondicijske sposobnosti.
- ropot je za 5 fonov šibkejši. (Res, da je le skromna razlika, vendar teh 5 fonov že presega zgornjo dopustno mejo hrupa.)

V pogledu storilnosti pa na osnovi ugotovitev lahko zaključimo, da bo kladivo RK-21 bolj učinkovito od RK-18 v naslednjih primerih:

- Kompresor mora dajati dovolj velik pritisk zraka. Pri zmanjšanem pritisku (pod 5 - atm) se pojavi močno odskakovanje kladiva, kar povzroča dodatne vibracije mehanizma kladiva in s tem prehitro trošenje ali celo lomenje posameznih delov. S tem lahko pojasnimo vzrok, da pri RK-21 nastopa več zastojev in okvar kot pri RK-18.

Kladivo RK-21 naj ne bo montirano na šibak ali izrabljen kompresor !

- Kladivo RK-21 naj ne bo nameščeno na dolge gumijaste cevi. To ugotovitev bomo dokazali v drugem poglavju.
- S vrtalnim kladivom RK-21 naj dela samo izurjen in fizično močan delavec, ker vrtalec doseže največji izkoristek vrtalnega orodja takrat, kadar pritiska na ročice vrtalnega kladiva s silo 90 - 100 kg, seveda če je istočasno zagotovljen tudi optimalen delovni pritisk zraka.
- Kladivo RK-21 je primernejše v trših kameninah.

Če ne upoštevamo vseh naštetih momentov, bomo pri vrtanju s RK-21 dosegli slabši končni učinek kot s kladivom RK-18.

12.2 Storilnost vrtanja z RK - 17.

V letu 1967 je tovarna vrtalnih orodij Železarna Ravne na Koroškem začela izdelovati dva nova tipa vrtalnih kladiv: RK-17 in RK-28. Po tehničnih podatkih, ki jih navaja tovarna, ima novo kladivo RK-17 nekatere prednosti pred RK-18. Namenjeno je predvsem za vrtalna dela manjšega obsega. Pri gradnji gozdnih cest pa naj bi se zaradi manjše teže uporabljalo pri prvem prebijanju po trasi, za povrtavanje preostalih samice in kotitnice. V ta namen je v letu 1968 Gradbeni obrat g.g.Bled nabavil 5 komadov vrtalnih kladiv RK-17.

Tehnični podatki o RK-17 so naslednji:

- število udarcev 2250 v minuti
- število obratov 210 "
- poraba zraka 1,7 - 1,8 m³/min.
- optimalni pritisk zraka 5 - 6 atm
- minimalni pritisk zraka 4 atm
- teža 17 kg

Ugotavljanje učinka:

Osnovni podatki:

Delovišče: Gozdna cesta na Macesnovec, na odseku med profilom
85 - 92.
Datum: 14, 15, 16. VIII. 1968.
Vreme: jasno, ugodno.
Kamenina: dolomitizirani apnenec.

Podatki o delu:

- a) delovna operacija: povrtavanje po prvem odzivu
kompresor: FAGRAM 700, pritisk 5,8 - 6,8 atm.
ciklus: polnenje rezervoarja kompresorja 6 sekund
 praznenje " " 2 "
dolžina cevi: 67 m gumijaste cevi \varnothing 1" s pripravo za avto-
 matsko mazanje.
dolžina svedra: 80 cm
število opravljenih meritev: 9
povprečni učinek čistega vrtenja: 5,34 m/h
za primerjavo merimo pod istimi pogoji RK-18, učinek 7,9m/h
- b) delovna operacija: poglobljanje vrtin (predhodne vtine glo-
boke 180 cm)
dolžina svedra: 240 cm
število meritev: 7
ostali podatki so isti
povprečni učinek čistega vrtenja: 6,90 m/h
za primerjavo dela pod istimi pogoji RK-18, učinek: 9,3 m/h.

O c e n a:

Merjenje o učinku vrtnega kladiva RK-17 izkazuje razmeroma
slabe rezultate.

V primerjavi z učinkom RK-18 izkazuje RK-17 pri:

- a) povrtavanju za 33 % slabši učinek
- b) poglobljanju pa za 26 %

Podatki so le orientacijski, ker ni bilo opravljeno zadosti veliko število primerjalnih meritev.

Domnevamo, da je imel primerek RK-17, s katerim smo delali poskusna merjenja, tehnično napako. Pri polnem pretoku zraka smo našteali le 75 obratov svedra na minuto, medtem ko prospekti navajajo 210 obratov/min. Iz glave kladiiva je prekomerno curelo olje, kar je kazalo, da delovanje kladiiva ni bilo normalno. Nadalje smo opazili, da je bila moč kladiiva za obračanje svedra tako šibka, da se je sveder ustavil, čim je delavec močneje pritisnil na samo kladiivo. Da bi mogli ugotoviti stvarne učinke RK-17, bo potrebno opraviti nove meritve z zanesljivimi vrtaalnimi kladiivi.

14.3 Storilnost vrtnanja z vrtaalnim orodjem „Cobra“

Zaradi celote navajamo nekaj podatkov o vrtaalnem orodju Cobra. Pripomniti moramo, da rezultati merjenj o storilnosti vrtnanja niso dovolj zanesljivi, so le okvirni, ker smo opravili le 19 merjenj v nekaj urah.

Tehnični podatki so naslednji:

- moč motorja 1,5 KM
- prostornina motorja . . 70 m³
- število obratov v minuti 2.000
- teža skupaj s svedrom 24 kg
- največja globina vrtnanja 4 metre

Za vrtnanje navzdol zadostuje en delavec, če pa je kot vrtnanja od 45° do 90° glede na horizontalo, sta pri delu potrebna dva

delavca. Samo vrtno orodje je odlične konstrukcije, odličen je tudi material iz katerega je izdelano orodje. Zaradi svojstvenega delovanja stroja je močno zmanjšana vibracija. Sveder je iz najboljšega švedskega jekla in pri delu v apnencu ni potrebno brusiti svedra do 8 mesecev. Cobra zahteva pogosto menjanje zračnega filtra. Ing. Tanasković navaja podatke, da so pri efektivnem vrtnanju s Cobro dosegli storilnost 4 m na uro v apnencu, v granitu celo 5,5 m. V mehkejših apnencih je storilnost slabša, ker droben pesek zastavlja sveder, kar zahteva pogosto dviganje cele Cobre. Pri trših kameninah (eruptivnih) takega pojava ne najdemo, vendar fini prah močneje škoduje samemu stroju in svedru.

Največji učinek dosežemo pri vrtnanju s polnim plinom v navpični smeri navzdol in kadar pritiskamo na ročice s silo, ki je enaka teži zgornjega dela telesa vrtalca. V primeru, da Cobra vrta samo s svojo težo brez dodatnega pritiska, se učinek zmanjša za 35 %. Prav tako se učinek zmanjša za 18 % od maksimalnega, če vrtamo glede na horizontalo pod kotom do 45° , če pa vrtamo pod kotom 45° navzgor, se učinek zmanjša za 15 % od maksimalnega. V zadnjem primeru stroj lažje vrta zaradi boljšega izmetavanja prahu, vendar se močno poveča utrujenost vrtalca in sta pri delu potrebna dva vrtalca. Učinek pada tudi z dolžino svedra. Hitrost vrtenja se v globini 2 m zmanjša za 25 % glede na globino vrtine 1 m. Poraba goriva je po tujih meritvah (8) 1,3 litre oljne mešanice na efektivno uro vrtenja, naše meritve so pokazale porabo 1,5 litra. Pri naših meritvah so zanimivi podatki, ki kažejo, kako je storilnost odvisna od izvežbanosti vrtalca oziroma njegovega pravega občutka za dobro delovanje stroja. Rezultate navajamo v zpredelnici št.8, ki se nahaja na naslednji strani.

Razpredelnica št. 8.

Vrtalec	dolžina svedra	storilnost	število vrtin
miner	40 cm	4,3 m/h	7
nekvalific. delavec	40 cm	2,1 m/h	2

Storilnost neveščega delavca pri delu s Cobro je za polovico manjša od izvežbanega delavca (minerja).

V naslednji razpredelnici so podani podatki o storilnosti vrtnja glede na dolžino svedra (vrta samo miner).

Razpredelnica št. 9.

Dolžina svedra	storilnost vrtnja	število vrtin	Opomba
40 cm	4,0 m/h	9	Storilnost smo računali na čisto vrtnje.
80 cm	2,8 m/h	8	

Storilnost vrtnja pada za 30 %, če se globina vrtin poveča od 40 na 80 cm.

V strukturi delovnega časa vrtalca s Cobro ločimo enako kot pri drugih delovnih operacijah čas vrtnja in dodatni čas. Vrtnje s Cobro ne vpliva na trajanje dodatnega časa, zato bi lahko vzeli v račun, da je delež dodatnega časa enak kot pri vrtnju z drugimi vrtalnimi stroji. Pri naših meritvah je bilo dodatnega časa 43 % od celokupnega delovnega časa, kar se dobro ujema z dolžino dodatnega časa vrtalca pri delu z vrtalnim orodjem na FAGRAM-u in zopet kaže na zelo nizko stopnjo izkoristkov stroja in s tem na slabo sinhronizacijo posameznih faz dela.

Od efektivnega časa (57 % od celokupnega), ki smo ga označili s časom vrtnanja, smo ugotovili naslednjo notranjo strukturo:

- dolivanje goriva 5,1 % časa
- hlajenje motorja 3,2 % "
- premik 4,1 % "
- zamenjava vrtalcev 3,6 % "
- čisto vrtnanje 84,0 % "

Vrtnanje skupaj: 100,0 % časa

Povprečna storilnost računana na čisto vrtnanje, je bila 3,96 m/h računana na efektivni čas vrtnanja pa 3,35 m/h. Če sedaj rečemo, da bi bilo pri dobri organizaciji in pri 8 urnem delavniku efektivnega vrtnanja 80 %, lahko izračunamo, da znaša povprečna norma za vrtnanje s Cobro 2,6 m na uro.

Iz tega podatka lahko zaključimo, da je Cobra kot vrtalno orodje na gradbišču gozdne ceste le pomožno orodje in naj bi ga uporabljali le tedaj, kadar vrtnanje s počasnejšimi in težje dostopnimi vrtalnimi stroji ne bi bilo gospodarno.

15.0 Dolžina vrtalnega svedra.

Kotero dolžino svedra bomo vstavili v vrtalno kladivo, je odvisno od potrebne globine minske vrtine. Globino miniranja določimo na osnovi nivelete. Pri tem pa moramo upoštevati, da bo uspešno miniranje le tedaj, če bodo vrtine segale 40 - 50 cm pod niveleto. Več o sami razporeditvi vrtin bo govora v poglavju o miniranju. Na tem mestu nas zanima le to, kako sveder s svojo dolžino in obliko konice vpliva na učinek vrtnanja. Natančnih tozadevnih podatkov nam ni mogoče podati, ker v tem pogledu nismo izvedli posebnih meritev. Iz splošnih podatkov o storilnosti vrtnanja smo analizirali podatke glede na dolžino vrtalnega svedra.

Pri tem smo izkali razlike pri uporabi kompresorja FAGRAM 700 in FAGRAM 702 ter vrtalnem kladivu RK-18 in RK-21.

Razpredelnica št. 10.

Dol- žina sve- dra	Kompresor 702						Kompresor 700					
	RK-18		RK-21				RK-18		RK-21			
	storil. vrtanja		šte vi- lo vr- tin	storil. vrtanja		šte vi- lo vr- tin	storil. vrtanja		šte vi- lo vr- tin	storil. vrtanja		šte vi- lo vr- tin
	m/h	%		m/h	%		m/h	%		m/h	%	
80 cm	15,6	100	37	17,0	100	3	18,1	100	9	16,5	100	26
160 "	11,4	73	16	16,3	95	3	16,9	93	46	17,7	107	13
240 "	11,7	75	7	-	-	-	13,5	75	5	-	-	-
320 "	10,9	70	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-

V tabeli so prikazani rezultati, dobljeni primeritvah, ko je bila dolžina cevi 90 m, le v drugi koloni (FAGRAM 702, RK - 21) je bila dolžina cevi 60 m. Podatki o storilnosti se nanašajo na čisto vrtanje. Iz tabele lahko ugotovimo, da v vsakem primeru z dolžino svedra pada storilnost vrtanja. Stopnje padanja storilnosti, izražene v odstotkih, so seveda različne, ker pri meritvah niso bili izločeni spreminjajoči se momenti, ki vplivajo na celotni učinek vrtanja. Anomalijo pa zopet najdemo pri RK - 21 (FAGRAM 700), ko je storilnost pri 160 m dolgem svedru celo za 7 % večja kot pri svedru 80 cm. V pojasnilo naj velja vse tisto, kar smo že povedali v poglavju o vrtalnem kladivu RK-21.

Kljub temu, da z globino učinek pada, je smotrno, da ne težimo za kratkimi vrtnami, ampak da na vsakem profilu izvrtamo tisto popolno globino, ki jo profil zahteva. S tem bomo res porabili

več časa z vrtnjem, prihranili pa bomo na času pri miniranju, pri boljšem izkoristku razstreliva, boljši zaposlenosti buldožerja in kar je še posebno važno, razmet materiala in s tem ranjavanje stoječega drevja bo manjše.

15.1 Obraba konice vrtalnega svedra.

Za vrtnje v praksi uporabljajo monoblok svedre različnih dolžin. Največkrat so v rabi naslednje dimenzije:

uporabna dolžina svedra s širino konice

80 cm	34 mm
160 cm	33 mm
240 cm	32 mm
320 cm	31 mm

Žal ne razpolagamo s potrebnimi podatki, kako izraba konice in deformacija glave svedra vpliva na učinek vrtnja. Logično pa lahko sklepamo, da obrabljenost glave svedra le negativno vpliva na učinek. Zato je samo v korist vrtalcem, če često s šablonami pregledajo obliko konice in se glede vzdrževanja svedrov in ostalega pribora strogo držijo navodil, ki jih dajejo tovarne.

16.0 Dolžina cevi za pretok stisnjenega zraka.

Poleg mnogih drugih dejavnikov, ki vplivajo na storilnost vrtalnega stroja, je pomembno raziskati, kakšen posreden vpliv ima dolžina, vrsta in premeri cevi, ki služi za pretok stisnjenega zraka med kompresorjem in vrtalnim kladivom. Pravo poznavanje zakonitosti, ki nastopajo pri pretoku zraka, je toliko bolj koristno, ker lahko v praksi brez večjih investicij, zgolj s smotno uporabo že obstoječih naprav, izboljšamo storilnost pri vrtnju, ki je pri rušenju hribin najdražja faza dela. Zato bomo v tem sestavku skušali preučiti momente, ki nastopajo pri prenosu energije na vrtalno kladivo.

Pri vrtnem stroju imamo tri glavne funkcionalne dele:

- stroj za izvor energije
- prenos naprave
- mehanizem za udarjanje in vrtenje svedra.

Konstruktivske izvedbe vrtnih strojev pa so zelo različne. Pri nekaterih manjših vrtnih strojih (Cobra, Pionjër, Varshop idr.) imajo v enem samem ohišju združene vse tri dele in je na ta način izguba energije pri prenosu najmanjša. Pri nekaterih drugih izvedbah (Pinazzo idr.) sta izvor energije in vrtni mehanizem ločena, vendar je prenos energije izveden po mehanski poti. Tak način ima dobre strani, ker izgube energije le niso tako velike, vendar je razdalja takega prenosa omejena. Za premostitev večjih razdalj poznamo za enkrat le kompresorje, ki proizvajajo stisnjeni zrak, le-ta se kot spremenjena oblika energije pretaka po ceveh do glave vrtnega kladiva. Da je pri tem izguba energije velika, je povsem razumljivo, vendar zaenkrat konstruktorji še niso našli boljše rešitve.

Pri preučevanju storilnosti pri vrtnju smo kmalu ugotovili, da je prvi pogoj za uspešno delo kladiva zadosten pritisk zraka, zato smo ravno temu vprašanju in v tej zvezi tudi pretoku stisnjenega zraka posvetili več pozornosti.

Pri obravnavi tega problema je potrebno imeti pred očmi predvsem:

- Če hočemo, da bo pri pretoku zraka čim manjša izguba pritiška, je potrebno zagotoviti čim manjše trenje v stenah cevi in onemogočiti izhajanje zraka ob spojih.

Da pa bi zmanjšali trenje, je potrebno, da je pri vsaki količini pretečenega zraka zagotovljen zadosten velik pretočni profil cevi in da so stene cevi čim bolj gladke.

Oglejmo si, kakšen naj bo pretočni profil cevi za določeno količino zraka in določeno dolžino cevi. Vrednosti najdemo v razpredelnici št.11 in v grafikonu št.2.

Razpredelnica št.11.

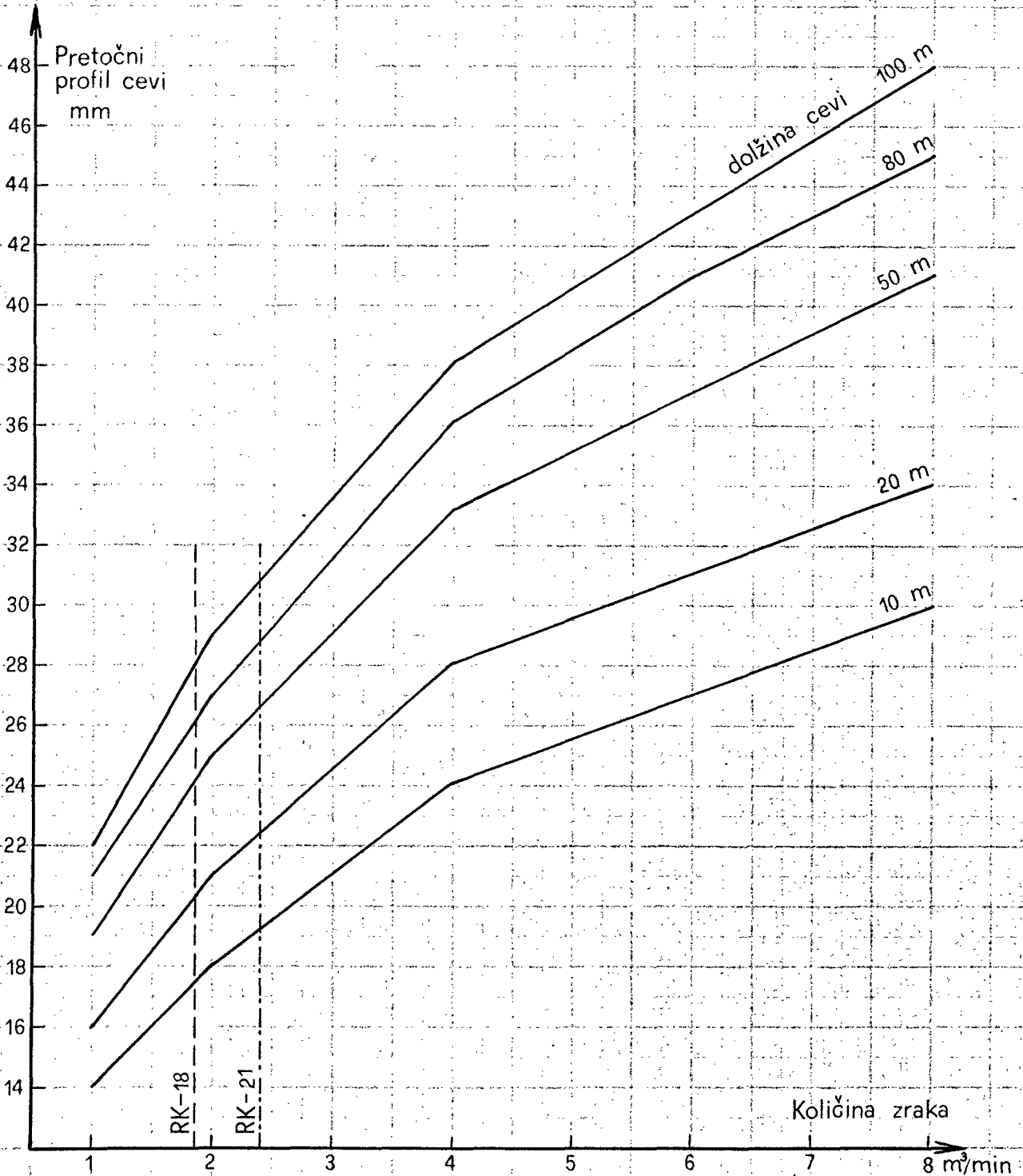
Dolžina cevi v metrih	Potreben premer cevi v mm pri pretoku določene količine zraka (m ³ na minuto)				
	1 m ³ /min	2 m ³ /min	3 m ³ /min	4 m ³ /min	6 m ³ /min
10	14	18	21	24	27
20	16	21	25	28	31
50	19	25	30	33	37
80	21	27	32	36	41
100	22	29	34	38	43

Če vzamemo primer, da vrtalno kladivo RK-18 porabi 1,85 m³ zraka na minuto, lahko iz grafikona z interpolacijo odčitamo, da gumijasta cev z notranjim premerom $\varnothing = 1''$ (22 mm) zadostuje le do razdalje 35 metrov. Za večje razdalje pa je pretočni profil premajhne.

Pri kladivu RK-21, ki porabi 2,4 m³ zraka na minuto, pa ista cev zadostuje le do razdalje 19 m. Če pomislimo, da je obrabljena gumijasta cev na mnogih mestih stlačena, se njen profil še zmanjšuje, kar ima za posledico zmanjšani pretok zraka.

Kot nam kaže grafikon, rabimo pri RK-18 za pretok zraka na razdaljo 80 m cev premera 26 mm, za razdaljo 100 m pa 28 mm. Pri RK-21 pa naj bi bila za razdaljo 80 m cev debela 29 mm, za razdaljo 100 m pa 31 mm.

Odvisnost pretočnega profila cevi od dolžine cevi in količine zraka



Iz navedene ugotovitve, sledi, da imajo cevi s pretočnim profilom 1 cole ($\varnothing = 22 \text{ mm}$), ki jih danes v praksi največ uporabljamo, za razdalje večje od 40 m dejansko premajhen profil. Zaradi tega nastopa močnejše trenje na stenah cevi ob pretoku stisnjene- ga zraka. Pri trenju se troši energija, kar se očitno kaže v tem, da se gumijaste cevi segrevajo. Bolj škodljiva pa je druga posledica, pri tem pada pritisk zraka na koncu cevi. Da pa ima znižanje zračnega pritiska za posledico zmanjšanje učinka vrtal- nega kladiiva, bomo dokazali na koncu sestavka.

Pri pretoku zraka skozi gumijaste cevi, ki so obdane z jekleno žico, pa nastopa še drug škodljiv pojav. Notranje stene cevi ni- so ravne, temveč na mestu, kjer teše žica, nekoliko upognjene. Neravnost notranjih sten je pri rabljenih ceveh še večja, ker so zaradi zunanjih udarcev večkrat stisnjene, sčasoma pa tudi popustijo vmesne platnene plasti in se gumijasta cev neenakomer- no razširja. Prav ta precej simetrična neravnost notranjih sten ustvarja neke vrste labirintne prostore. Iz fizike o pretoku te- kočin in plinov pa nam je znano, da so prav taki labirintni pro- stori najbolj neugodni za nemoten pretok.

Podrobno nas je zanimalo, kolikšne so dejanske izgube energije zaradi pretoka zraka v cevi oziroma koliko pade pritisk zraka na koncu cevi ob vrtalnem kladiivu. V ta namen smo napravili več me- ritev glede na dolžino cevi, vrsto vrtalnega kladiiva, premer in vrsto cevi (gumijasta, kovinska). Meritve smo izvedli tako, da smo na koncu cevi, ob vrtalnem kladiivu, namestili dodatni mano- meter in istočasno beležili pritisk na obeh koncih cevi. Naj- prej smo ugotovili, da je bil pritisk zraka v cevi konstanten ne glede na dolžino cevi v primeru, kadar vrtalno kladiivo ni dela- lo, torej kadar ni bilo nobenega pretoka zraka. Kako pa se ob- naša pritisk zraka pri njegovem pretoku na različnih razdaljah, pa nam najbolj ilustrira grafikon št.3.

Grafikon št. 3. prikazuje rezultate merjenj pri naslednjih razmerah:

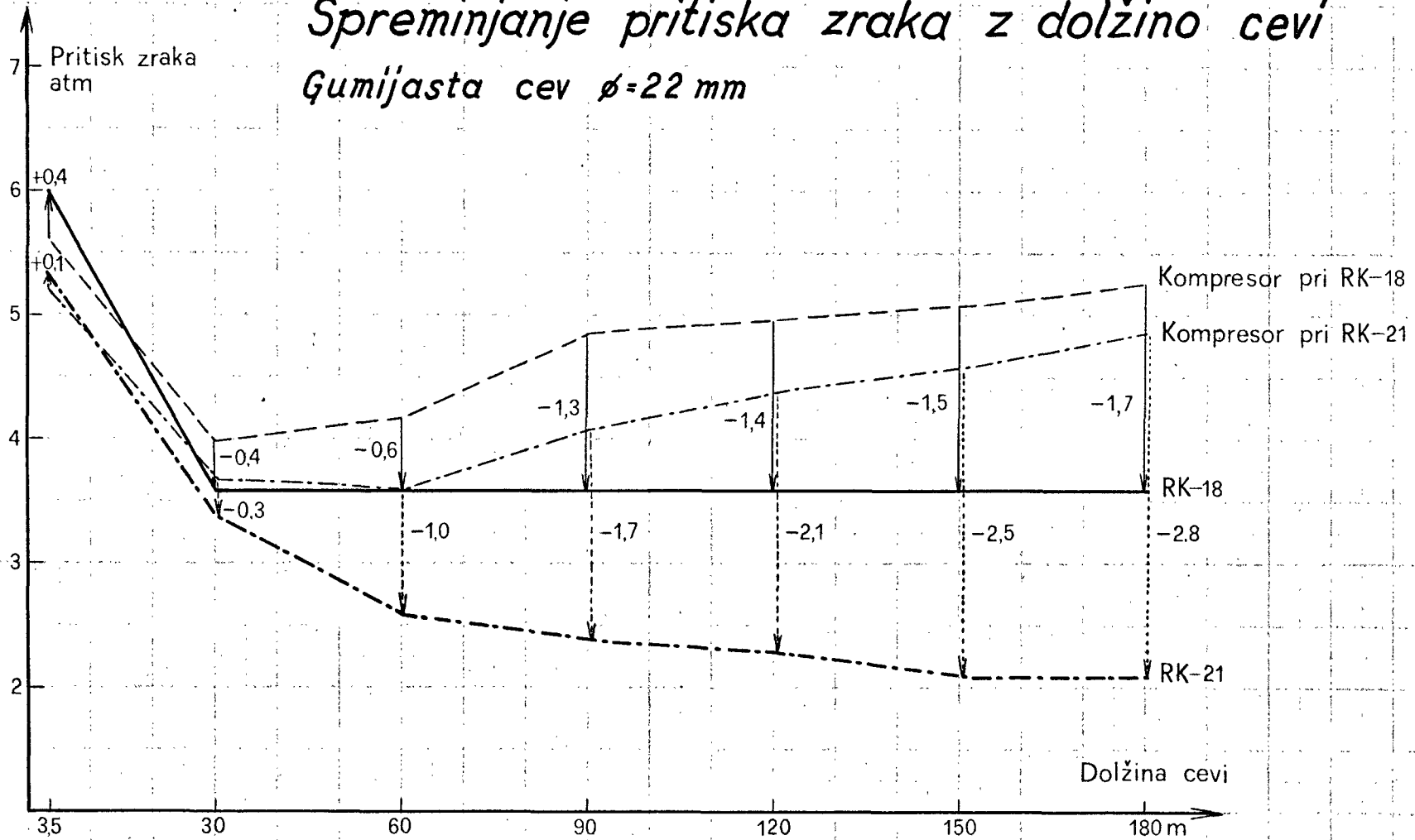
- kompresor FAGRAM 700
- vrtno kladivo RK-18 in RK-21
- cevi gunjaste z jekleno žico, premer $\varnothing = 22$ mm
- nadmorska višina 500 m
- zunanja temperatura 6°C

Iz grafikona št. 3 ugotovimo naslednje:

- 1.) Pri uporabi RK-18 pritisk v rezervoarju kompresorja na razdalji od 3,5 do 30 m naglo pade medtem ko pri večji razdalji cevi ne pada več, temveč se celo dviguje. Tako spremi-njanje pritiska si lahko razlagamo s tem, da je kompresor tako konstruiran, da pri večji porabi zraka avtomatično povečuje kapaciteto, s čimer se povečuje tudi pritisk.
- 2.) Pritisk na manometru ob kladivu RK-18 z razdaljo med 3,5 m do 30 m še močneje pada, potem pa je ne glede na dolžino cevi konstanten. Torej z večjo dolžino cevi pritisk v glavi kladiva ne pada, je konstanten 3,5 atm, le da mora kompresor bolj intenzivno delati (zato večja poraba goriva, hitrejša izraba stroja).
- 3.) Pri uporabi RK-21 je krivulja pritiska v rezervoarju kompresorja zelo podobna oni pri RK-18, le da izkazuje 0,3 do 0,6 atm manjši pritisk. Znižanje pritiska gre na račun večje porabe zraka pri tem tipu kladiva.
- 4.) Krivulja pritiska ob kladivu RK-21 pa poteka povsem drugače kot pri RK-18. Pritisk z razdaljo ni konstanten, ampak stalno pada in pri dolžini cevi 180 m doseže samo še 2 atm. Razlika med pritiskom v kompresorju in onim ob kladivu nenehno raste in na dolžini 180 m znaša že kar 2,8 atm. Dalje

Spreminjanje pritiska zraka z dolžino cevi

Gumijasta cev $\phi=22\text{ mm}$



-40-

se obe krivulji (za RK-21 in RK-18) lepo ujemata z grafikonom št.2, kjer smo ugotovili, da je pretočni profil cevi premera 1 cole primeren za pretok zraka le do 30 - 40 m njene dolžine.

- 5.) Pri vseh meritvah se je izkazalo, da na prav majhni dolžini cevi (do 8 m) nastopi neka nenormalnost, ob kladivu se pojavi od 0,1 do 0,4 atm večji pritisk kakor je v rezervoarju kompresorja. To anomalijo si po pojasnilu profesorja Preloga lahko razlagamo kot posledico udarnega valovanja zraka v kratki cevi.
- 6.) Že bežen pogled na krivulje pritiska nam pove, da je pritisk ob vrtalnem kladivu vse od dolžine cevi 20 m dalje dosti pod spodnjo mejo za normalno delo vrtalnega kladiva. Naj pojasnimo takoj, da smo meritve opravili pri popolnoma odprti ročici za iztek zraka in pri trajanju pretoka zraka do 10 minut. Tako neugodne razmere pri vrtnanju skoraj nikoli ne nastopijo. Dejanski pritisk je pri praktičnem vrtnanju seveda višji in s tem bolj ugoden. Z meritvami smo skušali razčleniti le zakonitosti, ki nastopajo pri pretoku stisnjenega zraka.

V grafikonu št.4 so prikazani rezultati merjenj, ko so bile namesto gumijastih cevi uporabljene kovinske.

