

Ing. Marijan Zemljič

Vegetativno utrjevanje narušenih terenov

Vsebina: 1. Nastanek udorov in usadov. — 2. Ustalitev narušenih terenov z gradbenimi ukrepi. — 3. Biološke melioracije — a) Popleti — b) Žive ščetke. — 4. Raziskovanja.

1. NASTANEK UDOROV IN USADOV

Pod narušenimi tereni razumemo pojave udiranja in usedanja zemljišč na pobočjih pretežno zaradi delovanja vode. Slednje more biti dvojno, in sicer površinsko in podzemno.

Površinsko delovanje vode — spiranje — se prične v tistem trenutku, ko postane odpornost tal, po katerih voda teče, manjša od njene žive sile, oziroma obratno, ko postane živa sila vode večja od odpornosti tal. Takrat začne voda poglobljati v vzdolžni (erozija) in izpodjedati v prečni smeri (korozija). Zaradi poglobljanja se tvori sprva ozek, globok jarek, v katerem se vodni curek koncentrira, s čimer povečuje svojo živo silo. Pri korozivnem delovanju pa se vodna struga širi in s tem znižuje vodni steber, s katerega višino je živa sila vode v premem sorazmerju. Iz navedenega sledi, da je erozivno delovanje v splošnem nevarnejše od korozivnega, ker izgubijo pobočja predvsem s poglobljanjem oporo pri vznožju, zaradi česar se udirajo. Nastajajo udori.

Podzemno delovanje vode se kaže v izpiranju nekaterih manj odpornih podzemnih slojev (običajno usedline) po ponikajoči vodi. Tako nastajajo votline, nad katerimi se tla nenadoma usedajo. Takšni usadi so posledica najnevarnejše oblike erozivnega delovanja vode, ker ta oblika ni vidna niti je ni moči s čimerkoli maslutiti in nastopa večinoma popolnoma nepričakovano. Zato smo proti tej obliki erozije običajno tudi popolnoma brezmočni.

Vzroki udiranja in usedanja zemljišč pa morejo biti še naslednji:

Preobtežitev lahko gibljivih pobočij z gradbenimi objekti, odloženim gruščem in preperelinami, z vodo (prezasičenost, predvsem glinastih tal) in z visokim, težkim drevjem.

Heterogenost slojev. Neproputna ali slabo propustna podlaga (skala, glina, mivka, preperel lapor in pod.) ter delovanje ponikajoče vode in talnice nanjo (mehčanje in zmanjšanje trenja) povzročata polzenje, drsenje zgornjega, propustnega sloja po podlagi.

Zmanjšanje kohezije, in sicer:

a) zaradi kemičnega preperevanja se zmanjšuje notranja povezanost in s tem povečuje imbibicijska sposobnost materiala. Slednji se s tem rahlja in si tako znižuje naravni nagib, zaradi česar se ali udre ali pa prične drseti;

b) kadar so polpropustna (predvsem ilnata), homogena tla prezasičena z vodo, se razmehčajo, začno polzeti, v coni natezanja se tvorijo razpoke, v coni pritiska pa gube in grbančenje tal. V tem primeru je polzenje vzrok nastanku drsne ploskve in ne obratno. V to skupino spada večina listastih in školjkastih usadov.

Hidrostatski tlak. Tla se zaradi obilnih padavin in naglega kopnenja snega popolnoma prepojijo z vodo, se razrahljajo, voda — zaustavljena po podzemnih ovirah in ki je obstoječi vreli ne morejo več konsumirati — teži za sprostitvijo ter povzroča nenadne, celo eksplozivne zemljate, gosto kašaste plazove.

Oslabitev ali izginotje rastlinske odeje. Strnjena vegetacija na pobočjih močno ovira površinsko spiranje tal, zato so usadi in udori v gozdovih, zlasti prebiralnih (obilna podrast), kjer veže tla globoko in močno koreninje, redkejši pojav kot na senošetih in pašnikih, na le-teh pa redkejši kot na pobočjih z hornim rastlinjem ali celo golih pobočjih, kolikor niso skalnata.

Človekovo delovanje. Cestni in železniški useki in razni kanali na pobočjih morejo le-tem izpodrezati vznožje, s čimer izgubijo pobočja oporo in začno drseti. Posebej je to nevarno v primeru, če je usek ali kanal presekal dva heterogena sloja, propustnega nad nepropustnim. Spravilo lesa po suhih drčah je vedno vzrok poznejšemu erozivnemu delovanju vode. Nesmotna paša, zlasti drobnice, povzroča degradacijo tal, ki potem laže podlegajo eroziji, še posebno, ker paša drobnice tla tudi rani (ostri parkeljci in hoja v gosjem redu).

Vzroke, posebno tiste, ki jih je zakrivil človek, bi seveda mogli še naštevati, vendar za namen pričujoče razprave navedeno zadošča.

2. USTALITEV NARUŠENIH TERENOV Z GRADBENIMI UKREPI

Videli smo, kako udori in usadi nastanejo. Če jih prepustimo stihiji, obstaja sicer možnost, da se bodo sčasoma sami umirili in postopoma znova obrasli z vegetacijo. Pogostnejši pa so primeri, da se poglobljajo in širijo po pobočjih naprej ter z obilico materiala zalagajo hudourniške potoke in reke. Da to preprečimo, se zatekamo — če so le sredstva na razpolago — k umetnim posegom v delovanje narave. Dela, ki jih pri tem izvajamo, so dvojna, in sicer gradbeno-tehnični ukrepi ter biološke melioracije.

Gradbeno-tehnična dela izvajamo običajno v dnu hudourniških strug in erozijskih jarkov. Delimo jih v prečne in vzdolžne objekte.

S prečnimi objekti zaustavljamo plavine (zaplavne ali retenzijske pregradbe), ki jih plavi hudournik, preprečujemo nadaljnje poglobljanje struge (ustalitvene ali konsolidacijske pregradbe in pragovi), ali pa le zmanjšujemo vzdolžni padec dna struge (pragovi), s čimer zmanjšamo tudi vodno hitrost in s tem posredno tudi njeno živo silo, ki je od hitrosti prav tako odvisna kot od višine vodnega stebra.

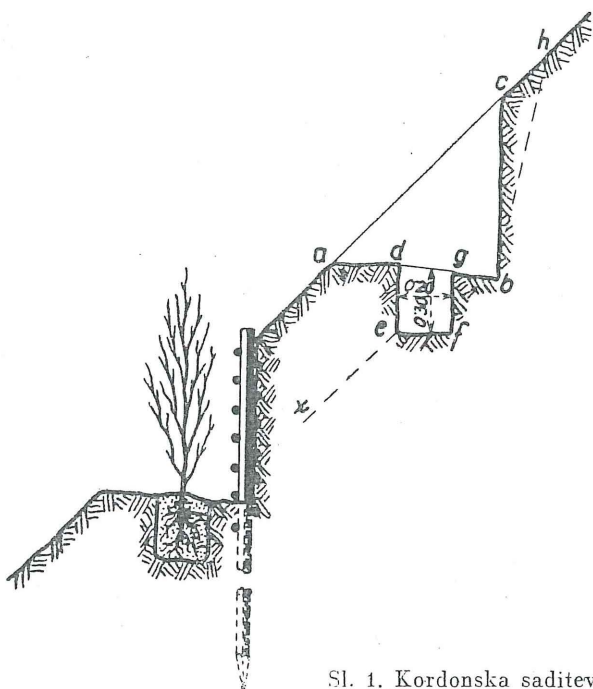
Z vzdolžnimi objekti korigiramo smer toka vodotoka, ali nam služijo kot zavarovanje proti koroziji ali pa kot opora vznožju narušenega pobočja.

