

RUDOLF MIDRIAK

PÔDNE VLASTNOSTI DEŠTRUKČNÝCH FORIEM V SUBALPÍNSKOM
A ALPÍNSKOM STUPNI BELANSKÝCH TATIER

Dans les montagnes des Belanské Tatry, sur les roches prédominantes dolomitiques et calcaires, des différentes variétés de rendzines se sont formées comme types de sol. Ensemble avec des sols sur d'autres substrats (surtout des schists de Verfène), elles se trouvent au degré subalpin et alpin, pour la plupart au dessus de 1500 m, considérablement endommagées par l'érosion, mouvements de déclivité ou, en premier lieu, par des processus de destruction cryopédologiques. L'auteur interprète les résultats de sa recherche des qualités du sol selon les formes typiques des sols détruits, endommagés notamment par l'érosion éolienne et d'eau, nivation, tourisme, solifluction, glace terrestre etc. Beaucoup d'attention est accordée particulièrement aux sols de guirlande ou dénudés en diverses stades de leur évolution.

1. ÚVOD

V niektorých vysokých pohoriach Slovenska nadobudla plocha nad hornou hranicou lesa, postihnutá deštrukciou pôdy v najrôznejších formách, pomerne veľký rozsah. K zväčšeniu tejto rozlohy došlo najmä na miestach, kde boli odstránené kosodrevinové porasty, alebo sa umele znížila i pôvodná hranica lesa.* Rozsah deštruovaných pôd nie je však zanedbateľný ani vyššie, v alpínskom stupni.

Doteraz sa venovala len veľmi malá pozornosť štúdiu pôdnoekologických pomerov deštrukčných foriem nad hranicou lesa. Erované pôdy, ale len pri formách v kombinácii s kryopedologickými javmi, teda zväčša ako periglaciálne pôdne formy, boli sčasti predmetom záujmu fyzických geografov, najmä pri geomorfologickom mapovaní kvartéru v našich vysokohorských polohách. Pokiaľ ide o analytické údaje, ktoré by charakterizovali v našich prírodných podmienkach vysokohorské pôdnodeštrukčné formy, tých prakticky (okrem veľmi málo výnimiek) niet. V prípade skúmaného pohoria Belanských Tatier možno za prácu tohto druhu aspoň sčasti považovať len prácu J. Pelíška (10), kde sa v prípade rendzín na okrajoch mrazových pôdných foriem uvádzajú aj analytické vlastnosti pôd 7 vzoriek.

Predkladaný príspevok je súčasťou komplexného výskumu deštrukcie pôdy z oblasti nad hranicou lesa v Belanských Tatrách. Interpretujú sa v ňom výsledky pôdných vlastností z niekoľkých typických lokalít s najčastejšie sa vyskytujúcimi formami deštrukcie pôdy, ktoré sú spomedzi našich vysokých pohorí azda najlepšie vyvinuté práve v tomto pohorí. Práca z hľadiska komplexnosti rozboru ekologických podmienok skúmanej oblasti nadväzuje na spoločný príspevok autora a M. Manicu (7), ako aj na ďalšiu autorovu prácu (6).

V Belanských Tatrách sú najrozšírenejším pôdnym typom *rendziny*. Podľa klasifikácie hlavných typov lesných pôd, vypracovanej R. Šálým (15), ide vo väčšej časti pohoria o *typické humusovo-karbonátové pôdy* (rendziny). Ich variety alebo nižšie klasifikačné jednotky sa od seba navzájom líšia rôznym množstvom a charakterom humusu, hĺbkou profilu, obsahom skeletu atď.

Najucelenejší prehľad o pôdach Belanských Tatier podal doteraz v dvoch prácach J. Pelíšek (10, 11). Výskum a mapovanie pôd na menšej rozlohe v JV časti pohoria robil K. Tarábek (16) a štúdiom mrazových pôdných foriem v Belanských Tatrách sa zaoberali aj J. Ksandr (2), R. Netopil (8), P. Plesník (12) a J. Sekyra (14).

J. Pelíšek (11) rozoznáva podľa tzv. *výškovvej pásmovitosti pôd* na pevných dolomitických a vápencových podložiach v celom pohorí Belanských Tatier tri stupne. Prvý stupeň tvoria *tmavosivé až čiernosivé rendziny* vo výškovom rozpätí od 800 do 1600—1700 m n. m., druhý stupeň nad ním do výšky 2000 m n. m. tvoria *sivočierne rašelinové rendziny* a napokon tretí stupeň tvorí *pásmo vápencových a dolomitických sutín i skál*. Výskyt posledného stupňa však nie je podľa našich pozorovaní obmedzený nadmorskou výškou, ale zväčša sa viaže na bralový reliéf. Ani celková vertikálna stupňovitost rendzín nie je v tomto pohorí taká výrazná a v mnohých prípadoch sa pôdne pomery podstatne menia taktiež v pásoch, ktoré sledujú približne smer spádnice, a to prísne v závislosti od mikroreliéfu. Napríklad iné vlastnosti majú pôdy v lavínových žlaboch alebo erózných ryhách (kde dlhšie leží sneh; je tam zvýšená pôdna vlhkosť, odlišné humifikačné pomery a pod.) ako pôdy náveterných hrán, resp. náveterných svahov mikroreliéfu vôbec.

Tmavosivé až čiernosivé rendziny v ponímaní J. Pelíška (11) sa v Belanských Tatrách vytvorili najmä na úpätiach svahov, ale aj vyššie na svahoch a sutinách. Podsvahové a svahové rendziny majú stredne hlboký až hlboký profil a spravidla stredne až hruboodrobinkovitú štruktúru. Rendziny, ktoré sa vytvárajú na vápencových a dolomitických sutinách, majú rôznu hĺbku podľa sklonitosti svahu, zväčša sú však plytšie a majú zvýšený obsah humusu (až do 20 %), ktorého absolútne množstvo je však vzhľadom na skeletnosť profilu veľmi malé.

Pod lesnými porastami je povrch tmavosivých až čiernosivých rendzín pokrytý miestami vrstvou opadu (nadložného humusu) o hrúbke 3 cm. Pod touto vrstvou je vlastný humusový horizont dvojfázovej pôdy, o hrúbke do 60 i viac cm, s výraznou odrobinkovitou štruktúrou a rôznou, väčšinou však bohatou prímесou vápencového alebo dolomitického štrku (priemerne 15—60 %), ktorého množstvo pribúda do hĺbky. Z fyzikálnych vlastností týchto pôd sme v lestnatej časti výškového stupňa od 900 do 1300 m zistili pomerne kolísavé hodnoty vo vrchnej, asi 20 cm hrubej vrstve pôdy: pórovitosť od 65 do 88 %, maximálna kapilárna vodná kapacita od 46 do 73 % a minimálna vzdušná kapacita od 4 do 32 %.

V nižších lesnatých častiach tohto pôdneho pásma, ale aj v oblasti hornej hranice lesa sme našli aj pôdy vytvorené na podloží kremitých pieskocov a zlepcov, v ktorých profile je však primiešané veľké množstvo vápencového skeletu. Dostal sa sem pravdepodobne gravitačnými procesmi z vyššie ležiacich polôh pred recentným obdobím a miestami podstatne ovplyvnil genézu pôdneho profilu. Podľa chemických analýz majú vo väčšine prípadov aj tieto pôdy nasýtený sorpčný komplex, nenesú známky vylúhovania, a tak ich môžeme priradiť k humusovo-karbonátovým pôdam. Takéto pôdy v JV časti Belanských Tatier vyčlenil na kremencoch aj K. Tarábek (16)



Obr. 1. Alpínske poduškové rendziny hrebeňového plateau v oblasti Z. Jatiek (cca 2000 m n. m.) predstavujú typický deštruovaný pôdny kryt na hrane (corniche) s intenzívnym mrazovým rozpadom (kongelifrakciou).

a označil ich ako *pararendziny* na svahových delúviách. Vyššie, v subalpínskom stupni sa zasa na viacerých miestach vzhľadom na pestré geologické zloženie predštvrtohorných útvarov miešajú nekarbonátové horniny s karbonátovými, pričom sa tam vytvorili pôdy s rôznym obsahom CaCO_3 , a tvoria tak rôzny stupeň prechodu od pararendzín až k typickým rendzinám.

Druhý stupeň vertikálnej pôdnej pásmovitosti podľa J. Pelíška (11) je stupňom *sivočiernych rašelinových rendzín* a zaberá plochy na pevných vápencoch a dolomitoch prímerne v nadmorských výškach od 1600–1700 do 2000 m n. m. V týchto vysokohorských polohách subalpínskeho až alpínskeho stupňa už procesy chemického zvetrávania značne ustupujú a smerom do vyšších polôh prevláda stále viac mechanické, najmä mrazové zvetrávanie. Rendziny tam charakterizuje vysoký obsah humusu (až do 60 %) nahromadený vplyvom vysokej vlhkosti a nízkej teploty vo vrchnej časti zväčša plytkého profilu o hĺbke do 20–30 cm. Vlastný humusový horizont má prevažne sivočiernu až čiernu farbu, pôda v ňom je vlhká, mazlavá a vyplňa ju spravidla drobnejšie skelet karbonátových hornín. Ílovitých substancií minerálneho pôvodu je v týchto pôdach veľmi málo, odrobinkovitá štruktúra sa miestami taktiež stráca a býva počas väčšej časti roka zliata.

Povrch týchto pôd je zväčša porastený trávnyimi spoločenstvami, tvoriacimi asi 5–10 cm hrubý mačínový plášť, prípadne ostrovčekmi kosodrevinových porastov. Z fyzikálnych vlastností vrchných vrstiev týchto pôd môžeme podľa našich výskumov

uviesť pre výškové rozpätie 1700—1950 m tieto priemerné hodnoty: pórovitosť 66—78 %, maximálna kapilárna vodná kapacita 45—59 % a minimálna vzdušná kapacita 8—27 %.

Rendziny uvedeného typu v Belanských Tatrách môžeme zväčša označiť aj ako *alpínske smolnaté rendziny*. V zmysle klasifikácie humusovokarbonátových pôd W. L. Kubiěnu (3) ide ťašti aj o *alpínske poduškové rendziny* (obr. 1), prípadne aj o *tanglové rendziny*, najmä pod porastom kosodreviny.