Meritve smo opravili ob naslednjih elementih:

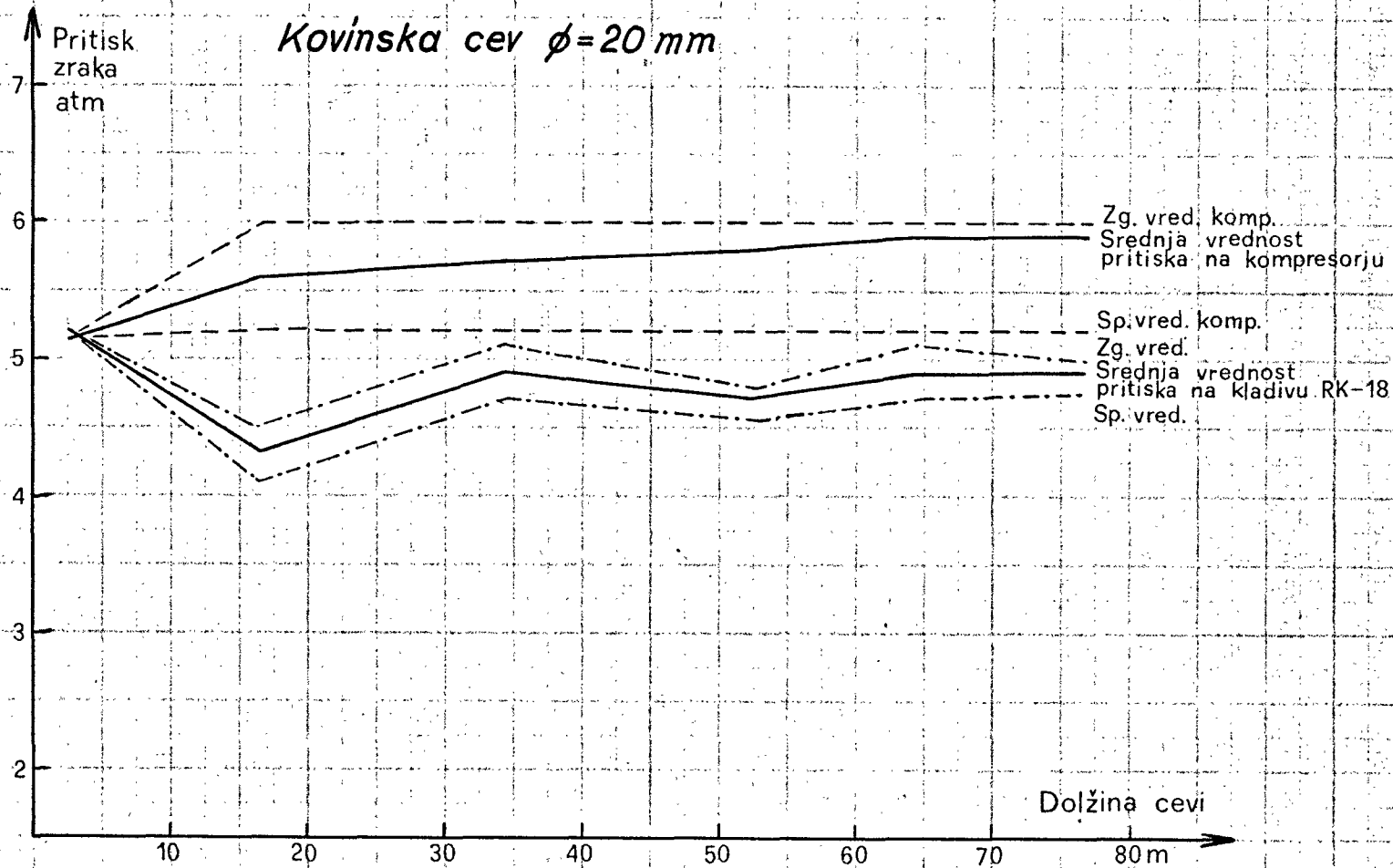
- kompresor FAGRAM 700, letnik 1965
- vrtalno kladivo RK-18
- kovinske cevi $\varnothing = 20$ mm, dolžina po 6 m
- nadmorska višina 550 m
- zunanja temperatura 16 °C

Iz krivulje pritiskov lahko povzamemo naslednje:

- 1.) Srednja vrednost pritiska v kompresorju z razdaljo cevi narašča in sicer do razdalje 16 m bolj strmo (od 5,2 atm do 5,6 atm), potem pa bolj blago, od razdalje 65 m pa je srednja vrednost pritiska konstantna (5,9 atm). Dviganje pritiska z dolžino cevi si razlagamo s tem, da se stroj zaradi svoje konstrukcije sam prilagaja spreminjanju pritiska.
- 2.) Srednja vrednost pritiska zraka pred kladivom do razdalje cevi 16 m naglo pada (5,2 atm na 4,3 atm). Od te razdalje pa izmenično raste in pada. Tako neenakomerno spreminjanje si brez dodatnih meritev ne moremo zadovoljivo pojasniti.
- 3.) V diagramu je pokazana tudi amplituda nihanja pritiska stisnjenega zraka. Amplitudo omejuje zgornja meja (maksimalno doseženi pritisk) in spodnja meja (minimalni pritisk). Spodnja meja je pri pritisku v kompresorju ne glede na dolžino cevi praktično konstantna (5,2 atm), zgornja meja pa do dolžine 16 m naglo raste, nato pa je tudi konstantna (6,0 atm). Torej je amplituda od dolžine cevi 16 m dalje enaka 0,8 atm. Amplituda pritiska pred kladivom je povprečno 0,4 atm in je z razdaljo neenakomerna. Razlike amplitud glede na dolžino cevi je sicer malenkostna (0,1 atm), ne kaže nobenih zakonitosti in je brez dodatnih raziskav ni mogoče pojasniti. Da pa je amplituda pritiska pred kladivom za polovico manjša od amplitude pritiska v kompresorju, si lahko pojasnimo s tem, ker se v cevi pri pretoku stisnjenega zraka zniža zgornja meja pritiska.
- 4.) Tudi pri meritvah pretoka zraka skozi kovinske cevi zasedimo isti pojav kot pri gumijastih ceveh, da je namreč do razdalje 3 m pritisk pred kladivom večji kot v kompresorju. Razlika je le malenkostna (0,1 atm) vendar izkazuje enako zakonitost udarnega valovanja, kot smo jo zaznali pri gumijasti cevi.

Spreminjanje pritiska zraka z dolžino cevi

Kovinska cev $\phi=20\text{ mm}$



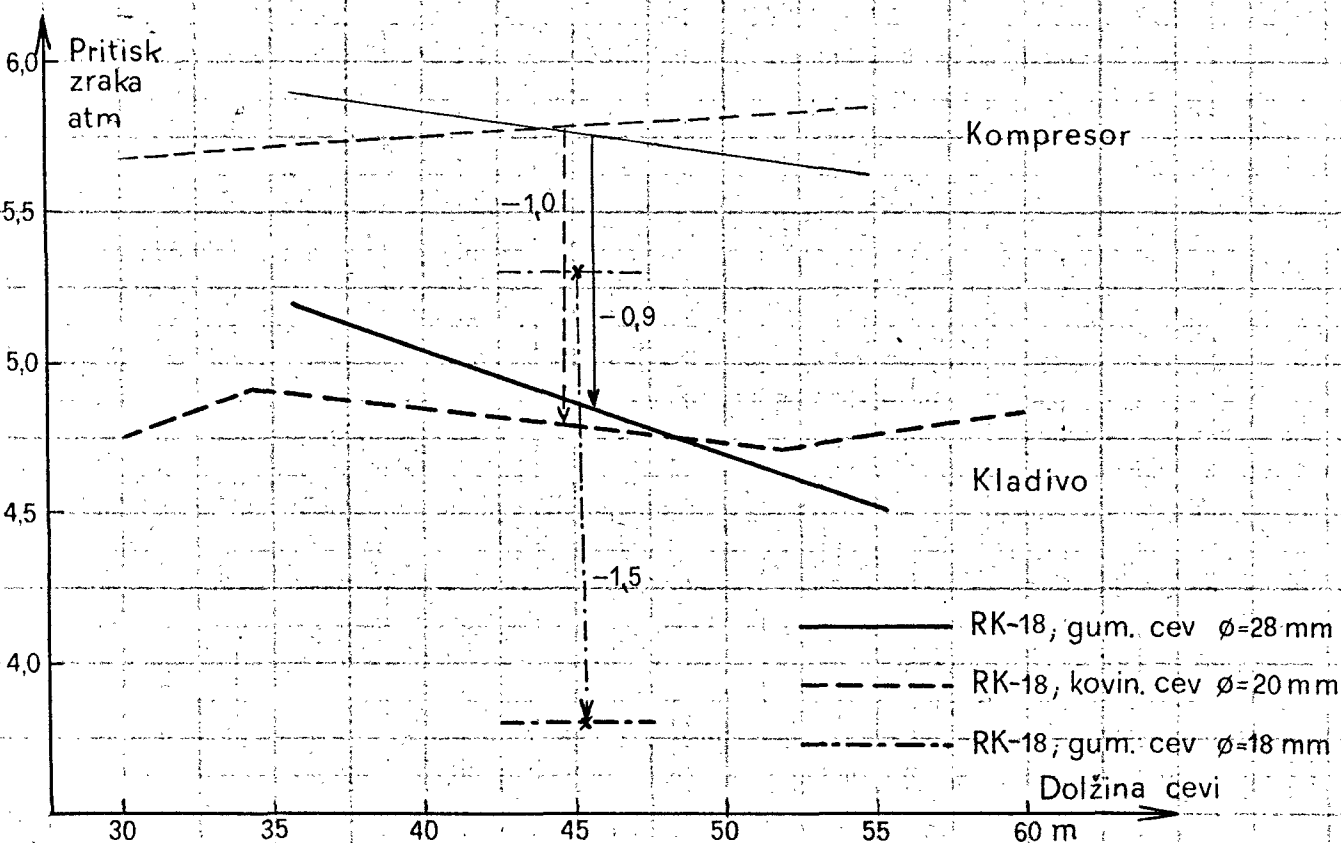
Za praktično uporabo pa je najbolj zanimiv grafikon št.5., ki primerja padec pritiskov pri različnih vrstah cevi, različnih kladivih in na razdaljah, ki se na delovišču največ uporabljajo (30 - 60 m). Iz grafikona lahko povzamemo sledeče:

- 1.) Rezultati merjenj pri kompresorju FAGRAM I in FAGRAM II se močno razlikujejo! Meritve na FAGRAMU I so bile izvedene v mesecu februarju na dvorišču avtoparka gozdnega gospodarstva Bled, medtem ko so bile meritve na FAGRAM-uII opravljene konec marca v karnolomu KGP Kočevje. Zaradi različnih okoliščinah obeh merjenj (nevsklajeni manometri, stroji, delovišče in klimatske razmere) žal ni dopustno iz obeh merjenj delati primerjalne zaključke. Zato smo rezultate obeh merjenj prikazali ločeno.
- 2.) Pri meritvah: FAGRAM I, RK-18, dolžina cevi 45 m, smo ugotovili najmanjši padec pri gumijastih ceveh pretočnega profila 28 mm (padec pritiska 0,9 atm), pri kovinski cevi $\varnothing = 20$ mm je padec 1,1 atm, največji padec pa je pri gumijasti cevi $\varnothing = 18$ mm (1,3 atm). Tako razporeditev padcev pritiska glede na vrste cevi smo pričakovali in se lepo ujema z ugotovitvami v grafikonu št. 2., ki nam govori o potrebnem pretočnem profilu cevi.
- 3.) Pri meritvah FAGRAM II, gumijasta cev $\varnothing = 22$ mm, dolžine 45 m je opazna razlika pri uporabi kladiva RK-18 in RK-21. Pri kladivu RK-21 se padec pritiska poveča od 0,5 na 0,6 atm in z nadaljno razdaljo cevi hitreje narašča.

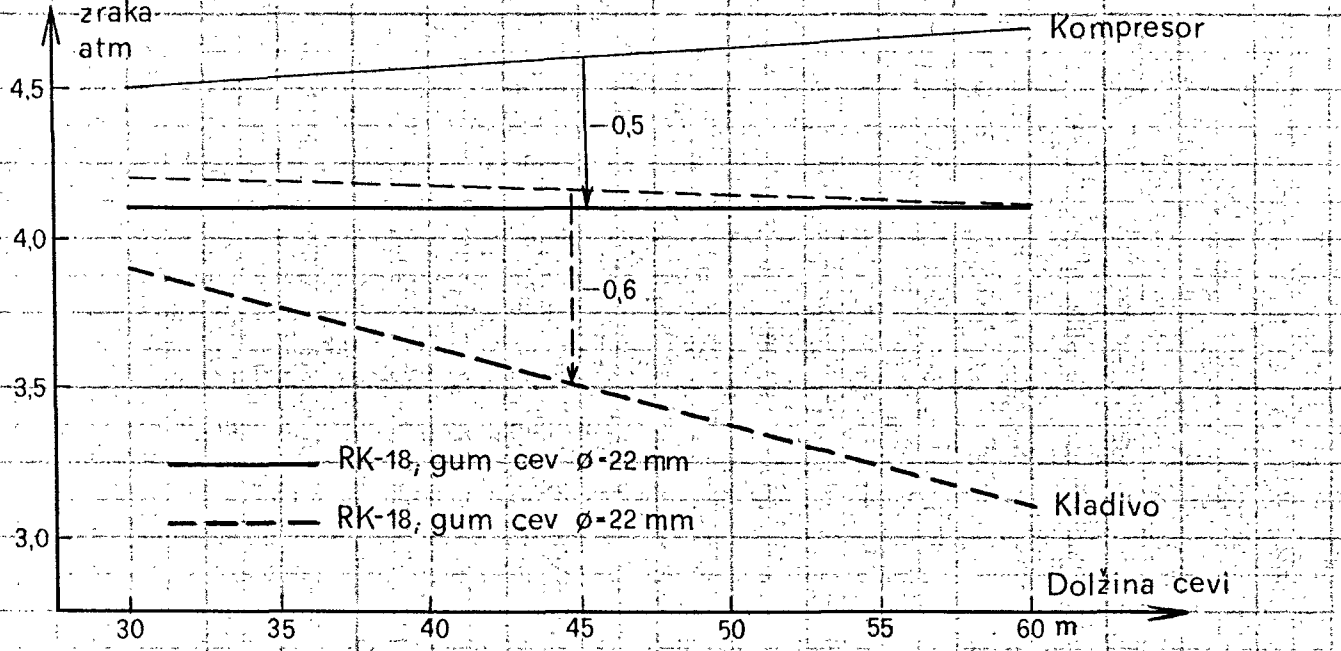
Iz nemške strokovne literature smo zvedeli, da so tam začeli uporabljati cevi iz umetne mase, ki zaradi gladkih notranjih sten zmanjšujejo padec pritiska. V literaturi nismo našli nobenih tehničnih podatkov. Pri proizvajalcih novih cevi smo is-

Padanje pritiska zraka v različnih ceveh

FAGRAM I



FAGRAM II



kali tehnične lastnosti, vzorce in ceno, da bi lahko kalkulirali, ali se nam mogoče ne izplača celo uvoziti nove cevi, če bi ekonomski račun pokazal, da imajo take cevi določeno prednost pred cevmi, ki jih sedaj v praksi uporabljamo. Iz firme v Frankfurtu, ki oskrbuje podjetja s tehničnimi napravami, smo izvedeli, da se nove cevi iz umetne mase pri praktičnem delu niso obnesle, ker so preveč občutljiva za spremembo temperature.

S podatki merjenj o vplivu dolžine in kakovosti cevi na učinek vrtenja smo hoteli dokazati nalsednje:

- 1.) Ni gospodarno nabavljati drugih močnejših strojev za vrtenje, dokler niso z boljšim prenosom energije izkoriščene vse kapacitete obstoječih strojev in naprav.
- 2.) Kadar stroj ni 100 % izkoriščen, so izgube tem večje, čim večjo kapaciteto ima stroj.
- 3.) Iz grafikonov o padanju pritiska glede na dolžino in kakovost cevi lahko zaključimo, da je smotrno uporabljati za vsako oddaljenost med kompresorjem in vrtalnim kladivom odgovarjajočo smiselno dolžino cevi in to tembolj, čim težje kladivo uporabljamo. Zato nikakor ni dopustna ustaljena praksa, da se ob začetku dela na kompresorju navije 60 ali 90 m cevi, potem pa se vrta ali tik ob kompresorju ali na največji možni razdalji. Navodilo bi bilo v tem, da na večjih delovišjih pripravimo razne dolžine cevi (np. 10 m, 20 m, 30 m) in pri delu uporabljamo s kombiniranjem posameznih kosov le potrebno skupno dolžino cevi. Seveda pa je treba pri tem najprej rešiti vprašanje dobrega in hitrega spajanja posameznih kosov cevi. Nujno mora odpasti praksa spajanja z žico. Cevi je treba spajati le z dobrimi spojkami. Tako delo je učinkovito in hitro. Za priključitev enega kosa cevi (dva spoja) je potrebno le 1 do 2 minuti.

- 4.) Na kratkih razdaljah (do 8 m) bi veljalo izkoristiti povečanje pritiska v cevi zaradi udarnega valovanja.
- 5.) Pri merjenju padca pritiska nismo ugotovili nobene razlike, bodisi da je bila cev popolnoma raztegnjena, bodisi v primeru, ko je bila zvita v kolobrat premera 60 cm. Ta ugotovitev nas pouči, da ni važna toliko lega cevi, kolikor njeno dobro in tesno spajanje, ter varovanje pred mehaničnimi poškodbami.

Do sedaj smo ugotovili, koliko pade pritisk komprimiranega zraka na koncu cevi pri delu z vrtalnim strojem. Končno nas še zanima, koliko se zaradi padca pritiska zraka dejansko zniža storilnost pri vrtanju minskih vrtin. Odgovor na to vprašanje nam najbolj nazorno pokaže naslednja razpredelnica, kjer ugotavljamo odvisnost storilnosti vrtanja glede na dolžino cevi.

Razpredelnica št. 12.

Dolžina cevi	Vrtalno kladiivo RK-18			Vrtalno kladiivo RK-21		
	storilnost vrtanja	znižanje storilnost	število vrtin	storilnost vrtanja	znižanje storilnos.	število vrtin
m	m/h	%	kom	m/h	%	kom
60	13,4	-	11	-	-	-
90	11,4	- 15	16	13,9	-	68
120	9,1	- 20	18	11,8	- 15	39

Elementi meritve:

dolžina svedra: 160 mm
cevi: gumijasta z žico, pretočni profil . . . 22 mm
kompresor: FAGRAM 702

Iz razpredelnice lahko zaključimo naslednjo pomembno ugotovitev:

- storilnost vrtanja se zmanjšuje za 15 - 20 %, če cev podaljšamo za 30 m.

Rezultati iz razpredelnice pa niso popolnoma v skladu s teoretičnimi ugotovitvami, do katerih smo prišli pri preučevanju padanja pritiska zraka z dolžino cevi. Po teoretičnih dognanjih ne bi smelo pri vrtnanju s RK-18 storilnost padati s podaljšanjem cevi od 30 m naprej, ampak bi morala biti storilnost konstantna, ker je tudi pritisk konstanten. Dalje bi moral biti padec storilnosti pri RK-21 večji kot pri RK-18, česa pa nam praktični rezultati ne izkazujejo.

Odstopanje dejanskih rezultatov od teoretičnih predpostavk lahko pojasnimo s tem, da so bile meritve o storilnosti vrtnanja izvedene na delovišču med delovnim časom, kjer so se okoliščine dela hitro menjavale in ni bilo mogoče izključiti ostalih dejavnikov, ki vplivajo na učinek vrtnalnega stroja v enaki ali celo v večji meri. Zato imajo rezultati merjenj, zbrani v razpredelnici št.12, toliko večji pomen za prakso, ker nam dajejo dejanske in povprečne podatke o izgubah in nas s tem opozarjajo, kako negospodarno je uporabljati predolge cevi, kadar te niso nujno potrebne.

17.0 Trdota hribine

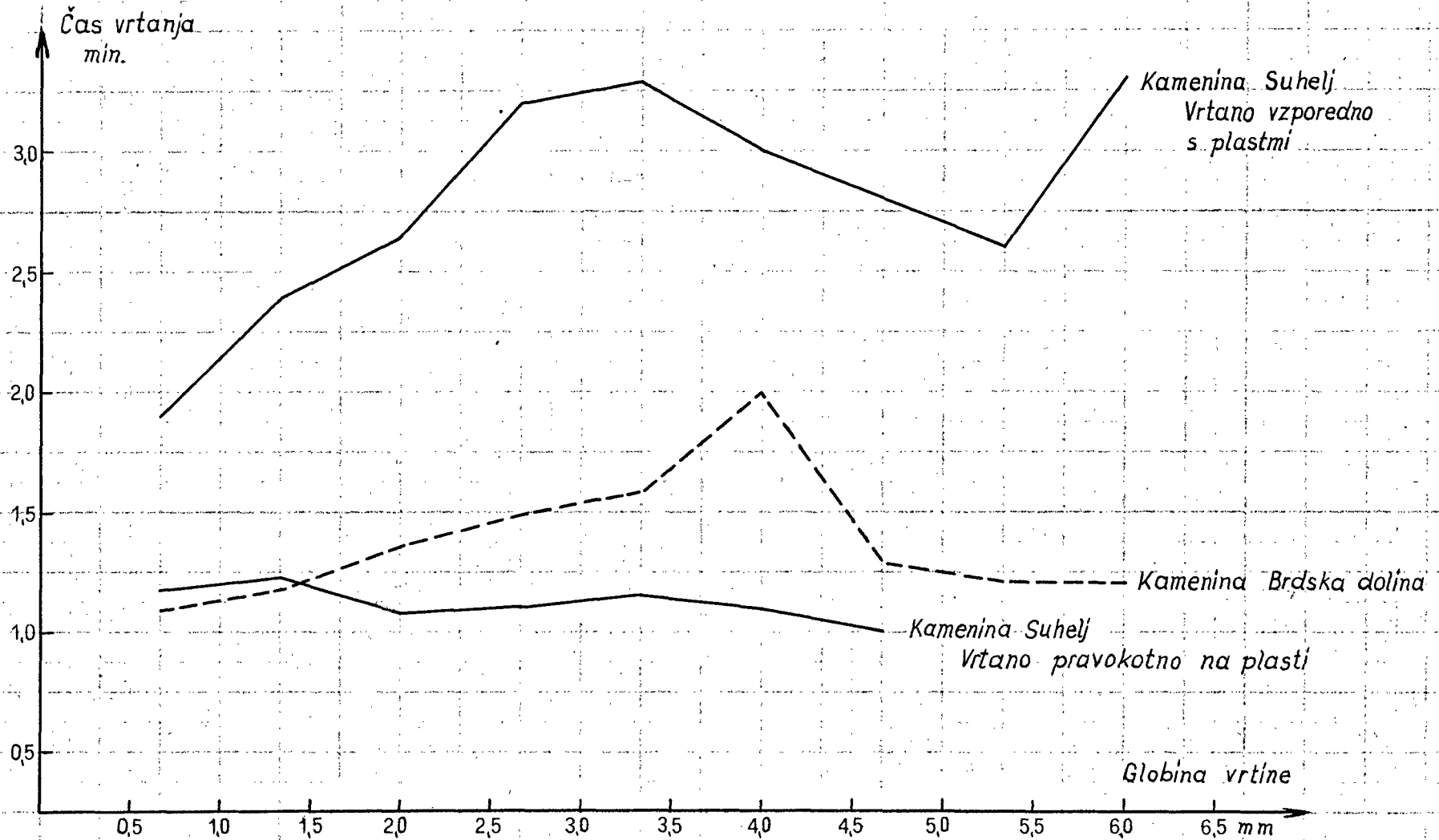
Končno smo skušali še ugotoviti, kako vplivā na učinek vrtnanja tisti neposredni faktor, ki je aktivno udeležen pri vsakem vrtnanju, to je kamenina sama. V ta namen smo uporabili posebno napravo, s katero naj bi odstranili vse do sedaj omenjene faktorje in ugotovili samo relativno odvisnost trdote kamenin iz različnih delovišč. Za poskus smo vzeli namizni vrtnalni stroj, ki je namenjen za vrtnanje kovinskih predmetov. V glavo vrtnalnega stroja smo namestili sveder z vidia ploščico premera 10 mm. Število obratov svedra smo naravnali na 290 na minuto, to je prav toliko kolikor je število pri RK-18. Da bi pri vseh meritvah na sveder pritiskala enakomerna sila, smo na ročico stroja namestili utež 2 kg, ki je izvajal na sveder pritisk 8 kg. Na

nasprotno stran ročice je bil nameščen kazalec, ki je na diagramu registriral globino vrtnja. Z merjenjem časa po anoti globine smo ugotavljali hitrost vrtnja. Celotno preučevanje vrtnja glede na vrsto kamenine pa ni dalo zaželenih uspehov. Izkazalo se je, da poskusno vrtnje poteka povsem drugače kot dejansko vrtnje z vrtalnimi kladivi. Delovanje vrtalnega kladiva je osnovano na akciji udarca, torej poudarek je na funkciji kladiva, ne pa na vrtnju, kot ga opravlja sveder. Zato rezultati, ki smo jih dobili pri poskusnem miniaturnem vrtnju niso odgovorili na zastavljeno vprašanje, kako vpliva vrsta kamenine na storilnost vrtnja. Dobili pa smo spoznanje, da trdota kamenine po Mohsovi trdotni lestvici ni identična s tisto praktično trdoto, katera nas zanima pri vrtnju minskih vrtn. Trdota po Mohsovi lestvici je prikazana na osnovi statične obremenitve kamenine, pri delovanju vrtalnega kladiva pa gre za dinamično obremenitev sunkovito, torej pride do izraza krhkost materiala. Za najbolj nazorno predstavo lahko podamo kot primer kos stekla, ki na statični pritisk doseže precejšnjo vrednost trdote, na dinamično obremenitev, na udarec pa zelo nizko. S podobnega vidika moramo ocenjevati ponašanje posameznih kamenin pri vrtnju.

Iz priloženega grafikona o trdoti hribin glede na vrtnje ugotovimo lahko izredno veliko razliko med kameninami na posameznih deloviščih (Brdska dolina na Jelovici, pod Klekom na Pokljuki in Suhelj nad Kranjsko goro). Pri dejanskih meritvah na deloviščih te razlike še zdaleč niso bile tako očitne. Dalje je v grafikonu močno nihanje hitrosti vrtnja na zelo kratkih razdaljah (nekaj milimetrov). Pojav si lahko tolmačimo v mikrostrukturi kamenine.

Iz grafikona je tudi lahko razbrati, da je vrtnje pravokotno na potekanje plasti za več kot enkrat hitreje od hitrosti vrtnja vzporedno s plastmi. Ni preverjeno, vendar lahko domnevamo, da podoben pojav nastopa tudi pri dejanskem vrtnju, prav gotovo

Trdota kamenine pri poskusnem vrtanju



49 a

Grafikon 6

ne v takem odnosu. Ta ugotovitev utegne biti zelo koristna v praksi iz dveh vidikov:

- 1.) kadar lahko izbiramo smer vrtnja, jo bomo izbrali čimbolj pravokotno na potek plasti, ker bomo s tem povečali storilnost vrtnja
- 2.) učinek razstreliva bo v takšni minski vrtini tudi večji, ker bo manj razpok in s tem manjša možnost izhajanja plinov pri eksploziji.

V okviru te raziskave nam niso dopuščale možnosti, da bi preučili praktično metodo za ugotavljanje lastnosti hribin pri vrtnju ali da bi na kakšen drug način prišli do zaželenih podatkov. Zato bo zaenkrat to ostalo še odprto vprašanje.

18.0 Analiza storilnosti vrtnja

Do sedaj smo se seznanili z različnimi činitelji, ki vplivajo na storilnost vrtnja. Videli smo, da je stopnja vpliva posameznega činitelja lahko v zelo širokih mejah.

Končno nas zanima, s kakšno vrednostjo o storilnosti lahko računamo pri povprečnih terenskih in delovnih razmerah.

V račun bomo vzeli naslednje elemente:

- naklon terena 40 %
- širino planuma v raščinem tlu 3 m
- naklon odkopne brežine 4 : 1
- uporabljamo kompresor FAGRAM 700
- dolžina cevi 90 m
- dolžina svedra: 63 % vrtin je vrtanih s svedrom 80 cm
37 % vrtin je vrtanih s svedrom 160 "

Povprečne vrednosti o storilnosti vrtnja na posameznih deloviščih z upoštevanjem prednjih elementov so pokazani v spodnji razpredelnici:

Razpredelnica: št. 13.

Delovišče	RK - 18	RK - 21
	storilnost vrtnja m/h	
Suhelj	16,4	17,4
Brdska dolina	10,9	12,9
Pod Klekom	6,9	-

Na delovišču v Suhlju se je izkazalo, da je bila storilnost z vrtalnim kladivom RK-21 le 6 % boljša od RK-18, medtem ko je bila storilnost RK-21 na delovišču Brdska dolina kar za 18 % boljša.

Zgornji podatki nam kažejo zelo veliko razliko v storilnosti vrtnja na različni deloviščih. Vzrokov za to je več. V prvi vrsti je vzrok lahko vrsta kamenine (trdota, preperelost, smer potekanja plasti itd.), dalje iztrošenost kompresorja, vrtalnega orodja in ne na zadnjem mestu moramo izkati vzrok tudi v dobri ali slabi skupini vrtalcev.

Iz nadaljnega računa bomo izpustili podatke iz delovišča Pod Klekom, ker zaradi popolnoma iztrošenega kompresorja niso realni. Iz ostalih podatkov izračunamo, da je (ne glede na delovišče) povprečna storilnost (13,7 m na uro) za vrtnje z ročnim kladivom RK-18 in 15,2 m na uro z RK-21. Seveda moramo takoj povedati, da se vsi podatki nanašajo le na čisto vrtnje. Pri analizi strukture delovnega časa vrtalca pa smo ugotovili, da čisto vrtnje zajema le 60 % delovnega časa. Torej končno lahko kalkuliramo, da je v povprečnih terenskih in delovnih razmerah storilnost vrtnja 8,2 m/h za RK-18 in 9,1 m/h za RK-21.

2.0 M I N I R A N J E

2.1 Pojem miniranja

Pod miniranjem v širšem smislu besede razumemo celotno delo, ki ima namen, da neki objekt spremeni sedanje stanje s pomočjo razstreliva. V ožjem smislu besede pa pod miniranjem označujemo tisto delovno fazo, kjer miner sam ali s pomočnikom napolni minske vrtine ter razstreli posamezno mino ali celo minsko polje. V tem poglavju bomo obravnavali le miniranje v ožjem smislu, torej brez vrtnanja minskih vrtin in to le tisto miniranje hribin, ki ima namen pripraviti hribino v tako agregatno stanje, da je primerno za uspešno delo gradbenih strojev (buldožerja, nakladalnika). Izpustili pa bomo postopek miniranja v druge namene (miniranje v kammolomu, miniranje panjev itd.).

Končni cilj miniranja se kaže v naslednjem:

- razbiti hribino, da bo potekalo delo buldožerja kar najbolj učinkovito
- razdrobiti hribino v takšne frakcije, ki bodo najbolj uporabne kot gradivo pri utrjevanju spodnjega ustroja ali zgornjega ustroja ceste
- za opravljeno delo porabiti čim manj razstreliva in časa
- maksimalno izkoristiti pravilno postavljene in dovolj globoke minske vrtine
- kar najbolj očuvati okolico pred poškodbami.

Zastavljene naloge pa nikakor niso lahke, zato v praksi tako radi odstopamo od njih. Pomanjkljivosti se zavedajo tako miner, delovodja kot upravitelj gozda, ki ugotavlja žal prevečkrat razdejanje sestojev ob novi cesti, to je tisti cesti, ki naj bi prav tem sestojem prinesla drugačno vrednotenje.

V tem poglavju bomo podali nekaj ugotovitev, ki smo jih dobili pri terenskih meritvah na treh deloviščih (Brdska dolina na Jelovici, na Macesnovcu in Klekom na Pokljuki).

22.0 Analiza strukture delovnega časa minerja.

Ker delo minerja ne nagrajujemo po učinku, ampak po času, zato tudi ni bil namen, da ugotovimo natančne norme za dela minerja, temveč le skupno porabo časa, potrebno za minerska dela glede na dolžino minskih vrtin, da bi na ta način dobili potrebne časovne podatke za boljšo organizacijsko obliko in sinhronizacijo posameznih delovnih operacijah.

Analizirali smo le produktivni delovni čas minerja. Delovno operacijo miniranja smo razdelili na sledeče prijeme:

- donošenje razstreliva
- priprava za miniranje
- polnjenje
- vezanje
- vžig
- ogled

Pod donošenjem razstreliva zajemamo čas, ki ga miner potrebuje za prinašanje razstreliva od priročnega skladišča, ki je na samem delovišču ali v njegovi bližini, do minskega polja. Z enkratno nošnjo prinese običajno 20 kg razstreliva. Če ima miner pomočnika, potem to delo opravlja pomočnik.

Priprava za miniranje zajema vsa tista drobna dela, ki so neposredno potrebna za nemoteno nadaljne delo minerja, to je sortiranje in razvezovanje vžigal, pri klasičnem miniranju pa rezanje vžigalne vrvice in nameščanje vžigalnih kopic.

Polnjenje zajema nabijanje minskih vrtin z razstrelivom, nameš-
čanje vžigal in čepljenje vrtin. To je najbolj važem element v
strukturi minerjevega dela in od vrednosti tega opravila je od-
visen učinek celotnega miniranja.