V gradbeno-tehnične ukrepe štejemo še umetne struge ali kinete, ki morejo imeti ali regulacijski (spodnji tok) ali pa konsolidacijski (zgornji tok hudournika) značaj.

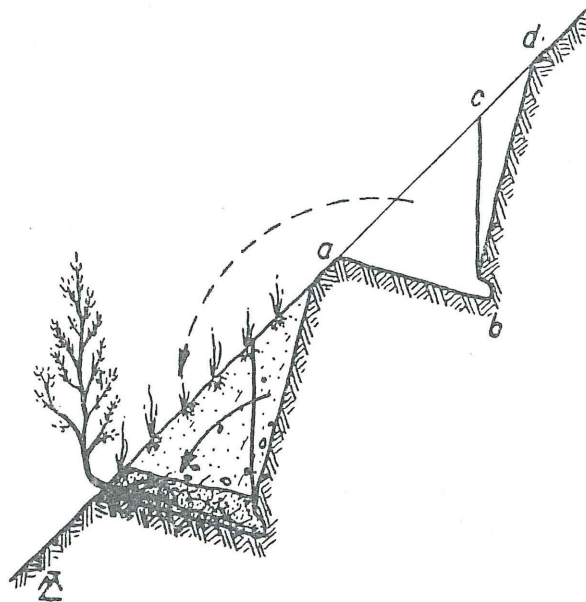
Ko so vznožja narušenih pobočij ustaljena z gradbeno-tehničnimi ukrepi — kar pa ni vedno nujno —, bodisi le z vzdolžnim zavarovanjem (oporni zidovi), bodisi z ustalitvenimi objekti (če je v vznožju hudourniška struga) ali pa z obojimi, se lotimo ureditve pobočij samih, t. j. bioloških melioracij.

3. BIOLOŠKE MELIORACIJE

Ukrepi, s katerimi poskušamo bolj ali manj uspešno zaustavljati nadaljnji razvoj erozijskih procesov v udorih in usadih in ki jih imenujemo s skupnim nazivom »biološke melioracije« ali tudi »vegetativno vezanje in utrjevanje narušenih zemljišč«, so često primarnega značaja ali pa so — po pomembnosti



Sl. 1. Kordonska saditev na police po Demontzeyu



Sl. 2. »Prava kordonska saditev« po Couturieru

— vsaj enakovredni gradbeno-tehničnim delom. Z biološkimi melioracijami erozijska žarišča ne le umirjamo in jih vežemo, marveč istočasno tudi pripravljamo tla za razvoj višje oblike rastlinstva, t. j. gozda.

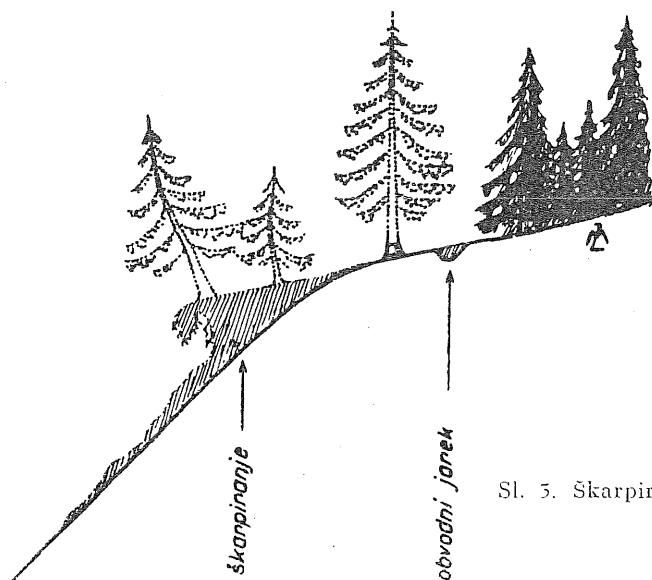
Izredne pomembnosti rastlinske odeje nasploh ter njene uporabnosti v boju proti erozijskim pojavom še posebej se je med prvimi zavedel francoski gozdar Prosper Démontzey, ki je okoli leta 1870 obdelal in uvedel tako imenovane kordonske sadnje na banketih. To metodo je nekaj kasneje izpopolnil njegov rojak M. Couturier ter jo imenoval »pravo kordonsko saditev«.

Bistvo prve metode je v naslednjem (sl. 1): Preko narušenega pobočja se v smeri slojnice izkoplje polica a, b, c, ki je nekoliko nagnjena proti pobočju in katere širina je v obratnem sorazmerju z manjšo ali večjo strmino pobočja samega, vendar pa je v mejah med 0,60—1,00 m. Kolikor tla police niso primerna za sajenje, se v njih izkoplje jarek d, e, f, g, vanj se na gosto vložijo sadike, ki se nato zatrpajo z zemljo, dobljeno iz odkopa b, h. Slednji se zavaruje proti udiranju še s popletom. Kljub temu pa se često dogaja, da se — po izdatnih padavinah — breg udere po smeri e, x.

Zaradi tega in zaradi pocenitve ter pospešitve del samih je Couturier to metodo poenostavil, kot sledi (sl. 2):

Police se kopljejo v smeri od spodaj navzgor po pobočju. Tla police so nagnjena proti pobočju v nagibu 20—30 %, odkop b, c pa je vertikalen. Nato se pravokotno na smer police nanjo polagajo zakoreninjeni potaknjenci ali pa sadike tako, da sega začetek koreninja ca. 10 cm daleč od roba v smeri a proti b. Tako položeni potaknjenci (sadike) se za učvrstitev najprej nekoliko zasujejo z zemljo iz odkopa b, c, d. Medtem se koplje naslednja, višje ležeča polica, z materialom iz njenega odkopa pa se s primerno previdnostjo zatrpajo že učvrščeni potaknjenci na spodnji polici. Tako si odkopavanje in zasipavanje polic postopno sledi do vrha udora, ne da bi se s tem občutno spremenil profil pobočja. Nato se pobočje poseje še s semenom raznih trav. Po 2 do 3 letih so tako umirjena in nekoliko obrasla tla že dovolj preperela, da je moč saditi tudi iglavce. Couturier torej opušča poplet kot nepotreben, s čimer bistveno poenostavi in poceni delo, istočasno pa ga časovno tudi občutno skrajša. Pravilno izveden poplet — kar bomo videli še kasneje — zahteva namreč mnogo časa.