Podľa obsahu hlavných minerálnych živín v materských horninách (1) môžeme pôdy na dolomitoch a dolomitických vápencoch, ako aj slienitých a oolitických vápencoch Belanských Tatier zaradiť medzi minerálne najbohatšie s celkovým obsahom hlavných živín nad 30 % s nadbytkom báz a P₂O₅, ale s malým obsahom K₂O. Rendziny na triasových a muránskych vápencoch s vysokým obsahom CaO, kolísavým, ale prevažne nízkym obsahom MgO a nedostatkom K₂O i P₂O₅ patria ešte k minerálne veľmi bohatým a napokon rendziny na slieňoch vrchného liasu a červených i slienitých hľuznatých vápencoch v hrebeňových častiach Belanských Tatier podľa klasifikácie citovaného autora (1) k minerálne bohatým. Medzi minerálne veľmi chudobné sa v tomto pohorí počítajú len liasové kremence.

Obyčajne najvyššie hrebeňové časti Belanských Tatier sú okrem bralových útvarov pokryté vo vertikálnej pásmovitosti posledným *pásmom vápencových*, prípadne *dolomitických štrkových, kamenitých až balvanitých sutín a skál*. Toto pásmo sa predovšetkým vytvorilo mechanickým rozpadom, najmä mrazovým zvetrávaním hornín, pričom o vyvinutom pôdnom profile nemožno ešte hovoriť.

Okrem opísaných variet rendzín sa na mnohých miestach nad hranicou lesa vytvorili zaujímavé formy pôd *amorfnej soliflukcie a diferencované mrazové pôdy*, zahŕňané pod spoločný názov *pôdy tundrové*, v našich zemepisných šírkach azda výstižnejšie *pôdy periglaciálne*. Nie sú to samostatné pôdne typy, ale len zvláštne formy pôdneho povrchu. Patria sem najmä rôzne formy *girlandových a lysinových pôd* a *pôdy kopčekovité*, čiže *tufury* a vyskytujú sa predovšetkým v hrebeňových polohách a sedlách JV časti Belanských Tatier, v oblasti Kopského sedla a inde. J. Pelíšek (11) napr. rozoznáva z mrazových pôdných foriem v Belanských Tatrách okrem tufúr pôdy políčkovité, terasovité pôdy polkruhovité a oválne, terasovité pôdy pásové a pôdy úzko

Tabuľka 1

Približné zastúpenie pôd podľa vertikálnej pôdnej pásmovitosti v centrálnej časti pohoria Belanské Tatry (na rozlohe 1024 ha, vo výškovom rozpätí 1150—2150 m n.m.) v %

Charakteristika pôdných pomerov	Výškový stupeň m n. m.			
	do 1700	1700—2000	nad 2000	S p o l u
prevažne tmavosivé až čiernosivé rendziny (vrátane pararendzín)	44	—	—	44
prevažne sivočierne rašelinové rendziny (resp. alpínske smolnaté rendziny, vrátane tanglových a alpínskych poduškových rendzín)	—	29	0,5	29,5
pásmo vápencových a dolomitických sutín a skál	2	7	1	10
rôzne formy deštruovaných pôd	5	11	0,5	16,5
Celkom	51	47	2	100

pruhovité čiže brázdnené. Tieto formy pôd sú v oblasti Belanských Tatier recentné a vznikajú i dnes v podmienkach periglaciálnej klímy. Väčšiu časť z nich považujeme za *deštruktívne pôdne formy*.

Na základe štúdia kauzálneho vzťahu medzi geologickými a pôdnymi pomermi môžeme v Belanských Tatrách hovoriť v zmysle práce L. Mičiana (4) vcelku o geomorfologicko-substrátovej katéne, podmienenej pestrým geologickým zložením územia, ale aj radom iných faktorov. Celkovo približné plošné zastúpenie jednotlivých komponentov pôdneho krytu v závislosti od vertikálnej diferencovanosti v centrálnej časti Belanských Tatier sme vyjadrili v tab. 1.

3. STRUČNÝ PREHLAD FORIEM DEŠTRUKCIE PÔDY

Pod *deštrukciou pôdy* rozumieme vo všeobecnosti rozrušovanie alebo rozhlodávanie pôdneho, resp. v širšom ponímaní zvetralinového plášťa, vyvolané pôsobením exogénnych síl vrátane antropogénnych vplyvov na reliéf. Tak sú podmienkami a faktormi vzniku pôdnodeštruktívnych javov a foriem hornina, reliéf, klíma, organizmy, vek, gravitácia, ako aj sama pôda a hospodárska činnosť človeka.

Analýzou podkladov získaných výskumom v Belanských Tatrách (5) sme zistili, že najdôležitejšou *podmienkou* ovplyvňujúcou pôdnodeštruktívne procesy nad hranicou lesa je *reliéf*, pričom dominujúce postavenie má mikroreliéf. Z jednotlivých *faktorov* vzniku pôdnej deštrukcie stoja na prvom mieste *klimatické činitele* — vietor, zrážky a teplota (posledné dva sa prejavujú deštruktívne najmä prostredníctvom snehu, pôdneho ľadu i povrchového odtoku).

Pôsobením týchto činiteľov, spolu s priamymi i nepriamymi účinkami a vplyvom zvetralín, organizmov a antropogénnych zásahov, vytvorilo sa v subalpínskom a alpínskom stupni množstvo *pôdnodeštruktívnych foriem*. Sú v podstate výsledkom *erózných, gravitačných* alebo *kryogénnych procesov*, najčastejšie však vznikli ich kombináciou.

Z erózných procesov sú rozšírené najmä pôdnodeštruktívne formy veternej (deflácia a korázia) a snehovej erózie, ale rovnako i formy lineárnej a areálnej zrážkovej erózie. Z pôdnodeštruktívnych foriem, vznikajúcich pri gravitačných javoch, resp. svahových pohyboch, je najrozšírenejšie zliezanie zvetralín s osobitným prevládajúcim prípadom soliflukcie (ovplyvňovanej predovšetkým kryopedologickými procesmi), ďalej padanie (rúcanie) skál, zosuny pôdy i štrkových a kamenitých sutín, ako aj kĺzanie sutiny. V rade kryopedologických javov sú najtypickejšie regelačné procesy s tvorbou pôdneho, najmä však ihlicovitého ľadu (pipkrake), prejavujúce sa v pôdnom kryte rôznymi soliflukčnými formami. Najtypickejšie z amorfných foriem soliflukcie sú niektoré mrazové pôdne formy (periglaciálne pôdy), medzi nimi najmä girlandové a lysinové pôdy v rôznych vývojových štádiách.

4. ANALÝZA PÔDNYCH VLASTNOSTÍ RÔZNYCH DEŠTRUKČNÝCH FORIEM NAD HORNOU HRANICOU LESA V BELANSKÝCH TATRÁCH

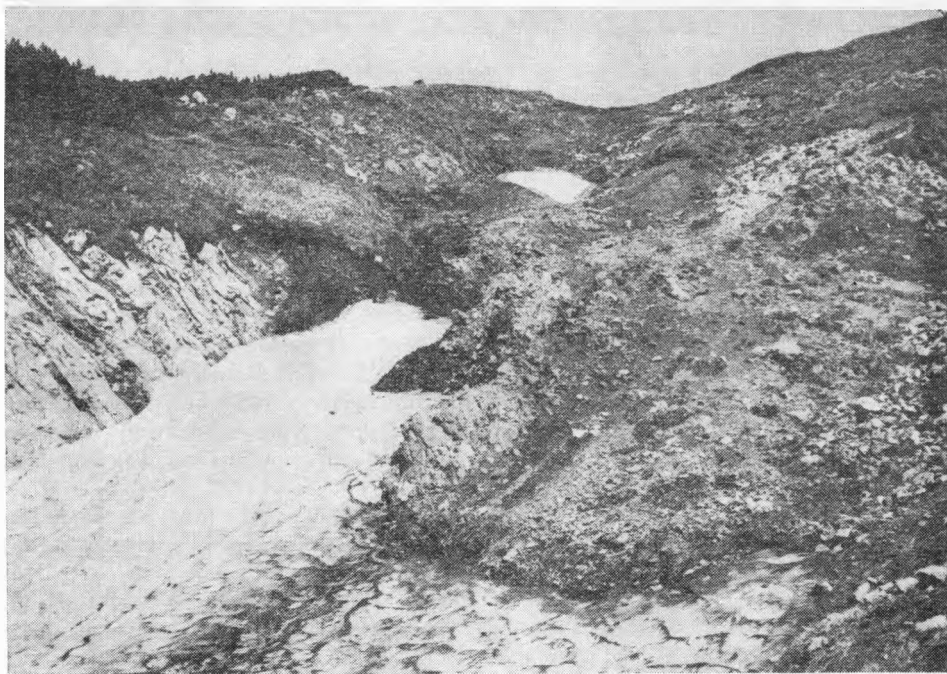
Vzhľadom na to, že škála foriem deštrukcie pôdy v subalpínskom a alpínskom stupni skúmaného pohoria je veľmi pestrá, pričom aj pôdne vlastnosti jednotlivých deštruktívnych foriem sú často dosť rozdielne, vybrali sme do tejto state niekoľko príkladov najčastejšie sa vyskytujúceho poškodenia pôdy. Analýzu pôdnych pomerov s poukázaním na zmenu pôdnoekologických vlastností niektorých deštruktívnych foriem (osobitne

periglaciálnych pôd) urobíme na príklade niektorých lokalít predovšetkým z J strany pohoria (Predné a Zadné Medodoly), ako aj z hlavného hrebeňa Belanských Tatier.

