

JAROMÍR DEMEK - HELENA SEICHTEROVÁ

EROZE PŮDY A VÝVOJ SVAHŮ V SOUČASNÝCH PODMÍNKÁCH VE STŘEDNÍ ČÁSTI ČSSR

(1. zpráva pro zasedání Komise pro výzkum svahů IGU v Göttingen 1962)

Jedním ze základních problémů současné geomorfologie je vývoj svahů. Podle podmínek, ve kterých se vyvíjejí, můžeme rozlišit dva typy svahů. Za prvé jsou to svahy, jejichž vývoj probíhá v původních podmínkách bez většího ovlivnění lidskou činností. Za druhé jsou to svahy v oblastech, v nichž byly původní poměry lidskou činností silně pozměněny. Nejvíce jsou původní podmínky pozměněny na svazích zemědělsky obdělávaných. Výzkum vývoje svahů v zemědělských oblastech má nejen teoretický, nýbrž i praktický význam. Studium geomorfologických pochodů, především eroze půdy na těchto svazích, umožňuje zjistit rychlost a způsob rozrušování svahů a dát vědecky opodstatněnou předpověď vývoje svahů. Studium těchto pochodů se zabývá samostatné odvětví geomorfologie, t. zv. dynamická geomorfologie.

Na podnět prof. Dr. Alfreda Jahna se usnesla Komise pro výzkum svahů Mezinárodní geografické unie organizovat v letech 1960—1964 v širokém mezinárodním měřítku výzkum vývoje svahů v zemědělsky obdělávaných oblastech. Ústředním problémem při tomto výzkumu je studium vodní eroze půdy, protože většina geomorfologických pochodů se odehrává v ornici a jen zřídka zasahuje nižší půdní horizonty nebo dokonce horniny podloží.

Na výzvu A. Jahna se do mezinárodního výzkumu eroze půdy zapojil i Kabinet pro geomorfologii ČSAV v Brně, který začal provádět tyto výzkumy již před zmíněným usnesením komise IGU o mezinárodní spolupráci. Výzkumné práce Kabinetu pro geomorfologii probíhají dvěma způsoby:

Za prvé je to výzkum eroze půdy na svazích ve vybraných oblastech, prováděný metodou stacionárních pozorování za pomoci měřicích přístrojů. Výzkum je dlouhodobý a jeho výsledky budou zpracovány až pro kongres Mezinárodní geografické unie v Londýně v roce 1964. Vedoucím výzkumů je promováný geograf Evžen Quitt.

Za druhé je to výzkum tvarů, vzniklých nadměrnou erozí půdy na zemědělsky obdělávaných svazích po větších nebo déletrvajících atmosférických srážkách. Na rozdíl od prvního způsobu umožňuje tato metoda učinit určité závěry o vývoji svahů v kratším časovém úseku jen po prostudování erozních tvarů na jednotlivých lokalitách. V tomto prvním sdělení pro plánované zasedání Komise pro studium svahů v Göttingen v roce 1962 podáváme výsledky studií eroze půdy ve vztahu k řešení otázky vývoje svahů na některých lokalitách ve střední části ČSSR.

Popis jednotlivých lokalit

Erozi půdy na zemědělsky obdělávaných svazích jsme studovali v jihozápadním podhůří Hrubého Jeseníku, v Nízkém Jeseníku a v Hornomoravském úvalu. Zejména jsme sledovali erozní tvary vzniklé nadměrnou erozí půdy na svazích v katastrálním území obcí Horní Libina a Mostkov sev. od Uničova, Police sev. od Úsova, Mirotíněk jihozápadně od Horního Města a obce Olšan mezi Olomoucí a Prostějovem.

Obec Horní Libina leží v široké sníženině, kterou vybíhá Uničovská rovina k severovýchodu do území Úsovské pahorkatiny. Od plochého dna sníženiny se zvedají táhlé svahy k okolním hřbetům s vrcholy ve výškách kolem 500 m. K rozsáhlé erozi došlo po silných srážkách dne 22. 5. 1960. Množství srážek ve srážkoměrných stanicích Hydrometeorologického ústavu v okolí studovaného území v kritických dnech a měsíční úhrny jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1.

Stanice	Průměrné úhrny srážek 1901—50 pro květen v mm	Měsíční úhrn srážek v mm v květnu 1960	Denní množství srážek v mm		
			21. V.	22. V. 1960	23. V.
Šternberk	60	88	2,2	24,0	—
Uničov	55	80	0,7	28,4	6,8
Zábřeh	57	79	—	26,3	5,2
Mohelnice	57	71	1,3	36,4	5,8