Iz opisanih dveh metod se je v teku desetletij razvilo precej inačic, od katerih se je pri nas do pred nekaj leti uporabljala v glavnem le ena, in sicer metoda popletov, ki se je na naših tleh udomačila še v času avstroogrske monarhije. Jeseni 1945 pa se je izvedel prvi organiziran poskus v FLRJ z najnovejšo inačico Couturierjevega načina, s tako imenovano metodo »živih ščetk«, ki so jo malo pred tem z dokajšnjim uspehom izvedli Avstrijci. V šestih letih,



Sl. 5. Škarpiranje roba narušenega zemljišča

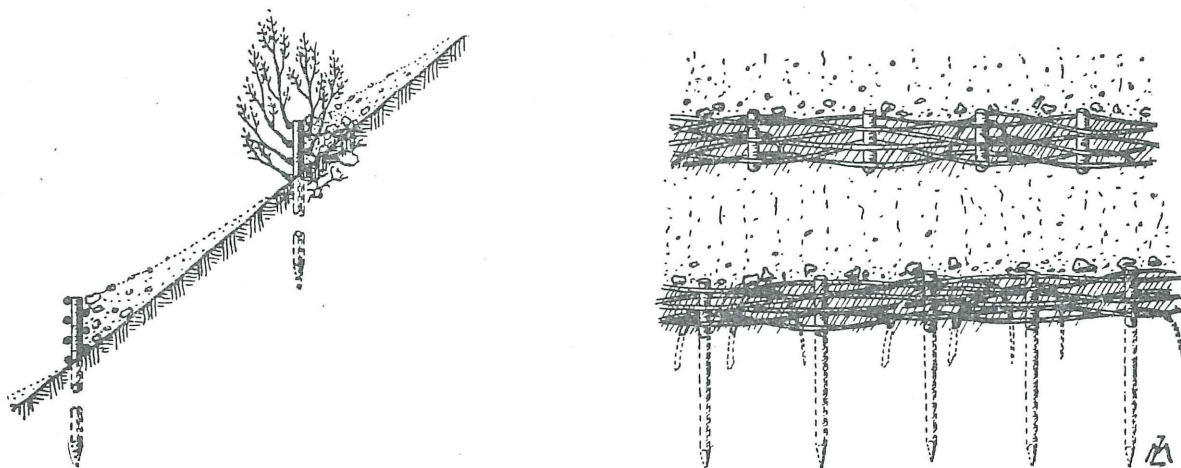
ki so pretekla od prvega skromnega poskusa do danes, si je ta metoda v naši operativi že krepko utrla pot in nedvomno dokazala, da bo na večini narušenih terenov popolnoma izpodrinila metodo popletov.

a) Popleti

Razlikujemo dva tipa popletov, in sicer »mrtve« in »žive«. Izvedba obeh tipov je enaka, le da se pri prvem, kot to že ime pove, uporabljajo mrtve veje, ki se ne regenerirajo, t. j. ne odženo niti korenin niti seveda poganjkov,

pri drugem tipu pa uporabljamo sveže odrezano in obrezano debelo šibje regenerativnih grmovnih vrst.

Mrtve poplete uporabljamo le na sterilnih tleh pobočij, ki jih tvorijo sipine in melišča, in imajo le nalogo zadrževanja po pobočju prepadajočega in kotalečega se grušča ter zaščite sadik pionirskih drevesnih vrst, ki jih naknadno sadimo v varstvu popletov. V slednjem primeru je treba za vsako sadiko seveda izkopati jamico v jalov grušč ter vanjo nasuti od drugod prineseno prst.



pogled v prerezu

Sl. 4. Popleti

pogled od spredaj

Žive poplete (sl. 6) pa uporabljamo povsod tam, kjer so tla že po narodi hranljiva in v katerih šibe poženo koreninje ter ozeleme, s čimer opravljajo še nadaljnji dve nalogi, in sicer vezanje tal ter njihovo bogatenje za kasnejše, više razvite drevesne vrste.

Tehnika izdelave popletov je naslednja (sl. 4):

V smeri slojnice se zabije vrsta kolov, debelih kakih 6—8 cm in dolgih ca. 1 m. Kole zabijemo tako globoko, da je najmanj $\frac{2}{3}$ dolžine v zemlji, zunaj pa ostane kakih 25 do največ 35 cm. Medsebojna razdalja kolov znaša 50 do 60 cm. Nato se vzamejo 2—4-letne, vsaj 3—3,5 m dolge šibe, ki se opletejo okoli kolov, vsak konec vsake šibe pa je zataknjen ca. 30—50 cm globoko v zemljo. Pri zabadanju je nujno paziti, da se ne oguli skorja, na kateri so adventivni popki, iz katerih bodo pognale korenine. Za tip mrtvih popletov zabadanje šib v zemljo seveda ne pride v poštev.

Poplete izdelujemo v smeri od zgoraj navzdol po pobočju, in sicer predvsem zato, da si jih ne bi že sproti zasipavali. Medsebojna razdalja vrst popletov je odvisna od večje ali manjše strmine pobočja, in sicer tako, da je pri manjšem nagibu večja oziroma obratno, je pa v mejah med 1 do 2 metra. Prav tako je od nagiba odvisna tudi višina popletov, in sicer je pri manjšem nagibu manjša, pri večjem pa večja.

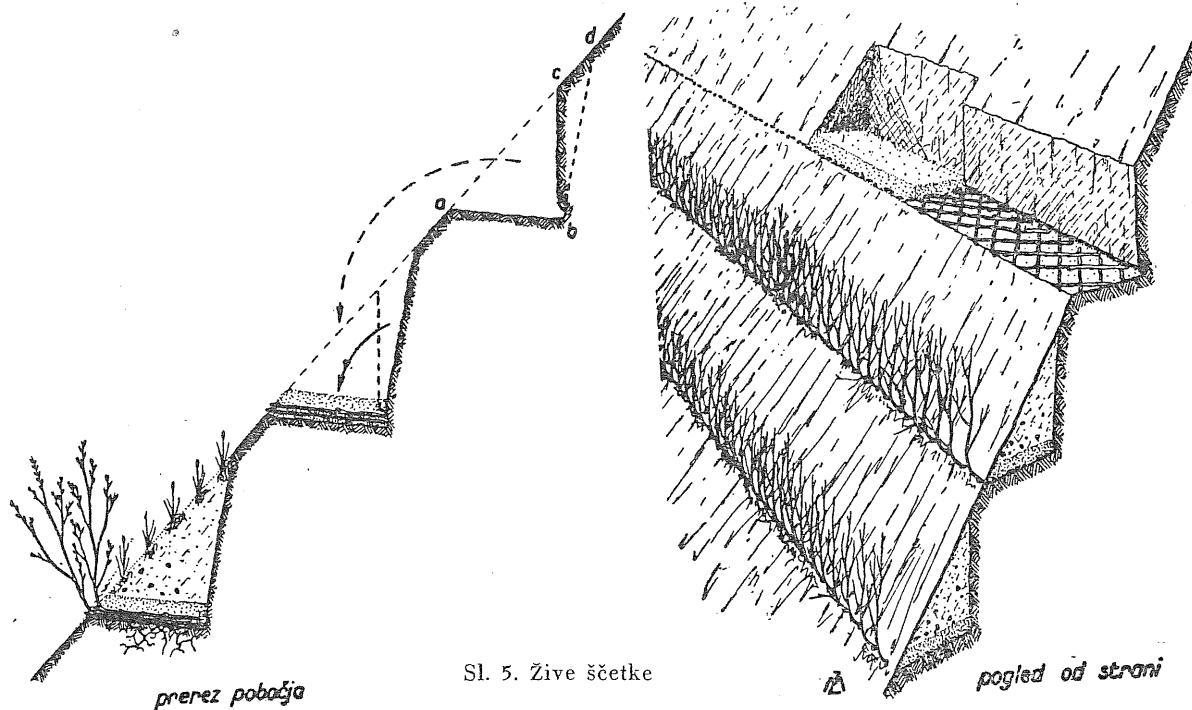
b) Žive ščetke

Narušeno pobočje se najprej smotrno izravna (»poškarpira« — v žargonu operativne službe), kot bi se praviloma moralo pri vseh metodah saniranja narušenih zemljišč. Škarpiranje se izvede tako, da se odkopljejo vsi močneje

izraženi grebeni znotraj udora oziroma usada, ki jih je stvorila erozija po pobočju stekajoče se vode s svojim brazdanjem. Po izvršenem škarpiranju naj je potek slojnic čimbolj umirjen. Prav tako se odkopljejo in zaoblijo robovi udora (usada), kot prikazujeta sl. 3 in 7. Nad tako izravnano površino narušenega zemljišča bi se praviloma moral izkopati ca. 50 cm globok in v dnu enako širok obvodni jarek, ki naj bi prestrezal po pobočju nad usadom (udorom) stekajočo se vodo in jo odvajal okoli njega navzdol. Jarek je treba obložiti, tlakovati s kamenjem, da se prepreči poglobljanje in tako ustali njegova struga. V praksi pa se ti jarki, čeprav potrebni, žal še ne kopljejo. Vse visoko drevje, rastoče na pobočju med jarkom in robom udora (usada), je posekati, ker s svojim močnim koreninjem rahlja zemljišče na robu, ki ga potem s svojo težo in pod vplivom erozije ruši (sl. 8).