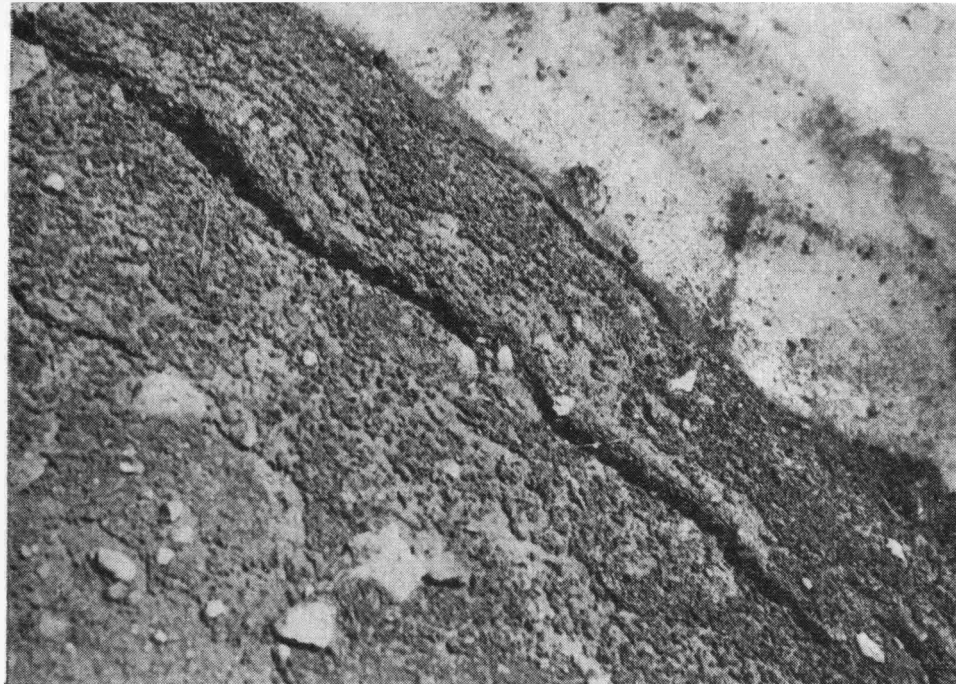
4.1. POD KOPSKÝM SEDLOM

Ako príklad zloženia pôd každoročne deštruovaných, najmä snehom, ale aj plošnou zrážkovou eróziou na väčšej ploche v *mohutnejších lineárnych erózných útvaroch* na miestach dlho do leta pretrvávajúcích snehových polí uvedieme aspoň niekoľko údajov z pôdneho profilu 33. Sonda bola vykopaná v 1740 m výške v zbernej časti mohutnej eróznej ryhy pod Kopským sedlom (obr. 2), ktorá má J expozíciu a zvažuje sa k Bielym plesám. Predstavuje pomerne hlbokú piesčitohlinitú až hlinitú pôdu vytvorenú na pestrých spodotriasových bridliciach až pieskovcoch. Zachovala sa tam medzi vetvami ryhy ako vyvýšený rebrovitý erózný zvyšok s totálne obnaženým povrchom. Na povrchu je pokrytá len miestami roztrúseným ťažším skeletom (\varnothing 1–5 cm), ktorý ostáva ležať in situ po odplavení jemnozeme až do jarného obdobia, keď ho zasa translokujú snehová erózia.

Kým na povrchu až do hĺbky 2–3 cm býva vo vegetačnom období táto pôda veľmi presušovaná, s častou tvorbou výsušných trhlín, už v hĺbke 30 cm a viac je značne prevlhčená a uľahnutá, dokonca so známkami mierneho oglejenia. S ohľadom na pomerne vysoké číslo Vh (7,7) je hlbšie veľká časť vody fyziologicky neúčinná. Pôda



Obr. 2. Erózna ryha vytvorená na tektonickom zlome spod Kopského sedla do Kotliny Bielych plies, kde sa stretáva niekoľko druhov hornín a pôdu tam deštruuje najmä zrážková a snehová erózia.



Obr. 3. Detail pôdneho povrchu (po miernom preschnutí) svahu eróznej ryhy na Kopskom sedle v 1750 m n. m. Tvorba miniatúrnych útvarov zatekania pôdy na obnaženom povrchu aj zvýšený obsah sesquioxidov, najmä Al_2O_3 .

obsahuje 7 až 8 % fyzikálneho ílu, asi 30 % skeletu, je mierne humózná a jej reakcia je kyslá. Procesy zvetrávania sú tam v dost pokročilom štádiu, o čom svedčí aj zvýšený obsah sesquioxidov, najmä Al_2O_3 .

Podľa výsledkov agregátových analýz má v najvrchnejšej vrstve do 5 cm asi 28 % všetkých agregátov veľkosť pod 0,25 mm (mikroagregáty), pričom sa tam z makroagregátov stmelujú najväčšie zhluky len do 3 mm. Prevládajú 0,5–1 mm veľké agregáty, ktorých je celkom 24 %. V najväčších hrúbkových kategóriách sú však agregáty vodostále len na necelých 30 %. Z mikroagregátov v najvrchnejšej vrstve prevládajú frakcie veľkosti 0,05–0,1 mm, ktorých je takmer polovica celkovej váhy. Vo väčších hĺbkach je ešte výraznejšie zastúpenie mikroagregátov, najmä v kategóriách 0,05–0,09 mm.

Takéto častice pôdy sa bez ochrany vegetačného krytu a stmelenia organickými látkami pomerne ľahko stávajú obeťou dezagregačného účinku kvapiek prudkého dažďa, po vysušení zase deflačného účinku vetra. O tom, ako je táto zemina náchylná okrem deštrukcie vodnými a veternými eróznymi procesmi aj na deštrukciu mikrosoliflukciou, svedčia zasa hodnoty medzi jej stekutnenia. Sú pri povrchu relatívne veľmi nízke a ich krajné hodnoty predstavujú 45 a 51 %. Znamená to, že pri prekročení pôdnej vlhkosti 45 váhových % stáva sa pôda na povrchu postupne kašovitou a pri 51 % obsahu vody už začína tiecť po svahu ako voda. Takéto stavy sme skutočne na tejto lokalite pozorovali vždy v období regelácie, najmä po jarnom topení snehu, keď sa

pri sklone asi 30° dávajú povrchové pôdne masy na mikrosvahoch erózných zvyškov vo forme soliflukcie do pohybu. Vytvárajú tak miniatúrne útvary závalov (obr. 3), ktoré sa kombinujú s ronovými rýzkami veľkosti žliabkov a stružiek. Tieto lineárne mikroformy však každoročne takmer úplne zahladzuje na povrchu pôdy plazivý pohyb snehu, čím sa aj erózne pôdne zvyšky medzi jednotlivými vetvami ryhy relatívne intenzívne znižujú. Pokiaľ tam ide o medze stekutnenia vo väčšej hĺbke pôdy, ich hodnoty sa smerom do hĺbky profilu podstatne zväčšujú a v 50 cm sú už takmer dvojnásobné.

4.2. VÝCHODNÝ SVAH BELANSKEJ KOPY

Zhoršenie mechanicko-fyzikálnych pomerov v povrchových vrstvách pôdy sme pozorovali aj v profile 2 na 32–35° strmých *nivačne obrusovaných svahoch snehových kotlov* na V svahu Belanskej Kopy v 1730 m výške. Tam sa v 0–5 cm vrstve vytvorenej na verfénskych bridliciach odplavením jemnejších častíc podstatne znížila pórovitosť, no najmä maximálna kapilárna vodná kapacita (až na 17 %). Pôda s dobrým vegetačným krytom a mačínovým pláštom na okraji tohto kotla (profil 3) má v rovnakej hĺbke oproti obnaženej ploche 1,5-násobne vyššiu pórovitosť (65 %) a až 3-násobne väčšiu maximálnu kapilárnu vodnú kapacitu. Obnažené nivačne obrusované svahy tak vytvárajú priaznivý podklad pre povrchový odtok a vymieľaciu činnosť vody a len malú časť vody transformujú na podzemný odtok.

4.3. POD JAHŇACÍM ŠTÍTOM

V tabuľkách 2 a 3 uvádzame mechanický a fyzikálny rozbor spolu s ďalšími charakteristikami pôdneho profilu 23. Tento pôdny profil reprezentuje SZ svah mierne vyvýšeného a zaobleného chrbta, zbíhajúceho spod Jahňacieho štítu do Medodolského sedla. Lokalita je vo výške 1825 m a pôda sa tam vytvorila na strednotriasových dolomitických vápencoch. Celý široký chrbát je typický pre tvorbu dlhých girlandových pôd, ktorých charakteristiku podáme neskôr. Tieto pôdy však v najvrchnejšej časti, pod menšou plošinkou zanikajú a plošina vymieľacou činnosťou vody, ako aj pôsobením iných morfo-genetických činiteľov (pôdny ľad, vietor) prechádza už pri miernom sklone v *eróznú ryhu typu výmoľa*, zvažujúceho sa do záveru Zadných Medodolov.

Tabuľka 2

Disperzná skladba, reakcia, obsahu humusu a uhlíčitánu vápenatého v pôdnom profile 23 pod Jahňacím štítom

Hĺbka cm	Fyzikálny íl %	Frakcie jemnozeme (mm) %				Skelet %	pH H ₂ O	Humus %	CaCO ₃ %	Hygr. voda %
		<0,01	0,01–0,05	0,05–0,1	0,1–2,0					
3–10	2,8	40,7	25,7	17,1	16,5	1	7,0	9,05	4,3	6,53
30–36	3,6	11,8	17,9	30,7	39,6	1	7,1	8,83	0,2	6,75
60–70	4,1	34,9	22,4	11,0	31,7	1	7,1	2,07	0,3	3,41
90–100	4,5	27,4	35,1	6,1	31,4	45	7,8	0,17	61,0	1,10

Tabuľka 3

Fyzikálne charakteristiky pôdneho profilu 23 pod Jahňacím štítom

Hĺbka cm	Špecif. váha	Objem. váha red.	Pórovitosť %	Okamžitá (v % obj.) *		Kapacita %	
				vlhkosť	vzdušnosť	max. vodná	min. vzdušná
3—9	2,49	0,53	78,7	36,0	42,7	49,2	29,5
20—26	2,54	0,84	66,9	45,5	21,4	51,0	15,9
30—36	2,40	0,69	71,3	54,5	16,8	64,3	7,0
60—66	2,65	1,10	58,5	40,2	18,3	47,5	11,0
90—96	2,87	1,68	41,5	25,5	16,0	40,0	1,5

* Vzorky odobraté 30. 6. 1967.