Vezanje pomeni spajanje koncev žic električnih vžigalnikov. Pri
klasičnem miniranju^{to} opravilo odpade. Vsaka malomarnost in povr-
šno delo pri vezanju se lahko bridko moščuje. Kontrola vezanja
z ohmmetrom pokaže samo, ali je krogotok sklenjen ali ne, na po-
kaže pa mesto, kjer je stik slab ali pa je prekinjen. Pogosto
kasnejše izkanje napake zahteva dosti izgube časa. Takoj pa naj
poudarimo, da v tem primeru ne gre za zastoj samo normalnega de-
la minerja, ampak vseh delavcev na enem delovišču, torej stojijo
tudi vsi stroji.

Vžig pri električnem vžiganju min predstavlja spajanje minskega
polja s prevodno žico, iskanje zaklonišča, kontrola električne-
ga krogotoka z ohmmetrom ter končno vžiganje min z dinamostroj-
čkom. Čas potreben za vžig ni odvisen od števila min. Pri tem
je potrebno opozoriti na žal prevečkrat uporabljeno navado, da
se ne upošteva kapaciteta dinamostrojčka in se za enkrat en vžig
poveže preveliko število min. Izguba je lahko občutna. V takem
primeru zatajijo prešibki vžigalniki, zato take mine niso akti-
virane, v njih ostane neeksplozirano razstrelivo. Ni pa jih mo-
goče ponovno aktivirati, ker so mine že uničene zaradi eksplozi-
je sosednjih min. Torej smo zapravili razstrelivo, vžigala, čas
minerja in tisto, kar je najdražje, izvrtano minsko vrtino. Po-
leg tega je rezultat miniranja slab, ostanejo večji kamniti blo-
ki, ki jih je potrebno ponovno minirati. Neeksplozirano razstre-
livo pa predstavlja stalno nevarnost, da pride do poznejše nes-
reče na delovišču. Naj še enkrat opozorimo na to nedopustno na-
pako, ki je na prvi pogled le malenkostna, za seboj pa lahko no-
si strašne posledice.

Ogled zajema namotavanje prevodne žice ter obvezen ogled razminiranega minskega polja ter ocenjevanje učinka miniranja. Če je bilo izvedeno miniranje klasično (s posameznimi vžigalnimi kavicami), je potreben ogled rušenja vsake posamezne mine.

V naslednji razpredelnici je prikazana poraba časa za posamezne prijeme minerjevega dela na gradbišču Brdska dolina.

Razpredelnica št. 14.

Način miniranja: električno								
prijemi	m e r i t v e							
	I	II	III	IV	V	VI	skupaj	na 1 mino
	č a s i v m i n u t a h							
donošenje	18 (2x)	19 (2x)	-	-	15	15	67	0,19
priprava	3	3	6	4	6	3	25	0,07
polnjenje	80	41	16	11	59	39	246	0,70
vezanje	55	42	16	11	71	74	269	0,76
vžig	4	9	4	10	5	4	36	0,10
ogled	9	5	4	5	5	7	35	0,10
število min	77	55	33	25	75	89	354	----
povprečna globina	130 cm	140 cm	81 cm	309 cm	87 cm	69 cm	101 cm	

Za eno mino povprečno globoko 101 cm je bilo skupaj porabljenega časa 1,92 minute.

Razpredelnica št. 15.

Način miniranja: klasično					
prijemi	m e r i t v e				
	I	II	III	skupaj	na 1 mino
	č a s i v m i n u t a h				
donošenje	19	-	-	19	0,36
priprava	6	12	2	20	0,36
polnjenje	33	28	3	64	1,12
vžig	10	12	7	29	0,55
ogled	6	24	2	32	0,60
štev.min	22	26	5	53	-
povprečna globina	83 cm	34 cm	54 cm	56 cm	-

Za miniranje ene mine povprečne globine 56 cm je bilo potrebno skupaj 2,01 minute.

Pri primerjavi podatkov v obeh razpredelnicah ugotovimo, da se pri obeh načinih miniranja (električno in klasično) porabi skoraj enako časa za 1 vrtino. Povprečno lahko računamo za eno vrtino 2 minuti. Pri električnem miniranju zajema vžig in ogled le 20 % skupnega časa, medtem ko pri klasičnem kar 57 %, nasprotno pa pri klasičnem načinu izpade vezanje, kar pri električnem traja 40 % časa. Dalje ni logično, da vezanje traja celo dalj časa kot zamudno polnjenje, ki zajema nabijanje razstreliva, nameščanje vžigala ter čeplenje minske vrtine. Iz podatkov sledi, da je prav to opravilo, ki je za uspeh miniranja najbolj odločujoče, v praksi najbolj zanemarjeno. Iz takega stanja nujno potem sledi prevelik normativ porabe razstreliva in otežkočeno delo buldožerja, ker trasa ni dobro razminirana.

23.0 Poraba razstreliva

V naslednji razpredelnici podajamo porabo razstreliva in dolžino vrtin za 1 m^3 razstreljene hribine, porabo razstreliva na tekoči meter vrtine, ter število vrtin med dvema sosednima profiloma. Podatki so ločeni za prvo miniranje in drugo miniranje na istem odseku (po povrtavanju). Namen razpredelnice št.16 je v tem, da pokaže razmerje med potrebnim delom in porabo razstreliva pri prvem in drugem miniranju. Podatki nam povedo, da je pri sedanji metodi dela potrebno kar 27 % povrtavanja po številu vrtin ali 23 % po dolžini. Dalje je bilo potrebno za drugo miniranje 26 % razstreliva glede na prvo miniranje. Iz navedenega lahko zaključimo, da sedaj potrošimo še $1/4$ časa in materiala za popravljanje prvega miniranja, ki je bilo nepopolno delno zaradi objektivnih razmer, delno pa zaradi slabega dela pri miniranju. Kakšen je delež objektivnih razmer nasproti rezultatu pomanjkljivega dela, bi bilo brez zanesljivih merjenj težko reči in se to razmerje na vsakem delovišču spreminja. Vsekakor, pa je dodatna poraba $1/4$ časa (za vrtnanje in miniranje) ter $1/4$ razstreliva prevelika vrednost, če pri tem pomislimo, da ima vse to še vzporedne izgube, motenje zaporednih postopkov dela, čakanje itd. V strukturi delovnega časa vrtalca in strojnika na buldožerju smo ugotovili mnogo preveč zastojev in to ne zaradi okvar strojev, temveč čakanja, neusklajenih posameznih postopkov dela na razmeroma ozkem delovišču. Ali sedaj ni mogoče dobiti odgovora za prenizek izkoristek strojev deloma tudi v prevelikem deležu povrtavanja. Iz razpredelnice pa sledi še nova ugotovitev, ki jo nikakor ne gre zanemariti. Po prvem miniranju je buldožer mogel odstraniti na odseku dolgem 75 m le 116 m^3 materiala (povprečno $1,5 \text{ m}^3$ po tekočem metru trase) ali v odnosu na celokupno kubaturo le 60 %. Razumljivo, da stroj ni mogel izkoristiti svoje kapacitete, ker je porabil preveč časa okoli slabe razstreljenih in preostalih kamnitih blokov. Zato nam tabela za prvo miniranje prikazuje tudi povsem napačne vrednosti o porabi količine razstreliva in dolžine vrtin na 1 m^3 razminiranega materiala.

Dolžina vrtn in poraba razstreliva na trasi Brdska dolina

Zapo- red- na šte- vil.	Pro- fili	naklon terena	p r v o m i n i r a n j e				
			kubat.	v r t i n e			m/m ³
				%	m ³	števi- lo	
					Σ	povpreč.	
1	20-21	46	6,57	19	22,20	1,05	3,38
2	21-22	57	7,03	9	12,21	1,36	1,74
3	22-23	64	8,25	13	19,02	1,46	2,34
4	23-24	60	8,35	6	8,48	1,41	1,01
5	24-25	51	8,00	6	7,19	1,20	0,90
6	25-26	48	5,37	12	17,12	1,46	3,18
7	26-27	47	4,45	12	14,07	1,17	3,16
8	27-28	50	7,24	12	16,28	1,36	2,24
9	28-29	56	11,44	19	27,67	1,46	2,42
10	29-30	48	11,47	14	19,87	1,41	1,72
11	30-31	51	6,57	10	13,37	1,34	2,03
12	31-32	37	4,63	17	21,53	1,26	4,66
13	32-33	18	4,87	24	19,34	0,80	3,97
14	33,34	0	8,68	34	24,22	0,71	2,81
15	34-35	0	13,42	88	60,57	0,69	4,50
Skup- paj:	20-35	42	116,34	295	303,14	1,03	2,58
			(7,75)	(19,8)	(20,21)		

(.....) Povprečno na profil.

Razpredelnica št. 16, a

Dolžina vrtin in poraba razstreliva na trasi Brdska dolina

Zaporedna številka	Prvo miniranje			drugo miniranje				
	razstrelivo			vrtine		razstrelivo	kubatura	
	Σ kg	dkg/m ³	dkg/m	število	globina		Σ kg	m ³
				Σ	povpre.			
1	7,90	120	35,4	2	1,06	0,53	0,30	3,25
2	4,20	60	34,4	2	0,56	0,28	0,40	4,07
3	7,30	88	38,3	1	0,49	0,49	0,20	4,28
4	2,70	32	31,8	2	1,50	0,75	1,20	3,02
5	2,90	36	40,3	6	5,68	0,95	2,00	4,40
6	5,90	110	34,6	4	3,33	0,83	1,30	5,96
7	5,00	111	31,8	5	5,61	1,12	2,30	4,55
8	6,50	89	39,8	-	-	-	-	3,61
9	10,00	82	36,1	9	10,76	1,19	2,80	1,44
10	7,70	67	38,6	7	8,04	1,15	3,00	0,53
11	5,70	87	42,7	9	8,31	0,92	2,80	5,48
12	6,40	138	29,7	-	-	-	-	7,57
13	4,60	95	23,8	-	-	-	-	3,85
14	6,40	74	26,4	22	16,58	0,75	5,60	11,30
15	16,40	134	27,1	11	10,06	0,92	3,50	13,00
Skupaj:	99,60	85	32,8	80	71,98	0,88	25,40	76,31
	(6,63)			(5,3)	(4,79)		(1,69)	(5,09)

(.....) Povprečno na profil

Razpredelnica št. 16, b

Bolj realno sliko o potrebnih normativih nam daje razpredelnica št. 17, ki zajema isto delovišče, vendar so podatki prikazani sumarno.

Razpredelnica št. 17.

Sekcije po 5 m	V r t i n e				Poraba razstreliva			Kuba- tura m ³
	Šte- vi- lo	globina		m/m ³	Σ kg	dkg /m ³	dkg /m	
		Σ m	pov- prečno					
1	21	23,76	1,11	2,37	8,20	83	35,4	9,82
2	11	12,77	1,17	1,14	4,60	46	36,2	11,10
3	14	19,51	1,39	1,56	7,50	60	38,5	12,53
4	8	9,98	1,22	0,88	3,90	34	39,0	11,37
5	12	12,87	1,07	1,04	4,90	39	38,0	12,40
6	16	20,45	1,28	1,80	7,20	64	35,2	11,33
7	17	19,68	1,16	2,18	7,30	81	37,0	9,05
8	12	16,28	1,36	1,50	6,50	60	39,8	10,85
9	28	38,43	1,37	2,98	12,80	99	33,3	12,88
10	21	27,91	1,33	2,32	10,70	89	38,4	12,00
11	19	21,68	1,15	1,80	8,50	70	39,2	12,05
12	17	21,53	1,39	1,77	6,40	52	29,7	12,20
13	24	19,34	0,80	2,21	4,60	53	23,8	8,72
skupaj	220	263,69	1,19	1,80	93,10	64	35,3	146,30
po tekočem metru trase	3,4	3,94	1,19	1,80	1,43	64	35,3	2,25

Iz razpredelnice lahko razberemo naslednje:

- 1.) Poraba razstreliva za 1 m³ razstreljene hribine je zelo visoka in neenakomerna, saj zajema vrednost od 34 do 99 dkg na m³. Povprečna poraba znaša 64 dkg na m³. Tehnični normativi navajajo porabo 20 - 30 dkg razstreliva za miniranje 1 m³ dolomitiziranega apnenca.

Da je v praksi tako visoka poraba razstreliva, je več razlogov. Vedeti moramo, da so pri gradnji gozdnih cest kubature odkopov po tekočem metru trase razmeroma majhne, do nekaj kubikov, (v našem primeru od 1,75 do 2,39 m³ ali povprečno 2,25 m³). Razumljivo, da je pri manjših odkopih potrebna dolžina vrtin in poraba razstreliva večja kot pa pri večjih masah (v kamnolomih). Odvisnost dolžine vrtin in s tem porabe razstreliva za 1 m³ razstreljivne hribine nam lepo ponazarjajo podatki v razpredelnici št.17. Torej relativno večja poraba razstreliva je pogojena z zmanjševanjem kubature na enoti gradbene površine. Poleg teh objektivnih kriterijev pa botruje prekomerni porabi razstreliva vsekakor tudi nedovolj strokovno delo minerjev. Največja in najbolj pogosta napaka se kaže v tem, da minska vrtina ni dobro izkoriščena. Ne pazi se dovolj, da je minska vrtina dobro nabita z razstrelivom, posebno v spodnjem delu vrtine. V dokaz naj nam služijo naslednji podatki, zbrani na delovišču Brdska dolina:

Razpredelnica št. 18.

Poraba razstreliva v eni vrtini	10 dkg	20 dkg	30 dkg	40 dkg	50 dkg	60 dkg	70 dkg
povprečna globina vrtine	49 cm	66 cm	75 cm	123 cm	140 cm	143 cm	149 cm
dolžina razstreliva	15,5 cm	31 cm	46,5 cm	62 cm	77,5 cm	93 cm	108,5 cm
dolžina razstrel. glede na vrtino	34 %	47%	62 %	50 %	55 %	65 %	77 %
prazna dolžina vrtine	33,5 cm	35 cm	28,5 cm	61 cm	62,5 cm	50 cm	40,5 cm
prazna dolžina	66 %	53 %	38 %	50 %	45 %	35 %	23 %
Štev.izmerjenih vrtin	1	9	6	5	30	19	5

Na prvi pogled bi bili podatki lahko še dokaj razveseljivi, saj kažejo, da minske vrtine niso premočno napolnjene z razstrelivom. Povprečno zajema dolžina razstreliva le 56 % vrtine. Če pa pogledamo še drugi podatek, da je pri vseh vrtinah razstrelivo doseglo 20 - 35 cm do vrha vrtine, potem lahko takoj spoznamo,

da je bila mina slabo nabita, torej je med patroni razstreliva ostajal prazen prostor, ki močno znižuje učinek celotne mine. Prazen prostor deluje kot blažilec detonacijskega delovanja razstreliva in torej ne samo, da ne izkoristimo celotno dolžino minske vrtine, ki je pri celotnih stroških miniranja najdražje, ampak celo zmanjšamo učinek razstreliva v tistem delu vrtine, ki je še ostal. Z eno napako hkrati napravimo dvojno škodo !

Posebno poglavje pa je tisto čepljenje minskih vrtin, ki ga srečujemo v praksi. Uspešno bi bilo, če bi miner začepil res dobro vsaj tisti del vrtine od 20 - 35 cm, ki nam pri sedanji metodi polnjenja še preostane. Natančnih meritev nismo delali kako dolgi so bili pri posameznih minah čepi in kakšne kvalitete. Vendar si upamo trditi, da pri 90 % min čepi niso bili zadovoljivi. Slabo čepljenje je že ustaljena, kronična slabost večine minerjev. Zato ne bo odveč neprestano opominjati minerja na to površnost in če opozorila ne bodo uspešna, bi bilo umestno razmišljati na druge stimulative ukrepe. Strokovnjaki za miniranje zatrjujejo, da se razstrelivo varčuje pri čepljenju. Rezultate o dobrem čepljenju bomo obdelali v poglavju o poskusnem miniranju.

2.) Naslednje, kar ugotovimo iz razpredelnice št.17, je razmera velika dolžina vrtin za 1 m³ razstreljene hribine. Vrednost sega od 0,88 do 2,98 m/m³ ali povprečno 1,80 m/m³. Vzrok za tako velike vrednosti lahko iščemo v vsem tistem, kar smo povedali v prejšnjem odstavku. Minske vrtine niso dovolj izkoriščene. Da pa bi kljub temu bil uspeh miniranja zadovoljiv, v praksi vrtajo vrtine ^{ne} globlje, ampak gostejše, kar gre na račun prevelike dolžine vrtin na 1 m³ izminirane hribine. Če pa sedaj pomislimo, kakšne ekonomske posledice ima tako nepotrebno razmetavanje, kaj hitro ugotovimo, kam bo šla prava pot pri iskanju izboljšav pri mehanizirani gradnji gozdnih cest. Popolnoma napačno bi bilo sedaj postavljati bolj redke minske vrtine, če predhodno ne izboljšamo polnjenje in čepljenje. Tak ukrep bi imel samo še slabše rezultate.

Končno nas zanima, koliko naj bi dejansko bilo potrebno vrtin za en kubik odrinjene hribine in koliko bi pri tem porabili razstreliva. Točnih številk ni mogoče podati, ker so vrednosti odvisne od naslednjih činiteljev:

- kubatura materiala po tekočem metru trase
- vrsta in slojevitost hribine
- rušilna moč razstreliva
- način miniranja
- strokovnost dela.

Kljub naštetim činiteljem bomo v naslednji tabeli skušali pokazati okvirne teoretične vrednosti in napravili primerjavo z dejanskim stanjem v praksi. Predpostavke so naslednje:

- planum leži 3 metre v odkopu
- odkopna brežina je pod nagibom 5 : 1
- vrtine segajo 50 cm pod niveleto
- hribina naj bo srednje trda (dolomitizirani apnenec)
- miniranje s trenutnimi električnimi vžigalniki
- srednje močno razstrelivo (kammiktit I)
- minske vrtine so polnjene največ do polovice vrtin, le vrtine 2 metra in več so polnjene 2/3 globine vrtine.

Nagib zerena		Kubatura na tek. m trase		V r t i n e						razstre- livo	
				številu vrtin na tekoči m		dolžina vrtin					
te- re- tič- no	de- jan- sko	te- re- tič- čno	de- jan- sko			na tek. m		po 1 m ³		kg na 1 m ³	
				te- re- ti- čno	de- jan- sko	te- re- ti- čno	de- jan- sko	te- re- ti- čno	de- jan- sko	te- re- ti- čno	de- jan- sko
20 %	18 %	0,96	1,75	18,6	24	13,64	19,34	2,85	2,21	0,91	0,53
40 %	37 %	1,91	2,44	15	17	16,50	21,53	1,73	1,77	0,56	0,52
60 %	50 %	2,95	2,26	13,5	17,4	15,75	21,48	1,07	1,90	0,34	0,70
80 %	62 %	4,20	2,39	13	11	14,80	14,74	0,71	1,22	0,30	0,47
100 %	— %	5,55	—	16	—	16,00	—	0,58	—	0,25	—

Razpredelnica št. 19.

Primerjalna razpredelnica št. 19 nam nudi prav zanimive ugotovitve. Iz podatkov vidimo, da smo pri naklonu terena do 40 % dosegli celo boljše rezultate, kot naj bi jih pri teoretičnih predpostavkah. Takšen zaključek pa je samo navidezen in nas lahko močno zavede. . . Potrebno je upoštevati, da segajo vrtine 50 cm pod niveleto in da ta kubatura ni všteta v koristno kubaturo, ki naj jo odstrani buldožer. Delež razminirane a ne odstranjene hribine pa je precejšen:

Razpredelnica št. 20.

T e r e n	Razminirana hribina v m^3	Odstranjena kubatura v m^3	Delež preostale v %
pri teren naklona 20 %	1,46	0,96	34,3
" " " 40 %	2,41	1,96	20,8
" " " 60 %	3,45	2,95	14,5

Če sedaj vzamemo v račun celotno razminirano kubaturo, dobimo povsem drugačno sliko. V tem primeru teoretično potrebna dolžina vrtine in količina razstreliva za razminiranje 1 m^3 hribine zajema naslednje vrednosti:

Razpredelnica št. 21.

	Dolžina vrtine m/m^3	Količina razstreliva kg/m^3
Za teren naklona 20 %	2,60	0,82
" " " 40 %	1,61	0,45
" " " 60 %	1,40	0,35

Zgornje vrednosti so le primerjalne in nam povejo, kakšen naj bi bil normativ za 1 m^3 razminirane hribine, ne pa tudi odstranjene in zato zgornjih normativ ne moremo uporabljati na trasi.

24.0 Poskusno miniranje

Pri predhodnih preučevanjih miniranja se je pokazalo, da je poraba razstreliva ter izvrtana dolžina minskih vrtin na 1 m^3 odminiranega materiala sorazmerno visoka. Zanimalo nas je, kje so vzroki, da so normativi pri praktičnem delu tako visoki. Z namenom, da bi analizirali delo vrtalcev in minerjev, smo na trasi gozdne ceste Macesnovec na Pokljuki izbrali dve sekciji. Prva sekcija med profilom 76-78 je imela povprečni prečni naklon terena 46 % in naj bi reprezentirala povprečne terenske razmere na celotni 3 km dolgi trasi, druga sekcija med profiloma 85-87 je imela povprečni naklon terena 65 % in smo jo vzeli kot primer trase na zelo strmem pobočju.

Prvo reprezentančno sekcijo smo razdelili na dva odseka. Prvi odsek je zajemal traso med profiloma 76-77. Na tem delu smo opravili vse meritve o globinah in tlorisni razporeditvi minskih vrtin ter porabi razstreliva po tistem stanju, kot so delavci po svojih delovnih navadah opravljali delo. Na drugem odseku, med profiloma 77-78, je bilo polje minskih vrtin postavljeno po izkustvu vrtalcev, vendar smo polnjenje razstreliva za vsako minsko vrtino vnaprej določali po tabeli, ki smo jo sestavili na osnovi predhodnih meritev o porabi razstreliva in jo koregirali s tem, da smo porabo razstreliva zmanjšali za 15-20 %. Prihranek na razstrelivu naj bi opravičili z dolgim in dobro nabitim čepom. Za čepljenje min smo pripravili posebno zmes vlažne ilovice in peska, ki se nabere okoli vsake vrtine, ko vrtalno kladivo izpihuje razdrobljeno kamenino. Čepe smo kar najbolje nabili s minersko palico, ki je bila popolnoma ravna in izdelana v mizarški delavnici. Primerjalne podatke med obema odsekoma navajamo v razpredelnici na naslednji strani.

Razpredelnica št. 22.

Oznaka odseka	I		II	
profili	76 - 77		77 - 78	
dolžina odseka	21,4 m		19,0 m	
naklon terena	50 ‰		42 ‰	
odkop	3,3 m ³ /m		2,6 m ³ /m	
<u>Osnovno vrtanje:</u>	zgornja vrsta	spodnja vrsta	zgornja vrsta	spodnja vrsta
število minskih vrtin	17	16	15	15
razmak med vrtinami	126 cm	132 cm	126 cm	126 cm
povprečna globina vrtin	206 cm	186 cm	218 cm	185 cm
dolžina vrtin po tekočem metru	164 cm/m	141 cm/m	174 cm/m	147 cm/m
poraba razstreliva na vrtino	77 dkg	68 dkg	66 dkg	52 dkg
poraba razstreliva po tek. metru	61 dkg	50 dkg	52 dkg	41 dkg
S k u p a j:				
dolžina vrtin po tekočem metru	305 cm/m		321 cm/m	
poraba razstreliva po tekočem metru	111 dkg/m		93 dkg/m	
Oznaka odseka	I		II	
<u>1. povrtavanje:</u>				
število vrtin	10		-	
povprečna globina vrtine	75,4 cm		-	
poraba razstreliva na vrtino	17 dkg		-	
poraba razstreliva na tek. meter	7,94 dkg/m		-	
dolžina vrtin po tekočem metru	35 cm/m		-	

<u>2. povrtavanje:</u>		
število vrtin	11	8
povprečna globi- na vrtine	65 cm	56 cm
dolžina vrtin po tekočem metru	34 cm/m	24 cm/m
poraba razstrelivi- va na vrtino	11,4 dkg	11,0 dkg
poraba razstrelivi- va po tek.metru	5,8 dkg/m	4,5 dkg/m
<u>Povrtavanje skupaj:</u>		
število vrtin	21	8
dolžina vrtin po tekočem metru	69 cm/m	24 cm/m
poraba razstreliva po tekočem metru	13,7 dkg/m	4,5 dkg/m
Oznaka odseka	I	II
Normativ za ves odsek:		
dolžina vrtin po tekočem metru	374 cm/m	345 cm/m
poraba razstreliva po tekočem metru	124,7 dkg/m	97,5 dkg/m
dolžina vrtin po kubiku	114 cm/m ³	133 cm/m ³
poraba razstrelivi- va po kubiku	37,8 dkg/m ³	37,6 dkg/m ³
Prihranek zaradi dobrega čeplenja:		
vrtine po tek.metru		7,8 %
razstrelivo po tekočem metru		slabše 16,6 %
vrtine po kubiku		21,8 %
razstrelivo po kubiku		0,5 %

Iz prednje razpredelnice ugotovimo naslednje:

- 1.) Razmak med vrtnami v vzdolžni smeri trase je bil v 3 vrstah popolnoma enak (126 cm), le v eni vrsti je bil večji (132 cm). Razmak med vrstami je bil v povprečju 113 cm.
- 2.) Globina minskih vrtin je v zgornji vrsti pri drugem odseku večja (218 cm), v spodnji vrsti so si globine skoraj enake (185 cm). Logično je bilo, da so v drugem odseku, ki je položnejši, tudi bolj plitve vrtine, ne pa obratno, kot izkazujejo podatki v danem primeru. Ravno zaradi te anomalije niso rezultati o prihranku zaradi dobrega čepljenja realni in dobimo pri preračunavanju vrednosti na kubik odminirane kamenine popolnoma napačne rezultate. To je tudi obrazložitev, zakaj izkazujejo podatki pri drugem odseku za 16,6 % večjo dolžino vrtin po kubiku in le 0,5 procenta prihranka na razstrelivu. Ko smo v prečni profil vrisali položaj minskih vrtin, smo lahko izmerili, da te segajo od 57 do 115 cm globoko pod nivo planuma. V zgornji vrsti vrtin je od 28 % do 42% dolžine vrtin pod nivojem planuma, v spodnji vrsti pa kar od 54 % do 62 %. Ker kamenina ni kompaktna, zato tudi učinek globokih vrtin ni sorazmerno velik, smatramo, da so vrtine v zgornjem primeru pregloboke. Zaradi preglobokih vrtin se poveča strošek in čas za vrtnanje ter poveča porabo razstreliva. Po dosedanjih izkušnjah lahko rečemo, da naj vrtina sega 50-60 cm pod nivo nivelete, odvisno od trdote, predvsem pa od homogenosti kamenine.
- 3.) Podatki iz razpredelnice jasno kažejo, da je zaradi dobrega čepljenja nastal največji prihranek pri naknadnih vrtinah (povrtavanjih) in miniranjih. Na drugem odseku je bilo potrebno pri povrtavanju izvrtati za 76 % manjšo dolžino vrtin in tudi prihranek na razstrelivu je bil visok (67 %). Ti podatki so zgovoren dokaz, da je pri dobrem čepljenju učinek eksplozije v globini, zato je v globljih legah tudi boljše razdrobljena kamenina, kar omogoča hitrejše delo buldožerju in tudi oblikovanje planuma je boljše.

4.) Primerjava porabe razstreliva na obeh odsekih nam pokaže, da smo zaradi dobrega čepljenja prihranili po tekočem metru trase kar 21,8 % razstreliva. Zaradi vzrokov, ki smo jih navedli v točki 2, ni ta vrednost natančen pokazatelj prihranka. Težave so tudi v tem, da za uspeh miniranja nimamo eksaktnih meril, odvisni smo od subjektivne ocene. Vendar lahko zaključimo, da z dobrim čepljenjem lahko prihranimo do 20 % razstreliva. Za koliko prihranimo na dolžini vrtin je težko podati določene vrednosti, vsekakor pa je prihranek tudi na vrtinah.

Velika prednost dobrega čepljenja pa je v malem razmetu kamenine pri miniranju. Pri minah, globokih več od 150 cm, praktično ni bilo nobenega razmeta. S takim načinom miniranja lahko popolnoma očuvamo okoli stoječe drevje ali preprečimo uničenje mladega sestoja. To pa ne velja na zelo strmih pobočjih in pa pri zelo nehomogeni kamenini. Vsekakor pa je tudi v takem primeru razmet dosti manjši kot pri miniranju s slabim čepljenjem.

Na drugi sekciji, ki zajema zelo strmo pobočje (65 %) in je po načrtu predvideno celoten planum (4 m) pomaknjen v raščeno tlo, smo predhodno zakoličili minsko polje. S tem smo vrtalcem določili mesto vsake minske vrtine in globine. Seveda je vrtalec moral več ali manj odstopati od označenega mesta vrtine, ker je sam izkal najbolj ugoden položaj za nastavitev svedra. Tudi minerju smo za vsako mino določili količino razstreliva.

Rezultati o poskusnem vrtenju in miniranju so prikazani v razpredelnici na naslednji strani.

Razpredelnica št. 23.

Sekcija med profili	85 - 86		
dolžina sekcije	15 m		
naklon terena	65 ‰		
odkop po načrtu	4,4 m ³ /m		
dejanski odkop	3,2 m ³ /m		
<u>Osnovno vrtanje:</u>	zgornja vrsta	srednja vrsta	spodnja vrsta
število vrtin	11	13	10
razmak med vrtinami	150 cm	121 cm	122 cm
povprečna globina vrtin	252 cm	186 cm	140 cm
dolžina vrtin po tekočem metru	168 cm/m	154 cm/m	114 cm/m
poraba razstreliva na vrtino	77 dkg	51,5 dkg	38 dkg
poraba razstreliva po tek. metru	51 dkg/m	48 dkg/m	31 dkg/m
S k u p a j:			
dolžina vrtin po tekočem metru	436 cm/m		
poraba razstreliva po tek. metru	130 dkg/m ³		
<u>1. povrtavanje:</u>			
število vrtin	16		
razmak med vrtinami	94 cm		
povprečna globina vrtin	93 cm		
dolžina vrtin po tekočem metru	100 cm/m		
poraba razstreliva na vrtino	26 dkg		
poraba razstreliva po tek. metru	27,5 dkg/m		

<u>Normativ za sekcijo:</u>	
dolžina vrtine po tekočem metru	536 cm/m
poraba razstreliva po tek. metru	157,5 dkg/m
dolžina vrtin po kubiku	167 cm/m ³
poraba razstreliva po kubiku	49 dkg/m ³

Iz podatkov v razpredelnici št. 23 je razvidno, da je na pobočju 65 % naklona in pri popolnem premiku planuma v teren potrebno 536 cm vrtine in 15,7 dkg razstreliva po tekočem metru trase. Od teh vrednosti odpade 18,7 % dolžine vrtin na povrtavanja in 17,5 % razstreliva na dodatna miniranja.

25.0 Normativi miniranja

Na osnovi zbranih terenskih podatkov smo sestavili normativ za potrebno dolžino vrtin in porabo razstreliva za različne naklone terena. Normativi veljajo za terene z nehomogenim dolomitiziranim apnencem, pri uporabi razstreliva Kammit I in milisekundnih vžigalnikov ter za obliko prečnega profila, kjer je planum 3 m v raščinem tlu in naklon odkopne brežine 5 : 1. Mina pa mora biti dobro začepljena v dolžini 20 - 60 cm, odvisno od globine vrtine in količine razstreliva.

Tabela normativov
Preglednica št. 24.