Tehnika izdelave ščetk samih pa je naslednja (sl. 5 in 9):

Preko tako smotrno izravnane pobočja se prične kopati 60—70 cm široka polica v smeri slojnice, z dnom nagnjenim proti pobočju v nagibu ca. 10—15 %. Na polico se nato polagajo sveže, ca. 1—1,1 m dolge in 1,5—2 cm debela vrbove palice v dveh slojih, zgornje navzkriž čez spodnje. Palice so položene pošev čez polico, tako da štrlita čez rob police največ 1—2 očesci, t. j. 0 do 5 cm. Medsebojni razmak palic je kakih 10—12 cm. Tako položene palice se najprej učvrstijo z zasipom iz odkopa b, c, d, nato pa se vsa polica zatrpa z materialom iz odkopa naslednje, zgornje police. Iz tega sledi, da je



Sl. 5. Žive ščetke

smer izdelave živih ščetk po pobočju od spodaj navzgor. Bistvena razlika med Couturierjevim in pravkar opisanim načinom je torej v vegetacijskem materialu (slednji uporablja le nezakoreninjene potaknjence) in v načinu njegovega polaganja na police (pri slednjem se polagajo v 2 slojih in preko vse širine police).

Sl. 6. Detajl oživiljenih popletov z vmesno kulturo pionirskega rastlinstva za vezanje in ozelenitev narušenega pobočja v srednjem toku hudo-urnika Belca pri Dovjem

(foto prof. ing. Rainer)



Enako kot pri popletih je tudi pri ščetkah medsebojna razdalja vrst odvisna od nagiba in geološke sestave zemljišča ter znaša 1,5 do 2,5 metra.

V operativni službi se je pred nedavnim pojavilo mnenje, da je bolje polagati ščetke v smeri od zgoraj navzdol. Zagovarja se predvsem s tem, da se pri obratnem vrstnem redu polaganja, t. j. od spodaj navzgor, z odkopavanjem naslednje, zgornje police ne zasipava le ona tik pod njo, marveč da se del odkopane zemlje skotali še naprej preko niže ležečih, že izdelanih vrst živih ščetk. Tako bi bilo spodnjih nekaj vrst na koncu del popolnoma zasutih. Na tem je gotovo nekaj resnice, še posebno, če se pri zasipavanju spodnje police z odkopom iz zgornje dovolj ne pazi.

Avtor pa ima pomisleke tudi za smer polaganja od zgoraj navzdol:

1. V tem primeru je težje dobiti na že odkopani polici dovolj zemlje iz odkopa b, c, d, ki naj v zadovoljivi debelini prekrrije položene vrbove šilbe.

2. Delavcem se v tem primeru ni bati, da bodo spodaj napravili kakršnokoli škodo. Zato odmetujejo odkopano zemljo še z manjšo pazljivostjo. Posledica je, da se zemlja, droban material kmalu zaustavi na pobočju, debelejša kamnita zrna pa se kotatijo naprej in se zaustavljajo šele na spodnjem delu pobočja. Tam se postopoma nabere tolikšen sloj nerodovitnega grušča, da vanj ni več mogoče vložiti živih ščetk. O podobnem pojavu bomo govorili pri analizi primerjalnih ploskev v Smeču.

Vegetacijsko tvorivo, ki ga uporabljamo pri ponovnem ozele-
njavanju narušenih pobočij po kateremkoli načinu, mora imeti predvsem

močno obnavljajočo sposobnost, razen tega pa — kar je pri udratih zemljiščih tudi prvenstvenega pomena — mora imeti čimgostejše in čimgloblje segajoče koreninje, s katerim zemljišče veže in ga tako umirja.

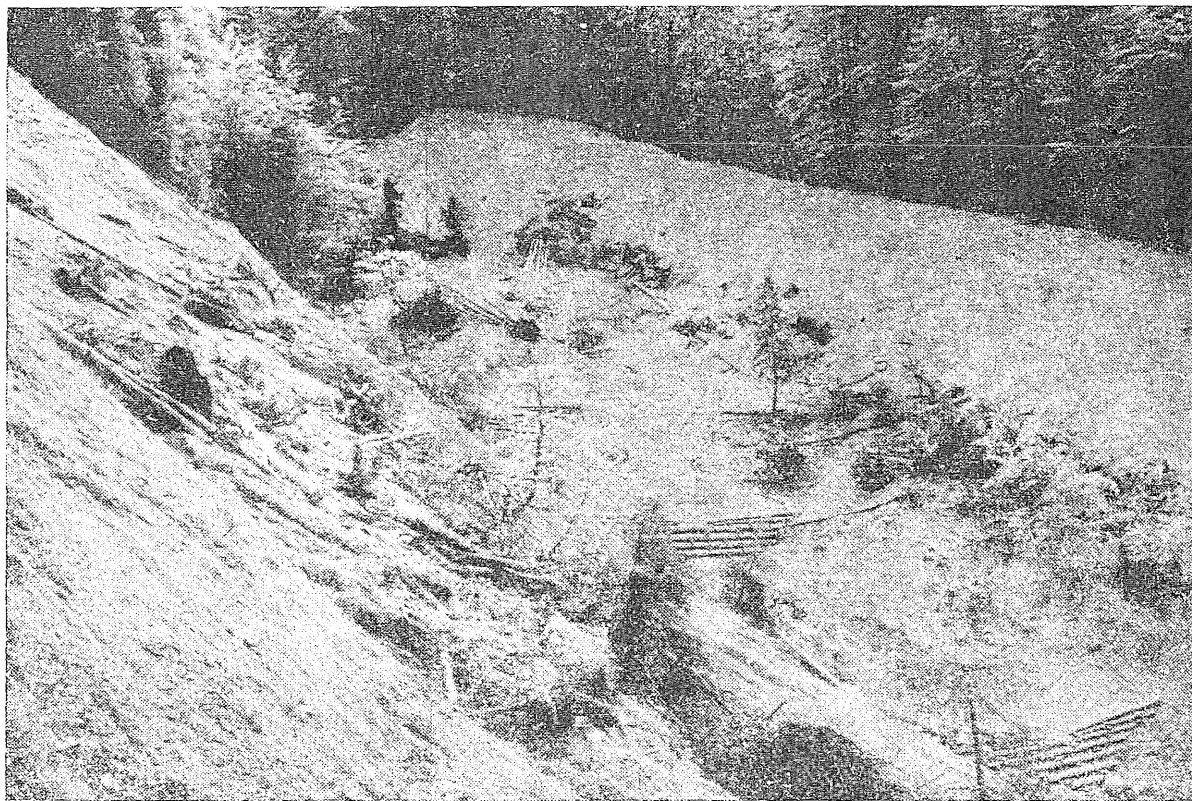
V poštev pridejo torej predvsem razne vrste vrb, in sicer: *Salix purpurea*, *S. cinerea* in *S. daphnoides* na suhih, *S. incana* in *S. pentandra* na vlažnih predalpskih zemljiščih, *S. retusa* in *S. glauca* na alpskih terenih, prva predvsem na dolgo zasneženih meliščih, druga pa na tleh, revnih v apnu, *S. viminalis*, *S. fragilis* in *S. alba* na alkalnih in *S. aurita* in *S. repens* na kisljih dolin-skih zemljiščih.