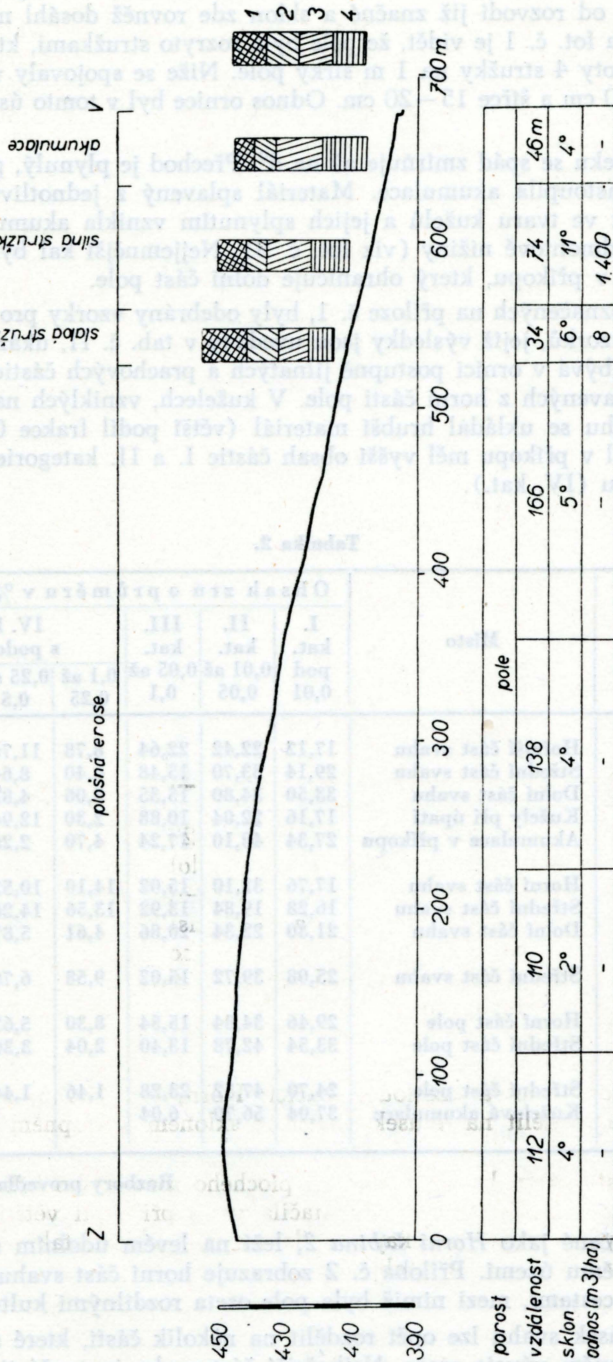
Z tabulky vyplývá, že v uvedeném dni napršelo 27—51 % z celkového měsíčního množství srážek. Ve srovnání s dlouhodobým srážkovým průměrem (1901—1950) je průměr množství ještě vyšší (40—63 %).

Eroze byla v okolí obce studována na více místech. Území, označené jako *Horní Libina I* leží v horní části pravého údolního svahu Libinského potoka v severozápadní části katastru, u lesa nad železniční tratí. Svah, který se pozvolna sklání od parovinné plošiny kolem kóty 457 m, má ve studovaném úseku konvexní tvar. Jen v nejspodnější části úseku, dlouhém asi 50 m, je mírně konkávní. K erozi došlo na poli širokém 60 m, které bylo oráno po vrstevnici a v celé popisované délce oseto sotva vzešlou kukuřicí. Horní část svahu, zobrazenou na příloze č. 1, lze rozdělit na 4 úseky lišící se sklonem a stupněm vývoje půdní eroze.

Nejhořejší část svahu, která je součástí plochého rozvodního hřbetu, má sklon 2—5°. Vzhledem k nevelkému spádu stačila voda při dešti většinou vsakovat. Menší část vody povrchově odtékající měla malou rychlost, takže zde došlo jen k plošné erozi ornice, nikde se neobjevily stružky.

Teprve níže, ve vzdálenosti asi 500 m od rozvodí, vzrostlo množství povrchové odtékající vody a při sklonu 6° začaly vznikat stružky. Jejich hustota byla asi 1 stružka na 10 m šířky pole, hloubka 8 cm a šířka 20 cm. Odnoš půdy činil v tomto úseku přibližně 8 m³/ha. V následujícím úseku dlouhém 74 m měla struž-

HORNÍ LIBINA 1



ková eroze největší rozsah a intenzitu. Množství stékající vody bylo vzhledem ke vzdálenosti od rozvodí již značné a sklon zde rovněž dosáhl maximální hodnoty (11°). Na fot. č. 1 je vidět, že pole bylo rozryto stružkami, které dosahovaly průměrné hustoty 4 stružky na 1 m šířky pole. Níže se spojovaly v hluboké rýhy o hloubce až 40 cm a šířce 15–20 cm. Odnos ornice byl v tomto úseku maximální ($1400 \text{ m}^3/\text{ha}$).

V dalším úseku se spád zmírňuje až na 4° . Přejít je plynulý, přesto však zde místo eroze nastoupila akumulace. Materiál splavený z jednotlivých stružek se začal hromadit ve tvaru kuželů a jejich splynutím vznikla akumulace v podobě miniaturní piedmontové nížiny (viz fot. č. 3). Nejmenější kal byl odnášen dále a hromadil se v příkopu, který ohraničuje dolní část pole.

V místech, označených na příloze č. 1, byly odebrány vzorky pro zrnitostní rozbor. Analýza vzorků, jejíž výsledky jsou uvedeny v tab. č. II, ukázala, že v dolní části svahu přibývá v ornici postupně jílnatých a prachových částic (menších než $0,05 \text{ mm}$), splavených z horní části pole. V kuzelech, vzniklých na úpatí popisované části svahu se ukládal hrubší materiál (větší podíl frakce $0,1\text{--}2,0 \text{ mm}$), kdežto materiál v příkopu měl vyšší obsah částic I. a II. kategorie a velmi malý obsah zrn písku (IV. kat.).

Tabulka 2.