Pôda je aj napriek relatívne celkove priaznivým vlastnostiam permanentne deštruovaná a ryha sa v nej zväčšuje, najmä laterálne a retrográdne. Proti takému postupu ryhy do svahu nechráni pôdu ani prekorenenie nízkou bylinno-trávnou vegetáciou. Podomete a podfúkavané zvršky okrajových častí ryhy vo forme mačínového pláštá sa vlastnou váhou ohýbajú, preklapujú a postupne odpadávajú do ryhy.

Vykopaním sondy sme zistili, že v hĺbke 30—36 cm je výrazný horizont takmer čiernej farby, ktorý predstavuje pochovaný mačínový plášť pôvodného povrchu, zavaleného v dávnejšej dobe *soliflukčným zliezaním a zatekaním pôdy*. Okrem typickej farby tohto silne humózneho horizontu a hustoty prekorenenia v ňom svedčia o uvedenom jave aj niektoré pôdne charakteristiky. Nápadne sa tam zvyšuje najmä pórovitosť a kapilárna vodná kapacita pôdy, čo sa prejavilo aj v najväčšom obsahu okamžitej vlhkosti. Pokiaľ ide o agregátové zloženie tohto prekrytého silne humózneho horizontu, z makroagregátov v ňom prevládajú zhluky 0,5—1 mm, ktoré sú až na 93 % vodostále, podobne, ako aj ostatné agregáty v tejto vrstve (s priemernou vodostalosťou 80 %), dosahujúce veľkosť až 7 mm.

Naproti tomu hlbšie v profile veľkosť agregátov klesá (najväčšie sú len 1 až 2 mm) a ich vodostalosť je taktiež menšia. V pochovanom horizonte je však znížená vzdušná kapacita, ktorá v najspodnejšej časti profilu klesá dokonca na kritickú hodnotu, čím znemožňuje trvalému prenikaniu koreňov až do tejto hĺbky.

4.4. ZÁPADNÝ SVAH BELANSKEJ KOPY

Lokalitu s tvorbou *netypických girlandových pôd*, ale najmä so *soliflukčným zliezaním pôdy, kľzaním sutiny* a s *eolickou deštrukciou* Z náveterného svahu Belanskej Kopy (obr. 4) reprezentuje pôdny profil 7. Výsledky rozborov pôdy z tohto profilu sú zobrazené v tabuľkách 4 a 5. Sonda je vo výške 1820 m, kde sa vytvorili typické sivočierne skeletnaté rendziny na dolomitoch až dolomitických vápencoch. Sklon svahu je 35—40° a sú v ňom ešte čiastočne viditeľné terasky, najmä krátkych girlandových pôd, ktorých obruby sú však vo veľmi pokročilom štádiu deštrukcie eolickou činnosťou, no najmä gravitačnými procesmi. Zväčša sa vplyvom soliflukčného zliezania pôdy preklapili alebo sú pretrhnuté kľzaním sutiny, ktorá výrazne pokrýva celú náveternú

Obr. 4. Belanská Kopa (1832 m n. m.) od JZ. Na náveterom Z svahu sa kombinujú najmä eolické erózne procesy s niekoľkými druhmi svahových pohybov i soliflukciou. Pre ňu svah sú typické bizarné tvary intenzívne sa rozpadajúcich dolomitových vežíčiek s pohyblivými štrkovými a kamenitými sutinami. V popredí povrch deštruovaný teraskami girlandových pôd.



Tabuľka 4

Disperzná skladba pôdneho profilu 7 z deštruovaného západného svahu B. Kopy

Hĺbka cm	Fyzikálny íl %	Frakcie jemnozeme (mm) %				Frakcie skeletu (mm) %				Skelet spolu %
		<0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—2,0	2—5	5—10	10—25	25<	
0—7	1,1	29,4	31,9	22,4	16,3	5,7	6,3	28,5	8,5	49,0
15—25	1,2	12,9	22,1	29,2	35,8	3,2	6,6	34,0	22,6	66,4
45—60	0,6	13,2	40,4	19,1	27,3	5,8	11,3	42,7	22,1	81,9

Tabuľka 5

Chemická charakteristika pôdneho profilu 7 z deštruovaného západného svahu B. Kopy

Hĺbka cm	pH H ₂ O	CaCO ₃ %	Humus %	Stupeň nasýtenia %	Zásoba živín vo výluhu 20 % HCl					
					Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
0—7	6,8	58	10,86	77,1	1,90	10,31	14,34	3,90	0,41	0,07
15—25	7,0	56	2,07	77,1	0,94	4,68	14,39	7,29	0,20	0,07
45—60	7,1	77	1,14	82,2	0,74	4,84	22,58	13,21	0,17	0,02

časť Z strany Belanskej Kopy. Ostrohranný skelet na povrchu terasiiek má väčšinou priemer 0,5–3,5 cm, sutina v pohyblivých útvaroch je zložená prevažne zo štrku o priemere 3–6 cm, ale veľký podiel tam majú aj kamene do 10–15 cm. Takto sa medzi sutinou na svahu zachovali zväčša už len tvarovo nepravidelne menšie, či väčšie zvyšky pôdy, chránené zvrchu mačinou, a na obnažených stranách deštruované najmä vetrom a vláknitým ľadom.

Profil 7 je taktiež z takehoto pôdneho zvyšku (pod stupňom girlandy), vyčnievajúceho nad deštruovaný obnažený povrch asi 25 cm. Pôda je prerastená koreňmi bylinno-trávnej vegetácie do hĺbky 40 cm, jej štruktúra je však zväčša elementárna až prašná. Väčšie zhluky sa nevytvárajú ani za stavu sorpčnej nasýtenosti pôdy a pri dostatočnom obsahu CaCO_3 . Spôsobuje to jednak nedostatok fyzikálneho ílu, ktorého je na pôdach karbonátových podloží všeobecne málo (najmä vo vysokohorských polohách), ako aj pomerne malé množstvo hrubého ílu (pod 0,01 mm). Humus ako dôležitý faktor agregácie pôdy je vzhľadom na veľké množstvo skeletu v profile tiež relatívne veľmi málo zastúpený. Okrem toho má široký pomer C:N, čo spolu s ostatnými menovanými podmienkami nepriaznivo ovplyvňuje štruktúrny stav pôdy, podliehajúcej takto najmä deštrukcii defláciou.

Podľa obsahu minerálnych živín má táto pôda jednostranný chemizmus s veľkými zásobami CaO a MgO a nedostatkom P_2O_5 i K_2O . Z fyzikálnych charakteristík jej povrchovej vrstvy (0–5 cm) možno uviesť stredne vysokú pórovitosť 57 %, maximálnu vodnú kapacitu 42 % a vzdušnú kapacitu 15 % na dolnej hranici optima.

4.5. POD HLÚPYM VRCHOM

Na miestach, kde nie sú sivočierne až čierne rašelinové rendziny poškodzované eolickou eróziou a kde sa aj napriek soliflukčnému zliezaniu pôdy zachoval takmer *súvislý mačínový kryt*, sú fyzikálne vlastnosti týchto pôd oveľa priaznivejšie. Napríklad na JZ svahu Hlúpeho v závere Zadných Medodolov, kde sa vo výške 1730 m objavuje len miestne kĺzanie sutiny na menších ploškach, je v humusovom horizonte čiernej rendziny v profile 34 od povrchu až do hĺbky 50 cm priemerná pórovitosť 83 až 86 %, maximálna kapilárna vodná kapacita 62–72 % a minimálna vzdušná kapacita 12–22 %. Tieto pôdy sú v celom profile značne vlhké, o čom svedčí aj obsah okamžitej vlhkosti začiatkom augusta 1968 s priemernou hodnotou 50 % obj. Všeobecne majú stredne odrobinkovitú štruktúru a v profile prevládajú makroagregáty (68 %) nad mikroagregátmi, pričom dosahujú veľkosť až 7–9 mm. V mikroagregátoch má najväčšie zastúpenie kategória pod 0,05 mm, prispievajúca k veľkej kapilárnej vodnej kapacite pôdy. Priemerná vodostálosť agregátov v profile je taktiež relatívne vysoká – 83 %.

4.6. ZADNÉ JATKY

Profil 29 je z hornej tretiny J svahu Zadných Jatiek vo výške 1860 m. Svah, ktorý sa v nižšej časti prikláňa k JZ, je náveterným svahom voči Z vetrom od Medodolského sedla i SZ vetrom od hrebeňového sedla medzi Hlúpym a Zadnými Jatkami. Až po pásmo súvislejších kosodrevinových porastov je výrazne *deštruovaný soliflukciou* (soliflukčné zvlzenie pôdneho povrchu a soliflukčné jazvy) a *veternou eróziou*, pričom sa poškodenie v strednej a najmä nižšej časti, kombinuje s ronóm hľbiacim ryhy typu jarčiekov a brázd. Po prerytí a popretrhávaní soliflukčných vln, ktorých zvyšky sú

Tabuľka 6

Charakteristika pôdneho profilu 29 z južného svahu Z. Jatiek postihnutého soliflukciou

Hĺbka cm	Fyzikál- ny íl %	Frakcie jemnozeme (mm) %				Skelet %
		< 0,01	0,01–0,05	0,05–0,1	0,1–2,0	
0–10	1,2	23,5	11,3	21,4	43,8	30
25–35	5,6	60,1	8,9	8,2	22,8	30
60–70	4,1	23,5	17,1	9,5	49,9	60

pH H ₂ O	Vh číslo	Hygr. voda %	Humus %	Agregáty %		
				mikro	makro	vodostále
5,0	10,1	6,03	11,9	32	68	81
5,4	6,5	4,25	3,6	21	79	80
6,2	8,4	5,95	3,1	40	60	73