Zelo učinkovite so tudi jelše, predvsem kot naslednja stopnja ureditve narušeni zemljišč, uporabljamo jih pa seveda tudi za izvedbo ščetk oziroma popletov. Sadimo jih z zakoreninjenimi potaknjenci ali pa tudi s sadikami med vrste ščetk oziroma popletov.

Jelše imajo veliko obnavljajočo sposobnost, močno in globoko koreninje, s katerim — zaradi simbioze z bakterijami — izredno dobro popravljajo tla. Zaradi vsega navedenega in zaradi zelo hitre rasti pa delujejo tudi že kot pionirska grmovna vrsta za pripravo zemljišča na poznejšo, najvišjo rastlinsko obliko — gozd.

Na globljih tleh je najboljša siva jelša, *Alnus incana*, na senčnih, vlažnih, ilovnatih tleh pa zelena jelša, *A. viridis*.

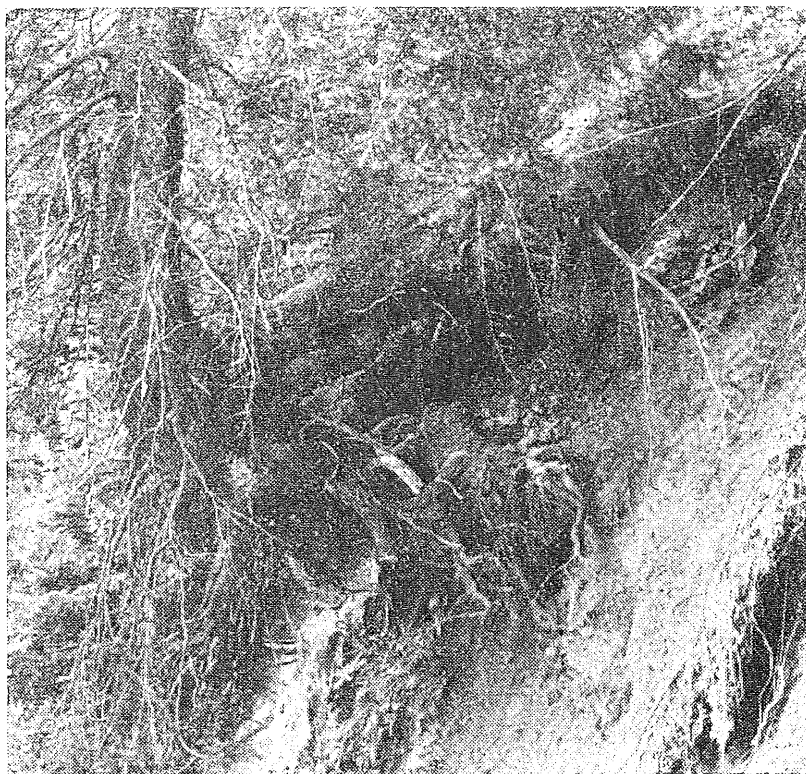
Za vezanje in popravljanje tal je izredno dober tudi rakitovec, *Hippophae rhamnoides*, ki razpreza svoje korenine zelo daleč, iz njih pa poganja nove rastline. Uspeva tako na vlažnem aluviju kot na suhih, revnih tleh, če le niso revna v apnu, nikakor pa ne trpi zasenčenja. Uporabljamo ga lahko



Sl. 7. Poškarpirana površina in robovi udora v Zgoše-grabnu (pritok Belce pri Dovjem) je bila zasejana s senenim dre'irjem. V dnu udora zaporedje ustalitvenih pregradb in lesenih kašt

Sl. 8. Odkrivanje korenin smreke ob robu velikega udora v hudourniku Suhelj pri Korenskem sedlu

(foto prof. ing. Rainer)



kot potaknjenca in tudi za izvedbo ščetk in popletov, ker ima veliko obnavljajočo sposobnost.

Od topol gre najvišje *P. nigra* (do ca. 1600—1800 m n. m.), ki ima tudi močno in gosto koreninje, trepetlika, *P. tremula* pa rada propade.

Za sejanje trave med vrste ščetk oziroma popletov se — namesto semen-skih mešanic po raznih receptih — zadnja leta izredno uspešno uporablja senen drobir, ki pa je hkrati tudi najcenejši, saj ga dobimo pri čiščenju skednjev po vseh kotih kot bolj ali manj odpaden material.

Za drugo etapo urejanja udorov oziroma usadov, t. j. za sajenje med vrste popletov in ščetk, bi razen jelš našteali še nekaj naslednjih vrst:

Robinia pseudoacacia velja za toplejše, nižje in predalpske predele. Ima široko razprostranjeno koreninje.

Ailanthus glandulosa je za toplejše, nižje predele. Ima veliko regenerativno sposobnost in naglo rast.

Pinus silvestris in *P. nigra* sta malo zahtevni vrsti, slednja pa le na apneni podlagi.

Pinus montana, var. *mughus* dobro veže tla s koreninjem ter gre do iznad zgornje gozdne meje, zato ima zelo počasno rast.

Podobno kot *P. montana* gre tudi *Juniperus nana* zelo visoko in počasi raste, je pa manj zahtevna kot prva, ki ljubi bogatejša, humozna tla.

4. RAZISKOVANJA

Kot že omenjemo, so bili na pobudo Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, sektorja za konserviranje tal, v sodelovanju s Podjetjem za urejanje hudournikov iz Ljubljane in Gozdnim gospodarstvom Bled ter

Tab. 1. Vzorec

Višinski razred h v cm	Premer v sredini višine (h) v mm (gornja številka) in odgovarjajoča temeljnica v cm ² (spodnja številka)						
	2	5	4	5	6	7	8
	0,051	0,071	0,126	0,196	0,285	0,385	0,505
Število mladik (gornja številka) in njihova lesna masa (spodnja številka)							
17,5	25 0,545	13 1,245					
22,5	43 0,697	16 1,597	2 2,835				
27,5	42 0,853	32 1,953	5 3,465				
32,5	39 1,007	32 2,307	10 4,095	1 6,370			
37,5	21 1,163	30 2,663	7 4,725	2 7,350			
42,5	10 1,317	20 3,017	10 5,355	2 8,330			
47,5	6 1,473	18 3,373	8 5,985	1 9,310			
52,5	3 1,627	14 3,727	13 6,615	3 10,290			
57,5		12 4,085	7 7,245	4 11,270			
62,5		6 4,437	8 7,875	4 12,250	1 17,688		
67,5		4 4,793	9 8,505	5 13,230	1 19,102		
72,5		4 5,147	9 9,135	3 14,210	2 20,518	1 27,912	
77,5		1 5,503	2 9,765	4 15,190	1 21,932		
82,5			4 10,395	2 16,170	1 23,348		
87,5			2 11,025	1 17,150	4 24,762		
92,5			2 11,655	2 18,130	1 26,178		
97,5				1 19,110			
102,5			2 12,915	1 20,090			
107,5					1 30,422		
112,5				1 22,050	1 31,838		
117,5							
122,5					1 34,668	1 47,162	1 61,617
127,5							
132,5							
137,5						1 52,938	
142,5							
147,5							
152,5							
157,5					1 44,572		
Skupaj	189	202	100	37	15	3	1

Poskusna ploskev v Pišnici.