Obec	Místo	Obsah zrn o průměru v % váhových						
		I. kat. pod 0,01	II. kat. 0,01 až 0,05	III. kat. 0,05 až 0,1	IV. kategorie s pododděleními			
					0,1 až 0,25	0,25 až 0,5	0,5 až 1,0	1,0 až 2,0 mm
Horní Libina 1	Hořejší část svahu	17,12	22,42	22,64	8,78	11,76	12,68	4,58
	Střední část svahu	29,14	33,70	15,48	6,40	8,64	3,30	3,34
	Dolní část svahu	33,50	34,80	15,35	5,06	4,82	5,12	1,34
	Kužely při úpatí Akumulace v příkopu	17,16 27,34	22,04 48,10	10,88 17,24	2,30 4,70	12,94 2,26	26,10 0,30	8,58 0,04
Horní Libina 2	Horní část svahu	17,76	32,10	15,02	14,10	10,52	8,88	1,60
	Střední část svahu	16,28	19,84	13,92	13,56	14,26	18,06	4,08
	Dolní část svahu	21,30	22,34	20,86	4,61	5,87	6,07	1,18
Horní Libina 3	Střední část svahu	25,08	39,72	15,02	9,58	6,70	3,42	0,50
Mostkov	Horní část pole	29,46	34,84	15,54	8,30	5,62	4,96	0,62
	Střední část pole	33,54	42,78	13,40	2,04	3,30	3,92	1,02
Police	Střední část pole	24,70	47,52	23,28	1,46	1,44	1,30	0,30
	Kuželová akumulace	37,04	56,70	6,04			0,22	

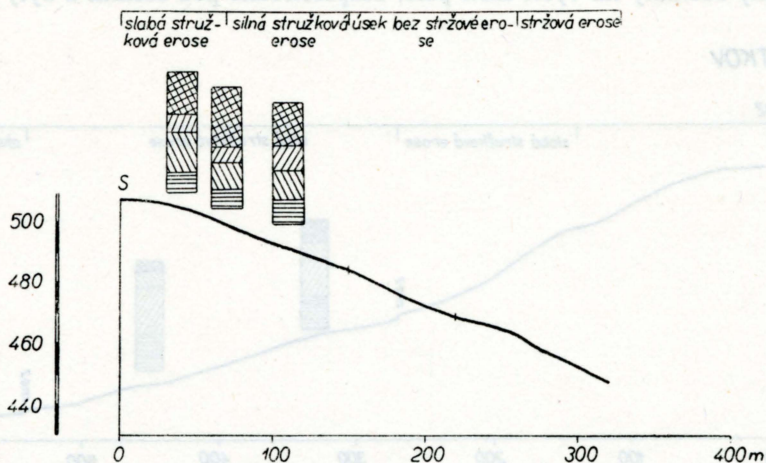
Rozbory provedla Zd. Baláková

Území, označené jako *Horní Libina 2*, leží na levém údolním svahu, naproti dříve studovanému území. Příloha č. 2 zobrazuje horní část svahu, která je přerušena dvěma cestami, mezi nimiž byla pole oseta rozdílnými kulturami.

Studovaný úsek svahu lze opět rozdělit na několik částí, které se od sebe liší sklonem a stupněm vývoje eroze. Nejhořejší část svahu je součástí plochého rozvodního hřbetu a má sklon pouze $2\text{--}3^{\circ}$. Pole zde bylo rozryto stružkami

10–12 cm širokými a 3–5 cm hlubokými. Jedna rýha připadla asi na 1 m šířky pole. Ve vzdálenosti 40 m od rozvodí se sklon pole zvětšuje na 9° . V závislosti na sklonu a současně se vzrůstajícím množstvím vody se stružky začaly prohlubovat. Místa dosahovaly hloubky až 30 cm, při šířce 40 cm. Mezi hlubokými rýhami byly četné drobné rýhy široké průměrně 15 cm a hluboké 10 cm. V půdorysu měla síť rýh stromovitý tvar. Hustota rýh byla u hlubokých 1 na 1 m a u mělkých 3 na 2 m šířky pole. Odnos půdy v této části svahu činil až $712,5 \text{ m}^3/\text{ha}$.

HORNÍ LIBINA 2



porost	oranisko		osení		
vzdálenost	40	110	50	60	60m
sklon	2–3°	9°	15°	16°	17°
odnos (m^3/ha)	22	712,5	-	-	788,7

Pod cestou byly na poli jen ojedinělé rýhy a níže na osetém poli k stružkové erozi vůbec nedošlo, ačkoliv sklon svahu zde dosahoval až 16° . Teprve níže (viz příl. č. 2), cca 40 m pod druhou cestou se při sklonu svahu 17° objevila silná eroze. Rýhy měly hloubku až 70 cm při šířce 90 cm, takže stružková eroze již přecházela v erozi stržovou. Odnos byl $788,7 \text{ m}^3/\text{ha}$.