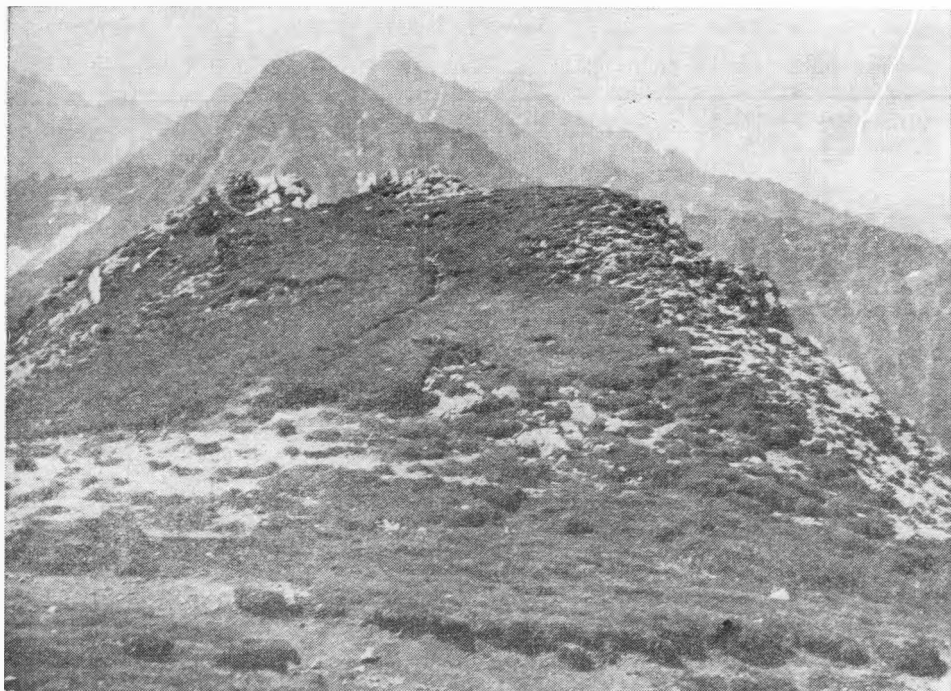
ďalej deštruované najmä defláciou, sa na niektorých miestach v dolných častiach svahu pri sklone 30° totálne obnažil povrch a významne sa tam uplatňuje i plošné pôsobenie zrážkovej erózie. Niektoré charakteristiky profilu 29 z tohto svahu uvádzame v tab. 6.

Podľa morfológie profilu, disperznej skladby, ako aj niektorých fyzikálnych a chemických charakteristík dochádzalo aj na tomto svahu k prekryvaniu (*pochovávaniu*) pôdy vplyvom soliflukcie, či zliezania vôbec. V prípade profilu 29 reprezentuje takýto starší pochovaný horizont sčasti vzorka z hĺbky 25–35 cm. Vplyvom pokročilejšieho zvetrávania, zväčša na liasových bridliciach a rohovcoch, sa vytvorilo viac fyzikálneho ílu a v tomto horizonte je mierne nahromadený aj CaO a K₂O. Pri železe a hliníku, podobne ako pri íle, badať mierny posun do hĺbky profilu. V pochovanom horizonte je inkrustovaný v menšom množstve aj vápencový skelet, ktorý sa vplyvom gravitačného pohybu po svahu aj v súčasnom období nachádza na povrchu svahu v mieste výkopu sondy. V najvrchnejšej 10 cm vrstve má pôda tohto profilu pomerne vysokú, priemerne 62 % pórovitosť, 43 % maximálnu kapilárnu vodnú kapacitu a stredne optimálnu vzdušnú kapacitu 19 %.

Ako sa však všeobecne ukázalo, pomerne veľká vodostalosť agregátov nie je ani v tomto prípade spoľahlivým a dostatočným ukazovateľom odolnosti proti deštrukcii pôdy inými ako plošnými zrážkovými procesmi. Na svahu s porušeným vegetačným krytom sa v období regelácie nutne objavuje vláknitý ľad (*pipkrake*) a ním vyzdvihované aj väčšie pôdne agregáty (dosahujú tam priemerne do 7 mm) odnáša pri svojich veľkých rýchlostiach vietor.

4.7. LYSINOVÉ PÔDY

O tom, ako nepriaznivo vplyva na pôdu vietor, svedčia najmä vlastnosti povrchových vrstiev *lysinových pôd v pokročilom štádiu vývoja*, ktoré deštruuje a formuje predovšetkým veterná erózia (12). Pre dokumentáciu tohto javu uvedieme profil 16 zo sedla J hrebeňa pod Hlúpym, na križovatke turistických chodníkov (obr. 5a). Vo výške cca 1930 m sa na kremencoch a kremitých pieskovochoch vytvorili lysinové pôdy,



Obr. 5a. Križovatka turistických chodníkov pod Hlúpym vrchom (cca v 1910 m n. m.). Na styku kremitých a karbonátových hornín sa vytvorili okrem antropogénnych foriem deštrukcie aj typické lysinové pôdy, deštruované okrem vetra aj radom kryogénnych i ostatných svahových morfofenetických procesov.

ktoré sú podľa disperznej skladby hlinitopiesčité až piesčitohlinité, s obsahom fyzikálneho ílu okolo 8 %.

Majú mierne kyslú reakciu, v hĺbke do 10 cm dosahuje číslo hygroskopickosti 2,4 a obsah humusu až 6 %. Odnosom piesčitohlinitej pôdy, pre ktorý je podľa V. P a s á k a (9) kritická rýchlosť vetra pri povrchu pôdy v suchom stave už 6,4 m/s a vo vlhkom stave 11 m/s sa vytvorili v smere prevládajúcich Z—SZ vetrov *dlhé lysinové pôdy*, na ktorých povrchu sú značne zhoršené i fyzikálne vlastnosti. V mikroagregátoch tam takmer chýbajú najjemnejšie kategórie pod 0,05 mm a makroagregáty sú aj napriek vysokej vodoodolnosti (79 % — následkom zvýšeného obsahu humusu) odvívané z povrchu. Celkove majú tieto lysinové pôdy v hĺbke 0—5 cm veľmi malú pórovitosť (26 %), kapilárnu vodnú kapacitu (15 %) i vzdušnú kapacitu (12 %). Okamžitá vlhkosť začiatkom júna 1967 tam dosahovala len 13 % obj., z čoho po odpočítaní fyziologicky neprístupnej vody (podľa čísla Vh cca 5 % váh., resp. podľa obsahu hrubého ílu takmer 10 % obj.) ostáva pre rastliny len veľmi málo momentálne prístupnej vody.

Takto je nízka vegetácia na okrajoch lysinových pôd (obr. 5b), najmä v kritických obdobiach vetrom mechanicky a fyziologicky značne oslabovaná. Obnažuje sa jej kořenový systém a znižuje sa tým jej pôdoochranná funkcia. Odnos pôdy vetrom, ku ktorému sa druí aj mechanická deštrukcia zošľapávaním okrajov lysinových pôd pri



Obr. 5b. Detail vegetačnej obruby na okraji lysinových pôd z lokality na obr. 5a. Typické obnaženie koreňového systému trávnych trsov a preschýnanie erózneho zvyšku pôdy s tvorbou siete polygonálnych výsušných trhlín.

turistických chodníkoch a rovnako i zrážková erózia a pipkrake, intenzívne pokračuje najmä v laterálnom smere a zväčšuje plochu obnaženej pôdy.

4.8. GIRLANDOVÉ PŮDY

Ďalej urobíme analýzu pôdnych vlastností *girlandových pôd* podľa *štyroch vývojových štádií* tak, ako ich rozoznáva J. K s a n d r (2) a R. N e t o p i l (8). Pre jednotlivé štádiá (*začiatočné, štádium rozvoja, zrelosti a zánikové štádium — kryoplanácia*) sme vybrali niekoľko pôdnych profilov z lokalít týchto mrazových pôdnych foriem, ktoré ležia zväčša po obvode hranice gravitačného územia Predné Medodoly. Pôdne charakteristiky vybraných profilov rôznych typov girlandových pôd uvádzame v tabuľkách 7 až 11.

Profil 28 a 27 (tab. 7 a 8) sú zo širokého sedla v cca 1920—1930 m výške na hlavnom hrebeni medzi Košiarmi a Bujačím, kde sa vytvorili girlandové pôdy na neokómskych slieňoch. Profil 28 reprezentuje iníciaľne štádium, profil 27 štádium rozvoja až zrelosti polkruhovitých, kosákovitých až oválnych girlandových pôd pri sklone cca 5°, dosahujúcich až 1—1,5 m šírky a 3—4 m dĺžky.

Pri začiatočnom štádiu je tam povrch svahu ešte pokrytý súvislým hustým krytom bylinno-trávnej vegetácie s veľkým zastúpením machov. Náznaky tvorby mrazových

Tabuľka 7

Mechanické a fyzikálno-chemické charakteristiky profilov 27 a 28 z iniciálneho a rozvojového štádia girlandových pôd v sedle Košiare-Bujačí

Profil č.	Hĺbka cm	Fyzikálny íl %	Frakcie jemnozeme (mm) %				pH H ₂ O	Humus %	Vh číslo
			<0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—2,0			
28	0—10	7,2	65,0	11,7	10,1	13,2	5,6	8,57	9,65
27	0—5	3,1	48,8	12,3	13,8	25,1	6,4	4,14	7,12

pôd sa objavujú len vo forme ojedinelých trhlín v mačinovom plášti, kde začína svoju činnosť vláknitý ľad. Jeho nepriaznivý vplyv v tomto štádiu spočíva najmä v narušovaní rizosféry pretrhávaním korenkov a vyzdvihovaním skeletu. Pôda pod ochranou mačiny má ešte relatívne dostatočné množstvo fyzikálneho ílu, podľa disperznej skladby je ílovitá a podľa obsahu humusu silno humózna. Z fyzikálnych analýz je zrejmé, že má vysokú pórovitosť a vzdušnú kapacitu, v najvrchnejšej vrstve relatívne nižšiu maximálnu kapilárnu vodnú kapacitu.