Objekt meritev: popleti.

Merjeno v času od 16. do 17. maja 1957.

obdelovalne tabele

Lesna masa (N . γ . h) v cm ³ (pri premeru v mm)								Σ	Število mladik v razredu Σ N	Skupna dolžina mladik v razredu Σ N . h
2	5	4	5	7	8	9				
13,57	16,16						29,73	38	665,0	
29,97	25,55	5,67					61,19	61	1.372,5	
35,85	62,50	17,32					115,65	79	2.172,5	
39,27	73,82	40,95	6,37				160,41	82	2.665,0	
24,42	79,89	33,08	14,70				152,09	60	2.250,0	
13,17	60,34	53,55	16,66				143,72	42	1.785,0	
8,84	80,71	47,88	9,31				126,74	33	1.567,5	
4,88	52,18	85,99	30,87				173,92	33	1.732,5	
	49,00	50,72	45,08				144,80	25	1.522,5	
	26,62	63,00	49,00	17,69			156,31	19	1.187,5	
	19,17	76,55	66,15	19,10			180,97	19	1.282,5	
	20,59	82,21	42,63	41,04	27,91		214,38	19	1.377,5	
	5,50	19,53	60,76	21,93			107,72	8	620,0	
		41,58	32,34	23,35			97,27	7	577,5	
		22,05	17,15	99,05			138,25	7	612,5	
		23,31	36,26	26,18			85,75	5	462,5	
			19,11				19,11	1	97,5	
		25,83	20,09				45,92	5	307,5	
				30,42			30,42	1	107,5	
			22,05	31,84			53,89	2	225,0	
				34,67	47,16	61,62	143,45	3	367,5	
					52,94		52,94	1	137,5	
				44,57			44,57	1	157,5	
169,95	552,03	689,22	488,53	389,84	128,01	61,62	2479,20	547	23.052,5	

Rezultati:

Lesna masa 2479,20 cm³.
Letni prirastek 447,63 cm³.

Povprečna dolžina mladik 42,1 cm.
Povprečno število mladik po m 21,5.

s pomočjo tedanjega OLO Radovljica, jeseni leta 1954 izvedeni prvi smotrno organizirani poskusi z vlaganjem živih ščetk na police, spomladi leta 1955 pa drugi.

Prva poskusna površina je bila izbrana v udoru Pišnice nad Kočo na Gozdu pod Vršičem, ki je bil že pomladi leta 1952 delno (približno polovico površine) urejen s popletmi. Ščetke so bile vložene v preostali, še neurejeni del površine, med obema pa je speljan tlakovan odvodni jarek za odvajanje površinske vode iz zgornjega dela udora (sl. 10). Površina, urejena s popletmi, ima SSV ekspozicijo, ona s ščetkami S, obe pa sta v nagibu 43—47° (zgoraj bolj strmo kot spodaj). Ker so tudi vsi ostali faktorji, tako klimatski in pedološki kot nadmorska višina (ca. 1500 m), za obe površini isti, sta bili pomladi leta 1956 prav tu izbrani prvi dve primerjalni ploskvi v obliki 1,5-metrskih pasov skozi 17 vrst popletov in prav toliko vrst ščetk. Drugi dve primerjalni ploskvi sta bili isto pomlad izbrani na drugi poskusni površini, ležeči v skrajnem zgornjem delu velikega udora v Smeču nad Srednjim vrhom nad Martuljkom (sl. 11). Ta poskusna površina ima JJZ ekspozicijo, nagib ca. 55—57° in nadmorsko višino ca. 1500 m. Na tej površini so bili zgoraj izvedeni pomladi 1953 popletmi, pomladi 1955 pa pod njimi žive ščetke. Iz enakih vzrokov kot v Pišnici — vsi odločujoči zunanji faktorji so enaki — sta bili tudi drugi dve primerjalni ploskvi izbrani, tako, da je položen po pobočju, od steze, ki prečka ta del udora navzgor, 2 m širok pas najprej skozi 14 vrst ščetk, nato pa se nadaljuje še skozi enako število vrst popletov. Gotovo je, da so — v danih možnostih — bile izbrane za primerjavo najbolj enakovredne ploskve, čeprav bi se dalo tej izbiri še marsikaj oporekati, tako v primeru Pišnice, še posebno pa v primeru Smeča, o čemer bomo še govorili kasneje.

Od pomladi 1956 naprej so bile skozi 5 let na teh 4 primerjalnih ploskvah izvajane meritve za ugotavljanje lesne mase in prirastka. Rezultati meritev naj bi pokazali uspešnost in učinkovitost enega in drugega načina vegetativnega utrjevanja narušenih zemljišč. Iz rezultatov, prikazujočih lesno maso, njen vsakoletni prirastek, povprečno dolžino (višino) mladik in njihovo število po enoti dolžine, t. j. po m², naj bi bilo moč sklepati tudi o prirastku,



Sl. 9. Detajl velikega udora v hudourniku Smeč nad Srednjim Vrhom, z ozelenelimi živimi ščetkami, starimi tri mesece. Levo zadaj preložitev struge hudournika v čvrsto pobočje

(foto prof. ing. Rainer)

Sl. 10. Poizkusna površina v udoru Pišnice nad Kočo na Gozdu. Primerjalni ploskvi sta belo obrobljeni. Spodnja, levo od odvodnega jarka, je v popletih, zgornja, desno od jarka pa v ščetkah. V strugi hudournika zaporedje zidanih ustalitvenih pregradb

(foto prof. ing. Rainer)



gostoti in globini podzemnega dela rastlin na osnovi dejstva, da je koreninje v premem sorazmerju z nadzemnim delom.

Za izračun prostornine lesa vrbovih poganjkov, mladik, je avtor uporabil najpreprostejši, t. j. Huberjev obrazec ($V = \gamma \cdot h$), ker je mnenja, da za dosego zastavljenega cilja in glede na obravnavani material to popolnoma zadošča. V ta namen je sestavil obdelovalno tabelo (glej priloženi primer, tabelo 1), v kateri je razdelil material na 1 mm debelinske in 5-centimetrske višinske razrede. Pri meritvah pa — tako zaradi majhnega, nepomembnega števila, kot zaradi premajhne lesne mase — seveda ni upošteval debelin izpod 1,5 mm in višin (oziroma dolžin) mladik izpod 15 cm. Kot je razvidno iz obdelovalne tabele, je za izračunavanje uporabljal sredino debelinskih (2, 3, 4... mm) in sredino višinskih (17,5, 22,5, 27,5... cm) razredov. Pri tem ni detajliral mase in prirastka po vrstah uporabljenih vrb, marveč je zajel podatke le skupno. V popletih so namreč bile uporabljene — na obeh poskusnih površinah — vrste *Salix purpurea* (največ), *S. incana* (nekaj manj) in *S. daphnoides* (v Pišenci le 2, v Smeču pa kakih 12—15 primerkov). Slednja je prav v Smeču krepko pripomogla k prednosti popletov, saj so njeni poganjki občutno debelejši in daljši. V ščetkah pa sta bili — prav tako na obeh površinah — uporabljeni le *S. purpurea* in *S. incana*, slednja nekoliko manj. Vsekakor se je kot najuspešnejša od imenovanih pokazala *S. daphnoides*, ostali dve vrsti sta približno enako vredni.