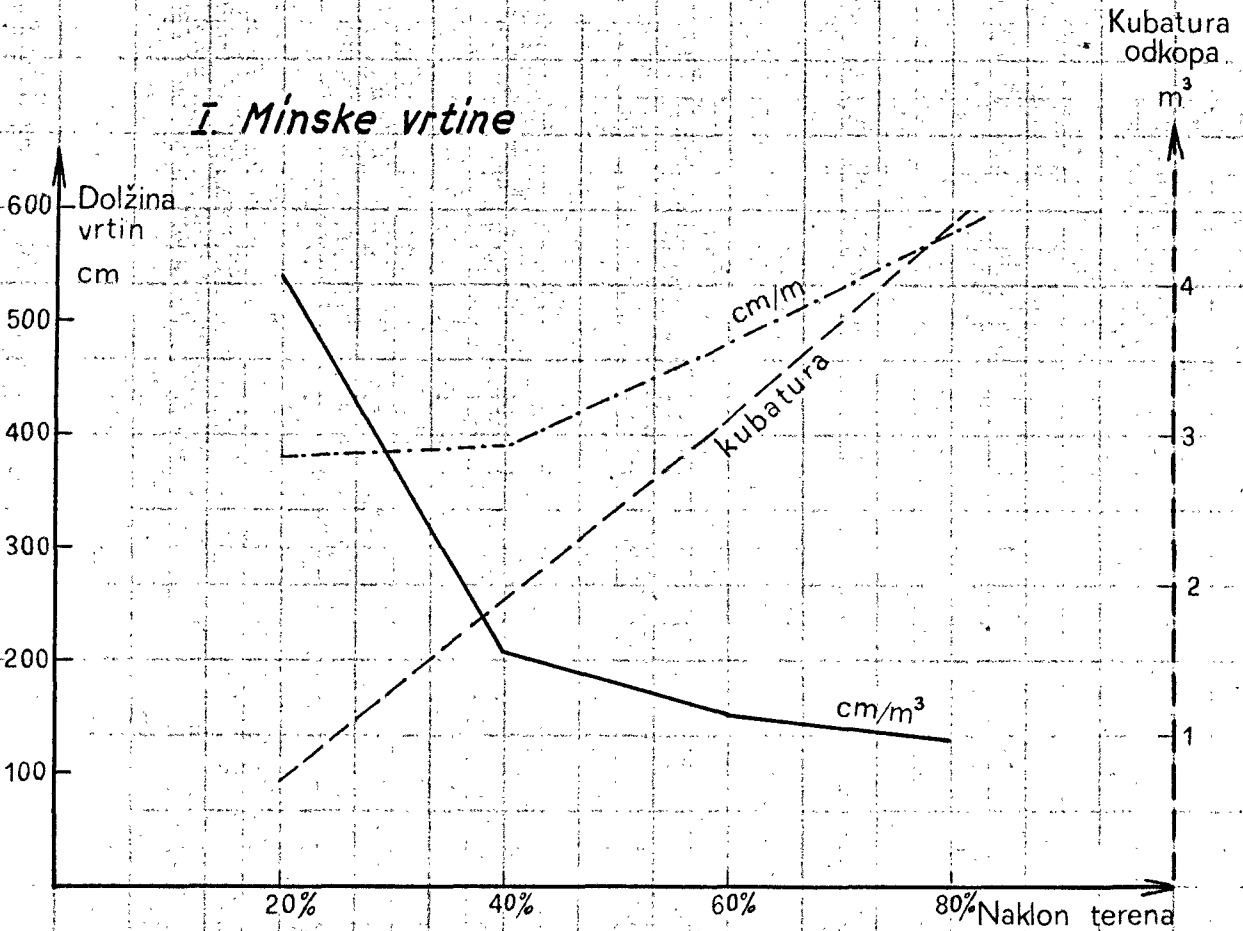
Naklon terena	kubatuta odkopa	dolžina vrtin		poraba razstreliva	
		po tek. m	po kubik.	po tek. m	po kubik.
20 %	1,0 m ³ /m	380 cm	540 cm	120 dkg	70 dkg
40 %	1,9 m ³ /m	390 cm	205 cm	110 dkg	60 dkg
60 %	3,1 m ³ /m	480 cm	155 cm	120 dkg	40 dkg
80 %	4,4 m ³ /m	580 cm	130 cm	125 dkg	30 dkg

Iz tabele normativov, še boljše pa iz grafikona lahko zaključimo naslednje:

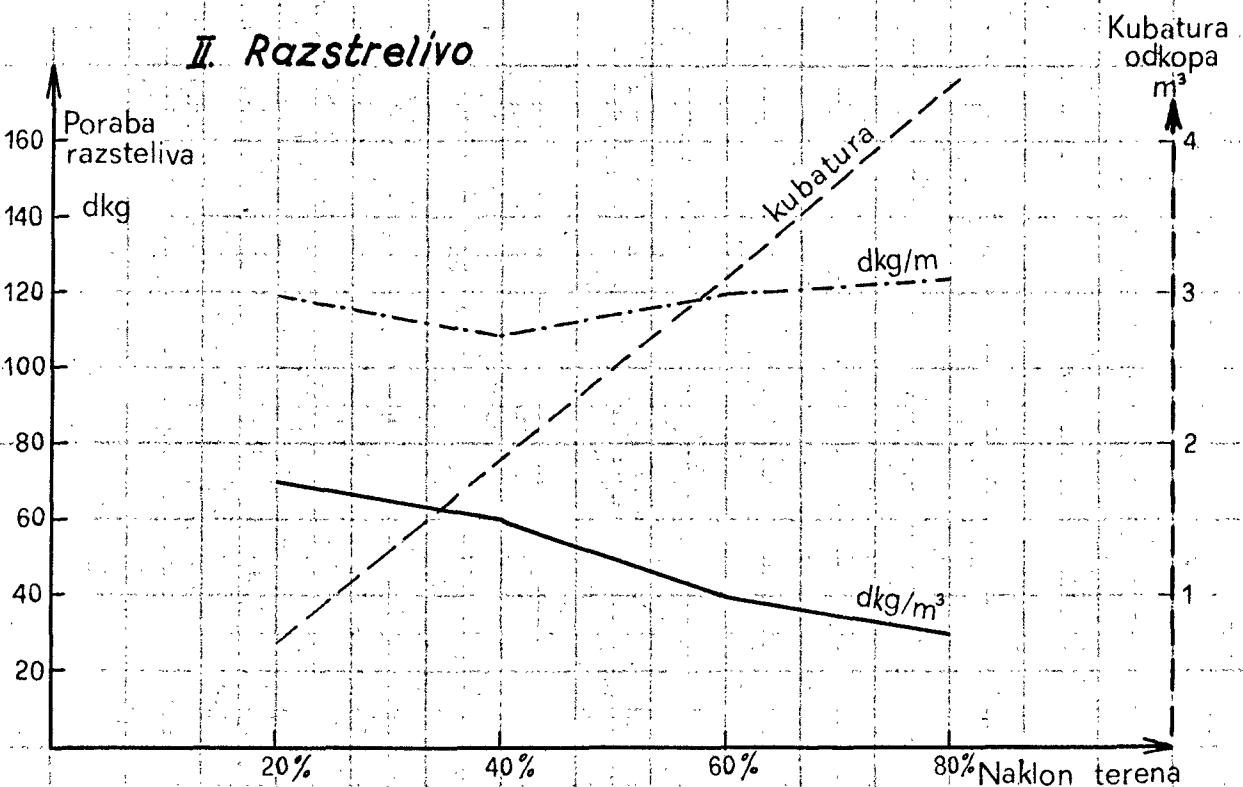
- Normativ za vrtine po tekočem metru trase z večanjem naklona terena raste in to od naklona 40 % dalje hitreje in skoraj linearno.
- Normativ za vrtine po kubiku odkopa z naklonom terena pada v obliki paraboljne krivulje.
- Poraba razstreliva po tekočem metru z naklonom terena malenkostno pada do naklona terena 40 %, nato polagoma raste.
- Normativ razstreliva po kubiku odkopa z naklonom terena polagoma in skoraj linearno pada.

Normativ dolžine minskih vrtin in razstreliva po tek. metru trase in kubiku odkopa

I. Minske vrtnice



II. Razstrelivo



3.0 I Z V E D B A Z E M E L J S K I H D E L Z D O Z E R J E M

3.1 Splošno

Največji korak, pravzaprav skok pri gradnji gozdnih cest je bil dosežen, ko smo za groba zemeljska dela uvedli buldožer. Prihodnje leto bo minilo lo let, od kar je v slovenskih gozdovih prvič zaril v zemljo buldožer pri gradnji prometnic, katere so prav tem gozdovom namenjene. Danes pa si sploh nemojemo več zamisliti, da bi zemeljska dela na gozdni cesti morali opraviti delavci s krampi in lopatami. Tako težaško delo ne bi bilo niti ekonomično, niti humano. Stroj naj zamenja človekove mišice kjerkoli je to mogoče, človek pa naj ta stroj upravlja in pri procesu dela sodeluje s svojim razumom.

32.0 Analiza delovnega časa buldožerja

Z uvajanjem mehanizacije (predvsem težjih strojev) se v temeljih menja organizacija dela pri gradnji prometnic. En sam stroj zamenja cele skupine, nekdanje brigade težaških delavcev. Grobo lahko kalkuliramo, da vsaka konjska moč stroja nadomešča lo delavcev. Če se je enemu delavcu v večji skupini zlomilo ročno orodje (n.pr. lopata, kramp) in če zato sploh ne dela, se pri skupnem učinku delovne skupine ne bo dosti poznalo. Pri delu s stroji pa se razmere bistveno spremenijo. Če se le enemu stroju odlomi važnejši vijak, stoji ves stroj, največkrat se ustavi ves proces dela. Osnovni problem pri vsakem delu s stroji je v tem, kako stroj čim bolje zaposliti. Ta zahteva se postavlja iz dveh osnovnih potreb:

- da bo delo čimpreje opravljeno in
- da bo stroj čim-preje amortiziran.

Popolno zaposlitev strojev pa je težko zagotoviti v gradbeništvu, posebno še v gozdnem gradbeništvu, ker so delovne razmere mnogo težje in specifične.

V okviru študije o normativih pri strojni gradnji smo opravili tudi nekaj snemanj delovnega časa buldožerja, da bi na ta način dobili vsaj deloma vpogled o poteku dela buldožerja.

Zbrane podatke bomo najbolj nazorno prikazali v razpredelnicah na naslednjih straneh in to ločeno po deloviščih in dnevih ter prikazano sumarno.

Analiza delovnega časa buldožerja I

Delovišče	Gozdna cesta Sravnica - Dolič							
kategorija terena	V		V		III		III	
datum	21.VIII.67		24.VII.67		25.VII.67		27.VII.67	
dan	petek		ponedeljek		torek		četrtek	
enota	minute	%	minute	%	minute	%	minute	%
pripravljal. čas	38	7,4	-	-	10	2,7	9	1,6
premiki	-	-	12 (8x)	2,1	3 (1x)	0,8	8 (3x)	1,5
efektivno delo	59	11,3	254	44,7	251	66,5	272	49,7
ostalo delo	17	3,3	-	-	10	2,7	13	2,4
zastoji zaradi miniranja	5	1,0	24 (1x)	4,2	-	-	89 (2x)	16,3
zastoji	342	66,0	237 (vrtan.)	41,6	45	11,9	112	20,5
odmori	57	11,0	42	7,4	58	15,4	44	8,0
skupaj	518	100	569	100	377	100	547	100
Efektivno delo ma lo ur	9,9 %	-	42,3 %	-	-	-	45,3 %	-

Razporednica št. 25 a

Analiza delovnega časa buldožerja II

Delovišče	Gozd, sesto Sravnica-Dolič				Brdska dolina		Brdska dolina			
	III		III		V		V		V	
kategorija terena										
datum	31.VII.67		4.VIII.67		14.VII.67		17.VII.67		18.VII.67	
dan	ponedeljek		petek		petek		ponedeljek		torek	
enota	minute	%	minute	%	minute	%	minute	%	minute	%
pripravljalni čas	-	-	-	-	5	0,9	-	-	49	15,2
premiki	10(1x)	2,5	-	-	35 (5x)	6,2	16	3,8	7	2,1
efektivno delo	306	76,0	409	75,3	239	42,7	222	52,6	120	36,7
ostalo delo	17	4,2	39	7,2	26	4,6	68	16,1	5	1,7
zastoji zaradi miniranja	-	-	-	-	34	6,0	25	5,9	11	3,4
zastoji	60(ključki)	14,8	45	8,3	173	31,0	62	14,4	83	25,4
odmori	10	2,5	50	9,2	48	8,6	30	7,2	51	15,5
skupaj	403	100	543	100	560	100	423	100	326	100
efektivno delo na 10 ur	-	-	683 %		39,8 %		-	-	-	-

Analiza delovnega časa buldožerja - sumarno

Delovišče	Analiza delovnega časa buldožerja						Povprečno na dan	
	III		V		skupaj			
	minute	%	minute	%	minute	%	minute	ure
kategorija terena								
enota								
pripravljalni čas	19	1,0	92	3,9	111	2,6	12	0,2
premiki	21	1,1	70	2,9	91	2,1	10	0,2
efektivno delo	1238	66,2	894	37,4	2132	50,0	237	3,9
ostalo delo	79	4,2	116	4,8	195	4,7	22	0,4
zastoj zaradi miniranja	89	4,8	99	4,1	188	4,4	21	0,4
zastoji	262	14,0	897	37,4	1159	27,1	128	2,1
odmori	162	8,7	228	9,5	390	9,1	42	0,7
skupaj	1870	100	2396	100	4266	100	474	7,9

Razpredelnica št. 25 c

- 11 -

Celotni delovni čas strojnika na buldožerju smo razdelili na 7 časovnih elementov, da bi imeli boljši vpogled v strukturo delovnega časa.

Ocena posameznih časovnih elementov:

- Pripravljalni čas zajema tisti čas, ko strojnik pripravlja stroj za delo. V tem času strojnik vžge motor stroja, nalije gorivo, kontrolira stanje olja, namesti odrivno desko v potrebno lego itd. Povprečno traja pripravljalni čas 12 minut.
- Premiki. Pod premike smo šteli čas, ko se je buldožer premikal po delovišču ne da bi pri tem opravljal namensko koristno delo. Pri tem nismo upoštevali premike zaradi miniranja ali zaradi premikov kompresorjev. Povprečno je bilo na dan potrošeno 10 minut za premike, kar zajema le 2,1 % delovnega časa strojnika.
- Efektivno delo zajema čas, ko je buldožer dejansko delal pri zemeljskih delih. Ta čas je edino merilo za storilnost samega stroja, ko opravlja namensko delo. Z meritvami smo ugotovili, da je bilo za efektivno delo porabljeno točno 50 % delovnega časa, torej je buldožer namensko delal na dan le 3,9 ure. Ves ostali čas pa je stroj stal ali opravljal dela, ki so bila le posredno povezana z zemeljskimi deli. Zanimiva je tudi primerjava med odstotki efektivnega dela na terenu III. kategorije in na terenu V. kategorije. Na terenu III kategorije je bil povprečni odstotek efektivnega dela 66,2 % na terenu V. kategorije pa le 37,4 %. Velika razlika med odstotkoma efektivnega časa je povsem razumljiv, saj buldožer v mehkem terenu lahko dela, če je le predhodno očiščena trasa in so razminirani večji panji. V terenu V. kategorije pa je delo buldožerja odvisno od predhodnega miniranja same hribine. Zastoji nastanejo zaradi premajhne kapacitete

vrtalnih naprav. Tudi v primeru, da je kapaciteta vrtalnih naprav dovolj velika, nastanejo zastoji zaradi potrebnega premikanja kompresorjev in čakanja v času miniranja. Večji delež efektivnega dela buldožerja na terenu V. kategorije bo potrebno zagotoviti z boljšo sinhronizacijo posameznih delovnih postopkov na samem delovišču.

- Ostalo delo zajema čas, ko je buldožer sicer delal, vendar ne namensko delo. V ta čas smo zajeli premikanje kompresorjev po trasi, izdelava nakladalne rampe in podobna dela. Povprečno je bilo na dan za 22 minut takega dela.
- Zastoji zaradi miniranja so nastali takrat, ko je buldožer moral čakati iz varnostnih razlogov izven delovišča v času samega miniranja. Na dan je bilo povprečno 21 minut takih zastojev. V mehkem terenu nastanejo ti zastoji le v primeru, da so na trasi panji večjega premera od 25 cm in niso bili predhodno minirani, kar je odraz slabega poteka celotnega delovnega procesa.
- Zastoji so v največjih primerih nastali zato, ker trasa ni bila predhodno pripravljena (premajhna kapaciteta vrtalnih naprav, prepočasno miniranje panjev, nepravočasno postavljena signalizacija trase itd.). V 9 dneh snemanja je bil le en zastoj (47 minut) zaradi okvare na buldožerju, vsi ostali zastoji so bili povzročeni zaradi drugih okoliščin, ki niso bile odvisne od buldožerja. Zanimiv je podatek, da je odstotek zastojev pri delu v terenu V. kategorije prav tolikšen kot odstotek efektivnega dela in zajema več kot $1/3$ (37,4 %) celotnega delovnega časa buldožerja. Tak delež zastojev je vsekakor prevelik in ga je nujno znižati z boljšo organizacijo dela. Povprečno je bilo na dan 2,1 uri zastojev ali 27,1 %.

- Odmori zajemajo čas, ko je strojnik počival bodisi pri glavnem odmoru za malico ali pri krajših odmorih med samim delom. Vseh odmorov je bilo povprečno na dan 42 minut ali 9,1 % delovnega časa.

Presenetil nas je seštevek vseh časovnih elementov, saj smo lahko ugotovili, da povprečni delovni čas na dan ni trajal niti celih 8 ur, ampak le 7,9 ure. Vsekakor je mogoče marsikaj izboljšati, da se delovni čas v poletnih mesecih podaljša in s tem boljše izkoristijo močni in dragi stroji.

33.0 Storilnost buldožerjã

33.1 Osnovni tehnični podatki buldožerja

Tip stroja: FIAT AD - 7
moč motorja: 70 KM
teža stroja: 8,2 t
upravljanje: hidravlično
širina odrivne deske: 323 cm
število opravljenih strojnih ur: 4800 ur

33.2 Storilnost buldožerja na delovišču Suhelj

Delovišče: gozdna cesta Sravnica - Dolič na hektometru o - 5.

A) Kategorija terena: V.

a) Struktura efektivnega dela

Delovni prijemi:	minute	%
1) prvi proboj	25	6,7
2) odriv po prvem miniranju . .	121	32,3
3) odriv po drugem miniranju. .	84	22,5
4) odriv po tretjem miniranju .	22	5,9

	minute	%
5) širjenje planuma	73	19,6
6) poglobljanje planuma	4	1,0
7) škarpiranje odkopnih brežin .	45	12,0
	-----	-----
Skupaj:	374	100 %
	-----	-----

b) Izračun storilnosti

Delovni prijemi: 1 - 5:

čas: 5,42 ure ali 86,9 % od dela v V.kat.

kubatura: 482,31 m³ ali 89,1 % " " "

storilnost: 89,0 m³/h

Delovni prijemi: 6 - 7

čas: 0,82 ure ali 13,1 % od dela v V.kat.

kubatura: 59,00 m³ ali 10,9 % " " "

storilnost: 72,0 m³/h

povprečna storilnost: 84,0 m³/h

c) Dolžina trase: 55 m

d) Kubatura po tekočem metru trase: . . . 9,86 m³/m

e) Kubatura po m² planuma: 2,41 m³/m²

B) Kategorija terena: III.

a) Struktura efektivnega dela

Delovni prijemi:	minute	%
1) prvi proboj	306	31,6
2) drugi odriv	121	12,5
3) širjenje planuma	73	7,5
4) poglobljanje planuma	234	24,1
5) škarpiranje brežine	236	24,3
	-----	-----
Skupaj:	970	100 %
	-----	-----

b) Izračun storilnosti

Delovni prijemi: 1 - 3

čas: 9,35 h ali 51,7 % od dela v III. kat.

kubatura: 750,35 m³ ali 65,2 %

storilnost: 90,0 m³/h

Delovni prijemi: 4 - 5

čas: 7,83 h ali 48,3 % od dela v III. kat.

kubatura: 400,34 m³ ali 34,8 %

storilnost: 51,0 m³/h

povprečna storilnost: 67,0 m³/h

c) Dolžina trase: 360 m

d) Kubatura po tekočem metru trase: 3,2 m³/m

e) Kubatura po m² planuma: 1,28 m³/m²

33.3 Storilnost buldožerja na delovišču Jelovica

Delovišče: gozdna cesta Brdska dolina na hektometru 14 - 15

Kategorija terena: V.

a) Struktura efektivnega dela

Delovni prijemi:	minute	%
1) prvi proboj	-	-
2) odziv po prvem miniranju	84	39,5
3) odziv po drugem miniranju	69	32,4
4) odziv po tretjem miniranju	41	19,2
5) širjenje planuma	19	8,9
	-----	-----
Skupaj:	213 min.	100 %
	-----	-----

b) Izračun storilnosti

čas: 3,55 ure
 kubatura: 109,68 m³
 storilnost: 30,8 m³/h

c) Dolžina trase: 53 m

d) Kubatura po tekočem metru trase: 2,6 m³/m

e) Kubatura po m² planuma: 0,52 m³/m²

Iz gornjih podatkov smo izračunali le povprečno storilnost buldožerja na dolžini trase 53 m.

Do prav zanimivih rezultatov smo prišli, ko smo podrobno analizirali merjeno dolžino po sekcijah. Merjeno dolžino trase 53 m smo razdelili na 3 sekcije glede na velikost površine planuma po tekočem metru trase. Izračune smo prikazali v spod.razpredel.

Razpredelnica št. 26.

Sekcija	razdalja	kubatura	kubatura po tekočem m tras.	kvadratura planuma
I	23 m	28,22 m ³	1,23 m ³ /m	149,0 m ²
II	8 m	7,89 m ³	0,98 m ³ /m	20,5 m ²
III	22 m	73,57 m ³	3,34 m ³ /m	42,4 m ²
Sekcija	kvadratura po tekočem m planuma	kubatura po m ² planuma	poraba časa buldožerja	storilnost po kubaturi
I	6,47 m ² /m	0,19 m ³ /m ²	2,00 ure	14,1 m ³ /h
II	2,56 m ² /m	0,38 m ³ /m ²	0,48 ure	16,4 m ³ /h
III	1,93 m ² /m	1,74 m ³ /m ²	1,02 ure	72,1 m ³ /h

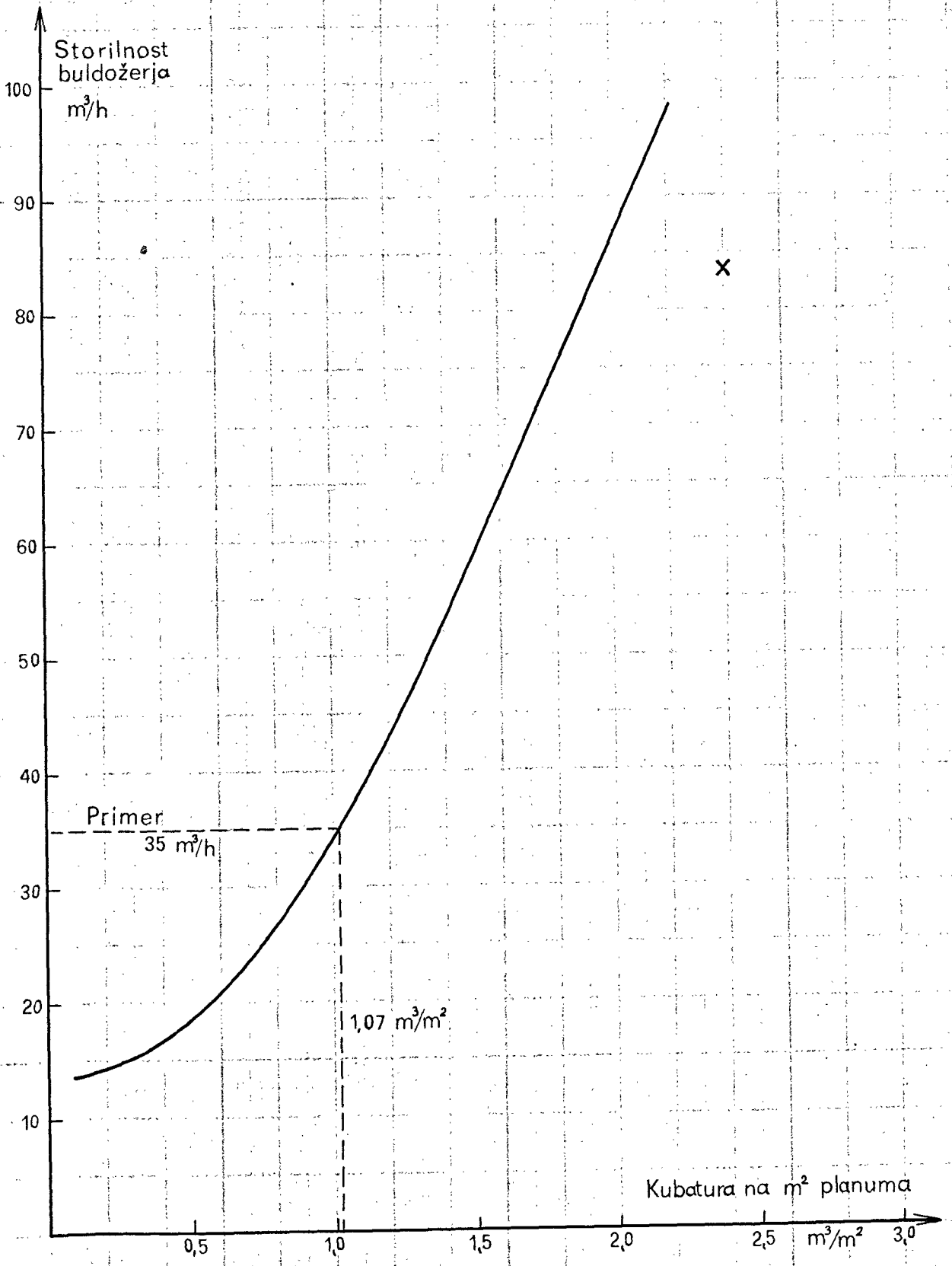
Podatke iz prednje preglednice smo nanegli na grafikon št.7 in ugotovili, da je storilnost buldožerja bistveno odvisna od kubature materiala na enoto površine planuma. Žal ne razpolagamo z zadostnim številom podatkov, da bi zanesljivo proučili korelacijo med storilnostjo buldožerja in kubaturo na m^2 planuma. Grafikon, ki je sestavljen le na osnovi podatkov treh sekcij, nam kaže, da krivulja poteka skoraj linearno in da je storilnost približno proporcionalno odvisna od kubature na m^2 planuma. To pomeni, če je na primer storilnost buldožerja pri $0,5 m^3$ na m^2 planuma $18 m^3/h$, se bo storilnost pri dvakratnem povečanju kubature ($1 m^3/m^2$) po enoti planuma povečala približno za dvakrat ($34 m^3/h$). Tak proporcionalni odnos velja le do vrednosti $1 m^3/m^2$ podane na abscisi grafikona. Od te vrednosti dalje se storilnost povečuje s koeficientom 2,5.

Na osnovi grafikona št.7. si lahko pojasnimo, zakaj je bila storilnost buldožerja na delovišču Suhelj skoraj trikratvečja kot pa na delovišču Brdska dolina. Ko smo tudi za delovišče Suhelj izračunali povprečno kubaturo na m^2 planuma ($2,41 m^3/m^2$), izračunali povprečno storilnost buldožerja ($84,0 m^3/h$) in te vrednosti vnesli na grafikon št.7, smo se lahko prepričali, da zakonitost o odvisnosti kubature na enoto planuma tudi tokrat velja. Podatek iz delovišča Suhelj je na grafikonu vrisan s križcem in bistveno ne odstopa od krivulje. Pri tem moramo pripomniti, da en sam podatek predstavlja povprečje celega merjenega odseka na delovišču Suhelj in da so tam drugačne terenske razmere kot na delovišču Brdska dolina (Jelovica).

Grafikon o storilnosti buldožerja velja za naslednje razmere:

- buldožer FIAT AD-7, 5000 obratovalnih ur
- izvežbani strojnik
- niveleta trase skoraj horizontalna (od - 1 % do + 2 %)
- transport materiala: pri izdelavi surovega planuma 6-10 m
pri izravnavi nivelete 15 - 20 m
- teren V. kategorije pri srednje uspešnem miniranju.

Odvisnost storilnosti buldožerja od kubature odkopa na m^2 planuma



Končno nas zanima, s kakšno povprečno storilnostjo lahko računamo pri delu buldožerja na povprečnem terenu. Podatki nam izkazujejo, da pride na odsekih odkopa povprečno $3,0 \text{ m}^3$ materiala na povprečni širini planuma $2,8 \text{ m}$ zasekanega v raščeno tlo. Pri tej širini planuma so upoštevane tudi vse razširitve. Iz teh dveh podatkov izračunamo, da pride povprečno $1,07 \text{ m}^3$ materiala na kvadratni meter planuma v raščnem tlu. Iz grafikona lahko sedaj odčitamo (označeno kot primer), da je pri taki kubaturi po enoti planuma storilnost buldožerja enaka 35 m^3 na uro. Ta povprečni podatek velja za delo v terenu V. kategorije. Za delo v terenu III. kategorije ga moramo povečati za 60% (po primerjalnih računih o storilnosti buldožerja) in bi povprečna storilnost znašala 56 m^3 na uro. Seveda so vse navedene vrednosti o storilnosti buldožerja računane na efektivno delo stroja. Dejanska storilnost buldožerja moramo zmanjšati za toliko odstotkov, kakršen je odstotek neefektivnega dela v celotnem delovnem času buldožerja. Delež neefektivnega dela, dela ki ni namensko, smo že obravnavali v poglavju o analizi delovnega časa buldožerja.

4.0

PRIPRAVA POSITNEGA MATERIALA V PESKOKOPU ROVTARICA (JEZERCE)

Za potrebe vseh cest okoli Rovtarice je gradbeni obrat odprl peskokop, ki ima odlično lokacijo. Nahaja se ob sami cesti Bohinjka (G 1), kjer je cesta pregledna in na samem mestu je dovolj velik manipulacijski prostor. Peskokop je nekako v središču vseh cest na srednjem delu Jelovice. Velika prednost pa je tudi v tem, da je le 500 m oddaljen od delavske naselbine na Rovtarici.

Podrobna analiza, ki jo je opravil Zavod za raziskavo materiala v Ljubljani, izkazuje, da ima material iz tega peskokopa dobre lastnosti. Primeren je za stabiliziranje z vsemi vezivi, kar je brez škodljivih organskih premesi. Sestavljen je iz srednje trdnih hribin. Sestava posameznih frakcij je ugodna, le večje kose je potrebno s sejanjem odstraniti. Teh večjih kosov nad 5 cm premera je od 30-40 %.

Izkoriščanje materiala pa ni mogoče brez predhodne priprave bodisi z buldožerjem ali z miniranjem. Ker je buldožer sestavni in osnovni stroj pri gradnji spodjega ustroja ceste, je le težko organizirati delo tako, da bo nemoteno teklo na trasi in v peskokopu. Zato ostane za pripravo materiala v peskokopu le miniranje. Predvidevamo, da bi se v večjih peskokopih pokazalo kot zelo uspešno in gospodarno prav globinsko miniranje.

Z namenom, da bi imeli orientacijske podatke o normativih pri klasičnem miniranju, smo opravili meritve v peskokopu Rovtarica.

Rezultati merjenj so naslednji:

Minske vrtine: po številu 3
globine 140 cm, in 110 cm
premer povprečno 20 cm, vrtane bočno v
steno kombinirano ročno in z vrtalnim
kladivom, poraba časa za tri vrtine 140
minut ali povprečno 1,8 min./m³.

Poraba razstreliva: skupno 11,8 kg, na vrtino 3,8 kg,
4,8 kg in 3,2 kg. Povprečno 15 dkg/m³
materiala. Za 78 m³ materiala je bilo
porabljeno še: 3 vžigalne kapice št. 8 in
8 metrov vžigalne vrvice.

Delo minerja: za miniranje 78 m³ materiala je porabil mi-
ner za pripravo razstreliva 27 minut
polnjenje min 20 " " "
vžig 8 " " "

Skupaj: 55 minut ali
0,7 min/m³.

V kolikor miner sam pripravlja minske vrtine, je bilo potrebno
za pripravo 78 m³ materiala kar 195 minut-časa ali 2,5 min./m³

Naj pripomnimo, da minske vrtine niso bile postavljene na prā-
vem mestu. Zavrtane so bile 1 do 2,5 m nad manipulacijskim ni-
vojem, ker material ni bil popolnoma odstranjen do stene. Ra-
zumljivo, da bi bil uĉinek miniranja dosti boljši, ĉe bi bile
mine postavljene niŹje, ker bi na ta naĉin zajeli veĉjo kubatu-
ro.