S prechodom do štádia rozvoja až zrelosti sa postupne v týchto pôdach vplyvom vláknitého ľadu, soliflukcie a veternej erózie rozširujú trhliny v mačinovom plášti. Ďalšou deštrukciou pôdy sa zväčšujú obnažené plôšky, na ktorých sa z kašovitej zeminy v období regelácie formujú terasy, resp. stupne s viac-menej vodorovným povrchom, relatívne zníženým od okrajov mačinových obrúb o 10—25 cm. Na povrchu pribúdajú kamene, ktoré jednak ostávajú ležať in situ po odnose pôdy vetrom i vodou, jednak ich vynáša z profilu na povrch ihlovitý ľad. V letnom období pôda na povrchu obnažených terasiiek a stupňov vplyvom vetra, ale aj prehrievania (čierna farba) značne preschýna, zmršťuje sa a v jej ílovitohlinitom materiáli sa vytvárajú hlbšie výsušné trhliny, zoskupené do polygonálnych obrazcov o priemere 10—20 cm.

Z pôdných analýz vidieť, že obnažené stupne girlandových pôd sú na povrchu ochudobňované nielen o fyzikálny íl, ktorý prevažne vyfúka vietor, ale vplyvom absencie vegetácie je tam viac ako o polovicu menší i obsah humusu. Podstatne sa zmenšila

Tabuľka 8

Fyzikálne vlastnosti pôdy profilov 27 a 28 iniciálneho a rozvojového štádia girlandových pôd v sedle Košiare-Bujačí

Profil č.	Hĺbka cm	Špeci- fická váha	Objem. váha reduk.	Pórovi- tosť %	Kapacita (%)		Okamžitá (%) *	
					vodná	vzdušná	vlhkosť	vzdušnosť
28	0—5	2,32	0,38	83,6	47,5	36,1	32,0	51,6
	5—10	2,48	0,74	70,2	51,5	18,7	50,0	20,2
27	0—5	2,51	0,87	65,3	55,0	10,3	44,2	21,1
	5—10	2,61	0,92	64,8	58,0	6,8	53,0	11,8

* Vzorok odobraté 24. 8. 1967.

Tabuľka 9

Mechanické a fyzikálno-chemické charakteristiky profilov 8 a 9 z kryoplanačného štádia girlandových pôd nad Kopským sedlom

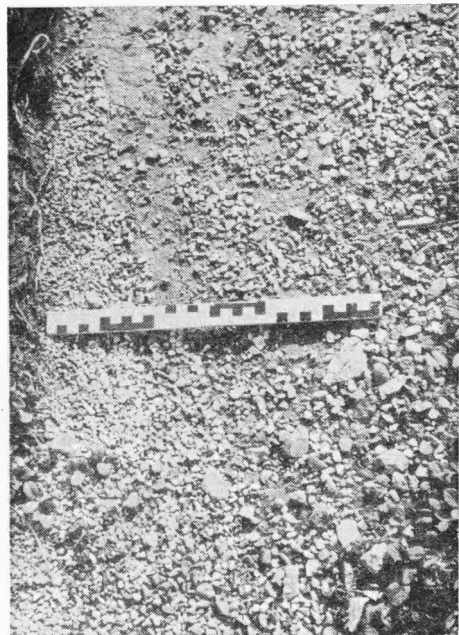
Profil č.	Hĺbka cm	Fyz. íl %	Frakcie jemnozeme (mm) %				Skelet %	pH H ₂ O	CaCO ₃ %	Stupeň nasýtenia %	Humus %
			<0,01	0,01—0,05	0,05—0,1	0,1—2,0					
8	2—7	8,0	33,6	23,1	17,9	25,4	20	7,0	38	81	1,76
	15—25	4,3	26,4	25,8	4,0	43,8	46	7,2	74	90	0,21
	25—35	4,7	32,1	13,4	6,2	48,3	50	7,0	82	94	0,31
9	5—15	2,3	36,2	7,3	6,2	50,3	3	6,5	1,4	47	2,59

i pórovitosť a minimálna vzdušná kapacita poklesla vplyvom uľahnutosti na veľmi nízku až kritickú hodnotu. Zvýšenie okamžitej vlhkosti pôdy na obnažených teraskách girlandových pôd v štádiu rozvoja oproti rovnakým hĺbkam v pôde s vegetačným krytom (tab. 8) si vysvetľujeme vplyvom vnútorpôdnej rosy. Tento jav, ktorý možno pozorovať po chladných nociach so silným vytváraním na obnažených pôdach, spočíva v kondenzácii vodných pár vnútri najvrchnejšej časti pôdneho profilu.

Za najdôležitejšieho činiteľa vo vývoji týchto pôd na skúmanej lokalite možno spolu s vláknitým ľadom považovať predovšetkým vietor. V sedle hlavného hrebeňa Belanských Tatier prevládajú najmä vetry S smeru a v tomto smere je aj najintenzívnejší plošný a dĺžkový rast girlandových pôd, podobne, ako aj *pásových* a *úzko pruhovitých pôd* (v zmysle klasifikácie J. Pelíška, 10), ktoré sa vytvorili na neokómskych slieňoch S svahu hlavného hrebeňa kolmo na rozvodnicu na úseku medzi Prednými Jatkami a Zadnými Jatkami.

Pre štádium zrelosti a zániku girlandových pôd vyberáme lokalitu Z od Kopského sedla, kde sa tieto pôdnodeštrukčné formy vytvorili na vyvýšenej zaoblenej časti SZ-S-SV svahu, ktorý sa zvažuje spod Jahňacieho štítu do Zadných Meďodolov (obr. 6). Typické štádium zrelosti na dolomitických vápencoch sa tam vytvorilo vo výške 1800—1820 m a má tvar *dlhých girlandových pôd*, ktorých terasky sú podľa sklonu svahu široké zväčša 50—80 cm, girlandy okolo 20—50 cm a sú prísne orientované v smere prevládajúcich ZSZ vetrov, zväčša šikmo po svahu. Ich stupne sú vyvýšené jeden nad druhým, prevažne o 30—50 cm, miestami aj viac.

Terasky sú na povrchu bez akejkoľvek vegetácie a jemnozrnnejší materiál je z nich vyfúkaný (obr. 6). Ich povrch husto pokrýva skelet, prevažne o priemere 1—8 cm (ale aj drobnejšie kamienky, i väčšie kamene), ktorý tam zväčša ostal po deflácii jemnozeme, alebo ho vyzdvihol vláknitý ľad a tvorí tak nepravú dlažbu terasiiek. Na konci jednotlivých dlhých pruhov girlandových pôd, tam kde deštrukčnou činnosťou deflácie, eolickej korázie a pipkrake pokračuje ich dĺžkový rast a kde sa terasky vrezávajú do mačinového plášťa, nie je povrch na úseku 1—2 m ešte pokrytý skeletom. Tieto úseky predstavujú prakticky štádium rozvoja girlandových pôd. Ich povrch aj tu pokrýva len hnedočierna až čierna hlinitá jemnozeme, v období regulácie každoročne „vymýzaná“ ihlovitým ľadom, v lete presychajúca, s výsušnými trhlinami. Tento materiál tvoril podľa teórie C. Trolla (17) v období pleistocénu „koristnícky“ materiál pre odvívanie a tvorbu spraší. Podľa fyzikálnych analýz šiestich vzoriek z povrchu týchto častí terás girlandových pôd (ktoré sú v istom zmysle štádiom rozvoja) má pôda v 0 až



Obr. 6. Povrch terasky girlandových pôd nad Kopským sedlom (pod Jahňacím štítom v 1820 m n. m.) na dolomitických vápencoch. Štádium zrelosti girlandových pôd s drobným skeletom (mierka 1 diel = 1 cm).

6 cm hĺbke priemernú špecifickú váhu 2,56 a objemovú redukovanú váhu 1,00. Pórovitosť kolíše od 56 do 70 % (priemerne 62 %), maximálna kapilárna vodná kapacita od 44 do 66 % (priemerne 53 %) a minimálna vzdušná kapacita, ktorá je veľmi nízka, od 5 do 12 % (priemerne len 8 %).

Štádium zrelosti prechádza najmä vo výške 1830 m na plochejšom reliéfe, tam kde sa stýkajú a miešajú v podloží verfénske bridlice s dolomitickými vápencami, do zánikového štádia girlandových pôd. Pôdne vlastnosti tohto vývojového štádia dokumentuje profil 8. Jeho charakteristiky kvôli porovnaniu zhoršenia pôdnych vlastností uvá-

Tabuľka 10

Fyzikálne vlastnosti pôdy profilov 8 a 9 z kryoplanačného štádia girlandových pôd nad Kopským sedlom

Profil č.	Hĺbka cm	Špecifická váha	Objem. váha red.	Pórovitosť %	Kapacita (%)		Okamžitá (%) *	
					vodná	vzdušná	vlhkosť	vzdušnosť
8	2—7	2,62	1,72	34,4	30,5	3,9	19,3	15,1
	10—15	2,79	1,83	34,4	20,5	13,9	17,2	17,2
	15—20	2,68	1,70	36,5	34,3	2,2	26,7	9,8
9	6—11	2,47	0,68	72,5	59,0	13,5	25,8	46,7

* Vzorok odobraté 17. 6. 1966.

dzame spolu s charakteristikami kryoplanačného zvyšku (profil 9) na tejto lokalite v tab. 9 a 10 a zrnitostnú krivku z povrchu profilu 8 na obr. 7.

Rozrušením girland vplyvom eolickej erózie a vláknitého ľadu sa povrch takmer totálne obnažil na celej ploche a druhotne sa zarovnal. Ostali len miestne kryoplanačné zvyšky, zväčša v tvare bochníkov, ktoré prerušovane označujú smer pôvodných súvislých girlandových pásov, totožný so smerom prevládajúceho vetra. Sú vyvýšené nad obnaženým povrchom zväčša o 10—25 cm a ich povrch je porastený nízkou bylinnotrávnou vegetáciou, ktorá prekoreňuje pôdne zvyšky. Profil kryoplanačných zvyškov, chudobný na dolomiticko-vápencový skelet, intenzívne premývajú dažďové zrážky. Vyplyva to aj z podstatného zníženia stupňa nasýtenosti a s tým súvisiacou reakciou pôdy, ako aj podľa vylúhovania dvojmocných báz. Aj napriek tomu sú vplyvom kladného účinku vegetácie v rizosfére nepomerne priaznivejšie fyzikálne vlastnosti, predovšetkým pórovitosť a maximálna kapilárna vodná kapacita.