Rezultati, izračunani iz podatkov, dobljenih z meritvami, so prikazani v tabelah 2 in 3. Iz njih je razvidno naslednje:

Tab. 2. Meritve v Pišnici

Čas meritev	Les. masa v cm ³	Popletni Prirastek		Povpreč. dolžina cm	Povpreč. število mladik po m ²	Les. masa v cm ³	Ščetke Prirastek		Povpreč. dolžina cm	Povpreč. število mladik po m ²
		cm ³	%				cm ³	%		
maj 1956	2031,57	—	—	46,1	18,4	3118,72	—	—	44,2	30,9
maj 1957	2479,20	447,63	22,0	42,1	21,5	3284,41	165,69	5,5	38,7	35,5
november 1957	2555,11	75,91	3,0	44,3	21,1	3473,93	189,52	5,8	40,2	33,2
maj 1959	2636,23	81,12	3,2	40,1	23,3	4121,46	647,53	18,6	38,4	31,0
maj 1960	3221,63	— 314,60	— 11,9	47,5	19,2	4974,66	853,20	20,7	50,2	20,1

Tab. 3. Meritve v Smeču

Čas meritev	Les. masa v cm ³	Popletni Prirastek		Povpreč. dolžina cm	Povpreč. število mladik po m ²	Les. masa v cm ³	Ščetke Prirastek		Povpreč. dolžina cm	Povpreč. število mladik po m ²
		cm ³	%				cm ³	%		
maj 1956	3.679,04	—	—	46,2	55,8	3.800,98	—	—	47,2	41,2
april 1957	10.152,95	6473,91	176,0	66,3	44,0	6.350,39	2549,41	67,2	44,2	54,0
november 1957	9.731,73	— 421,22	— 4,1	66,3	52,3	5.703,15	— 647,26	— 10,2	50,7	38,1
april 1959	18.308,00	8576,27	88,1	73,2	54,4	7.292,84	1589,71	27,9	53,5	37,4
maj 1960	20.814,72	2506,72	13,7	81,8	40,5	10.847,59	3554,75	48,9	61,2	35,0

Sl. 11. Poizkusna površina v zgornjem delu velikega udora v Smeču nad Srednjim Vrhom. Primerjalni ploskvi sta v belo obrobljenem liku, v spodnjem delu so žive ščetke, v zgornjem popleti

(foto prof. ing. Rainer)



V Pišnici so popleti, kljub dveletni prednosti pred ščetkami, na večini obravnavanih področij — z izjemami prirastka v maju 1957 in povprečne dolžine mladik vsa leta razen 1960 — absolutno slabši od ščetk. Če bi poskušali izravnati podatke po absolutni starosti, t. j. da bi n. pr. primerjali ščetke v letu 1959 s popleti v maju 1956, bi našli v ščetkah še večjo prednost. Tega pa seveda ne moremo v popolnosti storiti, ker se menjajo klimatski pogoji in torej rezultati niso komparabilni.

Kljub številčno pozitivnim rezultatom pa je — tako na osnovi slednjih kot tudi okularno na kraju samem — moč oceniti pri obeh tipih gotovo stagnacijo, čemur so najverjetneje vzrok precej slaba, predvsem pa prestrmo nagnjena tla. Po Stinyju je naravni nagib suhe ilovice $40-55^{\circ}$, mokre ilovice $18-25^{\circ}$, humozne zemlje $38-40^{\circ}$, suhega prodca pa $35-40^{\circ}$. Ker je obravnavano pobočje v Pišnici nekakšna mešanica vseh navedenih vrst tal, bi iz tega sledilo, da bi bil ustrezajoči nagib nekako med $38-42^{\circ}$, v mokrem stanju pa precej manjši. Po spredaj navedenih podatkih je torej pobočje udora močno prestrmo. Za takšne primere pa pravi Strele: »Z upanjem, da bi nam prestrme udore uspelo s popleti trajno vezati, se nikakor ne moremo slepiti.«

V Smeču je situacija drugačna. Iz tabel je razvidno naslednje:

Pri prvih meritvah v maju 1956 so bili lesna masa, povprečna dolžina in povprečno število mladik v popletih in ščetkah približno enaki, z malenkostno prednostjo slednjih kljub dveletni starostni razliki v korist popletov. Vse nadaljnje meritve pa kažejo občutno prednost popletov, z izjemo prirastka v vegetacijski periodi 1959, merjenega v maju 1960.

Če analiziramo vse zunanje pogoje, ki morejo vplivati na rast, moramo — vzporejajoč obe primerjalni ploskvi v Smeču — priti do naslednjih zaključkov:

Ker sta si težišči obeh primerjalnih ploskev zelo blizu — horizontalno kakih 20 m, vertikalno kakih 15 m — je količina padavin gotovo enakovredno porazdeljena na obe. Ni pa tako v primeru vetra in temperature. Zaradi južne ekspozicije celotne površine, ki je popolnoma odprta proti Zgornjesavski dolini, piha iz le-te od jutra pa do 15. do 16. ure skozi večji del leta precej močan in hladen veter. Ščetke, locirane pod popleti, sprejemajo prve njegove udarce ter ga nekoliko zavirajo. Popleti so torej v njihovi zaščiti in je zato tudi temperatura v njih malenkostno višja, pogoji zatorej ugodnejši.

Dalje, ekspozicija in nagib zemljišča sta enaka, niso pa takšna tudi tla. Drobnejša, finejša razpadlina, ki se še vedno kotali od zgornjega roba udora — ta je iz zelo preperelih kamenin — mavzdol, se zaradi manjše mase in torej tudi manjše inercije kmalu zaustavi, t. j. že v popletih. Debelejši material (ki ne more rastlinam nuditi hrane), pa se skozi poplete prebije še naprej ter se ustavi šele med ščetkami. Bogatejša tla torej ostajajo in so zgoraj, v popletih, in zato slednji tudi bolje uspevajo.