5.0 NAKLADANJE MATERIALA S NAKLADALNIKOM DODICH

51.0 Splošno o nakladanju

V peskokopu Rovtarica-Jezerca smo dne 23. in 24. septembra 1968 ugotavljali storilnost nakladalnika Dodich. Podrobnosti o stanju peskokopa in vrsti materiala so bile opisane že v poglavju o pripravi materiala. Za lažje nakladanje materiala na tovornjake je bila uporabljena posebna rampa iz obstoječega materiala v višini 120 cm in pod naklonom 10 %. Ker je material vseboval tudi grobe frakcije celo do 25 cm premera, je bilo potrebno sejanje na statični mreži. Za sejanje ni bilo potrebno posebnega delovnega postopka, ampak je bil material presejan enostavno tako, da je nakladalnik stresal material na poševno mrežo. Posipni material frakcije do 3 cm je padal skozi mrežo v kason tovornjaka, debelejšje frakcije so preko mreže zdrsele na nasprotno stran nakladalne rampe. Obstoječa mreža po svoji funkcionalnosti zadovoljivo rešuje problem sejanja takega materiala, kjer ni veliko veznih delavcev in je možno sejati tudi vlažen material. Potrebno bo pa mrežo izpopolniti, da bo po konstrukciji močnejša, da bo omogočila bolj enakomerno nakladanje kasona in da bo tudi premik mreže hitrejši.

51.1 Osnovni tehnični podatki nakladalnika Dodich.

Tip nakladalnika: Dodich DM 451 75 KM
Vrsta motorja: Ford 2701 E, 4 taktni, Diesel, moč motorja
Teža nakladalnika: 5.300 kg, pogon na 4 gumičasta kolesa,
minimalni radij obračanja 2,80 m
(notranja kolesa)

Kapaciteta nakladalne žlice: 0,75 m³ do roba
1,00 m³ naložena zvrha.

Z večkratnim merjenjem smo ugotovili, da ima kup, ki sega čez rob nakladalne žlice, kubaturo od 0,15 - 0,20 m³. Pri nadaljnjih računih smo upoštevali kapaciteto nakladalne žlice: 0,9 m³ materiala.

52.0 Storilnost nakladalnika

Pri ugotavljanju storilnosti nakladalnika smo upoštevali samo efektivni čas nakladanja. Ker je stroj dovolj močan in tako konstruiran, da lahko nemoteno dela ves dan, je njegova dejanska storilnost odvisna le od zadostnega števila kamionov.

52.1 A) Nakladanje nepresejanega razrahljanega materiala

Izračun storilnosti:

- skupni čas nakladanja 90' 35''
- število meritev 13
- število žlic 63

- a) povprečni čas nakladanja enega kamiona: 6,95 min.
- b) povprečno število žlic na 1 kamion: . . . 4,85
- c) storilnost nakladalnika: 37,8 m³/h

Zgoraj ugotovljena storilnost nakladalnika Dodich DM 451 velja v naslednjem primeru:

- vzratna vožnja naloženega nakladalnika od mesta zajemanja materiala do obračališča je dolga 15 m z vzponom 12 %
- vožnja naprej od obračališča do mesta stresanja materiala na mrežo (na koncu rampe) je dolga 12 m z vzponom 10 %
- material v peskokopu je razrahljan po miniranju

- material se pri nakladanju preseje na statični mreži. Zato mora voznik nakladalnika izprazniti mrežo z večkratnim delnim obračanjem žlice, pri čemer zamudi povprečno 11 sekund.

Časovna razčlenitev ciklusa nakladanja.

Za en cikel vožnje nakladalnika so potrebni naslednji časi:

1) prazna vožnja	25 sek. ali 29 %
2) zajemanje materiala	19 sek. ali 22 %
3) polna vožnja	31 sek. ali 36 %
4) razkladanje (sejanje) materiala	11 sek. ali 13 %

Skupaj:	86 sek. ali 100 %

Iz gornje časovne razčlenbe ciklusa nakladanja je razvidno, da nakladalnik porabi kar $2/3$ (65 %) svojega časa na vožnji. Ugotovljene številke nas poučijo, da je nujno, kadar hočemo povečati storilnost nakladalnika, skrajšati pot premika nakladalnika od mesta zajemanja do mesta nakladanja. Če pa hočemo zadovoljiti tej zahtevi, je potrebno imeti tako konstruirano sejerno napravo (mrežo z ogrodjem), da se hitro premešča po delovišču.

V primeru, da material ne sejemo, se skrajša čas razkladanja, ni potrebno uporabljati rampe, storilnost nakladalnika se poveča in je seveda odvisna od dolžine poti za vožnjo. Meritve storilnosti nakladalnika brez sejanja nismo opravili.

Kadar kalkuliramo storilnost nakladalnika glede na količino presejanega materiala, moramo seveda odšteti delež grobe frakcije (kamenja), kar v peskokopu Rovtarica znese kar 40 %.

Delež kamenja smo izračunali takole:

Za prevoz so bili uporabljeni kamioni TAM 5000

Dimenzije kasona: 320 cm x 208 cm x 45 cm

Kapaciteta kasona do roba: 3,0 m³

Količina naloženega materiala:

Za 1 kamion je nakladalnik pripeljal:

5 žlic = 4,5 m³ (nepres. material)

Kubatura naloženega

kasona 2,7 m³ (presejani material)

Razlika: 1,8 m³ kamenja ali 40 % od
nepresejanega materiala.

52.2 B) Nakladanje kamenja

Izračun storilnosti:

- skupni čas nakladanja 20 minut
- število meritev 4
- število žlic 22

Storilnost nakladalnika za nakladanje kamenja: 59,4 m³/h ali
1 m³ na minuto

Delovni pogoji:

- vzratna vožnja naloženega nakladalnika je dolga 9 metrov brez naklona
- vožnja naprej je dolga 5 metrov brez naklona
- nakladanje kamenja, ki se je zbral na kupu poleg sejalne rampe.

52.3 C) Storilnost nakladalnika glede na presejani material.

Od storilnosti za nepresejani material moramo odšteti 40 % vrednosti, ker takšen delež zajema kamenje, torej

- storilnost za nepresejani material. : 37,8 m³/h
- odbitek 40 % zaradi kamenja 15,1 m³/h
-
- Ostane: 22,7 m³/h
-

- norma za nakladanje presejanega materiala: 1 m³ - 2,6 min.
- dodatni čas za odstranjevanje kamenja . . : 0,4 m³ - 0,4 min.
-
- norma za celokupno nakladanje : 1 m³ - 3,0 min.

Za naložitev enega tovornjaka TAM 5000 s kubaturo 2,7 m³ presjanega materiala je potrebno 8,1 minut dela nakladalnika.

52.4 D) Ročno nakladanje kamenja na kamion.

V času, ko ni bilo nakladalnika na delovišču in da ne bi čakali prazni kamioni, so delavci ročno nakladali kamenje na kamion.

Zabeležili smo naslednje podatke:

Razpredelnica št. 27.

Kamioni	čas nakladanja	kubatura	število delavcev
1	33 minut	2,8 m ³	3
2	32 "	2,7 "	3
3	31 "	2,7	3

Za naložitev enega kamiona s 2,7 m³ kamenja in s tremi delavci je bilo potrebno povprečno 32 minut. Iz zgornjih vrednosti izračunamo normo: 1 delavec naloži 1 m³ kamenja v 35,5 minutah.

Vse norme za nakladanje so izračunane za efektivno delo brez zastojev (zastoji strojev, miniranje v peskokopu itd.). Ugotovljene zastoje nismo prikazali v računu, ker zaradi kratkega časa opazovanj niso bili realni in bi lahko samo zameglili pravo sliko poteka dela pri nakladanju.

Pri kalkuliranju za pravilno organizacijo dela pa je zastoje nujno upoštevati v vrednosti od 10 % - 15 % od zgoraj ugotovljenih norm.

6.0

PREVOZ MATERIALA

Posipni material za obrabno plast na novi cesti Kljukovec (Jelovica) so vozili kamioni TAM 4500 in TAM 5000 iz peskokopa Rovtarica - Jezerca. Za prevoz materiala, posebno na daljših razdaljah (nad 2 km), je ozko grlo število kamionov. Kakor se bomo prepričali iz podatkov, je storilnost nakladalnika v peskokopu kot tudi grejderja na delovišču dovolj velika, težko pa je zagotoviti nemoten prevoz s kamioni. Pri nezadostnem številu kamionov ne izkoristimo kapaciteto nakladalnika in grejderja, pri velikem številu kamionov nastopajo ovire pri vožnji samih kamionov, ker se na ozkih gozdnih cestah le težko srečavajo.

61.0 Povprečna hitrost kamionov

Z namenom, da bi lahko podali osnovna napotila za sinhroniziran prevoz med peskokopom in deloviščem, smo analizirali hitrosti kamionov na vožnji po raznih cestah.

Povprečne hitrosti kamiona TAM 5000 so naslednje:
Razpredelnica št. 28.

CEsta	dol- žina	čas vožnje		hitrost vožnje	
		poln kamion	prazen kamion	poln kamion	prazen kamion
republ.cesta Rovtari- ca-Bohinj, širine 5 m brez naklonov, slabo vzdrževana	1800 m	4'5''	2'35''	26,5 km/h	41,5 km/h
gozdna cesta G12, ši- rine 3 m, vzpon 8-12 %, dobro vzdrževana	760 m	5'40''	1'30''	8,0 km/h	30,4 km/h
gozdna cesta, novo- gradnja, širine 3 m, brez večjih vzponov, vozišče že urejeno	2850 m	11'50''	10'45''	14,4 km/h	15,9 km/h
Skupaj:	5410 m	21'35''	14'50''	15,0 km/h	21,9 km/h

Sedaj nas zanima, kako bi izračunali povprečno hitrost za celotno dolžino vožnje. Povprečno hitrost lahko izračunamo iz obrazca, ki se glasi:

$$S = \frac{D}{\frac{d_1}{s_1} + \frac{d_2}{s_2} + \frac{d_3}{s_3} + \dots + \frac{d_n}{s_n}}$$

kjer pomeni: S - povprečna hitrost v km/h na celotni dolžini enega ciklusa vožnje

D - celotna dolžina vožnje enega ciklusa v km

d_i - dolžina posameznega kraka v km

s_i - hitrost vožnje v km/h na posameznem kraku.

Če sedaj gornje podatke vstavimo v obrazec, lahko izračunamo povprečno hitrost kamiona na relaciji peskokop Rovčarica - gradbišče Kljukovec:

$$S = \frac{10,82 \text{ km}}{\frac{1,8}{26,5} + \frac{0,76}{8,0} + \frac{2,85}{14,4} + \frac{1,8}{41,5} + \frac{0,76}{30,4} + \frac{2,85}{15,9}} = \frac{10,82}{0,607} = 17,8 \text{ km/h}$$

Na osnovi meritve lahko sestavimo tabelo o povprečnih hitrostih kamionov (polnih in praznih) na cestah različnih kategorij:

Razpredelnica št. 29

K a t e g o r i j a c e s t		povprečna hitrost
1	dobra dvosmerna makadamska cesta brez vzponov	35 km/h
2	slaba dvosmerna makadamska cesta brez vzponov	30 km/h
3	gozdna cesta brez vzponov, dovolj izogibališč	25 km/h
4	gozdna cesta brez vzponov, redka izogibališča	20 km/h
5	strma gozdna cesta, redka izogibališča . . .	15 km/h
6	gozdna cesta v gradnji	10 km/h

S pomočjo povprečnih hitrosti iz prednje tabele in izmerjenih razdalj iz katastra cest lahko izračunamo povprečno hitrost vožnje kamionov za en cikel vožnje na cestah različnih kategorij po obrazcu S.

62.0 Število potrebnih kamionov

Nadalje nas zanima, koliko je potrebnih kamionov, da bodo pri različnih razdaljah in hitrostih vožnje optimalno zaposleni vsi stroji (nakladalnik, kamioni in grejder na delovišču).

Število potrebnih kamionov izračunamo iz naslednjega obrazca:

$$n = \frac{h + t_1}{t_2} + 1$$

kjer pomeni:

- h - čas vožnje enega kamiona v minutah
- t_1 - čas manipulacije kamiona na delovišču v minutah
- t_2 - čas za nakladanje enega kamiona v minutah

Čas vožnje enega kamiona (h) zajema vožnjo polnega in praznega kamiona in ga izračunamo po obrazcu:

$$h = \frac{60}{s} \times D$$

kjer pomeni:

- s - povprečna hitrost kamiona km/h
- D - celokupna razdalja vožnje (dvakratna relacija)

Čas manipulacije kamiona (t_1) zajema čas, potreben za razkladanje in obračanje kamiona na delovišču. Po naših meritvah znaša povprečno $t_1 = 6$ minut.

Čas za nakladanje enega kamiona zajema celoten čas, ki ga potrebuje nakladalnik za naložitev kubature presejanega materiala za en kason, torej samo nakladanje in odstranjevanje kamenja. Povprečno je $t_2 = 8$ minut.

Ker je zmogljivost grejderja večja od nakladalnika, zato čas njegovega dela v računu nismo upoštevali.

Na osnovi gornjih podatkov smo sestavili tabele in grafikone o potrebnem številu kamionov za različne relacije in hitrosti voženj.

Čas v minutah za vožnje in manipulacijo kamiona:

Razpredelnica št. 30.

Povprečna hitrost	Relacija vožnje v kilometrih							
	1	2	3	4	5	6	7	8
5 km/h	30	54	78	102	126	150	174	198
10 "	18	30	42	54	66	78	90	102
15 "	14	22	30	38	46	54	62	70
20 "	12	18	24	30	36	42	48	54
25 "	10,8	15,6	20,4	25,2	30	34,8	39,6	44,4
30 "	10	14	18	22	26	30	34	38
35 "	9,4	12,8	19,6	19,6	23	26,4	29,8	46,8

povprečna hitrost	Relacija vožnje v kilometrih						
	9	10	12	14	16	18	20
5 km/h	222	294	342	342	390	438	486
10 "	114	126	150	174	198	222	246
15 "	78	86	102	118	134	150	174
20 "	60	66	78	90	102	114	126
25 "	49,2	54	63,6	73,2	82,8	92,4	103,0
30 "	42	46	54	62	70	78	86
35 "	36,6	40	46,8	53,6	60,4	67,2	74,0

Na osnovi razpredelnice št.30 smo sestavili grafikon št.8., kjer lahko vidimo, da čas vožnje kamiona linearno raste z razdaljo in parabolično pada s hitrostjo vožnje.

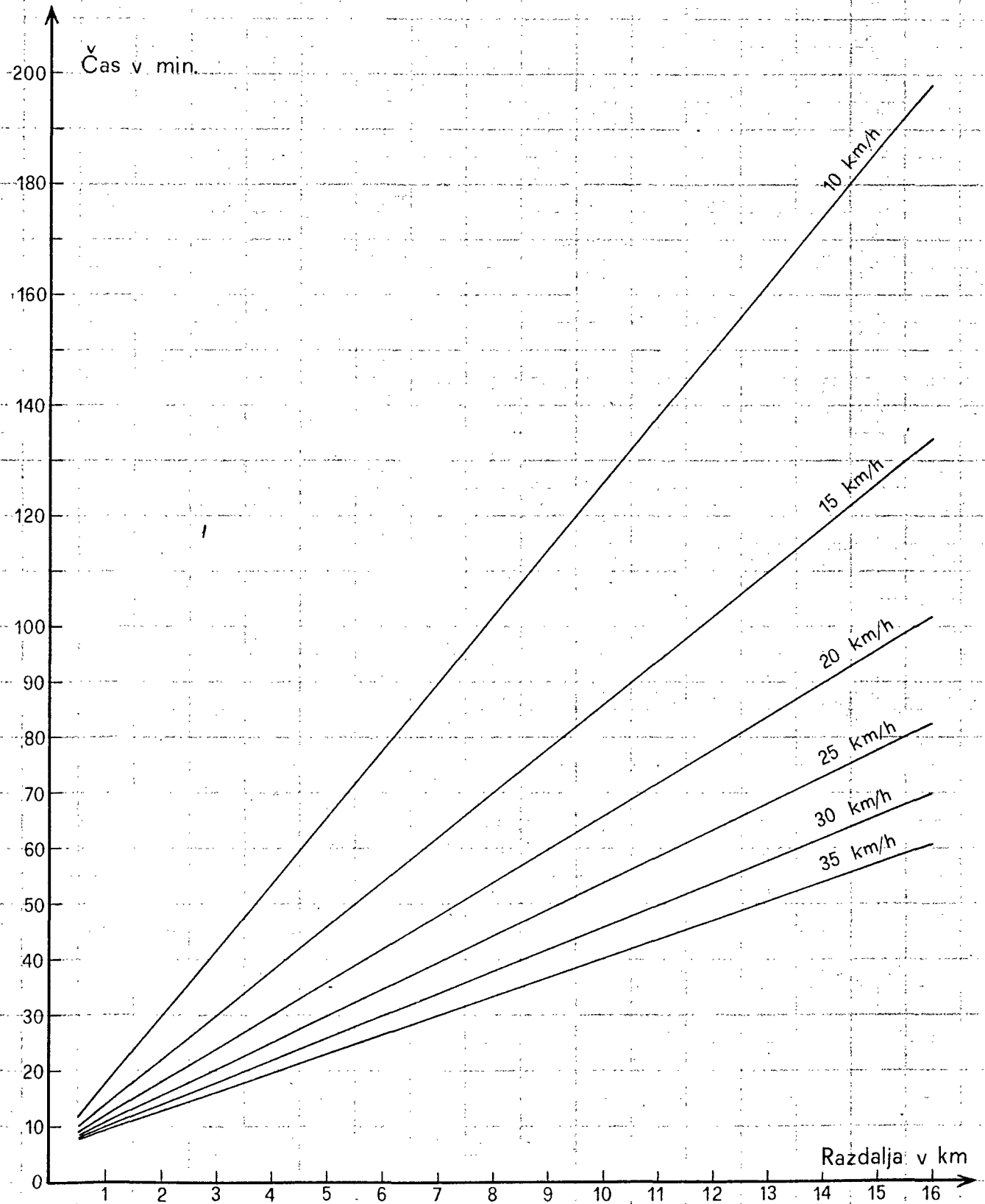
Iz podatkov prednje razpredelnice in z upoštevanjem časa za nakladanje smo sestavili grafikon št. 9., ki prikazuje število potrebnih kamionov pri različnih relacijah in različnih povprečnih hitrostih.

Primer: relacija za prevoz materiala je dolga 5 km, povprečna hitrost kamiona je 20 km/h. V tem primeru rabimo 5,5 kamiona.

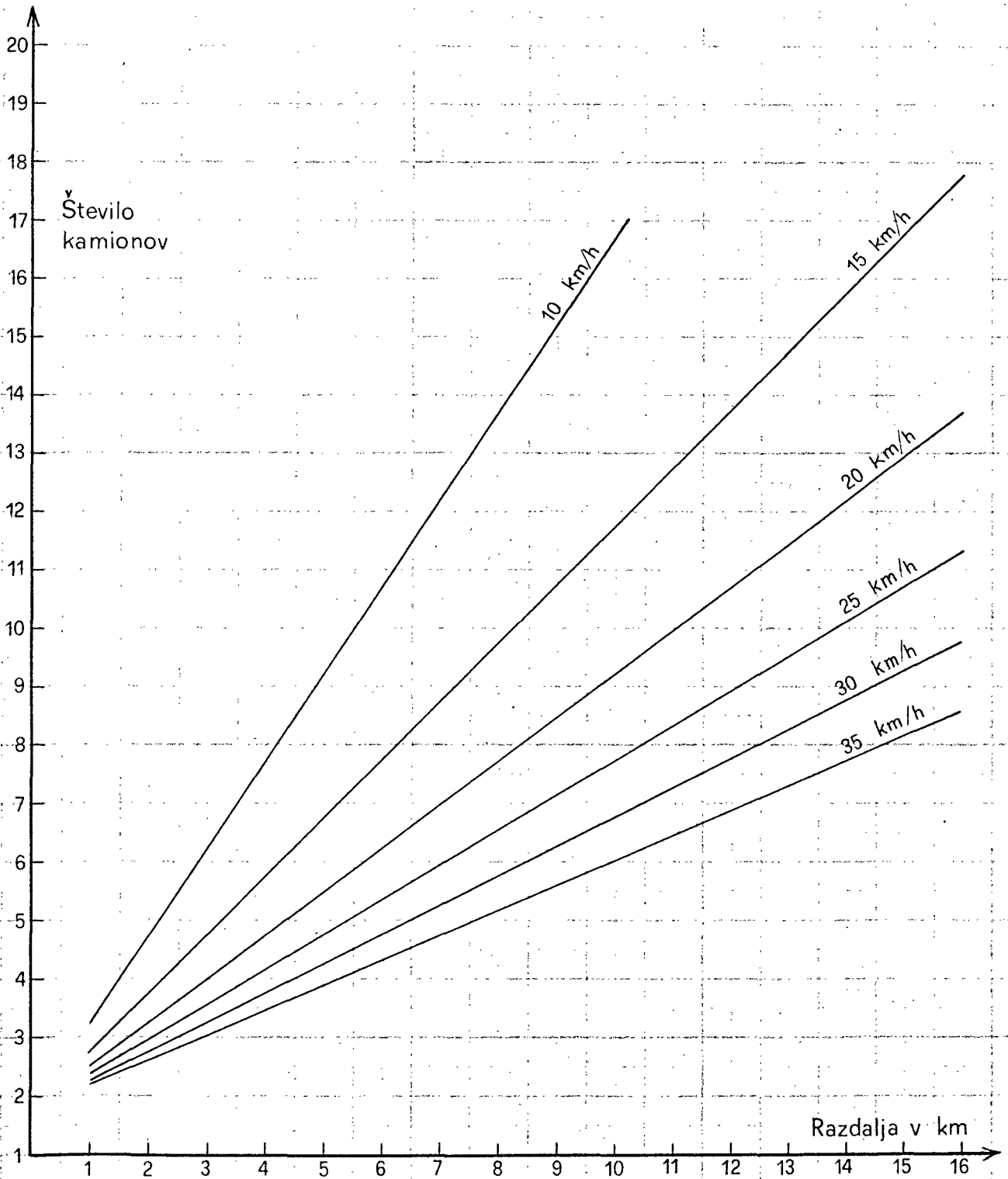
Smotrno je, da vrednosti iz razpredelnice št.30 zaokrožujemo navzgor na cela števila kamionov iz naslednjih razlogov:

- strošek kamiona na uro je manjši od nakladalnika. Zato bo škoda manjša, če bo čakal kamion kot pa nakladalnik,
- večja je verjetnost, da bo nastala okvara pri večjem številu kamionov kot na enem nakladalniku,
- pri večjem številu kamionov nastaja več zastojev zaradi težjega srečavanja in s tem povečuje čas vožnje kamionov.

Čas za eno vožnjo kamiona



Število potrebnih kamionov za prevoz materiala



7.0 RAZGRINJANJE IN VALJANJE

71.0 Storilnost grejderja

Za razgrinjanje posipnega materiala je bil uporabljen grejder STT G3.

Osnovni tehnični podatki grejderja:

tip stroja: MBU - STT G3
motor: Deutz, 35 KM
teža: 3200 kg
minimalni radij zavijanja: 6 m
širina odrivne in plamirne deske: 180 cm

Meritve smo opravili na gradbišču nove gozdne ceste Kljukovec in pri pripravah za stabilizacijo vozišča na gozdni cesti Vo-dišča planina G 1.

Na novi cesti Kljukovec so bili doseženi naslednji rezultati:

Razpredelnica št. 31.

Datum meritve	10. okt.	11. okt.	povprečno
število pripeljanih kamionov	8	26	34
dolžina sekcije razgrnjenega materiala	163 m	535 m	698 m skup.
kvadratura sekcije razgrnjenega materiala	489 m ²	1806 m ²	2295 m ² skup.
kubatura sekcije razgrnjenega materiala	21,6 m ³	70,2 m ³	91,8 m ³ skup.
debelina nagnjene plasti	4,4 cm	3,9 cm	4,0 cm
porabljen čas za razgrinjanje	0,84 ure	3,4 ure	4,24 ure skup.
storilnost grejderja:			
po tekočem metru	194 m/h	158 m/h	165 m/h
po kvadraturi	582 m ² /h	530 m ² /h	540 m ² /h
po kubaturi	25,7 m ³ /h	20,7 m ³ /h	21,7 m ³ /h
Za 1 kamion:			
dolžina razgrnjenega materiala	20,5 m	21 m	20,6 m
kvadratura razgrnjene- ga materiala	61,5 m ²	69,4 m ²	67,5 m ²
kubatura razgrnjene- ga materiala	2,7 m ³	2,7 m ³	2,7 m ³
poraba časa grejderja	6,4 min.	7,8 min.	7,5 min.

V zgornji vrednosti je zajet obratovalni čas grejderja. Posebej ni bil merjen čas za umikanje grejderja pri srečavanju s kamionom. Po oceni je takih izgub do 10 % obratovalnega časa.

Pri navažanju posipnega materiala v debelini 10 cm za stabilizacijo vozišča so bili doseženi naslednji rezultati:

Razpredelnica: št. 32

Število kamionov	Čas obračanja kamiona	iztre-sanje	delo grej-derja	ročno razgri-njanje	površni-na od-seka	dolži-na od-seka
11	12,3 min	19,8 min	54,2 min	51,9 min	292,0 m ²	83,5 m
povpreč-je	1,2 "	2,0 "	4,9 "	5,8 "	26,6 "	7,6 m

Za prevoz posipnega materiala na 1 km ceste v debelini 10 cm je potrebno:

Razpredelnica št. 33.

Širina vozišča	3,5 m	3,0 m
količina materiala	350 m ³	300 m ³
število pripeljanih kamionov	131	113
delo grejderja	10,7 ur	9,5 ur
delo nakladalnika	17,5 ur	15,0 ur
ročno delo dveh delavcev	12,7 ur	10,7 ur

Ob priliki razgrinjanja materiala z grejderjem smo merili tudi storilnost pri ročnem čiščenju koritnic. Koritnica je bila močno zaraščena s travno rušo in deloma zapolnena s posipnim materialom. Koritnico sta čistila dva delavca z ročnim orodjem (kramp in lopata). V času 165 minut sta očistila 82 m koritnico. Iz tega podatka lahko izračunamo orientacijsko normo za ročno čiščenje koritnic:

1 delavec v 1 uri očisti 15 m koritnice.

Za čiščenje 1 km koritnice je potrebno 67 ur ročnega dela enega delovca.

72.0 Storitnost valjarja t-12

Delo valjarja t-12 smo spremljali vzporedno z ostalimi gradbenimi stroji pri izdelavi zgornjega ustroja na novi gozdni cesti Kljukovec. Ker je bil posipni material presejan, dovolj vlažen in se je dobro utrdil pod kolesi valjarja, sta zadostovala le dva prehoda valjarja po isti površini vozišča. Tako je valjar napravil le 4 prehode po 3 m širokem vozišču in to dva prehoda po desnem in dva prehoda po levem delu vozišča.

Računanje storitnosti:

čas valjanja:	98 minut
utrjena površina vozišča:	2087 m ²
utrjena dolžina vozišča:	635 m
povprečna storitnost valjarja:	1280 m ² /h ali 390 tekočih metrov vozišča.

8.0 STOPNJA IZKORIŠČENOSTI IN SINHRONIZIRANO DELO STROJEV

81.0 Splošno o izkoriščенosti strojev

Razumljivo je, da bo delo s strojem toliko cenejše, čim bolj bo stroj izkoriščen, čim več bo v določeni dobi opravil dejanskih obratovalnih ur. Seveda se bo v takem primeru stroj hitreje iztrošil, hitreje pa se bo tudi amortiziral, kar je s pričo današnjega izredno hitrega razvoja tehnike in s tem izpopolnjevanje strojev izredno pomembno, da stroj prehitro tehnično ne zastara.

V okviru naše študije nas je posebno zanimalo, koliko so glavni stroji (nakladalnik, kamion, grejder in valjar) dejansko izkoriščeni pri določenem delu. Še posebej smo skušali upoštevati, kako je delo posameznih strojev med seboj usklajeno (sinhronizirano), če upoštevamo, da je storilnost posameznih strojev različna.

V ta namen smo izvedli vse glavne meritve pri nakladanju, prevozu, razgrinjanju in utrjevanju posipnega materiala za obrabno plast vozišča na gozdni cesti Kljukovec na Jelovici. Meritve smo izvedli v četrtek in petek, da bi tako zajeli povprečno delovno vnašo pri delavcih (strojnikih). Znano je, da je največja delovna vnaša v začetku tedna, to je v torek in sredo, proti koncu tedna pa popušča. Ne bi pa dobili realne slike delavnic v ponedeljek ali soboto, ker delavci (strojniki) takrat prihajajo (oziroma odhajajo) na delovišče od doma, ki je včasih več deset kilometrov oddaljen in prihajajo tudi iz različnih krajev in z različnimi prevoznimi sredstvi.

81.1 Analiza izkoriščenosti strojev pri vožnji 2 kamionov

Datum snemanja: Četrtek, 10. oktobra 1968.

Delovni čas: 10 ur

Meritve so bile izvedene le od 12-16 ure, ker so v tem času delali vsi stroji.

Število kamionov: 2

I. N a k l a d a l n i k

Nakladalnik je delal v peskokopu Rovtarica-Jezerca. Material je bil predhodno miniran in glede materiala ni bilo zastojev. Nakladalnik je v 4 urah naložil 8 kamionov = $21,6 \text{ m}^3$ presejanega posipnega materiala in odstranil $8,6 \text{ m}^3$ kamenja.

Efektivni čas: 64 minut

Izkoriščenost stroja: 26,7 %

II. K a m i o n i

Vrsta kamionov: TAM 5000

Povprečna kubatura naloženega materiala pri eni vožnji: $2,7 \text{ m}^3$

Povprečna hitrost vožnje: 24 km/h

Dolžina relacije:

a)	glavna cesta:	1800 m
b)	gozdna cesta G 12	760 m
c)	nova gozdna cesta	2360 m

	skupaj:	4920 m

Obratovalni čas kamionov:

Razpredelnica št. 34.

Kamion	A	B
število voženj	4	4
čas vožnje	132 min. ali 71,5 %	132 min. ali 72,0 %
čas manipulacije	25,0 " " 13,5 %	23,35 " ali 12,4 %
čas nakladanja	28,0 " " 15,0 %	28,0 " " 15,6 %
s k u p a j:	185,0 min. ali 100 %	183,0 min. ali 100 %
izkoriščenost kamiona v 4 urah	77 %	76 %

III. G r e j d e r

Delovišče: razgrinjanje posipnega materiala v debelini 4-5 cm na profilu 66 nove gozdne ceste Kljukovec.

V 4 urah je grejder razgrnil 21,6 m³ materiala (8 kamionov) na dolžini trase 163 metrih s površino 489 m².

Obratovalni čas: 50,8 minute

Izkoriščenost stroja: 21 %

Zaradi izogibanja grejderja kamionom in drugih manjših zastojev je bil efektivni čas grejderja za 10 % manjši od obratovalnega časa.

Delo grejderja je spremljal en delavec, ki je z lopato in grabljami čistil koritnico in popravljaj rob vozišča. Njegovo delo nismo posebej merili. Lahko le ocenimo, da njegovo delo zahteva dvakratni čas grejderja. Torej je bil delavec zaposlen od 40 - 50 %.

IV. V a l j a r

Delovišče: isto kot ad) III.

Delovni pogoji za utrjevanje vozišča so bili ugodni

Število prehodov valjarja: 4 do 5 krat

V 4 urah je valjar utrdil 489 m^2 vozišča ali 163 tekočih metrov.

Efektivni čas valjanja: 26,5 minut

Izkoriščenost stroja: 11 %

81.2 Analiza izkoriščenosti strojev pri vožnji 3 kamionov

Datum snemanja: petek, 11. oktober 1968

Delovni čas: 10 ur, upošteva se 30 minut za opoldanski odmor

Meritve: od 6 do 16 ure.

Število kamionov: 3

I. N a k l a d a l n i k

Delovišče: peskokop Rovtarica-Jezerca, material predhodno miniran.

Nakladalnik je v 10 urah naložil 28 kamionov ($75,5 \text{ m}^3$) presejanega materiala in odstranil ali naložil $30,2 \text{ m}^3$ kamenja.

Efektivni čas: 224 minute

Izkoriščenost stroja: 39,3 %.