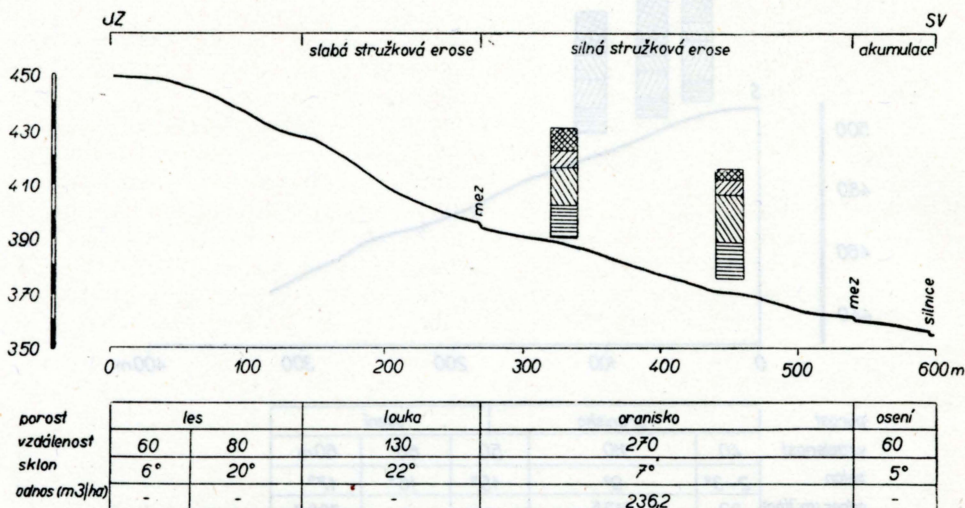
Tvar svahu je v nejhořejší části konvexní, dále přímý. Průběh eroze zde však není závislý v hlavní míře na tvaru svahu, spíše na vegetačním krytu a na způsobu obdělávání. Stružková eroze, která se začala vyvíjet již v nejhořejší části svahu při malém spádu, byla podporována čerstvě zoranou a uvláčenou půdou nechráněnou porostem; ve střední části svahu byla eroze zabrzděna cestou se spádem, probíhající napříč vrstevnic, která svedla většinu povrchově odtékající vody. Málo vzrostlé osení mohlo zabránit erozi jen v krátkém úseku, neboť v dolní části se setkáváme již se stržovou erozí.

Vzorky ornice pro zrnitostní rozbor byly odebrány v nejhořejší části svahu. Největší rozdily se ukázaly v obsahu jílovitých (menších než $0,01 \text{ mm}$) a hrubých částic ($0,1–2,0 \text{ mm}$). Množství jílovitých částic, které v rozvodní části dosahovalo u vzorků 17,76 % váhových, se ve střední erodované části zmenšilo

na 16,28 % a v dolejší části, kde docházelo opět k hromadění splavovaných jemných částic, se zvýšilo na 21,30 %. Naopak u písčitých částic se jejich podíl ve střední části zvýšil, kdežto v hořejší a dolní části byl zhruba stejný.

Třetím místem v katastru obce *Horní Libina*, kde byla eroze podrobně studována, byl levý svah široké rýhy v západní části obce. Svah se sklání od plochého rozvodí, odděleného od nižší části mezí 2,5 m vysokou a porostlou trávou. Pod mezí bylo pole 30–35 m dlouhé, porostlé 13 cm osetím, se sklonem 13–14°, které nebylo postiženo erozí. Stružky začínaly až na nižším, konkávně prohnutém poli. Pole dlouhé 60 m se dělí na dvě poloviny, z nichž vyšší má sklon 9° a nižší 7°. Stružky začínaly na vyšší části pole, bezprostředně pod osetím a byly nejprve

MOSTKOV



mělké a velmi četné. Na 1 m šířky pole připadaly průměrně 4 rýhy, které byly 6 cm široké a 3 cm hluboké. Postupně se spojovaly a na nižší části pole byly již na šířce 1 m sice pouze 2 rýhy, ale zato 13 cm široké a 9 cm hluboké.

Další oblast silně postižená erozí byla studována u obce *Mostkov*. Podrobně bylo studováno pole ve svahovém úpadu, mělce rýhujícím pravý údolní svah neckovitého údolí Václavovského potoka. Profil v příloze je veden osou úpadu a můžeme jej rozdělit na několik částí. Rozvodní část má sklon 6–20°. Nižle ležící část je dlouhá 130 m a má sklon 22°. Je pokryta loukou. Na louce nebyly vyvinuty erozní tvary. Nižle leží pole, oddělené od louky 0,75 m vysokou mezí. Tato horní mez probíhá napříč úpadu. Pole má sklon 7°. Stružky na poli začínaly hned pod horní mezí. Nejprve byly mělké a úzké, postupně se však spojovaly a prohlubovaly. Ve střední části pole měly již šířku až 1,80 m a hloubka odpovídala mocnosti ornice (15–20 cm). V dolní části pole byla ornice sнесena na velkých plochách tak, že se objevilo ulehle podorničí (foto č. 2). Vodní proudy zde nemohly erodovat do hloubky, a proto převládla bočná eroze v nakypřeně ornici. Odnos materiálu v této části pole činil 236,2 m³/ha. Erozi značně postižené pole je odděleno mezí cca 0,5 m vysokou od pole osetého obilím, které

v té době mělo výšku asi 10 cm. Spád tohoto pole je 5°. Mezi obilím nastala akumulace, pole bylo zasypáno a pováleno.

Rozbor vzorků zemin ukázal, že větší eroze jemnozemě (podíl zrn o průměru menším než 0,05 mm) je v horní části postiženého pole. V této části pole činí podíl splavených zrn I. a II. kategorie 64,30 % váhových, zatím co v dolejší části jsou již v ornici zastoupena 76,32 % váhovými. Frakce zrn IV. kategorie klesá směrem dolů po svahu naopak až na polovinu (20,16 % v horní části — 10,28 % v dolní části pole).