Tabuľka 11

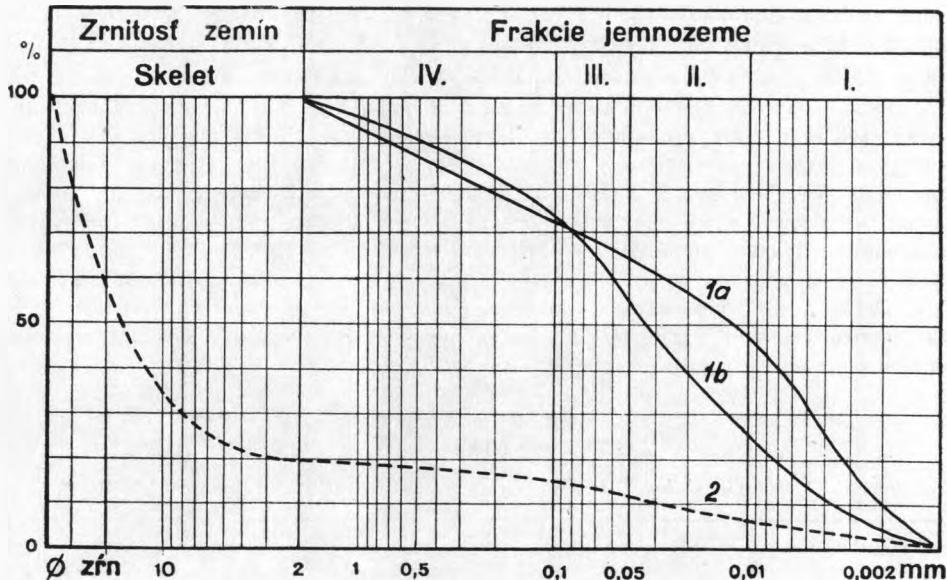
Granulometrické zloženie skeletu „dlažby“ girlandových pôd v štádiu kryoplanácie (profil 8)

Veľkosť zrn v mm	2—3	3—5	5—7	7—10	10—15	15—30	30—50	Spolu
Podiel vo váhových percentách	0,6	2,4	5,6	8,9	29,5	37,7	15,3	100,00

Na sekundárne zarovnanom povrchu je súvislá vrstva skeletu, ktorá sa skladá prevažne z kamienkov o priemere 1 až 3 cm (tab. 11) a tvorí priemerne 2 cm hrubú pokrývku. Táto pokrývka síce vytvára ochrannú vrstvu vlastnej pôde pred priamym nárazom dažďových kvapiek a defláciou, ktorých deštruktívne účinky zmiernuje podobne ako vegetácia, ale pôda pod ňou sa svojimi nepriaznivými fyzikálnymi vlastnosťami zaraďuje z hľadiska fyziologickej hodnoty medzi najmenej hodnotné pôdy na skúmanom území. Má veľmi nízku pórovitosť a extrémne nízku minimálnu vzdušnú kapacitu (tab. 10).

4.9. PODPOVRCHOVÉ AKUMULAČNÉ ÚTVARY

Napokon si zasluhuje pozornosť aj jav *vnútropôdnej erózie* a *zvislej mechanickej belanských Tatier* pri topení sa snehu na miestach *škrapových dier*, z ktorých sa zemina preplavuje do podzemných jaskynných priestorov. Odobraním vzoriek z rendziny (profil 20) nad čiastočne zavaleným jaskynným otvorom v hrebeňovej časti medzi Zadnými Jatkami a Prednými Jatkami v 1939 m a vzorky preplavenej zeminy, ktorá „vyteká“ skalnou trhlinou v jaskynke (podľa J. Sekyru, 13, „Jaskyňa pod kótou 1950“), pod uvedeným profilom sme zistili, že pri transporte jemnozeme sa mení najmä jej disperzná skladba (predovšetkým fyzikálny a hrubý íl), čo je zrejme aj zo zrnitostných kriviek na obr. 7. Výrazne klesá obsah humusu so súčasným zväčšovaním sa obsahu CaCO₃ v akumuláčnom útvere z preplavenej hliny.



Obr. 7. Zrnitostné krivky zemin: 1a — hlinitá pôda jemnozeme vysokohorského krasu v hrebeňovej oblasti Belanských Tatier (medzi P. a Z. Jatkami) nad jaskynkou pod kótou 1950 m n. m.; 1b — kavernami vápencov preplavená hlina akumulovaná v jaskynnom priestore v 1930 m n. m. Krivka 2 znázorňuje zrnitostné zloženie pôdy povrchovej vrstvy girlandových pôd v kryoplanačnom (zánikovom) štádiu medzi Kopským sedlom a Jahňacím štítom (profil 8). Fotografie obr. 1–6 R. Midriak.

5. SYNTÉZA DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

Vplyv jednotlivých podmienok a faktorov na pôdotvorné procesy sa vo vysokohorských polohách Belanských Tatier výrazne prejavuje súčasne s morfofenetickými procesmi. Takto sa dá vysvetliť plošná súvislosť pôdnych typov nielen s druhom materskej horniny, ale aj s reliéfom terénu a jeho morfofenézou (16). Kým s horninou a formami morfofenetických procesov lokálne súvisí typ, resp. variety v Belanských Tatrách s veľkou prevahou najrozšírenejšieho pôdneho typu — rendzín, s vertikálnou členitosťou, resp. s celkovými anemo-orografickými, ale aj ostatnými podmienkami súvisia predovšetkým procesy tvorby mrazových pôdnych foriem (periglaciálnych pôd). Prelínanie závislosti rozšírenia v oboch uvedených prípadoch je však v tomto pohorí taktiež dosť zjavné.

Pretože jednou z primárnych určujúcich vlastností pôdy podmieňujúcou špecifický priebeh jej deštrukcie je pôdna textúra, do veľkej miery je celý vzťah deštrukcie pôdy k pôdnym vlastnostiam závislý aj od druhu materskej horniny (i prevládajúceho typu jej zvetrávania), na ktorej sa pôda vytvorila. Z hľadiska horninového zloženia a pôdnych vlastností možno konštatovať, že v Belanských Tatrách sa pôdnodeštrukčné formy vytvorili tak na pôdach s prevládajúcim karbonátovým podložím, ako aj na pôdach s iným podložím (najmä na bridliciach verfénu).

Deštrukcia pôdy sa z hľadiska zmeny pôdnoekologickej hodnoty prostredia najmarkantnejšie prejavuje na lokalitách s primárne plytkým pôdnym profilom (väčšina ren-

džín), kde dochádza skôr k obnažovaniu podložia, a tým k porušeniu celistvosti pôdneho plášťa. To napokon vedie v mezoreliéfnych podmienkach k vzniku geomorfologicko-substrátových katén aj denudačno-akumulačných katén, hoci ich členy nie sú v celom rozsahu typicky vyvinuté.

S textúrou pôdy úzko súvisí aj jej štruktúra i ostatné fyzikálne vlastnosti. Sú spolu s humusom a komplexom ďalších chemických vlastností významné z hľadiska intenzity priebehu niektorých pôdnodeštruktčných procesov, lebo určujú protideštruktčnú, resp. v užšom slova zmysle protieroznú odolnosť pôdy.

Vo všeobecnosti majú rendziny Belanských Tatier relatívne priaznivé hydrofyzikálne vlastnosti (pórovitosť a maximálnu kapilárnu vodnú i minimálnu vzdušnú kapacitu okolo optima), ktoré podmieňujú dobrú prevzdušnenosť a priepustnosť týchto pôd so značne oslabeným povrchovým odtokom. Obsahujú však menej fyzikálneho ílu a množstvo humusu v skeletnatých pôdach nebýva často veľké, pričom aj pomer C:N je dosť veľký, najmä tam, kde chýba vegetačný kryt. Na miestach s poškodeným alebo nedostatočným bylinno-trávnym krytom to vedie k zhoršeniu štruktúrneho zloženia pôdy a k zníženiu vodostálosti pôdnych makroagregátov. Tento jav je ešte významnejší pri pôdach na nekarbonátovom podloží, kde chýba CaCO_3 a vytvoreniu vhodnej štruktúry bránia aj ďalšie nepriaznivé vlastnosti, najmä nepriaznivý sorpčný komplex pôdy.

Odolnosť pôdy, vyjadrená stupňom vodostálosti agregátov, medzami stekutnenia pôdy a i. sa uplatňuje najmä pri takých deštruktčných procesoch, ako je plošná zrážková a veterná erózia, čiastočne i selektívna snehová erózia (pri povrchovom odtoku zo snehových polí) a regulačné procesy (najmä pri mikrosoliflukcii). Naproti tomu pri mnohých pôdnodeštruktčných javoch ostávajú vlastnosti pôdy bez väčšieho významu. Tak je to napr. pri lineárnych formách zrážkovej erózie v ryhách (najmä počas prívalových dažďov), v lavínových žlaboch, pri nivácii vplyvom pohybu ťažkého sfirnovateného snehu, ako aj pri väčšine svahových pohybov.

Z reliéftovných prvkov má na pôdnodeštruktčné procesy a teda aj na zmenu pôdnych vlastností vplyv sklonu svahu, a to najmä pri zrážkovej erózii, soliflukcii, resp. pri zliezaní a ostatných svahových pohyboch vôbec. Dĺžka svahu nadobúda väčší význam len pri silne koncentrovanom rone, vodnato-zemitých prúdoch a odieraní pôdy pádom snehových lavín. Veľmi významné postavenie z hľadiska deštrukcie pôdy má expozícia, najmä voči prevládajúcim smerom vetra, a to rovnako pri veternej erózii, ako aj pri väčšine kryogénnych procesov a sčasti aj pri erózii zrážkovej (najmä pri jej kvapkových formách — dislokácia a rôzny dopadový efekt dažďových zrážok). O veľkom vplyve veternej expozície na procesy amorfnej soliflukcie svedčí aj skutočnosť, že všetky lokality mrazových pôdnych foriem (s výnimkou tufurov) sú na silne exponovaných miestach reliéfu voči prevládajúcim smerom lokálnych vetrov.