II. K a m i o n i

Vrsta kamionov: TAM 4500 in TAM 5000

Povprečna kubatura naloženega materiala pri eni vožnji: $2,7 \text{ m}^3$

Povprečna hitrost vožnje: 22,5 km/h

Dolžina relacije:

a) glavna cesta 1800 m

b) gozdna cesta 760 m

c) nova cesta 2850 m

skupaj: 5410 m

Obratovalni čas kamiona A :

Število voženj: 9 ($24,3 \text{ m}^3$ materiala)

Čas vožnje: 328,5 minut ali 74,0 %

Čas manipulacije: 52,5 minut ali 11,8 %

Čas nakladanja: 63,0 minut ali 14,2 %

skupaj: 444,0 minut ali 100 %

Izkoriščenost kamiona A = 78 %

Obratovalni čas kamiona B :

Število voženj: 10 (27 m^3 materiala)

Čas voženj: 36,5 minut ali 74,6 %

Čas manipulacije: 55,0 minut ali 11,2 %

Čas nakladanja: 70,0 minut ali 14,2 %

skupaj: 490,0 minut ali 100 %

Izkoriščenost kamiona B = 86 %

Obratovalni čas kamiona C :

Število voženj:	9	(24,3 m ³ materiala)
Čas voženj:	328,5	minut ali 70,0 %
Čas manipulacije:	77,5	" " 16,6 %
Čas nakladanja:	63,0	" " 13,4 %

skupaj:	469	minut ali 100 %

Izkoriščenost kamiona C = 82,2 %

III. G r e j d e r

Delovišče: od profila 60 dalje na novi gozdni cesti Kljukovec.
V lo urah je grejder razgrnil 70,2 m³ materiala
(26 kamionov) na dolžini trase 535 metrov (1806 m²)
v debelini 4-5 cm.

Obratovalni čas: 203,5 minut

Izkoriščenost stroja: 35,7 %

IV. V a l j a r

Delovni pogoji ugodni

Število prehodov valjarja: 4 ÷ 6

v lo urah je valjar utrdil 1598 m² (472 metrov) vo-
zišča

Efektivni čas valjarja: 72 minut

Izkoriščenost stroja: 12,6 %

Zaradi lažjega primerjanja podatkov o izkoriščenosti strojev
smo na naslednji strani sestavili razpredelnico.

Razpredelnica št. 35.

Vrsta strojev	Izkoriščenost strojev v odstotkih	
	prevozi	
	2 kamiona	3 kamioni
nakladalnik	26,7 %	39,3 %
kamion A	77,0 %	78,0 %
kamion B	76,0 %	86,0 %
kamion C	-----	82,2 %
grejder	21,0 %	35,7 %
valjar	11,0 %	12,6 %

Zgornja razpredelnica je zelo poučna, saj nam jasno pokaže, kako različna je izkoriščenost strojev pri kontinuiranem delu, kot je navoz in utrjevanje posipnega materiala za vozišče. Potek celotnega dela je takšen, da so si stroji pri svojem opravilu med seboj odvisni. Stopnja njihove izkoriščenosti je odvisna od storilnosti najbolj počasnega stroja, ki v celotnem procesu dela stvarja ozko grlo. Različne stopnje izkoriščenosti, ki jih razberemo iz zgornje razpredelnice, nam jasno kaže, da je storilnost (kapaciteta) strojev zelo različna, torej stroji niso med seboj po učinku usklajeni (sinhronizirani).

Če vzamemo primer prevoza materiala s 3 kamioni na relaciji 5400 m in pri povprečni stopnji izkoriščenosti kamionov 82 % lahko ugotovimo, da ima nakladalnik 2 krat preveliko kapaciteto, podobno tudi grejder, valjar pa kar 6 krat. V zgornjem primeru je ozko grlo prevoz s kamioni, zato bi morali povečati število kamionov za 2 krat. Iz grafikona št. 9 o potrebnem številu ka-

mionov za prevoz materiala lahko ugotovimo, da je za povprečno hitrost 22,5 km/h in za relacijo 5,4 kilometre potrebno 6,1 kamionov. Torej teoretično izračunane številke o potrebnem številu kamionov se nam popolnoma ujemajo s praktičnim primerom.

Važna je ugotovitev, da sta si kapaciteti nakladalnika Dodich 451 in grejderja STT G3 praktično usklajeni. Za naložitev 1 kamiona (2,7 m³ materiala) je potrebno delo nakladalnika povprečno 8,1 minut, za razgrnitev iste količine materiala z grejderjem pa povprečno 7,8 minut. Torej delo dveh najdražjih strojev je mogoče popolnoma sinhronizirati.

Kapaciteta valjarja teže 12 ton je glede na nakladalnik kot ključni stroj za 3,1 prevelika pri normalnih pogojih dela. K sreči pa je tudi obratovalna ura valjarja sorazmerno cenejša. Če bi bilo delovišče koncentrirano, je valjar mogoče istočasno uporabljati na dveh deloviščih.

Podatki iz razpredelnice št. 34 nam odkrijejo še drugo važno ugotovitev. Pričakovali bi, da bodo kamioni zaradi njihovega premajhnega števila (trije namesto šest) izkoriščeni 100 %. Meritve pa nam pokažejo, da so bili izkoriščeni le od 78 - 86 % ali povprečno 82 %. Za premajhno izkoriščenost kamionov je potrebno poiskati več vzrokov:

- prepozen prihod zjutraj na delovišče
- predčasen odhod iz delovišča
- okvare na kamionih
- nepotrebni zastoji
- zastoji pri drugih strojih.

Podatki o nepopolni stopnji izkoriščenosti kamionov popolnoma opravičujejo našo predpostavko, da je v obravnavanem grafikonu števil. 9 potrebno pri odčitavanju števila potrebnih kamionov vrednosti zaokroževati navzgor.

Podatki meritev o stopnji izkoriščenosti strojev nam zgovorno kažejo, kako nujna je dobra, naštudirana predpriprava za organizacijo dela in sinhroniziran potek samega dela, če hočemo, da bomo delo z mehanizacijo pocenili.

9.0 NAPAKE PRI UGOTAVLJANJU KUBATUR ZEMELJSKIH ODKOPOV

91.0 Nastavitev problema

Osnova za ugotavljanje količine dela in obseg stroškov pri vseh zemeljskih delih je kubatura zemeljskih mas. Pri tem upoštevamo kubaturo v raščenem stanju, da se tako izognemo računanju razpahlanosti, ki se spreminja glede na različnost materiala in glede na čas in vlogo. Tudi pri gradnji gozdnih cest imamo opravka v glavnem z zemeljskimi deli, predvsem pri izdelavi spodnjega ustroja. V načrtu izračunana kubatura zemeljskih mas nam služi za pravilno izbiro tehnike dela, izbiro strojev, organizacijo dela ter za obračunavanje stroškov. Po količini opravljenega dela, kar ugotavljamo na osnovi kubatur iz načrta, izplačujemo običajno tudi osebni dohodek delavcem. Zato bo dobil delavec pošteno plačilo za svoje delo le takrat, ko bo poleg realnih norm natančno izračunana tudi kubatura zemeljskih mas. V vsakem drugem primeru pa bo oškodovan ali delavec (strojnik pri strojni gradnji) ali pa delodajalec. Razumljivo je, da bomo skušali ugotoviti kubaturo čimbolj natančno, to velja tembolj v tistih terenih in kategorijah materiala, kjer je delo dražje. Vendar pri še tako vestnem delu nam ne bo uspelo izmeriti in izračunati absolutno natančne kubature, ampak le približno. Netočnost pri izračunu kubature izhaja iz naslednjih vzrokov:

- Pri vsakem merjenju delamo večje ali manjše napake, ki se jim zaradi stvarnih in subjektivnih vzrokov ni mogoče izogniti.

- Ugotavljanje kubature zahteva več različnih del na terenu in v pisarni (izmere prečnih profilov, risanje profilov, merjenje njih površin in izračunavanje kubatur), zato so tudi napake pogostejše.
- Prečne profile merimo na terenu v zelo neugodnih razmerah (strm in obruščen teren, utrudljivo in enolično delo, slabo vreme itd.), kar neugodno vpliva na točnost dela.
- Za izračun natančne kubature bi morali izmeriti zelo goste prečne profile. Tako delo je zamudno in ni gospodarno. Zato smo prisiljeni izmeriti le karakteristične prečne profile, pri tem pa odstopiti od točnosti snemanja terena.

Iz navedenega izhaja, da bo vsaka izračunana kubatura obremenjena z napakami. Zanima nas sedaj, kje te napake nastajajo, kakšnega značaja so in kako vplivajo na natančnost končno izračunane kubature. Predvsem pa hočemo ugotoviti, pri katerih postopkih je smotrno, da delamo čimbolj vestno in kedaj je prevelika natančnost odveč, ker bi nastale napake le malenkostno vplivale na natančnost kubature. V razpravi so vsi primeri vzeti iz dejanskih meritev pri praktičnem delu in smo se pri teoretičnem razglabljanju omejili le na najnujnejše. Izsledki obdelanih analiz veljajo predvsem za gozdne ceste na pobočjih. Takih cest pa tudi največ gradimo v naših gozdovih. Nadalje veljajo vsi izračuni za ceste z določenimi tehničnimi elementi (širina planuma v raščenem tlu je 3 m, naklon odkopne brežine 3:2). Na osnovi zakonitosti, ki jih bomo ugotovili v razpravi, ni težko prilagoditi izračune tudi za ceste z drugačnimi elementi.

Napake pri ugotavljanju kubatur bomo analizirali po sledečem vrstnem redu:

- 1.) napake zaradi nepravokotnosti prečnih profilov
- 2.) napake merjenja z razaliko
- 3.) napake merjenja z profilko
- 4.) napake zaradi netočnega risanja prečnih profilov
- 5.) napake zaradi netočnega merjenja površin preč. profilov
- 6.) napake zaradi poenostavljenega obrazca
- 7.) napake zaradi krivin
- 8.) napake zaradi preredkih prečnih profilov

Po tem vrstnem redu nastajajo napake pri samem delu pri dejanski izmeri in izračunu kubature odkopa.

92.0 Napake zaradi nepravokotnosti prečnih profilov

Za ugotavljanje kubature zemeljskega odkopa izmerimo vzdolž trase na karakterističnih prelomih terena prečne profile. Prečne profile postavljamo pravokotno na os trase, kar v praksi ne predstavlja nobenih posebnih težav, v krivini je prečni profil usmerjen v središče krožnega loka. Zaradi prezamudnosti se v praksi za določanje pravokotnosti ne poslušujemo nobenega instrumenta, niti preprostega pripomočka, ampak prečni profil postavimo vedno tako, da ocenimo pravi kot na premo, ki povezuje osni količ pred našim profilom in za njim. Pri takem načinu postavljanja prečnih profilov nastajajo napake, ki so odvisne od boljše ali slabše ocene pravokotnosti merilca. Napake nepravokotnosti so popolnoma slučajne in naj bi se podrejale zakonu slučajnih napak. Vsaki odklon od pravokotnosti pa ima za posledico sistematično napako pri računanju kubature, ker v tem primeru izračunamo vedno premajšo kubaturo.

Sedaj nas zanima, kolikšne napake dejansko delamo pri postavljanju prečnih profilov in postavimo še naslednje vprašanje, s kakšno napako izračunamo kubaturo zemeljskih odkopov.

V ta namen smo opravili 72 meritev na dejanski trasi na Travnigori. Teren je bil povprečno nagnjen 30 ‰, je delno zaraščen in kot kraški teren le blago razgiban. Prečni profili so bili izmerjeni v dolžini 6 m (2-krat postavljena lata po 3 m) levo in desno od osnega količa.

V prvi meritvi je traser postavljaj prečne profile pravokotno na os ceste brez pripomočkov, le po oceni, v drugi meritvi smo pravokotnost kontrolirali z zrcelno prizmo in grezilom. Pri primerjanju obeh meritev smo ugotovili naslednje:

Razpredelnica šjč. 36

	Odstopanje od pravokotnosti na dolžini 6 m					
	levo od osi trase			desno od osi trase		
	napake v smeri naprej	napake v smeri nazaj	brez napake	napake v smeri naprej	napake v smeri nazaj	brez napake
povprečna	54,0 cm (5° 9')	57,9 cm (5° 40')	-	63,2 cm (6° 1')	59,9 cm (5° 42')	
število primerov	20	20	1	18	14	2
maksimalna napaka	145 cm	133 cm	-	154 cm	132 cm	-

Iz prednjih podatkov je razvidno:

- da je odklon prečnega profila od pravokotnosti povprečno $\pm 5^{\circ} 26'$ ali $\pm 58,6$ cm na razdalji 6 m od osnega količa
- da je povprečna napaka skoraj enaka na desni in levi strani osnega količa
- da je napak v smeri naprej od pravokotnosti in v smeri nazaj od pravokotnosti po številu približno enako
- da so osi maksimalne napake približno enako velike

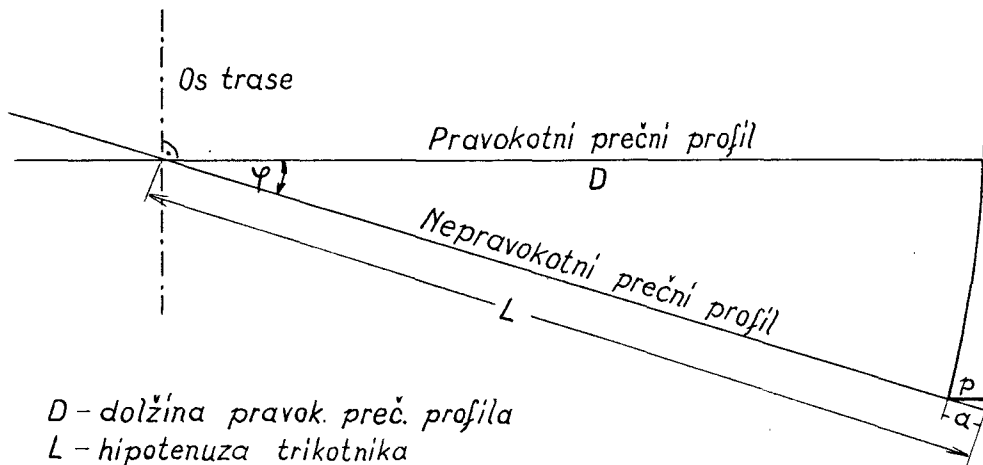
Ko smo ugotovili, da pri postavljanju prečnih profilov napravi-
mo povprečno za $\pm 5^{\circ} 26'$ odklona od pravokotne smeri, skušajmo
sedaj ugotoviti, za koliko % smo pri tem izračunali premajhno
kubaturo.

Te lažje predstavo si bomo pomagali s skicami. Slika 1. nam pred-
stavlja prečni profil v tlorisu.

Pri popolnoma horizontalnem terenu tudi velik odklon φ nima pri
računanju kubature nobenega vpliva. Čim pa je teren nagnjen, smo
z napako odvisno od kota φ izmerili za "p" prekratko razdaljo
glede na pravokotno postavljen prečni profil. Velikost horizon-
talne napake "p" izračunamo po obrazcu: $p = a \cdot \cos \varphi$, kjer "a"
pomeni podaljšek nepravokotnega prečnega profila in ga dobimo po
obrazcu:

$$a = L - D \text{ in } L = \frac{D}{\cos \varphi}$$

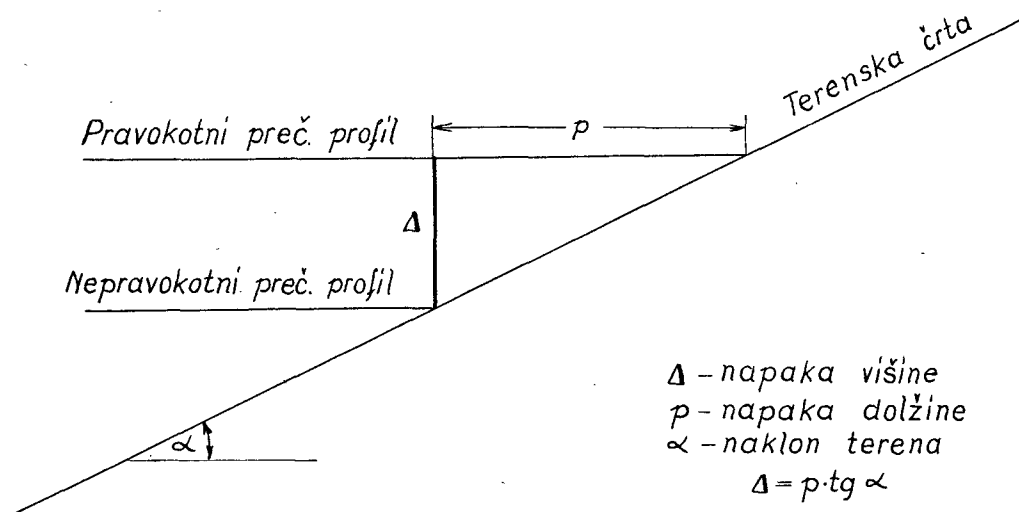
Nepravokotni prečni profil v tlorisu



D - dolžina pravok. preč. profila
L - hipotenuza trikotnika
 φ - kot odklona od pravokotnosti
p - napaka dolžine
 α - podaljšek nepravok. preč. profila
 $p = a \cdot \cos \varphi \quad \alpha = L - D \quad L = \frac{D}{\cos \varphi}$

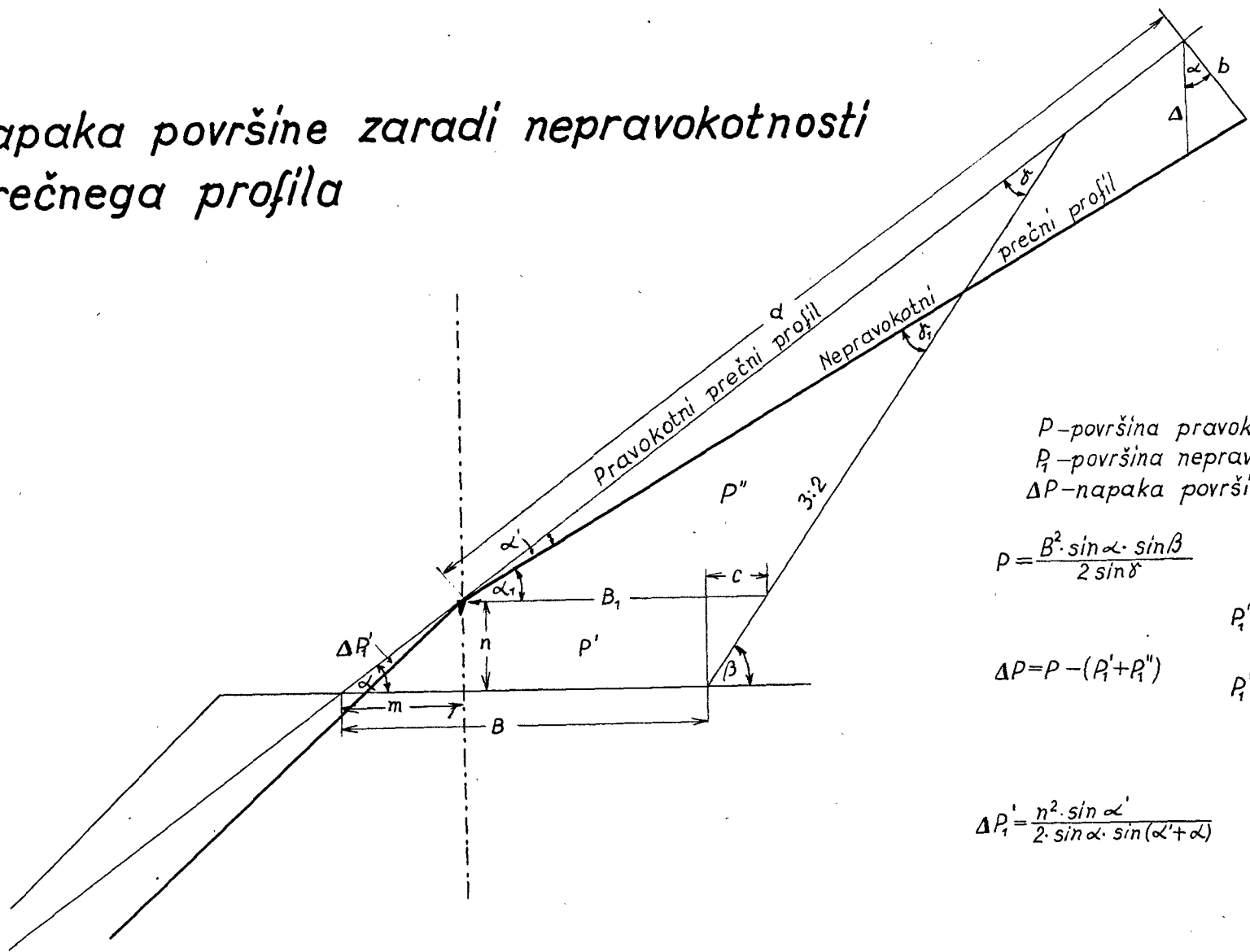
Slika 2

Višinska napaka zaradi nepravokotnega prečnega profila



Δ - napaka višine
p - napaka dolžine
 α - naklon terena
 $\Delta = p \cdot \text{tg } \alpha$

Napaka površine zaradi nepravokotnosti prečnega profila



P – površina pravokotnega pr. profila
 P_1 – površina nepravokotnega pr. profila
 ΔP – napaka površin

$$P = \frac{B^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta}{2 \sin \delta}$$

$$P_1 = P_1' + P_1''$$

$$P_1' = \frac{B + B_1}{2} \cdot n - \Delta P_1'$$

$$\Delta P = P - (P_1' + P_1'')$$

$$P_1'' = \frac{B_1^2 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \sin \beta}{2 \sin \delta_1}$$

$$\alpha_1 = \alpha - \alpha' \quad \delta_1 = \delta + \alpha'$$

$$B_1 = B - m + c$$

$$\Delta P_1' = \frac{n^2 \cdot \sin \alpha'}{2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin(\alpha' + \alpha)}$$

$$c = \frac{n}{\tan \beta} = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \quad n = m \cdot \tan \alpha$$

$$n = m \cdot \tan \alpha$$

Zaradi prekratko izmerjene razdalje prečnega profila za vrednost „p“ smo v odvisnosti od nagnjenosti terena napravili za Δ višinsko napako, ki jo izračunamo iz obrazca:

$$\Delta = p \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

α - naklon terena

p - horizontalna napaka (glej sliko št.2)

Vrednost vertikalne napake Δ glede na različne naklone terena in različne kote φ so podane v razpredelnici 37. Seveda izračuni veljajo le v tem primeru, da imamo opravka z idealno ravnim pobočjem.

Pri risanju prečnih profilov smo terensko črto na dolžini D narisali za vertikalno napako Δ prenizko, kar ima za posledico premajhno izmerjeno površino prereza in s tem premajhno kubaturo. Shematični prečni profil s prenizko terensko črto je prikazan na sliki 3. Da bi dobili neke določene vrednosti o končni napaki kubature, smo v račun vzeli naslednje predpostavke:

- naklon odkopne brežine je 3:2 ($\beta = 56^{\circ}21'$)
- širina planuma je 4 m, od tega je 3 m v raščinem tlu in 1 m v nasipu. Tako razmerje zaseka in prisipa smo vzeli glede na današnji način strojne gradnje, ne pa glede na teoretično potrebno razmerje.

Površine prečnega profila smo računali po osnovni formuli:

$$P = \frac{B^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta}{2 \sin \gamma}, \text{ pri čemer smo morali upoštevati še}$$

dodatne popravke, ker je osnovni trikotnik razpadel na več geometrijskih likov, ki so se odvisno od naklonov terena α in pri različnih vertikalnih napakah spreminjali.

Od- klon φ	Hori- zontal- na na- paka "p" v metrih	V e r t i k a l n a n a p a k a v m e t r i h							
		N a k l o n t e r e n a v %							
		10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	80 %	100 %
5°	0.0249	0.0025	0.0050	0.0075	0.0100	0.0124	0.0149	0.0199	0.0249
10°	0.0887	0.0089	0.0177	0.0266	0.0355	0.0443	0.0532	0.0710	0.0887
15°	0.2105	0.0210	0.0421	0.0631	0.0842	0.1052	0.1263	0.1684	0.2105
20°	0.3590	0.0359	0.0718	0.1077	0.1436	0.1795	0.2154	0.2872	0.3590

Razpredelnica št. 37.

	Od- klon φ	N a k l o n t e r e n a							
		10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	80 %	100 %
Kuba- ture odko- pov v m ³	0°	0.482	1.039	1.690	2.453	3.370	4.500	7.700	14.733
	5°	0.480	1.035	1.684	2.445	3.357	4.478	7.635	14.468
	10°	0.476	1.029	1.672	2.426	3.322	4.430	7.533	13.888
	15°	0.472	1.017	1.647	2.388	3.266	4.325	7.321	13.223
	20°	0.467	1.002	1.621	2.343	3.175	4.215	7.068	12.488
Napa- ka kuba- tur v m ³	5°	0.002	0.004	0.006	0.008	0.013	0.022	0.065	0.265
	10°	0.006	0.010	0.018	0.027	0.048	0.070	0.167	0.845
	15°	0.010	0.022	0.043	0.065	0.104	0.175	0.379	1.510
	20°	0.015	0.037	0.069	0.110	0.195	0.285	0.672	2.245
Napa- ka kuba- tur v %	5°	0.41	0.39	0.35	0.33	0.39	0.49	0.84	1.80
	10°	1.24	0.96	1.06	1.10	1.42	1.55	2.17	5.73
	15°	2.07	2.20	2.54	2.66	3.09	3.89	4.93	10.23
	20°	3.11	3.70	4.07	4.49	5.78	6.34	8.72	15.50

V razpredelnici 38 so podane vrednosti kubature (površina prečnega profila krat 1 m dolžine trase) ter absolutne vrednosti napak zaradi nepravokotno postavljenega prečnega profila pri različnih naklonih terena in različnih kotih odklona φ .

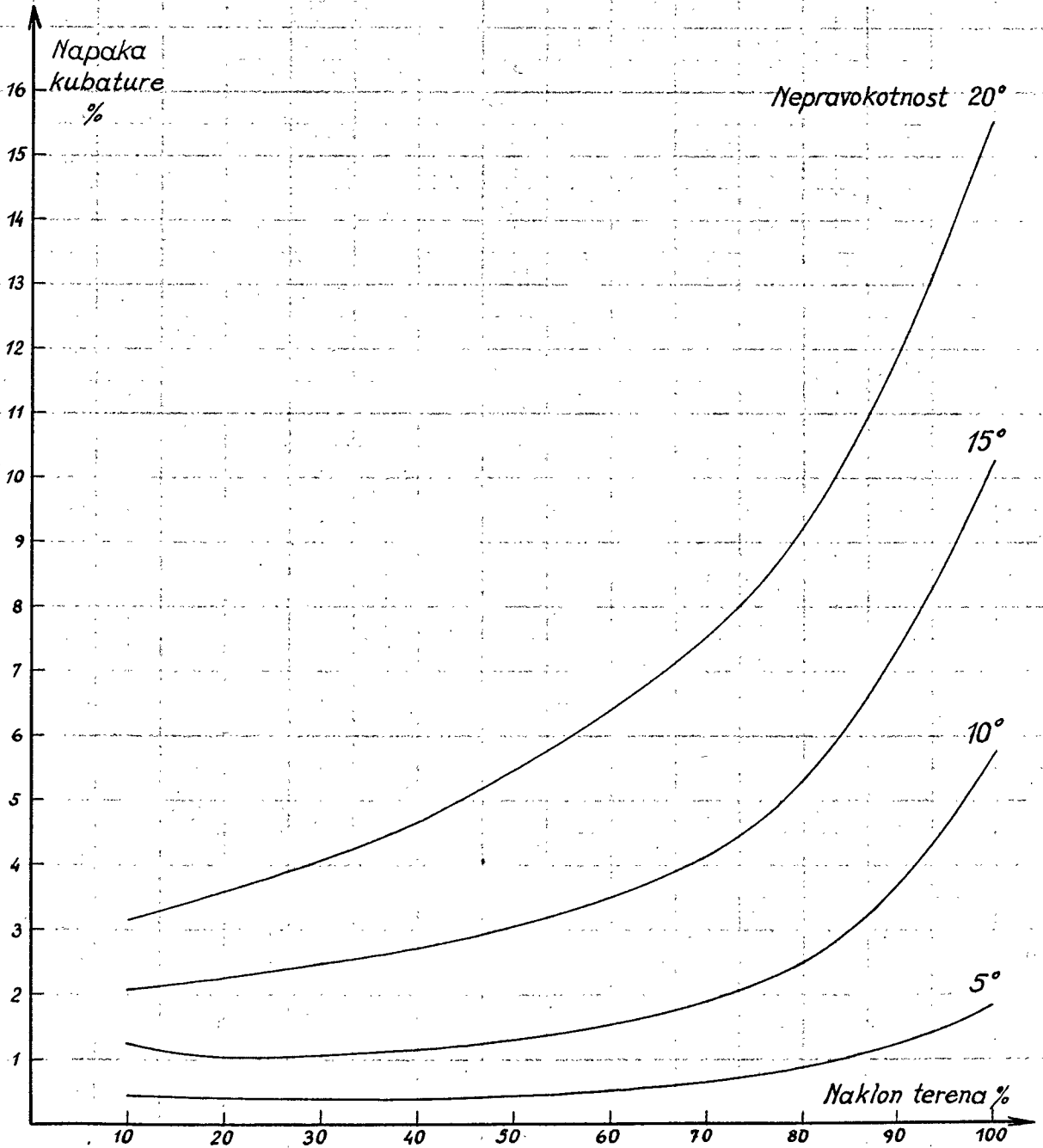
O vrednosti napak kubature pa nam daje mnogo bolj nazorno sliko grafikon št. 10. Iz njega je razvidno, da napake v kubaturi z večjim naklonom terena ne rastejo linearno, ampak v krivulji, ki tem bolj strmo narašča, čim večji je kot odklona α .

Če se sedaj končno vprašamo, kakšno srednjo napako delamo dejansko pri praktičnem delu zaradi nepravokotno postavljanja prečnih profilov, bi bil odgovor naslednji: pri trasiranju gozdnih cest, ki so na pobočju, nagnjenem povprečno 20-40 % in pri povprečnem odklonu 5° od pravokotnosti, izmerimo za 0,4 % premajhno kubaturo. Na osnovi izračunanih vrednosti se lahko potolažimo, da je napaka razmeroma majhna in je zato uporaba kakršnegakoli instrumenta za določanje pravokotnosti prečnega profila popolnoma odveč.

93.0 Napake merjenja z razalko

Pri merjenju prečnih profilov s popolnoma pravilnim postopičnim orodjem nastajajo napake pri odčitavanju vertikalnih vrednosti (napake merjenja s profilko) in pri odčitavanju horizontalnih vrednosti (napake merjenja z razalko). Te napake so največkrat posledica slabo postavljene profilke. Če profilko ne postavimo strogo vertikalno in jo ne prislonimo k razalki, dobimo napake pri odčitavanju. Razumljivo, da bo ta napaka tem večja, čim bolj je mesto odčitavanja oddaljeno od terena, torej na strmih terenih. Dalje lahko nastane napaka merjenja z razalko zaradi netočnega ali celo napačnega odčitavanja vrednosti na skali razalke.

Napaka kubature zaradi nepravokotnosti prečnih profilov



Zaradi tega izmerimo prekratke ali predolge dolžine prečnega profila, kar ima za posledico na nagnjenem terenu, da pri risanju prečnega profila narišemo terensko črto prenizko, kadar smo napravili pozitivno napako, ali previsoko, kadar smo napravili negativno napako. Če sedaj po istem postopku kot v prejšnjem poglavju izračunamo odstotno napako kubature, lahko vrednosti razberemo iz razpredelnice 39 .