V podobných geomorfologických podmínkách došlo k erozi půdy v katastru obce *Police* severně od Úsova. Erodováno bylo pole v úvalovité pramenné části levého přítoku Polického potočka u silnice vedoucí z Klopiny do Police. Úvalovité údolí je vyplněno hlinami s četnými úlomky podložních přeměněných diabasových tufů. Údolí má v podélné ose sklon 5° a konvexní svah pak v horní části 3° a v dolní 8°.

Horní část svahu o sklonu 3° byla postižena převážně plošnou erozí, kdežto rýhovou erozí jen slabě. Některé brázdy byly erozí prohloubeny o 20 cm. Maximální vývoj rýhové eroze však nastal až na oranisku při sklonu 8°. Úvalovitý tvar pramenné části údolí vedl k soustředění vod a ke vzniku soustavy nepravidelně rozvětvených rýh, jejichž celková šířka byla až 6 m a hloubka 0,30 m (viz foto č. 7). Ornice byla v rýhách snesena v celé mocnosti. Na dně rýh se v místech větších balvanů vytvořily miniaturní vodopádové stupně a pod nimi obří hrnce. Celkový odnos ornice z pole lze odhadnout na 15 %. Pro zadržení ornice byla v dolní části pole postavena nevysoká hrázka, před kterou vznikl rozsáhlý nánosový kužel. Po protržení hrázky byl kužel znovu rozřezán stružkami (foto č. 8). Eroze pokračovala již jen velmi slabě do nižší části úvalovitého údolí, které bylo kryto trávou.

Stružková eroze nastala na konvexně vyklenutém svahu v horní části při sklonu 3°. Byla podporována opět nesprávně založenou orbou po svahu a nedostatečným rostlinným krytem (málo vzrostlá kukuřice). V další části svahu o sklonu 8° nezabránila konturová — čerstvě provedená — orba silné erozi, podporované úvalovitým tvarem pramenné části potoka ve směru největšího sklonu svahu. Hrázka na konci pole byla velmi slabou zábranou postupu přívalových vod, hlavní podíl na utlumení eroze mělo zatravnění dolní části svahu.

Další lokalitou, na které jsme studovali erozi na obdělávaných svazích, bylo okolí obce *Mirošín*, jihozápadně od Horního Města. Obec leží v hlubokém, ale široce rozevřeném údolí. K erosi došlo na levém údolním svahu nad obcí dne 24. 6. 1961 po prudkém dvouhodinovém dešti. Levý údolní svah je v horní části konvexně prohnutý a plynule přechází do širokého rozvodního hřbetu s kótou Bučíník 630,6 m. Střední část je vcelku přímá a jen v nejdolejší části je svah konkávně prohnutý. Údolí nemá nivu. Na svahu jsou vyvinuty hluboké hlinito-písčité půdy s četným skeletem. Skašní podloží tvoří fylity.

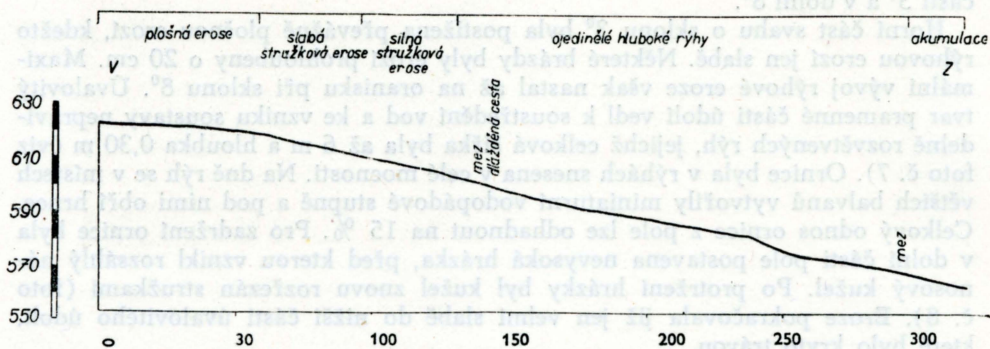
Na rozvodním hřbetu má svah sklon 4°. Srážková voda většinou vsakovala. Postupně směrem po svahu byly v brambořišti zřejmé stopy plošné eroze. Ve vzdálenosti 60 m od rozvodí se na konvexně vyklenuté části svahu objevily nejprve ojedinělé stružky 30 cm široké a 7 cm hluboké. Postupně se zvětšujícím se sklonem svahu (15°) a vzdáleností od rozvodí stružek přibývalo a prohlubovaly se. Ve vzdálenosti 97 m od rozvodí bylo na 10 m šířky pole 7 stružek širokých až 35 cm a hlubokých asi 20 cm. Ve vzdálenosti 107 m bylo opět na 10 m šířky pole naměřeno 7 stružek, ale jejich průměrná šířka byla 70 cm a hloubka 105 cm. Výjimečně dosahovaly šířky až 105 cm a hloubky až 112 cm, případně šířky

45 cm a hloubky 120 cm. Nejhlubší stružky v úhoru pod brambořištěm byly zaříznuty již do periglaciálně načechráných úlomků epizoálně metamorfovaných břidlic. Odnos zeminy podle našich měření dosahoval až 1 102,5 m³/ha.

Pod úhorem leží ovesné pole. Rostliny byly poměrně husté a 0,95 m vysoké. Od brambořiště je pole odděleno zatravněnou mezí a dlážděnou cestou.