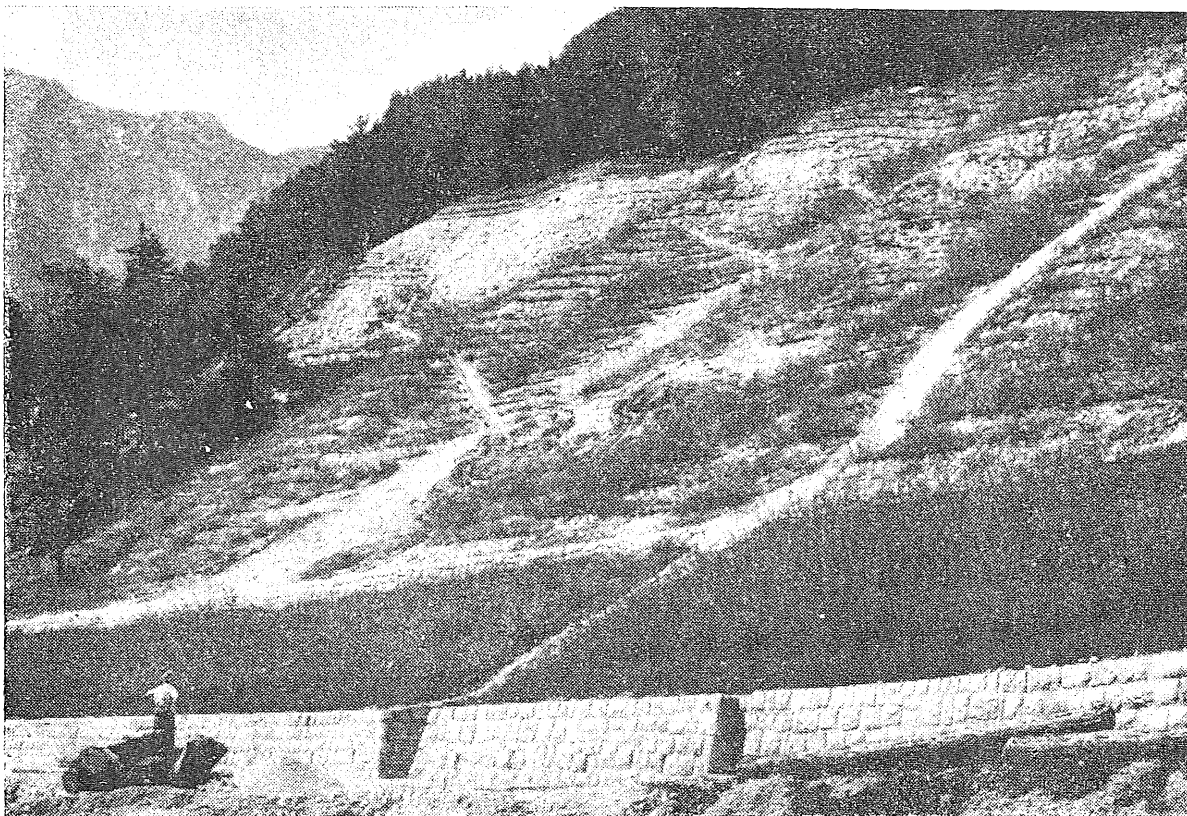
Avtor je mnenja, da se iz vsega navedenega vendar more zaključiti, da so se ščetke izkazale učinkovitejše od popletov, upoštevajoč predvsem dejstvo, da hitreje in bujneje odženo, saj so za umiritev narušenega pobočja najvažnejša prav prva leta. Zatem morajo seveda takoj slediti naslednji ukrepi, t. j. sajenje više razvitih, grmovnih in drevesnih vrst, ki bodo takšno pobočje šele dokončno vezale in ga bogatile s svojo steljo. Zaradi raziskav namreč in dobivanja čim objektivnejših podatkov se na tretiranih ploskvah to še ni izvedlo.

Do enakega zaključka je, kot že omenjeno, medtem prišla tudi že operativna hudourničarska služba, ki je s ščetkami tudi v praksi dosegla zelo lepe



Sl. 12. Lepo uspelo vezanje narušenega pobočja z živimi ščetkami v udoru Suhe Pišnice pri Erjavčevi koči pod Vršičem. Ustalitev dna struge z zaporedjem zidanih pregradb

(foto prof. ing. Rainer)



Sl. 15. Ureditev udora z živimi ščetkami in površinsko odvodnjo v hudourniku Zadnjica (Log v Trenti). V ospredju zavarovanje ceste in vznožja udora z opornim zidom (foto prof. ing. Rainer)

rezultate (sl. 12 in 13). Pri tem se je izkazalo tudi, kar je bilo že teoretično ugotovljeno, da je izvedba ščetk neprimerno lažja, hitrejša in cenejša.

Tu je potrebno navesti še, da je opisani način izvedbe ščetk medtem doživel še majhno, a važno izpopolnitev, in sicer s tem, da se vzdolž zunanega roba izkopane police najprej položita po ena do dve daljši vrbovi veji in šele nanje se nato navzkrižno polagajo nezakoreninjeni potaknjenci. Te veje preprečujejo spiranje tal po površinsko odtekajoči vodi med konci potaknjencev, štrlečimi iz pobočja.

Nujno pa je na koncu poudariti še eno dejstvo. Kakorkoli že so ščetke pokazale i v praksi i teoretično prednost pred popleti, ta vendarle ni absolutna in bo pri izbiri ene ali druge metode vegetativnega utrjevanja narušenega zemljišča trezno presoditi, katero metodo bomo uporabili. Vsaj za sedaj ni mogoče trditi, da bodo ščetke povsem izpodrinile poplete. Na določenih zemljiščih bodo verjetno še vedno imeli popleti prednost pred ščetkami.

DIE VEGETATIVE VERBAUUNG ANGEBROCHENER TERRAINE

Zusammenfassung

Einleitend werden in der Abhandlung verschiedene Ursachen der Erosionserscheinungen, insbesondere der Hang- und Uferanbrüche und Anrisse kurz beschrieben. Dagegen werden bautechnische und biologisch-meliorative Massnahmen vorgenommen. Einem kurzen Historiate folgt die Beschreibung von Grundtypen der vegetativen Vorkehrungen zur Verbauung und Beruhigung der angebrochenen Terraine (nach Démontzey und Couturier), d. h. der Flechtwerke, Kordonpflanzungen und deren neueren österreichischen Variante, der Buschlagen. Daraufhin werden einige Strauch- und Baumarten aufgezählt, welche sich bei der biologischen Melioration angebrochener Terraine in den Alpen- und Voralpengebieten am besten bewährt haben. An Stelle verschiedener üblicher Samenmischungen zur Flächenberasung werden die sehr wirksamen und billigen Heublumen empfohlen.

In den Wäldern auf steilen Abhängen hat man oft mit kleinen, zerstreuten den Anbrüchen im oberen Savetal angelegt, in welche — erstmalig in Jugoslawien — Buschlagen auf Bauketten eingelegt wurden. Dicht daneben bzw. darüber bestanden schon zweijährige Flechtwerke, so dass es möglich war, auf jeder Versuchsfläche je zwei Vergleichsflächen abzupflocken, eine in den Flechtwerken und eine in den Buschlagen. Seit Frühling 1956 wurden auf diesen Flächen 5 Jahre hindurch Zuwachsmessungen an Weidentrieben durchgeführt. Zur Volumenberechnung bediente sich der Autor der einfachsten, d. i. der Huber'schen Formel. Dabei verwendete er Dickenstufen von 1 mm und Höhenstufen von 5 cm (wobei Dicken unter 1,5 mm und Längen unter 15 cm nicht einbezogen wurden). Die Resultate der Messungen zeigten auf der einen Versuchsfläche die absolute, auf der anderen aber nur die relative Überlegenheit der Buschlagen gegenüber den Flechtwerken.

Zum Schlusse stellt der Autor fest, dass inzwischen auch die Operative zu derselben Erkenntnis gekommen ist, wie sie theoretisch vorausgesagt worden war, nämlich dass die Anlage von Buschlagen unvergleichlich leichter, schneller und billiger erfolgt, zugleich aber auch wirksamer als bei den Flechtwerken ist.

Literatura:

1. *Bock-Richter*: Die Wildbach- und Lawinenverbauung in Österreich nach dem Zweiten Weltkrieg. Journal Forest. Suisse, 1952/4-5.
2. *Rainer, F.*: Problemi erozije i uredjenja bujičnih područja te naša praktična iskustva (referat na Prvom savetovanju o naučnim osnovama borbe protiv erozije). Beograd, 21. do 25. decembra 1955.
3. *Renouve, P.*: L'économie montagnarde — La lutte contre l'érosion du sol (Cours professé à l'Ecole Nat. des Eaux et Forêts, Nancy).
4. *Skatula, L.*: Hrazeni bystrin a strži. Praha, 1960.
5. *Strele, G.*: Grundriss der Wildbach- und Lawinenverbauung. Wien, 1950.
6. *Wang, F.*: Grundriss der Wildbachverbauung. Leipzig, 1901.