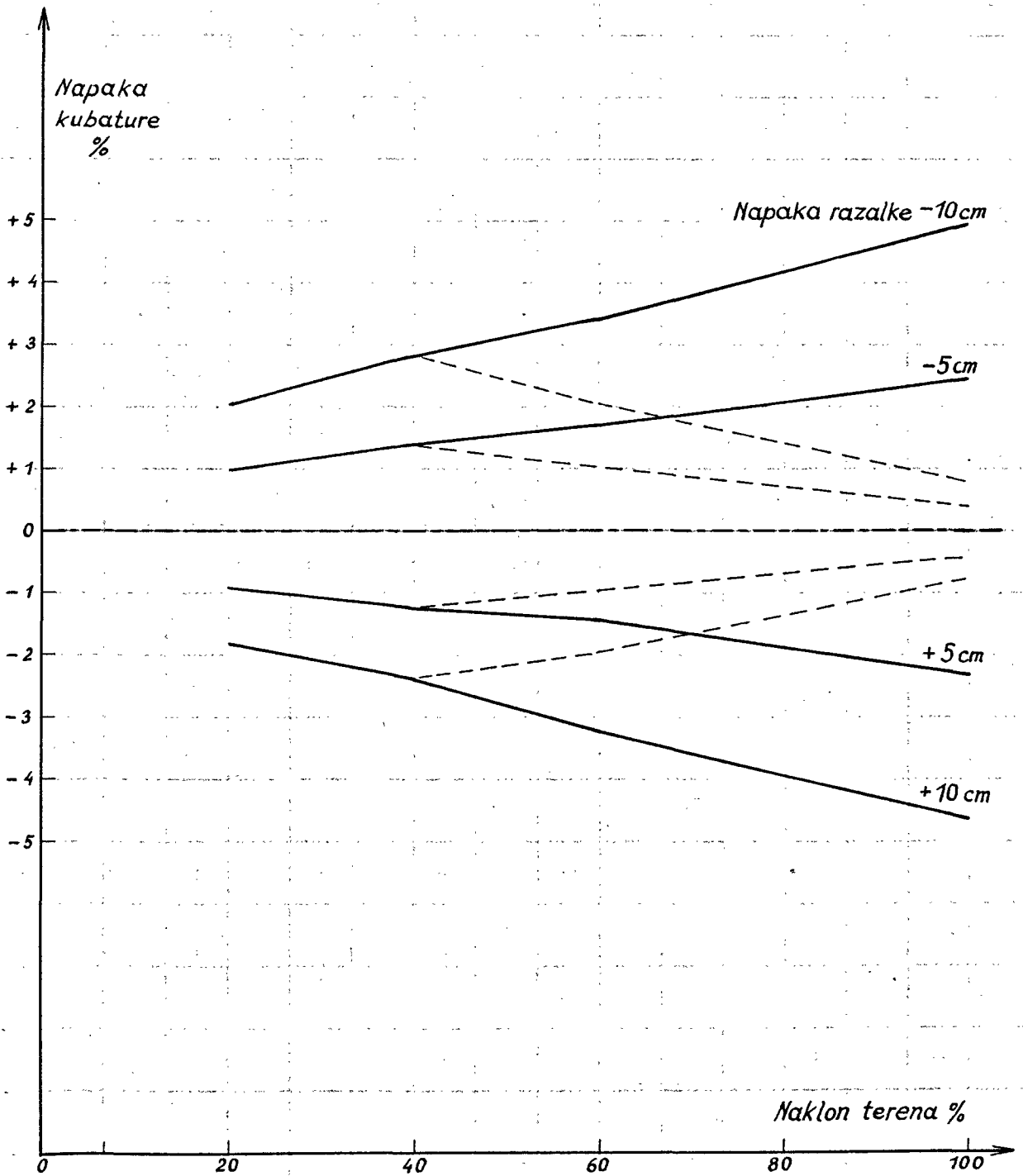
Razpredelnica št.39.

Napaka razalke	N a p a k a k u b a t u r e v %			
	n a k l o n t e r e n a			
	20 %	40 %	60 %	100 %
+ 5 cm	- 0,96	- 1,26	- 1,47	- 2,33
+ 10 cm	- 1,83	- 2,41	- 3,29	- 4,63
- 5 cm	+ 0,96	+ 1,35	+ 1,66	+ 2,41
- 10 cm	+ 2,02	+ 2,82	+ 3,38	+ 4,91

Grafikon št.11 daje naslednje zaključke:

- Odstotek napake kubature z večanjem naklona terena blago ter linearno narašča. Pri naklonu terena 100 % doseže odstotna napaka kubature zaradi razalke popolnoma enake vrednosti kot odstotna napaka kubature zaradi profilke.
- Predznak napake kubature je ravno obrnjen od predznaka napake razalke, to pomeni, če smo napravili pri razalki pozitivno napako (izmerili predolgo dolžino) je napaka kubature negativna, zato izračunamo premajhno kubaturo.

Napaka kubature zaradi razalke



- Odstotna napaka kubature se linearno povečujejo s povečanjem napak razalke.
- Pozitivne napake razalke dajejo od 0-0,28 % manjše napake kubature kot negativne napake razalke.
- V grafikonu je s prekinjeno črto podana spodnja meja odstotne napake kubature, ki jo povzročimo z napako razalke na dolžini 3 m in jo z nobenim popravkom na naslednji dolžini razalke ni mogoče več izboljšati.

94.0 Napake merjenja s profilko

Napake pri odčitavanju na profilki (vertikalne vrednosti na terenu) nastanejo lahko tako,

- da smo profilko zaradi neugodnega mesta na terenu postavili prenizko ali previsoko
- da je bila razalka nehorizontalno naravnana
- da smo napravili grobo napako pri odčitavanju na skali profilke

Vsaka taka napaka ima za posledico, da narišemo pri prečnem profilu terensko črto previsoko ali prenizko, s tem izračunamo preveliko ali premajhno površino prečnega profila. Vsak odklon od dejanske vrednosti na profilki nam daje že neposredno vertikalno napako Δ terenske črte. Napako kubature pa smo računali po istem postopku in vzeli iste predpostavke, kot pri poglavju o nepravokotnosti prečnega profila.

Vrednosti napak kubature v % so pokazane v razpredelnici št. in veljajo pri dolžini prečnega profila $D = 3,00$ m.

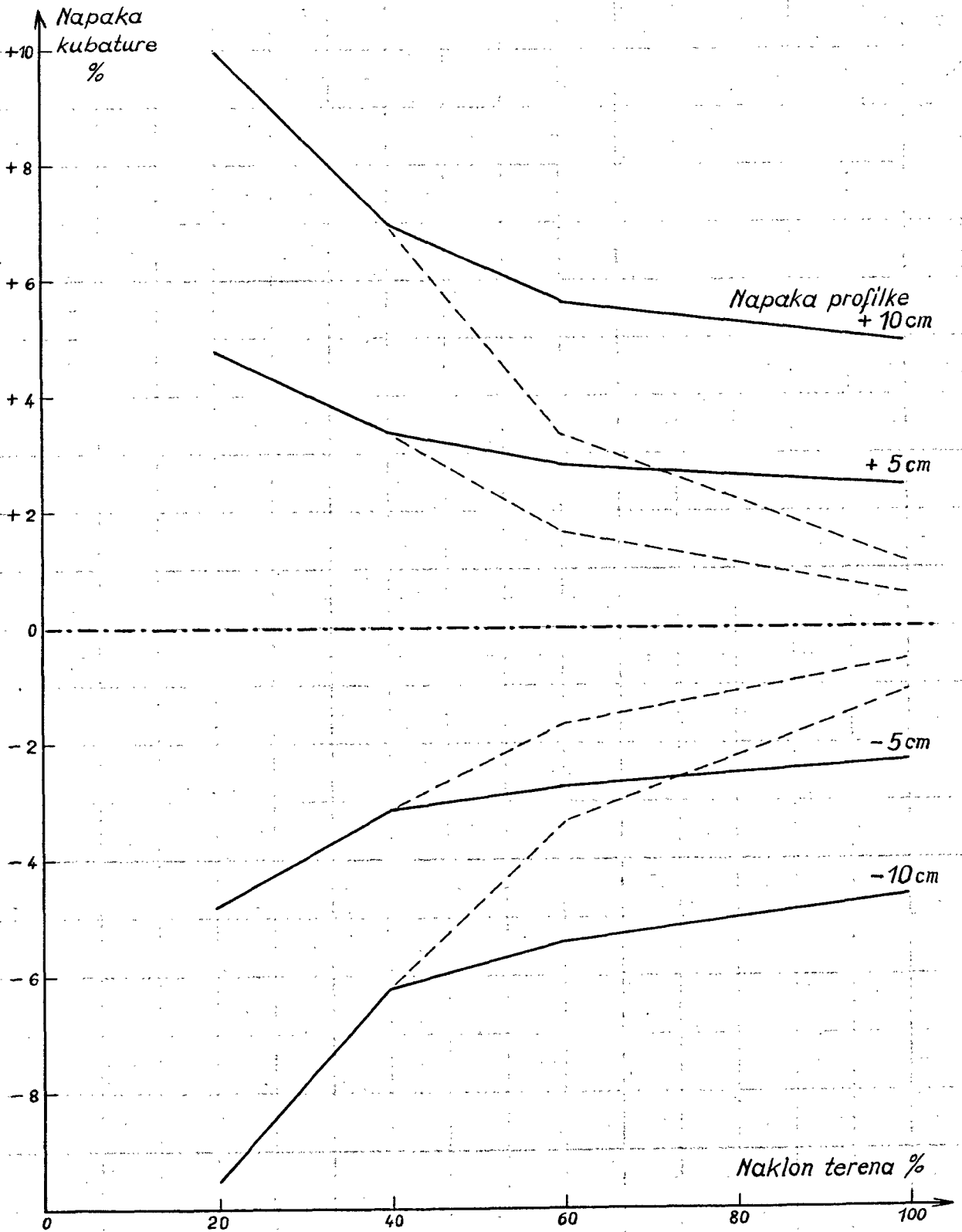
Razpredelnica št. 40

napaka profil- ke v cm	N a p a k a k u b a t u r e v %			
	n a k l o n t e r e n a			
	20 %	40 %	60 %	100 %
+ 5 cm	+ 4,81	+ 3,39	+ 2,80	+ 2,42
+ 10 cm	+10,02	+ 7,02	+ 5,67	+ 4,94
- 5 cm	- 4,81	- 3,18	- 2,76	- 2,34
- 10 cm	- 9,55	- 6,25	- 5,45	- 4,67

Iz grafikona št.12 lahko ugotovimo naslednje:

- odstotek napake kubature z večjim naklonom terena ne raste ampak pada in to hitreje pri manjših naklonih
- odstotek napake kubature skoraj proporcionalno pada ali raste s spreminjanjem napake profilke
- negativne napake profilke dajejo od 0-0,70 % nižje odstotne napake kubature kot pa pozitivne napake profilke
- dolžina prečnega profila $D = 3$ m zadostuje za naklon terena do 40 %. Napake profilke, storjene na dolžini prečnega profila 3 m dalje ne vplivajo na kubaturo
- od naklona terena 40 % dalje lahko z napako pri drugem odčitku na profilki odstotek napake kubature povečamo ali zmanjšamo, vendar ga v nobenem primeru ne moremo popraviti pod vrednostjo, ki je na grafikonu označena s prekinjeno črto
- napake kubature v odstokih so dosti bolj občutljive v terenu z manjšim naklonom kot z večjim. Pri naklonu terena 20 % vsak cm napake profilke pomeni tudi 1 % napake kuba-

Napaka kubature zaradi profilke



ture pri 100 % naklona pa je odstotek napake kubature polovico manjši.

95.0 Napake zaradi netočnega risanja prečnih profilov

Iz podatkov terenskega manuala, kamor smo beležili vrednosti snemanja prečnih profilov, v pisarni narišemo prečne profile. Merilo, v katerem narišemo profile, je odvisno od željene natančnosti. Razumljivo, čimvečjo natančnost želimo doseči pri merjenju površine prečnega profila, temvečje merilo bomo izbrali. Zaradi praktičnosti risanja in merjenja na milimetrskem papirju rišemo prečne profile za načrte gozdnih cest v merilu 1:100. Pri risanju pri še tako natančnem delu in priboru delamo napake. Napake nastanejo:

- a.) zaradi netočnega nanašanja terenskih podatkov
- b.) zaradi netočnega risanja črt
- c.) zaradi predebelih črt

Črta, ki omejuje prečni profil (horizontalna, brežinska in terenska) je lahko v celoti premaknjena za nekaj desetink milimetra (paralelni premik) ali pa je premaknjena prečno na smer pravilne črte (prečni premik). Če črto premaknemo navznoter profila, smo napravili negativno napako in zmanjšali površino profila oziroma kubaturo. Nasprotno pa povečamo kubaturo. Paralelni premik črte povzroči ali samo pozitivno ali samo negativno napako. Pri prečnem premiku črte dobimo pozitivno ali negativno ali obe hkrati, ki se lahko med seboj izravnata v primeru, ko sta si enako veliki. Zanima nas, v kakšni meri napake zaradi netočnega risanja vplivajo na končno izračunano kubaturo. V račun smo vzeli paralelni premik narisane črte (ker je največja verjetnost takega premika) ter iste elemente prečnega profila kot v prejšnjih poglavjih.

V razpredelnici št.41 so izračunane odstotne napake kubature glede na stopnjo premika črte pri risanju in glede na različen naklon terena:

Razpredelnica št.41

črta prečne- ga profila	napa- ka črte	N a p a k a k u b a t u r e v %			
		n a k l o n t e r e n a			
		20 %	40 %	60 %	100 %
hori- zonta- lna črta	0,2 mm	5,8	2,4	1,3	0,4
	0,4 "	11,5	4,9	2,7	0,8
	0,8 "	17,4	7,3	4,0	1,2
	1,0 "	28,9	12,2	6,7	2,0
bre- žin- ska črta	0,2 mm	1,6	1,6	1,6	1,6
	0,4 "	3,2	3,2	3,2	3,2
	0,6 "	4,8	4,8	4,8	4,8
	1,0 "	8,0	8,0	8,0	8,0
teren- ska črta	0,2 mm	6,9	3,6	2,6	1,9
	0,4 "	13,7	7,3	5,3	3,8
	0,6 "	20,6	10,9	7,9	5,7
	1,0 "	34,4	18,2	13,2	9,5

Iz tabele lahko napravimo naslednje zaključke:

- napaka proporcionalno narašča z večjo vrednostjo premika
- najmanj je občutljiva napaka pri brežinski črti, najbolj pa pri terenski črti
- napaka z večjo nagnjenostjo terena parabolično pada pri premiku horizontalne in terenske črte. Pri brežinski črti napaka prav tako pada pri brežinah z večjim naklonom

od 3:2, pri naklonu brežine 3:2 (primer našega računa) je ne glede na nagnjenost terena konstantna, pri brežinah z manjšim naklonom pa se napaka z nagnjenostjo terena povečuje,

- napake pri različnih črtah se v končnem računu seštevajo ali odštevajo glede na njihov predznak.

Primer: pri risanju prečnega profila v merilu 1:100 in nagnjenosti terena 40 ‰ smo horizontalno črto paralelno premaknili navznoter za 0,4 mm (s tem smo napravili napako kubature: - 4,9 ‰). brežinsko črto smo premaknili navznoter za 0,2 mm (napaka kubature: - 1,6 ‰), terensko črto pa smo premaknili za 0,6 mm navzven (napaka kubature : + 10,9 ‰), s tem smo narisali za 4,4 ‰ preveliko površino prečnega profila in za toliko neupravičeno povečali kubaturo. Iz tega izhaja napotilo, da je risarsko delo v pisarni potrebno opraviti z vso natančnostjo, če nočemo s površnim in malomarnim delom razvrednotiti vestno delo traserja, ko je na terenu v mnogo težjih okoliščinah zbiral podatke.

96.o Napake zaradi netočnega merjenja površin prečnih profilov

Iz narisanih prečnih profilov merimo njihove površine lahko na več načinov. Merjenje s planimetrom zaradi zamudnosti za praktično delo skoraj ne pride v poštev. Običajno površino merimo na osnovi seštevanja malih trapezov, ki nastanejo pri porazdelitvi prečnega profila na paralelne vertikalne pasove širine 1 cm. Pri tej metodi višine posameznih trapezov merimo s šestilom. Seveda tudi pri tem merjenju delamo napake. Napaka, ki jo pri tem napravimo, je slučajna in nima vpliva pri merjenju sosednje sekcije, zato se pri večjem številu sekcij napake med seboj izravnavajo.

Odstotek napake kubature ene sekcije je odvisen od višine sekcije in seveda od velikosti napravljenе napake. Za orientacijo podajamo napake kubature v % za 1 sekcijo v razpredelnici št.42 :

Razpredelnica št.42

Napake meritve	Napaka kubature v % ene sekcije					
	višina sekcije					
	5 mm	10 mm	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm
0,2 mm	4,0	2,0	1,3	1,0	0,8	0,7
0,4 "	8,0	4,0	2,7	2,0	1,6	1,3
0,6 "	12,0	6,0	4,0	3,0	2,4	2,0
1,0 "	20,0	10,0	6,7	5,0	4,0	3,3

Odstotek napake kubature raste linearno z velikostjo napake meritve in parabolično pada z višino sekcije.

Podrobno napake merjen površine tukaj ne bomo obravnavali, ker so napake slučajne in se pri velikem številu sekcij po zakonu verjetnosti med seboj izravnavajo. V primeru, da računamo površine analitično z merjenjem celih stranic prečnega profila, so napake analogne napakam izračunanih v razpredelnici št.41. .

97.0 Napake zaradi poenostavljenega obrazca.

Ko smo na osnovi narisanih prečnih profilov dobili površine odkopov, lahko s pomočjo njih izračunamo kubaturo med dvema profiloma. V praksi se zaradi poenostavljenosti kubatura računa po obrazcu:

$$V = \frac{P_i + P_{i+1}}{2} \cdot l$$

kjer pomeni: P_i - površina prečnega profila

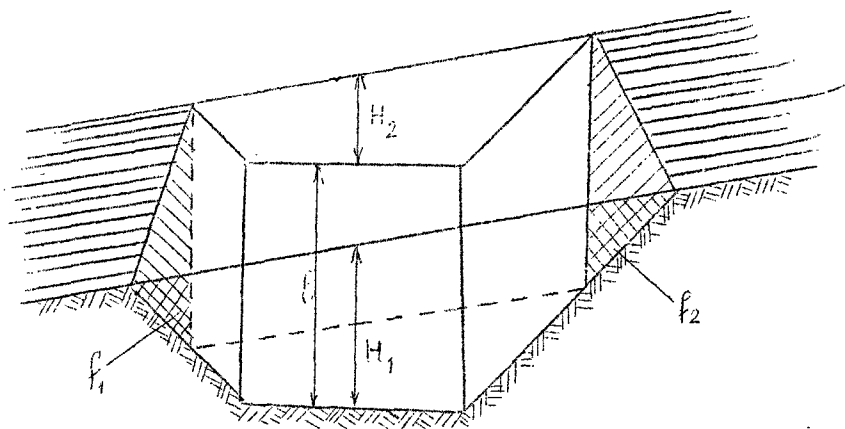
l - razdalja med profiloma

Ta obrazec pa daje točne rezultate samo v primeru, če računamo volumen prizme ali klina. Takih primerov pri praktičnem računanju skoraj ni. Dejansko imamo opravka z različnimi geometrijskimi telesi od prizmatoida, prisekane piramide do prave piramide. Za vse te raznolikosti zemeljskih teles nam gornji obrazec daje previsoke rezultate, torej izračunamo prevelike kubitature. Za računanje popravkov, za kolikor preveč izračunamo kubituro, navajajo avtorji različne obrazce.

Tako Duhm, J. (3) navaja, da je popravek:

$$\Delta V = \frac{f_1 + f_2}{6} \cdot l$$

Vrednosti f_1 in f_2 sta površini, ki jih odsečeta paralelni ploskvi na trapezoidu.



Prof. Simonović M. (7) podaja formulo za popravek:

$$\Delta V = \frac{m}{6} (H_1 - H_2)^2 \cdot l$$

kjer pomeni: m - tangens odkopne (nasipne) brežine

H_1 in H_2 višini odkopa (nasipa) v profilu 1 in 2.

Ta obrazec za popravek velja v enem samem primeru, ko sta si terenski črti na obeh prečnih profilih paralelni. Takih primerov pa ni veliko.

Prof. Flögl S. (4) podaja zelo kompliciran obrazec:

$$\Delta V = \frac{(V_{i-1} - V_i)^2 \operatorname{ctg} \alpha}{6(1 - \operatorname{ctg}^2 \alpha \cdot \operatorname{tg}^2 \beta)} \cdot l_i$$

Pri tem pomeni: α - kot naklona odkopne brežine

β - kot med terensko črto in horizontalo

l_i - razdalja med profiloma

Nihče od avtorjev, kolikor jih poznamo, pa ne navaja niti približne vrednosti, kolikšne so dejanske napake kubature v primeru, ko računamo po poenostavljenem obrazcu aritmetične sredine.

Da bi imeli predstavo o tem, kakšno napako napravimo pri praktičnem računanju s poenostavljenim obrazcem, podajamo grafikon št. 13, kjer lahko odčitamo napako kubature v odstotku glede na razliko površine med dvema sosednima profiloma. V ta namen smo sestavili obrazec in po njem računali napako:

$$\Delta V = V_1 - V_2 = \frac{1}{3} V_1 - \frac{1}{3} \sqrt{P_1 \cdot P_2}$$

kjer pomeni:

V_1 - kubatura po poenostavljenem obrazcu:

$$V_1 = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot \ell$$

V_2 - kubatura priskekane piramide, kot osnovni obrazec za računanje kubature odkopa na nagnjenem terenu.

$$V_2 = \frac{\ell}{3} (P_1 + P_2 + \sqrt{P_1 P_2}) = \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell}{2} (P_1 + P_2) + \frac{\ell}{3} \sqrt{P_1 P_2} = \frac{2}{3} V_1 + \frac{\ell}{3} \sqrt{P_1 P_2}$$

$$\Delta V = V_1 - V_2 = V_1 - \frac{2}{3} V_1 - \frac{\ell}{3} \sqrt{P_1 P_2} = \frac{1}{3} V_1 - \frac{\ell}{3} \sqrt{P_1 P_2}$$

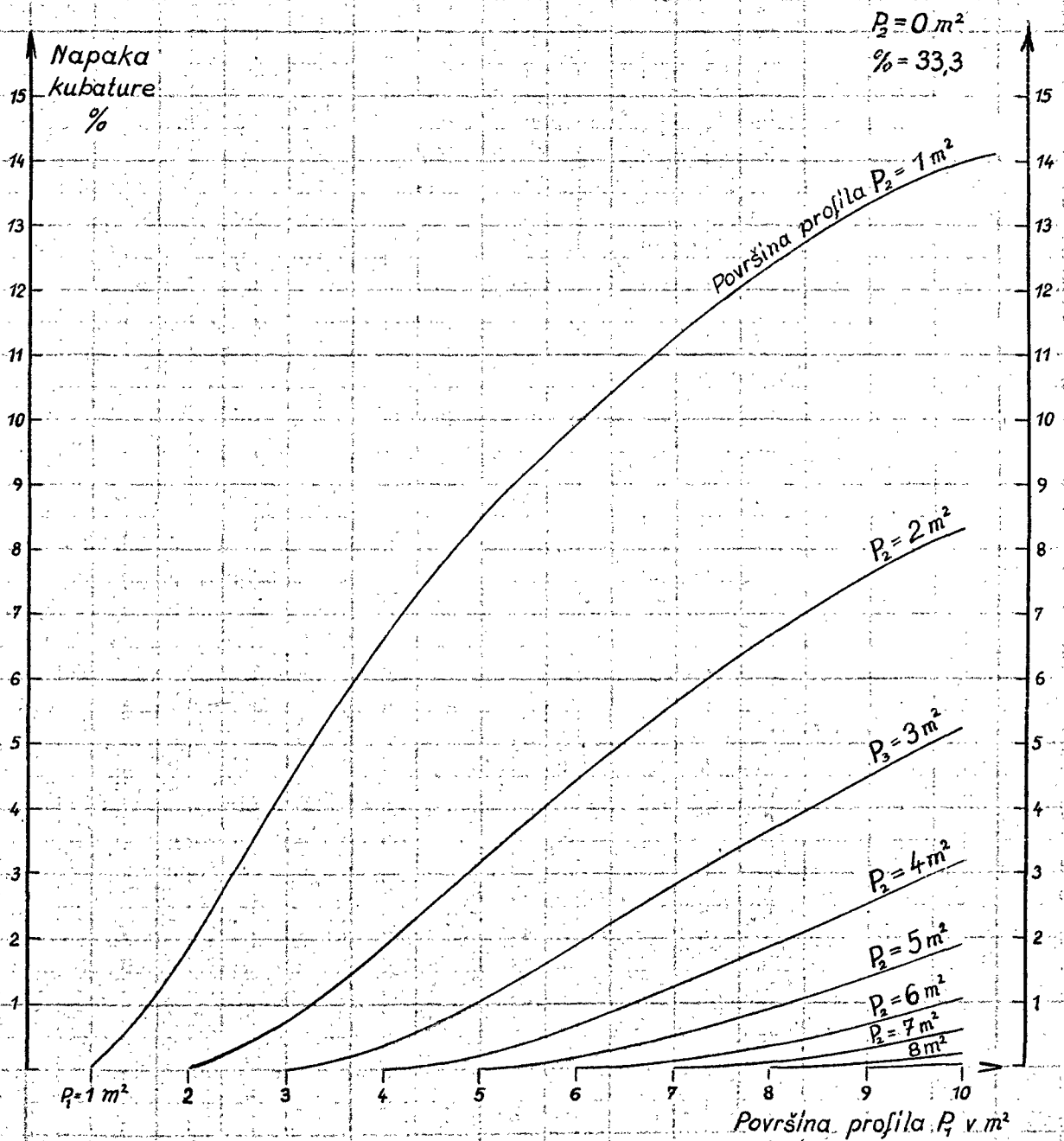
P_1 in P_2 - površini prečnih profilov

ℓ - razdalja med profiloma

Obrazec priskekane piramide daje točne kubature odkopov ne glede na obliko prečnega profila. (po poznmem Cavalierijevem stavku iz geometrije) razen v primeru, kadar si lika dveh prečnih profilov nista skladna. Na terenu srečamo take primere tedaj, kadar se hitro spremeni naklon brežinske ali terenske črte. V takem primeru ena ploskev geometrijskega telesa dobi obliko elise (ploskev je zavita v obliki ladijskega vijaka) in volumna brez integralnega računa ne moremo izračunati.

Primer: Na prečnem profilu P_1 smo imeli površino $4,0 \text{ m}^2$, na P_2 pa $2,0 \text{ m}^2$. Po enostavljenem obrazcu je srednja površina $\frac{P_1 + P_2}{2} = \frac{4 + 2}{2} = 3 \text{ m}^2$ in pri 10 m dolgi trasi je kubatura mase: $3 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m} = 30 \text{ m}^3$. Zaradi poenostavljenega obrazca smo izmerili preveliko kubaturo. Iz grafikona odčitamo, da znaša ta napaka $1,9 \%$. Dolžina med profiloma (ℓ) ne vpliva na $\%$ napake, ampak samo razlika površin sosednjih prečnih profilov.

Napaka kubature zaradi poenostavljenega obrazca



Grafikon št.13 nam pojasnuje naslednje:

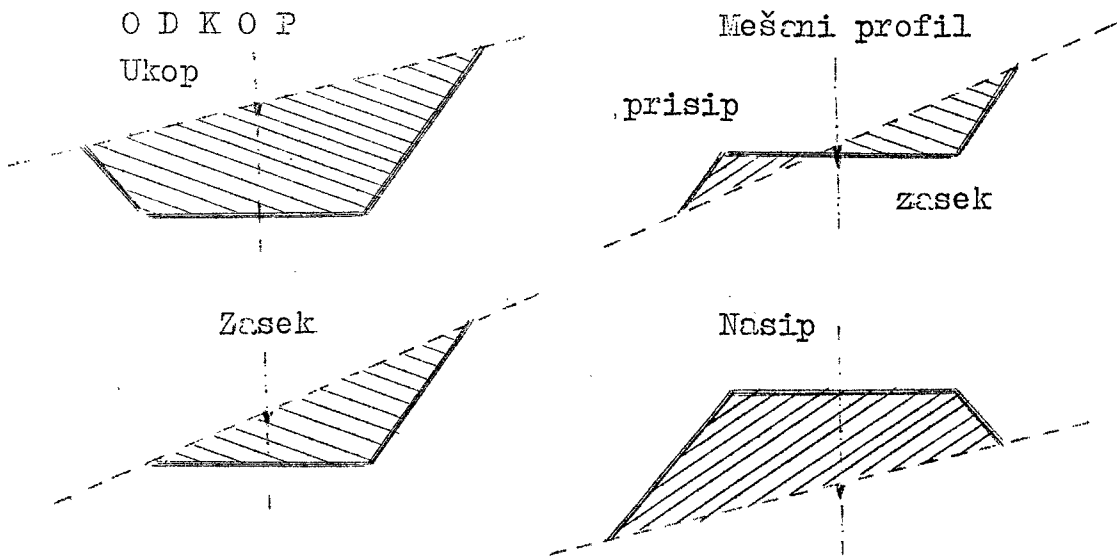
- napaka kubature v % je tem večja, čimvečja je razlika površin P_1 in P_2 . Naraščanje napake z večjo razliko ne poteka ninearno, ampak v obliki potenčne funkcije;
- če je površina $P_2 = 0$, dobimo konstantno napako 33,3 % ne glede na velikost P_1 in je tedaj tudi maksimalna napaka.

Zanima nas, kakšne napake dejansko delamo pri našem praktičnem delu zaradi računanja po poenostavljenem obrazcu. V ta namen smo analizirali štiri glavne projekte za gozdne ceste v področju Pokljuke in Jelovice. Zbrani podatki nam kažejo naslednje:

Razpredelnica št.43

Glavni projekt	Macesnovec I.	Macesnovec II.	Selška pl. Martin. II.	Martinček
dolžina trase	3080 m	3082 m	2600 m	2260 m
število profilov	313	176	276	231
razdalja med profili	9,8 m	17,6 m	9,4 m	10,3 m
<u>Delež prečnih profilov:</u>				
ukop	18,2 %	7,0 %	6,7 %	18,6 %
čisti zasek	38,4 %	13,0 %	21,6 %	9,1 %
mešani profil	30,8 %	77,0 %	48,8 %	36,4 %
nasip	13,4 %	3,0 %	32,9 %	35,9 %
prehod iz odkopa v nasip	5,7 %		9,5 %	
povprečna kubatura	2,87 m ³ /m	2,15 m ³ /m	2,80 m ³ /m	2,46 m ³ /m
razlika površin ($P_1 - P_2$)	2,22 m ³		1,65 m ³	1,78 m ³

Na sliki št.5 so prikazane značilne oblike prečnih profilov gozdne ceste.



Iz podatkov v razpredelnici št.43 razberemo, da je delež posameznih oblik prečnih profilov pri raznih cestah zelo različen, kar je pogojeno v največji meri od konfiguracije terena, delno pa od načina gradnje. Projekta Macesnovec I. in Martinček I. sta bila pripravljena za ročno gradnjo, zato je opazen velik delež ukopa (18,2 % in 18,6 %). Pri strojni gradnji se poveča odstotek zaseka na račun ukopa ter prevladujejo mešani profili (77,0 % in 48,8 %). Lahko zaključimo, da v naših hribovitih terenih pri današnji strojni gradnji prevladujejo prečni profili v raščinem tlu v obliki poševnega trikotnika (zasek in mešani profil), saj je teh po analiziranih projektih kar od 70-90 %. Dalje nam podatki kažejo, da je povprečno od 2,15 do 2,80 m³ odkopa na tekoči meter trase. Ti podatki so za vse projekte precej izenačeni. Upoštevati moramo, da so to le povprečja in izračunana na celotno dolžino trase (tudi na mestih, kjer je nasip), zato so na sekcijah odkopa (ukop, zasek, mešani profili) kubature večje in znašajo povprečno od 2,96 do 3,14 m³ po tekočem metru. Pri analizi 330 prečnih profilov na odkopu smo ugotovili, da je povprečna razlika površin ($P_1 - P_2$) med dvema sosednjima profiloma 1,88 m².

Iz teh podatkov sedaj lahko zaključimo, da je na sekcijah povprečna površina profila v raščnem tlu 3 m^2 (zaokroženo) in ker je razlika površin med sosednjima profiloma 2 m^2 (zaokroženo), mora polovica prečnih profilov imeti povprečno površino $P_1 = 4 \text{ m}^2$ in polovica $P_2 = 2 \text{ m}^2$.

Če sedaj upoštevamo zgornje ugotovitve, iz grafikona št. 13 odčitamo, da pri praktičnem računu zaradi poenostavljenega obrazca izračunamo za 1,9 % preveliko kubaturo. K temu moramo prišteti še računanje kubatur pri prehodu iz odkopa v nasip ($P_2 = 0$), kjer pa je računska napaka zelo občutna (33,3 %). Prečnih profilov na takih prehodih je po naših analizah bilo povprečno 7 % kar preračunano na skupno kubaturo predstavlja povprečno napako v kubaturi 1,1 %. Torej lahko zaključimo, da v praksi po poenostavljenem obrazcu izračunamo v celoti za 3 % preveliko kubaturo.