Na cestě se rozptýlené vodní proudy soustředily a cestu, dlážděnou balvany zhruba 45 × 20 × 10 cm prořízly rýhou hlubokou 120 cm a širokou 140 cm. Rovněž v poli vyhloubily soustředěné vodní proudy rýhy až 110 cm široké a 100 cm hluboké. Zde byl však již odnos půdy menší než výše — 792 m³/ha.

MIROTÍNEK



porost	brambořiště		úhor	ovesné pole		louka	
vzdálenost	60	37	35	108	9	43	20
sklon	4	13°30'	15°	10°	22°	10°	14°
odnos(m ³ /ha)	-	-	1102,5	792	-	-	-

Pod ovesným polem byla louka rozdělená mezí porostlou 1 m vysokou trávou. Ačkoliv sklon svahu je pod mezí stejný, způsobila mez a vysoká tráva mohutnou akumulaci kuželového typu (fot. č. 5).

V druhé polovině května 1961 došlo po lijavcích k silné erozi v oblasti Olomouce. Po deštích 26. a 27. 5. 1961 jsme studovali erozi půdy na příkrém levém údolním svahu nesouměrného údolí Blaty u Olšan. Svah tvoří spraše a sprašové hlíny. Na polích u státní silnice Brno—Olomouc pod kótou Baba 264,1 m n. m. vznikly různé erozní a akumulační tvary. Pole jsou oddělena zatravněným pruhem se stromy. Na horním poli v rozvodní části bylo možné opětně pozorovat pouze stopy plošné eroze. Ve větší vzdálenosti od rozvodí se objevily první mělké stružky. Stružky se rozšiřovaly a spojovaly. Na několika místech na poli však při poměrně nepatrném zmenšení spádu byla eroze vystřídána kuželovou akumulací. Ihned pod těmito pruhy jemnozemě, tvořícími ploché kužely (viz foto č. 6), se opět objevují stružky. Před zatravněným pruhem došlo k opětně sedimentaci ve tvaru kuželů. Pod zatravněným pruhem bylo brambořiště s brázdami oranými ve směru sklonu. Přímo pod zatravněným pruhem byly brázdy značně prohloubené a obnažená sadba (viz foto č. 4). V dolní části pole vlivem zmenšení sklonu svahu se jemnozem usadila v brázdách a úplně je vyplnila.



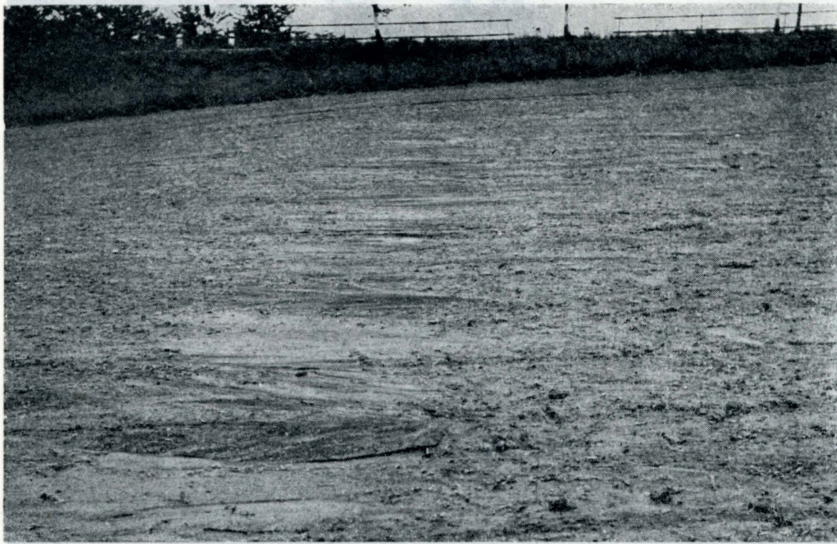
5 — Mirotínek — akumulace kuželového typu v dolní části svahu. (Foto J. Vařeka.)
 5 — Mirotínek — Akkumulation des Kegeltypus im unteren Teil des Hanges.

Výsledky pozorování

Ze studia erozních a denudačních pochodů na zemědělsky obdělávaných svazích ve výše uvedených místech můžeme učiniti některé předběžné závěry o vývoji svahů.

Je nesporné, že zemědělské obdělávání svahů podstatně ovlivnilo jejich vývoj. Polní cesty a zatravněné meze rozdělují svahy na několik částí, které se liší intenzitou a druhem odnosových pochodů. Polní cesty někdy odvádějí srážkové vody a tak zabraňují erozi na níže ležících polích (Horní Libina 2). Jindy naopak soustřeďují vodu a umožňují vznik hlubokých rýh (Mirotínek). Nad zatravněnými mezemi v důsledku přemístování ornice při orbě vzniká neširoký pruh s menším spádem. V důsledku zmenšení spádu nastává nad mezemi akumulace vodou unášeného materiálu, která při stružkové erozi má tvar kuželů s vrcholy při ústí jednotlivých stružek (srov. Horní Libina 1 — foto č. 3). V jiných případech tráva na mezi brzdí průtok vody a v travě dochází k usazování unášeného materiálu. Akumulace se pak šíří do výše ležícího pole rovněž ve tvaru kuželů (Olšany). Meze tedy většinou působí jako „místní erozní baze“, které oddělují části zemědělsky obdělávaných svahů. Jednolivé části svahů se pak vyvíjejí samostatně a různou rychlostí.