Najrozšírenejšie pôdnodeštruktčné formy periglaciálnych pôd v Belanských Tatrách — girlandové a lysinové pôdy, ktorých analýzam sme venovali v tejto práci aj najväčšiu pozornosť, potrebujú nevyhnutne pre svoj vznik pôdny ľad (najmä pipkrake) a eolickú činnosť (defláciu a koráziu). Sú recentnými formami, o čom svedčí aj ich výskyt vo všetkých štyroch hlavných vývojových štádiách — v iničiálnom, rozvojom, zrelostnom i kryoplanačnom — s pestrou paletou prechodných medzistupňov. Ak by sa boli tieto periglaciálne mikroformy pôdneho povrchu vytvorili pred recentným obdobím, ich povrchová forma by už dávno bola podľahla intenzívnym pôdnodeštruktčným (najmä eróznym) procesom, pričom aj pôdne typy, resp. variety pod nimi by sa museli do značnej miery líšiť od ostatných. Ráz klímy v súčasnom období umožňuje spolu s ostatnými faktormi a podmienkami recentný priebeh periglaciálnych javov v subalpínskom, najmä však v alpínskom stupni Belanských Tatier aj dnes. Pritom môžeme konštatovať

vať, že tak, ako sú pôdny lad a vietor faktormi vzniku girlandových a lysinových pôd, sú súčasne, spolu s ďalšími deštruktívnymi činiteľmi, aj faktormi ich zániku.

Napokon k výskytu podzemnej translokácie (vplavovania, resp. vnútro pôdnej erózií) hlinitej jemnozeme do jaskynných priestorov vo vysokohorskom krasovom systéme Belanských Tatier možno poznamenať, že pri tomto jave dochádza k strate cennej pôdy, ktorá sa tvorí len veľmi pomaly, pričom preplavené hlinité sedimenty sú ochudobnené o najjemnejšie partikuly a výrazne sa mení aj ich chemizmus.

LITERATÚRA

1. Húsenica J., *Minerálna sila materských hornín lesných pôd na Slovensku*. SAV, Bratislava 1964. — 2. Ksandr J., *Mrazové pôdne formy v Tatrách*. Ochrana prírody IX, 1954, 4, 97—108. — 3. Kubiěna W. L., *The soils of Europe*. London 1953. — 4. Mičian L., *Vplyv geomorfologických pomerov na charakter pôdneho krytu*. Acta geol. et geogr. Univ. Comen., Geographica 5, SPN, Bratislava 1965. — 5. Midriak R., *Deštrukcia pôdy nad hornou hranicou lesa v Belanských Tatrách*. ČZS, VŮLH, Zvolen 1968. — 6. Midriak R., *Formy a vzťah deštrukcie pôdy k geomorfologickým pomerom v Predných Međodoloch (Belanské Tatry)*. Vedecké práce VŮLH vo Zvolene, 1971, 15 (v tlači) — 7. Midriak R., Manica M., *Vegetačný kryt na deštruovaných pôdach v subalpínskom stupni Belanských Tatier*. Lesnícky časopis XVI, 1970, 1, 3—17. — 8. Netopil R., *Vývoj girlandových pôd v Belanských Tatrách*. Geografický časopis IX, 1957, 2, 119—142. — 9. Pasák V., *Rychlost větru a odnos půdy*. Meliorace 3, 1967, 39—46. — 10. Pelíšek J., *Políčkovité a terasovité půdy ve Vysokých a Belanských Tatrách*. Geografický časopis V, 1953, 1—2, 9—21.
11. Pelíšek J., *Půdy Tatranského národního parku*. Příroda TANAP-u, Osveta, Martin, 1956. — 12. Plesník P., *Vplyv vetra na vznik a vývoj niektorých foriem periglaciálnych pôd vo východnej polovici Belanských Tatier*. Geografický časopis VIII, 1956, 1, 46—64. — 13. Sekyra J., *Velehorský kras Bělských Tater*. NČSAV, Praha 1954. — 14. Sekyra J., *Působení mrazu na půdu. Kryopedologie se zvláštním zřetelem k ČSR*. NČSAV, Praha 1960. — 15. Šály R., *Hlavné typy lesných pôd na Slovensku*. SAV, Bratislava 1962. — 16. Tarábek K., *Zpráva o výskume pôd v Belanských Tatrách*. Sborník prác o TANAP-u, 1958, 2, 11—19. — 17. Troll C., *Strukturböden, Solifluktion und Frostklima der Erde*. Geologische Rundschau, 1944, Bd. 34, 7/8, 545—694: Stuttgart.

Rudolf Midriak

SOIL PROPERTIES OF GROUND-DESTRUCTION FORMS IN THE SUBALPINE AND ALPINE ZONES OF THE BELANSKÉ TATRY MTS

This paper is a part of investigation results concerning a complete research of the ground destruction above the timberline in the Belanské Tatry Mts (Western Carpathians). Some analytic data of soil properties are interpreted in the contribution from typical localities of the range area which is destroyed by various soil destruction forms.

Rendsinas are the most wide-spread soil types in the Belanské Tatry Mts. Their varieties differ one another by different quantity and quality of humus, depth of soil profile, quantity of carbonate gravel etc. As to a vertical zonality of soils on compact dolomites and limestones three belts are wide-spread in the whole mountains. The first belt is formed by dark gray or black-gray rendsinas within 800 to 1,600 or 1,700 metres above sea level. The second one, up to 2,000 metres a. s. l., is formed by gray-black peat rendsinas (in accordance with Kubiěna's nomenclature, 3: alpine pitch rendsinas including alpine cushion rendsinas — Fig. 1). The third belt is not limited by elevation. It is formed by rock-foreheads. — walls etc. and

especially by their congelifraction products (rock-fall litters, screens). Besides, some interesting soil forms of amorphe solifluction, first of all various of garlands and bald soils, have created on many places above the timberline.

We define "ground- (or soil-) destruction" as gnawing or upsetting of a soil cover caused by exterior factors included anthropogenic (man-) influences upon a relief. The ground destruction forms are in fact a result of erosive-, gravitational- (mass movements), or cryopedological processes. However, they were created most likely by a combination of each other.

The ground-destruction forms have created both on the soils with predominant carbonate bedrocks and on soils with other ones (above all on Verfen slates). From point of view of soil-ecological value alteration of environment, soil destruction is the most expressive in areas with a primary shallow soil profile (mostly rendsinas) where bedrocks are denuded soon. The phenomena finally tend to creation of the denude-accumulation catenas besides geomorphologic-substrate catenas under mesorelief conditions.

A soil structure and other physical properties of soils are depend on soil texture. These soil properties along with humus and series of chemical qualities are very significant from standpoint of intensity of some soil-destruction processes because they determine an anti-destructive or anti-erosive resistance of soil. Power of the soil resistance, which is represented by quantity of water-stable aggregates, by limites of a soil liquidity etc. may be applicable above all at the following destructive processes: areal (sheet) rainfall and wind erosion, partly also selective snow erosion and regelation processes (especially during microsolfiuction — Fig. 3). On the other hand, the soil properties are not significant at many soil-destruction phenomena. Thus it is at linear forms of rainfall erosion in rills, gullies, and avalanche troughs, at nivation by movement of heavy recrystallized snow (Fig. 2), and at most of mass movements, too.

The most wide-spread soil-destruction forms of periglacial- or tundra-soils (the garlands and bald soils — Figs. 5 and 6) require for their origin the ground-ice, especially needle-ice (pipkrake), and eolian action — deflation and corrasion. The periglacial soils are recent forms in these mountains. It testifies to recent age also it that they occur in all evolutionary phases: initial-, development-, ripe- and cryoplanation-stage. The ground-ice and wind along with other destructive agents are also factors of an extinguishment of the periglacial soils.

As to an underground translocation (incorporation or internal-soil erosion) of fine-grain soil into cavern-space, it may be remarked that in the course of this phenomenon soil is lost and scoured silt and loamy sediments are also impoverished of the finest particles (Fig. 7) and their chemical composition is expressively varied, too.

From the Slovak translated by R. Midriak

Photo 1. Alpine cushions rendsinas of the Zadné Jatky ridge plateau (about 2,000 m a. s. l.) represent a typical destroyed soil cover on the cornice with intensive congelifraction processes.

Photo 2. Erosive hollow formed in a tectonic break between Kopské Saddle and Biele Plesá Cirque where some different kinds of rocks abut on themselves; soil cover is destroyed by nivation and rainfall erosion.

Photo 3. Detail of soil surface (slightly parched), on a steeper slope of the gully in Kopské Saddle (elevation of 1,750 m a. s. l.), showing miniature formations created owing to both groups of solifluction processes: alternate freezing and thawing of slope deposits, and movements of meltwater-soaked debris akin to mud flows.

Photo 4. SW-side of Mt. Belanská Kopa (elevation of 1,832 m a. s. l.). On the wind-exposed W-slope an occurrence of eolian erosion processes along with periglacial mass movements based on solifluction is predominant there, while S-slope is covered by dolomitic turrets and especially by movable debris which is accumulating of rock-fall litters at foot of dolomitic rocks. Soil cover, seen in the foreground, was destroyed by terraces of garland soils.

Photo 5a. Cross-paths under Mt. Hlúpy (at 1,910 m a. s. l.). Besides man-influenced forms of soil destruction typical bald soils (which are destroyed by wind and frost action, and by mass movements, too) were formed at the contact of silicate bedrocks with carbonate ones.

Photo 5b. Vegetation border of the bald soils on photo No 5a. A typical exposure of grass root-system and surface of the parched erosive residue showing a network of polygonal cracks.

Photo 6. Surface of garland soils above Kopské Saddle (under Mt. Jahňací štít, at 1,820 m a. s. l.) on the dolomitic limestones. The garland soils at a ripe-stage (scale 1 segment = 1 cm).

Fig. 7. Grain size composition of some soils: 1a — loamy soil of the karst high-mountain region in the Belanské Tatry Mts (between Mt. Predné and Zadné Jatky) above small cavern at elevation of 1,950 m a. s. l.; 1b — the same loam, percolated through cavernous limestone, which was accumulated on the bottom of the cavern at altitude of 1,930 m a. s. l. Curve No 2 is showing grain size distribution of surface layer of the garland soils in cryoplanation-stage between Kopské Saddle and Mt. Jahňací štít (Profile No 8 in Table 11). Photo R. Midriak.