98.o Napake zaradi krivin

Kubaturo zemeljskih odkopov smo izračunali tako, da smo aritmetično sredino površin dveh sosednjih prečnih profilov pomnožili z dolžino - razdaljo med profiloma. Tako izračunana kubatura bo realna samo v premi, medtem ko v krivini izračunamo napačno kubaturo. Napaka nastane zaradi tega, ker vzamemo razdaljo med profiloma po osi trase, ne pa razdaljo med težišči površin obeh profilov. Ta dolžina pa je lahko večja od osne (v krivinah v konkavnih oblikah terena) ali pa manjša od osne dolžine (v krivinah v konveksnih oblikah terena). Glede na to izračunamo premajhno oziroma preveliko kubaturo.

Spet si postavimo osnovno vprašanje, kakšno napako dejansko lahko pričakujemo.

Napako bomo izračunali po obrazcu:

$$\Delta V = V' - V$$

V' - kubatura, kjer smo vzeli osno dolžino (l)

$$V' = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot l$$

V - kubatura, kjer vzamemo pravo dolžino med težiščema površin (s)

$$V = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot s$$

Vrednost „ s “ določimo grafično za vsak primer posebej. Za računanje napake kubature le lahko poslužimo približnega obrazca, ki smo ga v ta namen sestavili in ga tukaj navajamo. Napaka kubature v % je enaka:

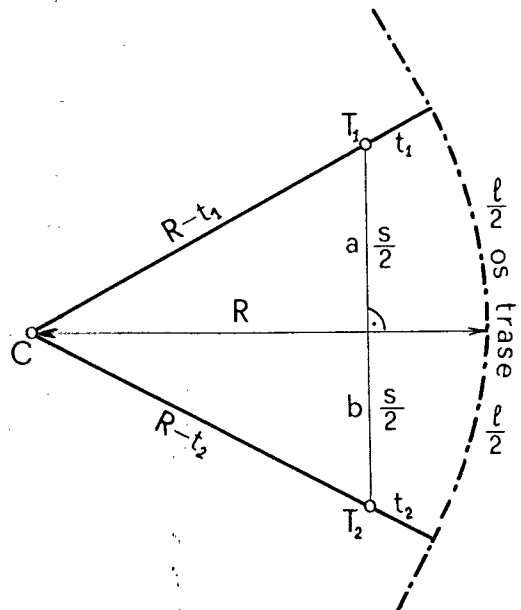
$$\Delta V \% = \frac{(t_1 + t_2)}{2R} \cdot 100$$

Obrazec je zelo uporaben, ker je enostaven, nam daje takoj napako kubature v odstotkih ter nam za praktično rabo daje dovolj natančne rezultate.

Vrednosti t_1 in t_2 sta razdalji med težiščem in osjo ceste. Ta razdalja se pri profilih do naklona terena 60 % le malo spreminja in zavzema pri krivini konveksni obliki terena vrednosti od 1,0 m (skoraj raven teren) do 1,68 m (naklon terena 60 %, brežina 3:2 in planum v terenu 3,0 m). Zaradi tako majhnega spreminjanja razdalje težišča lahko predpostavimo, da razdalja „ s “ stoji pravokotno na simetrali loka in da sta razdalji „ a “ ter „ b “ enaki $\frac{s}{2}$.

Skica št. 6

Krivina v konveksni
obliki terena.



Pri kratkih lokih lo m (ali celo 5 m) in pri R večjih od lo m je dolžina loka prav malo daljša od dolžine tetive. Zaradi praktičnega računa upoštevamo dolžino tetive namesto loka (netočnost obrazca izhaja iz te predpostavke). Sedaj lahko iz podobnosti trikotnikov izračunamo dolžino "s".

$$a = \frac{s}{2}$$

$$b = \frac{s}{2}$$

$$a : \frac{l}{2} = (R - t_1) : R$$

$$b : \frac{l}{2} = (R - t_2) : R$$

$$a \cdot R = \frac{l}{2}(R - t_1)$$

$$b \cdot R = (R - t_2) \cdot \frac{l}{2}$$

$$a = \frac{(R - t_1)}{R} \cdot \frac{l}{2}$$

$$b = \frac{(R - t_2)}{R} \cdot \frac{l}{2}$$

$$s = a + b$$

$$s = \frac{l \{ 2R - (t_1 + t_2) \}}{2R}$$

Napako kubature v odstotkih izvajamo iz naslednjih obrazcev:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100$$

$$\Delta V = V' - V \quad V' = \frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot l$$

$$V = \frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot s = \frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot \frac{l [2R - (t_1 + t_2)]}{2R}$$

$$\Delta V \% = \frac{\frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot l - \frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot \frac{l [2R - (t_1 + t_2)]}{2R}}{\frac{(P_1 + P_2)}{2} \cdot l} \cdot 100 = 1 - \frac{2R - (t_1 + t_2)}{2R} \cdot 100$$

$$\Delta V \% = \frac{(t_1 + t_2)}{2R} \cdot 100$$

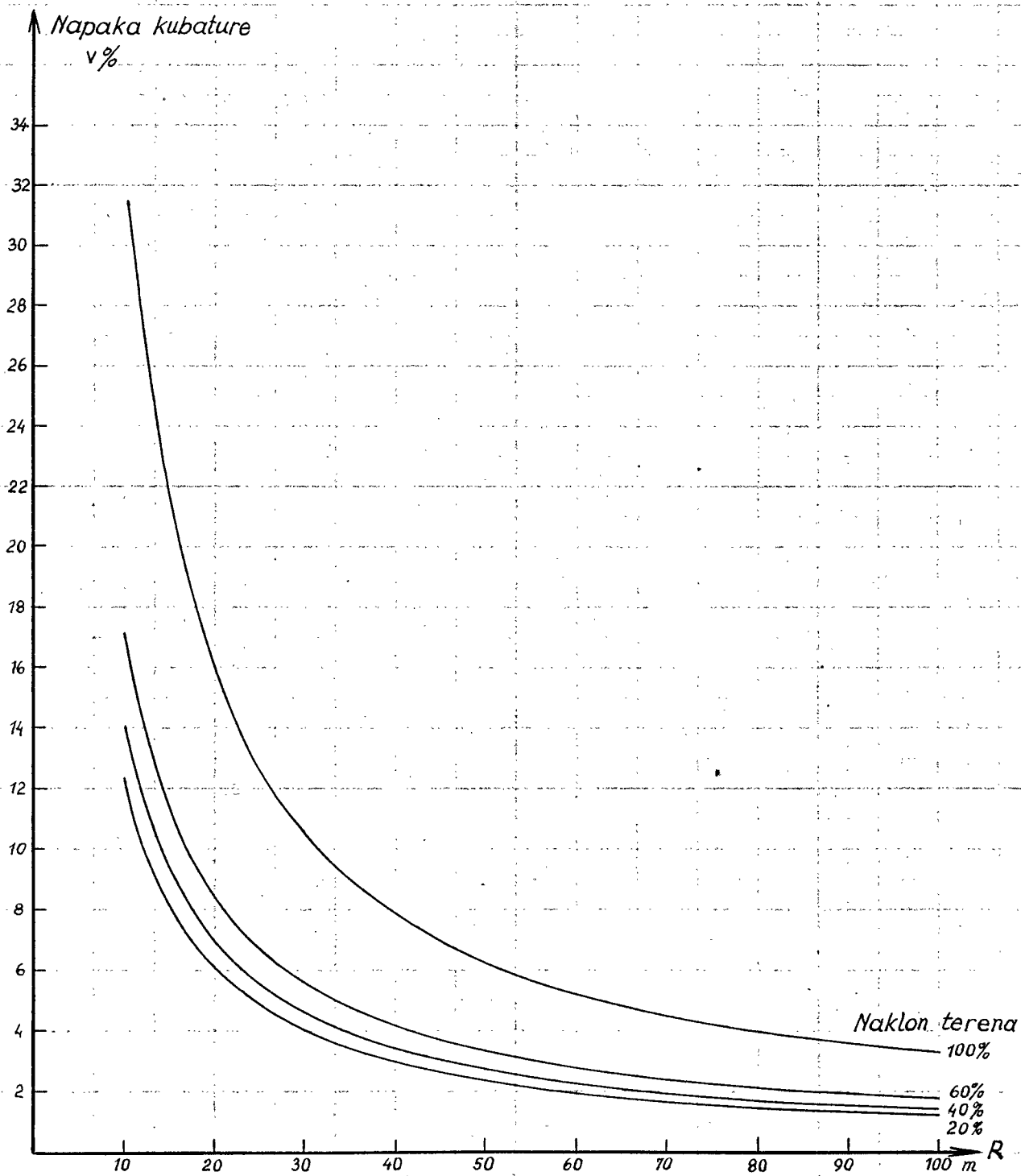
V spodnji razpredelnici št. podajamo vrednosti odmika težišča od osi trase pri prečnih profilih, kjer je planum 3 m v raščnem tlu in naklon odkopne brežine 3:2 in veljajo za krivine v konveksni obliki terena.

Razpredelnica št. 44

Naklon terena	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	80 %	100 %
odmik težišča od osi	1,20m	1,22m	1,30m	1,38m	1,50m	1,68 m	2,18 m	3,15m

V naslednjem grafikonu št.14 so podane napake kubatur v % zaradi odstopanja osne razdalje od dejanske. Vrednosti so izračunane za različne R in različne naklone terena.

Napaka kubature zaradi krivin



Primer:

Če imamo krivino $R = 30$ m in naklon terena 40 %, potem smo napravili napako v izračunu kubature za 4,6 %. V krivini v konveksni obliki terena smo za toliko izračunali preveliko kubaturo, v krivini v konkavni obliki terena pa za prav toliko premajhno kubaturo. Iz grafikona št.14 lahko ugotovimo, da napaka kubature zaradi krivine z večanjem R parabolično pada, a z večjim naklonom terena raste v obliki potenčne funkcije.

Pri dolgi trasi obstaja verjetnost, da se bodo napake med seboj izravnale zaradi približno enakega števila krivin v konveksni in konkavni obliki terena. Kadar pa imamo opravka s krajšim odsekom in enosmernimi krivinami, so napake v kubaturi lahko zelo občutne in jih moramo upoštevati.

Predpostavko, da se napake zaradi krivin na dolgi trasi izravnajo, nam popolnoma potrjujejo rezultati, ki smo jih dobili pri analizi situacijskih načrtov treh gozdnih cest na Jelovici v skupni dolžini 14,8 km.

Podatki analize so podani v razpredelnici št.45 na naslednji strani.

Razpredelnica št. 45.

Oznaka gozdne ceste	G 1	G 11	G 15
Naziv gozdne ceste	Vodiška planina	Bohinjka	Polžek
kategorija ceste	magistralna (cesta vez-nica)	magistrala (cesta vez-nica)	krak
letna obremenitev ceste s prevozom lesa*)	13.475 m ³	3.468 m ³	779 m ³
leto gradnje	rekonstruk. 1948	1957	1963
način gradnje	ročno	ročno	strojno
dolžina ceste	10 128 m	12 810 m	1 896 m
število desnih krivin	90	71	15
število levih krivin	89	66	16
povprečna dolžina desnih krivin	38.4 m	49.7 m	35.8 m
povprečna dolžina levih krivin	45.4 m	49.8 m	35.2 m
povprečni radij krivin	48.8 m	86.0 m	46.1 m
povprečna dolžina medpreme	29.8 m	54.6 m	36.6 m
odstotek krivin	74.2 %	48.5 %	63.3 %

*) Letna obremenitev je izračunana iz povprečnih prevozov lesa v letih 1955-65.

Iz prednje razpredelnice lahko ugotovimo naslednje:

- 1.) Število desnih in levih krivin je pri daljši dolžini ceste skoraj enako. Pri cesti G 1. in G 15. je razlika le za eno krivino, le pri cesti G 11 je razlika za 5 krivin.
- 2.) Povprečna dolžina desnih in levih krivin je zopet skoraj enaka. Odstopanja pri cesti G 11 in G 15 so minimalna (0,2 % oziroma 1,7 %), pri cesti G 1 pa je razlika večja (15,5 %).
- 3.) Tehnični elementi so pri magistralni cesti (veznici) ugodnejši (večji radij, manjše število in odstotek krivin), seveda če so terenske razmere slične. Iz razpredelnice je razvidno, da je cesta G 1 položena v najtežjem terenu, saj ima cesta kar 74,2 % krivin, vmesne preme so najkrajše in tudi polmeri so skoraj enaki kot pri cesti G 15, ki je le stranski krak.

99.o Napake zaradi preredkih prečnih profilov

Prečne profile postavljamo na kritičnih prelomih terena ali na stalnih krajših dolžinah (n.pr. 10 m ali 5 m). V nobenem primeru pa ne moremo zajeti popolnoma natančno obliko terena. Če bi hoteli izmeriti vse podrobnosti terena, bi morali postavljati prečne profile zelo na gosto - odvisno od razgibanosti mikroreliefa. Gosti profili pa zahtevajo zamudno terensko merjenje in obsežno delo v pisarni. Tako moramo v praksi gostoto prečnih profilov izbirati glede na želeno natančnost izračunske kubature odkopov in ekonomičnostjo terenskega in pisarniškega dela.

V težkih terenih (velik obseg dela po tekočem metru trase, zato tudi draga gradnja) bomo skušali izračunati kubaturo čimbolj natančno, zato bomo postavili tudi gostejše prečne profile. Nasprotno pa si bomo na blago nagnjenem pobočju v terenu III. ka-

tegorije zadovoljiti le z redkimi profili. Zavedali se bomo, da je izračunana kubatura manj točna, vendar spričo velike storilnosti buldožerja pri gradnji cest na takem terenu, pretirane točnosti niti ne zahtevamo.

Z namenom, da bi ugotovili, kako gostota prečnih profilov vpliva na točnost izračunane mase, smo izbrali poskusni odsek trase (400 m) na blago razgibanem pobočju naklona 30-40 %. Prečne profile smo postavili na vsakih 5 m. Nato smo računali kubaturo zemeljskih odkopov po končanem delu buldožerja. Pri tem smo smatrali izračunano kubaturo pri profilih na 5 m za najbolj točno. Iz istih podatkov prečnih profilov smo računali kubaturo tudi za primere, ko je razmak med profili 10 m, ^{20m} in 30 m. V razpredelnici št.46 so prikazana odstopanja kubatur v % glede na najbolj točno izračunano kubaturo.

Celokupna napaka kubature, če smo merili prečne profile v razdaljah po 20 m, niti ni posebno občutna (od + 1,6 % do - 2,8 %), pri razdalji 30 m je napaka že - 10,5 %. Seveda ta odstotek velja le za konkretni primer pri naših meritvah. Dosti večje napake kubatur opazimo, če primerjamo kubature istih sekcij (n.pr. sekcija I, napaka od - 35,0 % do + 9,3 %). Napake so slučajne, zato so različnih predznakov in se pri daljših trasah med seboj izravnajo, zato dobimo tudi nižji celokupni odstotek napak. Podobno sliko razporeditve napak dobimo, če analiziramo kubature na kratkih odsekih v sami sekciji. Vzemimo primer, da je sekcija trase dolga 60 m. V tej sekciji primerjamo kubature na odsekih po 10 m z najbolj točnimi na odseku 5 m. Rezultati primerjav so naslednji:

Razpredelnica št. 46.

Sekcija	R a z d a l j a m e d p r o f i l i												
	L = 5m	L = 10 m			L = 15 m			L = 20 m			L = 30 m		
	kuba- tura	kuba- tura	razlika		kuba- tura	razlika		kuba- tura	razlika		kuba- tura	razlika	
	m ³	m ³	m ³	%	m ³	m ³	%	m ³	m ³	%	m ³	m ³	%
1	548,00	563,50	+15,50	+ 2,8	598,80	+50,80	+9,3	434,70	-113,30	-20,6	355,70	-192,30	+35,0
2	279,80	285,20	+ 5,40	+ 1,9	294,60	+14,80	+5,3	343,40	+ 63,60	+22,8	324,60	+ 44,80	+16,0
3	256,55	251,10	- 5,45	- 2,1	257,85	+ 1,30	+0,5	226,20	- 30,35	-11,9	353,50	- 3,05	- 1,2
4	206,05	205,60	- 0,45	- 0,2	207,15	+ 1,10	+0,5	232,80	+ 26,75	+13,0	212,70	+ 6,65	+ 3,2
5	196,75	187,00	- 9,75	- 4,9	171,75	-25,00	-12,8	211,60	+ 14,85	+ 7,5	142,20	- 54,55	-27,8
6	255,15	284,70	+29,55	+11,6	236,10	-19,05	- 7,4	242,20	- 12,95	- 5,1	252,00	- 3,15	- 1,2
7	47,80	55,10	+ 7,30	+15,3	52,50	- 4,70	- 9,8	49,30	+ 1,50	+ 3,1	61,85	+ 14,05	+29,4
8	1790,10	1832,20	+42,10	+ 2,3	1818,5	+28,65	+ 1,6	1740,20	- 49,90	- 2,8	1602,55	-187,55	-10,5

Razpredelnica: št.47

Odsek	kubatura pri $l = 5$ m	kubatura pri $l = 10$ m	razlika kubatur	%
I	77,35 m ³	91,20 m ³	+ 13,85 m ³	+ 17,9
II	130,95 "	117,80 "	- 13,15 "	- 10,0
III	67,30 "	69,20 "	+ 1,90 "	+ 2,8
IV	73,25 "	76,20 "	+ 2,95 "	+ 4,0
V	116,90 "	100,50 "	- 16,40 "	- 14,0
VI	82,25 "	108,60 "	+ 26,35 "	+ 31,9
Σ	548,00 m ³	563,50 m ³	+ 15,50 m ³	+ 2,8 %

Tudi prednji primer nam jasno kaže, da na kratkih odsekih delamo lahko velike napake (n.pr. + 31,9 %), ker ne zajmemo dovolj natančno vseh značilnosti terena. Primerjalna analiza nas pouči, da moramo na krajših odsekih, kjer pričakujemo drago gradnjo, postaviti prečne profile dovolj gosto (na 10 ali 5 m), če hočemo, da bomo dobili zanesljive podatke o kubaturi zemeljskih odkopov.

9lo.o. Povzetek

Za natančnost izračunane kubature zemeljskih odkopov je odločujoče, kakšnega značaja in kakšnega predznaka so posamezne napake. Napake so lahko slučajne ali sistematične, po predznaku pa pozitivne ali negativne. Grobih napak v razpravi nismo obravnavali. Slučajne napake za daljšo traso niso tako nevarne, ker so po zakonu o verjetnosti nastopanja enakega števila pozitivnih in negativnih napak med seboj izravnavaajo. Pač pa moramo biti bolj pozorni do sistematičnih napak, zato smo te tudi bolj natančno analizirali. Ugotovili smo, da sta od vseh obravnavanih napak le dve sistematični:

- a) napaka zaradi nepravokotnosti prečnih profilov. Ta napaka je po predznaku negativna in je glede na velikost ostalih napak zelo majhna (za povprečne terenske razmere: - 0,4 %)
- b) napaka zaradi poenostavljenega obrazca. Napaka je pozitivna.

Žal se obe sistematični napaki med seboj ne izravnavata, čeprav sta različnih predznakov. Druga napaka je povprečno za 7,5 krat večja od prve.

Zaradi lažjega primerjanja vrednosti in značaja posameznih napak smo vse obravnavane napake razporedili v razpredelnici št. po vrstnem redu, kot si sledijo pri praktičnem delu. Za povprečne terenske razmere so podane tudi kulture v odstotkih, ki jih na odseku enega prečnega profila lahko pričakujemo.

Razpredelnica št.48

Napake	oznaka na pake	značaj napake	napaka kubature v %	napaka meritve	povprečne terenske razmere
napaka zaradi nepravokotnosti	p_1	sistematič.	- 0,4 %	$\varphi = 5^\circ$	Naklon ter. 40 %
napaka zaradi merjenja z razaliko	p_2	slučajna	$\pm 1,2$ %	± 5 cm	" " "
napaka zaradi merjenja s profilko	p_3	slučajna	$\pm 3,3$ %	± 5 cm	" " "
napaka zaradi netočnega risanja	p_4	slučajna	$\pm 7,6$ %	$\pm 0,2$ mm	" " "
napaka zaradi merjenja površin	p_5	slučajna	$\pm 3,3$ %	$\pm 0,2$ mm	" " "

Napake	ozna-ka na-pake	značaj napake	napaka kubature v %	napaka meritve	povprečne teren-ske razmere
napaka zara-di obrazca	P6	sistema-tična	+ 3,0 %	-	$P_1 = 3m^2, P_1 - P_2 = 2m^2$
napaka zara-di krivin	P7	slučaj-na	$\pm 3,0$ %	-	R = 45 m
napaka zara-di prerredkih profilov	P8	slučaj-na	± 10 %	-	l = 15 m

Iz razpredelnice št.48 je razvidno, da je v povprečnih teren-skih in delovnih razmerah vrednost večine napak $\pm 3, \%$. Od te vrednosti pa močno izstopa napaka zaradi netočnega risanja ($\pm 7,6 \%$) in napaka zaradi prerredkih profilov ($\pm 10 \%$), ki ob- enem daje tudi največjo napako pri izračunu kubature odkopov. Napake zaradi netočnega risanja je mogoče do neke mere izbolj-šati z natančnim in vestnim delom v pisarni, medtem ko napako zaradi prerredkih prečnih profilov lahko zmanjšamo le z gostej-šimi prečnimi profili, kar zahteva dosti časa in celotno delo močno podraži.

Končno nas zanima, kolikšna bo srednja napaka vseh meritev pri ugotavljanju kubature odkopa. Srednjo napako bomo izračunali na osnovi zakona o prenosu napak in zanj velja obrazec:

$$M = \pm \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}$$

Ker pa imamo pri našem primeru opravka tudi s sistematičnimi napakami, bomo le-te izpustili iz korena. Zato se bo obrazec za računanje srednje napake pri določanju kubature zemeljskih odkopov glasil:

$$M_c = \pm \sqrt{p_1^2 + p_2^2 + p_3^2 + p_4^2 + p_5^2 + p_6^2 + p_7^2 + p_8^2} - p_1 + p_6$$

p_i - pomeni vrednost posamezne napake.

Če sedaj v zgornji obrazec vstavimo vrednosti iz razpredelnice št. dobimo:

$$M_c = \pm \sqrt{1,2^2 + 3,3^2 + 7,6^2 + 3,3^2 + 3,0^2 + 10,0^2} - 0,4 + 3,0 = \\ = \pm 13,8 \% + 2,6 \%$$

V povprečnih terenskih razmerah in pri napakah merjenj, ki so navedene v razpredelnici št.48 , lahko pričakujemo, da bo izračunana kubatura obremenjena z napako, ki bo v mejah: $\pm 13,8 \% + 2,6 \%$.

Poučna je razpredelnica št.49 , ki nam za del gozdne ceste v terenu III. kategorije pokazuje kubaturo po načrtu in kubaturo ugotovljeno z največjo natančnostjo. Iz primerjav obeh kubatur ponovno lahko ugotovimo, da je na kratkih sekcijah (do 30 m) vsota vseh napak lahko zelo velika (od - 25 % do + 30 %), medtem ko se na daljši trasi napake več ali manj izravnajo. V našem primeru je na trasi dolžine 365 m ostala napaka kubature - 6,9 %. Ta končna napaka je seštevek najrazličnejših napak, različnih po predznaku in vrednosti. Številke iz razpredelnice št.49 , ki so vzete iz stvarnega načrta gozdne ceste v Karavankah, se lepo ujemajo z vrednostmi, ki smo jih ugotovili v razpravi (razpredelnica št. 46, 48.)

Razpredelnica št. 49.

Sekcija	Razdalja med profili	Skupna dolžina	K u b a t u r e o d k o p o v						
			po načrtu	po točnem izračunu	razlika v		dejanski odkop	razlika v načrtu	
					m ³	m ³		m ³	%
1	16,6	16,6	86,32	83,78	+ 2,54	+ 3,0	171,35	- 85,03	- 49,7
2	14,8	31,4	187,97	156,67	+31,30	+20,0	113,75	+ 74,22	+ 65,6
3	26,0	57,4	358,80	423,17	-64,37	-15,2	242,90	+115,90	+ 47,4
4	32,2	89,6	373,52	384,80	-11,28	- 2,9	160,13	+213,39	+ 132,8
5	40,3	129,9	415,09	422,04	- 6,95	- 1,6	185,58	+229,51	+ 123,6
6	25,3	155,2	189,75	254,58	-64,83	-25,5	105,05	+ 84,70	+ 80,6
7	33,0	188,2	198,00	237,53	-39,53	-16,6	136,14	+ 61,86	+ 45,2
8	37,6	225,8	233,12	311,44	-78,32	-25,2	128,96	+104,16	+ 83,8
9	39,5	265,3	201,45	200,30	+ 1,15	+0,57	129,32	+72,13	+ 55,9
10	41,1	306,4	172,62	157,66	+14,96	+ 9,5	133,25	+39,37	+ 29,6
11	18,7	325,1	48,62	37,35	+11,27	+30,1	77,40	-29,78	- 38,5
12	40,2	365,3	84,42	68,63	+15,79	+23,0	85,88	- 1,46	- 1,7
	povpreč. 28,1 m	365,3 m	2.549,68	2.737,95	-188,27	- 6,9	1669,71	+878,97	+ 52,4

V razpredelnici št.49 je podana tudi kubatura odkopa, ki jo je buldožer dejansko odkopal na trasi. Primerjava kubature po načrtu in dejansko odkopane kubature izkazuje zelo velike razlike tako med posameznimi sekcijami (od - 49,7 % do + 132,8 %) kot tudi na celotni dolžini trase (+ 52,4 %). Razlika izhaja iz tega, ker buldožerist ni pomaknil planum ceste v raščeno tlo za toliko, kot je bilo predvideno po načrtu. Na odseku trase, kjer je bil po načrtu predviden celoten premik planuma (4 m) v raščeno tlo (naklon terena od 67 % do 91 %, povprečno 76 %), je buldožerist zasekal planum v povprečju le 2,83 m. Pri naklonu terena od 23 % do 66 %, povprečno 47 %, je bilo po načrtu predvideno 3 m planuma v raščnem tlu, dejansko pa je bil planum položen v raščeno tlo v povprečju le 2,34 m. Vrednosti dejanskih širin planuma, položenega v raščeno tlo, se lepo ujemajo s teoretično izračunano širino planuma, ki naj leži v raščnem tlu zaradi izravnave materiala v odkopu in nasipu, kar navaja prof. Klemenčič v knjigi „Gospodarno polaganje gozdnih prometnic“(6) . Koliko naj bo planum pomaknjen v raščeno tlo v različnih kategorijah terena in pri različni tehniki dela, da bo gozdna cesta iz vseh vidikov položena najbolj gospodarno, zahteva še nadaljna preučevanja.

L I T E R A T U R A

1. Bertapelle A.: Ekonomika vrtanja z udarnimi kladivi, Vrtanje in miniranje št.2, Ravne 1968.
2. Čubranić N.: Račun izjednačenja, Zagreb 1958.
3. Duhm J.: Strassen und Wegebau, I/1, Wien 1946.
4. Flögel S.: Gradnja šumskih puteva i pruga, Zagreb 1955.
5. Kavs L.: Tehnika in varnost miniranja, Ljubljana 1966.
6. Klemenčič I.: Gospodarno polaganje gozdnih prometnic, Ljubljana 1962.
7. Simonović M.: Šumska transportna sredstva, I. del, Beograd 1949.
8. Tanasković S.: Upotreba motornih bušelica „Cobra“, Narodni šumar št.1-2, Sarajevo 1963.
9. Vyplel K.: Die Sprengtechnik beim forstlichen Wegebau, Allgemeine Forstzeitung št.1-2, Wien 1962.

S E Z N A M G R A F I K O N O V

	<u>Stran</u>
1. Hitrost vrtenja glede na pritisk na sveder	6,a
2. Odvisnost pretočnega profila cevi od dolžine cevi in količine zraka	37
3. Spreminjanje pritiska zraka z dolžino cevi (gumijasta cev $\varnothing = 22$ mm)	40
4. Spreminjanje pritiska zraka z dolžino cevi (kovinska cev $\varnothing = 22$ mm)	43
5. Padanje pritiska zraka v različnih ceveh	45
6. Trdota kamenine pri poskusnem vrtenju	49,a
6.A Normativ dolžine minskih vrtin in razstreliva po tekočem metru trase in kubiku odkopa	72,a
7. Odvisnost storilnosti buldožerja od kubature odkopa na m ² planuma	85
8. Čas za eno vožnjo kamiona	100
9. Število potrebnih kamionov za prevoz materiala	101
10. Napaka kubature zaradi nepravokotnosti prečnih profilov	

	<u>Stran</u>
11. Napaka kubature zaradi razalke	128
12. Napaka kubature zaradi profilke	131
13. Napaka kubature zaradi poenostavljenega ob- razca	139
14. Napaka kubature zaradi krivin	146

S E Z N A M S L I K

1. Nepravokotni prečni profil v tlorisu	120
2. Višinska napaka zaradi nepravokotnega prečne- ga profila	120
3. Napaka površine zaradi nepravokotnosti preč- nega profila	121
4. Prerez cestnega telesa	136
5. Značilni prečni profili	141
6. Krivina v konveksni obliki terena	144

S E Z N A M R A Z P R E D E L N I C

	<u>Stran</u>
1. Struktura delovnega časa vrtalca na delovišču Suhelj	14
2. Struktura delovnega časa vrtalca na delovišču Brdska dolina	14
3. Storitnost vrtanja pri uporabi kompresorja FAGRAM 7o2	17
4. Storitnost vrtanja pri uporabi kompresorja FAGRAM 7oo	2o
5. Primerjava storitnosti pri FAGRAM 7oo in 7o2	22
6. Tehnični podatki nekaterih vrtalnih kladiv	24
7. Primerjava storitnosti RK-18 in RK-21	25
8. Primerjava storitnosti veščega in neveščega vrtalca pri delu s „Cobro“	31
9. Primerjava storitnosti vrtanja s „Cobro“ glede na globino minske vrtine	31
1o. Primerjava storitnosti vrtanja glede na dolžino svedra	33
11. Potreben pretočni profil cevi	36
12. Odvisnost storitnosti vrtanja glede na dolžino cevi	47
13. Povprečna storitnost vrtanja po deloviščih	51
14. Poraba časa za posamezne prijeme pri električ- nem miniranju	55

	<u>Stran</u>
15. Poraba časa za posamezne prijeme pri klasičnem miniranju	56
16. Dolžina vrtin in poraba razstreliva na trasi Brdska dolina	58
17. Dolžina vrtin in poraba razstreliva sumarno	59
18. Analiza min	60
19. Primerjava normativov pri miniranju po teoretičnem in dejanskem stanju	63
20. Razmerje med razminirano in odstranjeno kubaturo	64
21. Normativ za razstrelivo za celotno razminirano kubaturo	64
22. Poskusno miniranje na profilu 76 - 78	66,67
23. Poskusno miniranje na profilu 85 - 86	70,71
24. Tabela normativov	71
25.a Analiza delovnega časa strojnika na buldožerju I	75
25.b Analiza delovnega časa strojnika na buldožerju II	76
25.c Analiza delovnega časa strojnika na buldožerju sumarno	77
26. Odvisnost storilnosti buldožerja od kubature odkopa na enoto površine planuma	83
27. Poraba časa pri ročnem nakladanju kamenja na kamion	93

	<u>Stran</u>
28. Čas voženj kamionov na različnih cestah	95
29. Povprečne hitrosti kamionov	96
30. Čas vožnje in manipulacije za kamion	98
31. Storilnost gréjderja	103
32. Časi za razgrinjanje posipnega materiala v debelini 10 cm	104
33. Normativ za navoz posipnega materiala za 1 km ceste	104
34. Analiza obratovalnega časa kamionov	108
35. Primerjalna tabela izkoriščenosti strojev	112
36. Nepravokotnost prečnih profilov	118
37. Vertikalne napake zaradi nepravokotnosti prečnih profilov	123
38. Napake kubatur zaradi nepravokotnosti prečnih profilov	124
39. Napake kubatur pri merjenju z razalko	127
40. Napake kubatur pri merjenju s profilko	130
41. Napake kubatur pri risanju prečnih profilov	133
42. Napake kubatur pri merjenju sekcij	135
43. Podatki o obliki prečnih profilov na 4 gozdnih cestah	140
44. Odmik težišča odkopa od osi trase	145
45. Podatki o cestnih elementih na 3 gozdnih cestah	148

	<u>Stran</u>
46. Napaka kubatur zaradi preredkih prečnih profilov	151
47. Primerjava napak kubatur pri razdaljah po 5 m in 10 m	152
48. Pregled napak pri ugotavljanju kubature odkopov	153,154
49. Primerjava kubatur po teoretičnem in dejanskem izračunu	156