Rovněž vliv sklonu svahů na velikost odnosu je na rozdíl od svahů, které se vyvíjejí v přirozených podmínkách, velmi pozměňován zemědělskými opatřeními. Pozorovali jsme na příklad silnou erozi v horní části svahu s menším sklonem, zatím co ve středním úseku s větším sklonem vlivem lepšího obdělávání půdy (konturová orba) nebo vlivem druhu zemědělských plodin k erozi nedošlo a odnos byl neporovnatelně menší. Na polích bez vegetace začínala stružková eroze již při sklonu svahů 2°. Na jeteliništích nebo loukách nebyl patrný odnos ani



6 — Olšany — střídání eroze a akumulace — vyrovnávání svahu. (Foto J. Demek.)
 6 — Olšany — Wechsel der Erosion und Akkumulation, Ausgleichung des Hanges.

při sklonu 22° . Bude nyní třeba sledovat, do jaké míry je velký vliv jednotlivých druhů zemědělských plodin na velikost odnosu na svazích eliminován jejich střídáním v několikaletém cyklu. Sklon svahů měl vliv na tvar stružek. Na mírnějších svazích byl jejich průběh klikatý, často se spojovaly ve stromovitou síť (viz foto č. 3). Na příkřejších svazích (viz foto č. 2) byly stružky přímější a rovnoběžné. Ve stružkách docházelo ke střídání úseků s převládající hloubkovou erozí a úseků bočního rozšiřování. Podle našich pozorování nezávisí na studovaných lokalitách střídání hloubkové a boční eroze na sklonu svahu nebo množství vody, nýbrž na místních podmínkách. V úsecích o stejném sklonu se hloubková eroze měnila v boční rozšiřování stružek v závislosti na stupni ulehlosti podorničí. V Mostkově, kde podorničí bylo velmi ulehlé, vznikly bočnou erozí široké stružky. V místech, kde podorničí bylo nakypřeno např. norami hlodavců, vznikly úzké a hluboké rýhy. Často se rovněž projevoval vliv malých změn spádu v průběhu svahů. Zejména u Olšan, kde povrch pole byl zvlněný pravděpodobně rozoráním mezí, jsme pozorovali střídání úseků intenzivní stružkové eroze a pásů, v nichž docházelo k tvorbě plochých kuželů. Střídání eroze a akumulace na svahu vedlo k vyrovnávání jeho sklonu (viz fot. č. 6).

Během pozorování byl dále sledován vliv délky svahů na velikost odnosu. Stružková eroze začínala vždy až v určité vzdálenosti od rozvodí v místech, kde již množství povrchově odtékající vody dostačovalo k lineární erozi. Většinou to bylo v horní, konvexně vyklenuté části svahů. Stružky byly sice mělké, ale blízko u sebe. Odnos půdy byl tak v těchto místech největší. S rostoucí délkou svahu se stružky prohlubovaly, avšak jejich počet klesal.

Množství odnesené půdy v tomto úseku svahu bylo proto menší, i když na první pohled je zde eroze nejvíce patrná (viz profil Mirotínek). Celkově je však třeba zdůraznit, že zmíněné rozdělení svahů na jednotlivé úseky, oddělené cestami nebo mezemi velmi omezovalo působení délky svahu vzhledem k erozi půdy.

Vliv plošného splachu na svahu se při našich výzkumech projevil v zrnitostním složení ornice (viz tab. 2 a profily). Na studovaných lokalitách se celkově projevilo obohacení ornice v nižších částech svahů jílovými částicemi (pod



7 — Police — rozvětvené stružky ve svahovém úpadu v brambořišti. (Foto J. Demek.)
 7 — Police — verzästelnde Furchen in den Hangdellen auf dem Kartoffelfeld.



8 — Police — nánosový kužel v dolní části pole. (Foto J. Demek.)
 8 — Police — Schwemmkegel im unteren Teil des Feldes.

0,01 mm). Jinak se dala velikost působení splachu při studiích prováděných touto metodou jen odhadnout těsně po dešti podle toho, že větší ploché úlomky vyčnívaly nad okolní sníženou úroveň povrchu na erozi ušetřených vyvýšeninkách z ornice, uchráněných zrnky před odnosem. Měření velikosti splachu a jeho rozdělení na svazích je pak úkolem — již v úvodu zmíněného — druhého způsobu výzkumu pochodů na svazích.

Při výzkumech jsme rovněž věnovali pozornost vývoji svahových úpadů (Mostkov) a plochých úvalovitých údolí (Police). Pozorování ukázala, že dna těchto tvarů jsou v současné době rozřezávána rýhami. Voda stékající se svahů se soustřeďuje na dně, kde vyrývá nezdělká hluboké rýhy (viz foto č. 2 a 7). Pozorovali jsme zřetelnou tendenci k prohlubování dna úpadů a úvalovitých údolí a změny jejich tvarů. Lze z toho usuzovat, že jsou to tvary vzniklé v jiných podmínkách a v současné době rozrušované. Nesprávné zemědělské obdělávání tento pochod ještě urychluje.

Shrneme-li nyní naše poznatky o erozi půdy ve vztahu k vývoji zemědělsky obdělávaných svahů na střední Moravě vidíme, že na rozvodních částech svahů působí plošný splach a destrukce je v tomto úseku nejmenší. Níže na svahu přechází plošný splach ve stružkovou erozi. Podle předběžných pozorování je v této konvexně vyklenuté části svahů největší odnos. Ve střední části svahů je eroze nejvíce patrná a rýhy jsou nejhlubší. Absolutní množství odnesené půdy však je menší než ve výše ležícím úseku. V této střední části svahů se nejvíce projevovaly vlivy zemědělského obdělávání a rozdělení svahů mezemi. V dolní části svahů většinou nastupovala akumulace a hromadění jemných jílových částic v ornici.

Na základě našich prvních pozorování je zatím obtížné porovnat směr vývoje svahů ve studované oblasti se známými schématy vývoje svahů W. M. Davise, H. Bauliga, S. S. Soboleva na straně jedné a W. Pencka, A. Wooda a L. C. Kinga na straně druhé. Předběžně však lze říci, že pozorování vývoje svahů u nás spíše nasvědčují snižování svahů podle názorů první skupiny autorů.

Literatura:

- ARMAND, L. D., 1955, Jestěstvennyj erozionnyj process. Izvěstija Akademii nauk SSSR, serija geografičeskaja, No. 6: 3—17.
- BAC, S. - OSTROMECKI, J., 1950, Badania nad erozją gleb w Polsce, Warszawa.
- BAULIG, H., 1950, Essais de Géomorphologie, Paris.
- BENNET, H. H., 1955, Elements of Soil Conservation, New York - Toronto - London.
- BIROT, P., 1959, Précis de Géographie Physique Générale, Paris.
- DVORÁK, J., 1955, Vliv stupně eroze na zrnitost ornice na svazích. — Effect of the Degree of Water Erosion on the Granulometry of Arable Soil on Slopes. Vodní hospodářství, roč. V: 236—243.
- DYLIK, J., 1958, Istota i metody geomorfologii dynamicznej. — Notion et Methodes de la Geomorphologie dynamique. Studia z geomorfologii dynamicznej. Acta Geographica Universitatis Lodzianis, Nr. 54: 23—66, Łódź.
- GERLACH, T., 1958, Wspólne badania nad intensiwnością współczesnych procesów denudacyjnych w Jaworkach k. Szczawnicy. Preliminary investigations on the intensity of contemporary denudation processes at Jaworki near Szczawnica. Roczniki Nauk Rolniczych, roč. 72: 1281 až 1288.
- GLANDER, W., 1956, Bodenerosion und ihre Bekämpfung, Berlin.
- HOLÝ, M., 1955, Klasifikace plošné vodní eroze na základě změny textury ornice. The Classification of sheet Erosion on the Base of Change of the Texture of surface Soil. Vodohospodářský časopis, roč. V:
- HOLÝ, M., 1955, Vliv tvaru svahu na průběh vodní eroze. Einfluss der Formen des Hanges auf den Verlauf der Wassererosion. Vodní hospodářství, roč. V: 27—32.
- JAHN, A., 1956, Badania stoków w Polsce. Przegląd Geograficzny, Tom XXVIII, č. 1: 281—302

- JAHN, A., 1956, Wyzyna Lubelska, Rzeźba i czwartorzęd. Geomorphology and Quarternary History of Lublin Plateau. Prace Geograficzne No. 7, Warszawa.
- JAHN, A., 1954, Denudacyjny bilans stoku. Czasopismo Geograficzne, roč. XXV, seš. 1—2: 38—64.
- JANÁČ, A.: 1958, Metóda určovania stupňa zmytosti pôd. Die Methode zur Bestimmung des Grades der Auswaschung. Geografický časopis, roč. X: 205—222.
- KING, L. C., 1953, Canons of Landscape Evolution, Bulletin of the Geological Society of America, Volume 64, Number 7/June.
- KLATKOWA, H., 1958, Studium morfodynamiczne pewnego wąwozu w Górach Świętokrzyskich, Studia z Geomorfologii Dynamicznej, Acta Geographica Universitatis Lodzianensis, Nr. 54, Łódź.
- KLIMASZEWSKI, M., 1961, Geomorfologia Ogólna, Warszawa.
- KOZLÍK, VĽ., 1958, Erozia a protierózivne opatrenia vo flyšovej oblasti východného Slovenska. Erosions- und Gegerosionsmassnahmen im Flyschgebiet der Ostslowakei. Vodná erózia na Slovensku, pp. 383—410, Bratislava.
- PIERZCHALKÓWNA, L., 1953, Zagadnienia rozwoju stoku w świetle prac Bauliga, Birota a Sobolewa, Przegląd Geograficzny, Tom XXV: 95—101.
- PIERZCHALKO, L., 1954, Wstępne obserwacje współczesnych procesów stokowych w Górach Kaczawskich, Przegląd Geograficzny, Tom XXVIII, č. 1: 281—302.
- SOBOLEV, S. S., 1948, Razvitije erozionnych processov na territoriji evropejskoj časti SSSR i borba s nimi, Tom I., Moskva - Leningrad.
- STARKEĽ, L., 1960, Rozwój rzeźby Karpat Fliszowych w Holocenie. The Development of the Flysch Carpathians Relief during the Holocene. Prace Geograficzne, No. 22, Warszawa.
- WOOD, A., 1942, The Development of Hillside Slopes. Proceedings of the Geological Society, Vol. 53.
- ZACHAR, D., 1958 Vplyv erózie na pôdu v okolí Radvane pri Banskej Bystrici, Einfluss der Erosion auf den Boden in der Umgebung von Radvan bei Banská Bystrica. Vodná erózia na Slovensku, pp. 122—192, Bratislava.
- ZACHAR, D., 1960, Erozia pôdy. Bodenerosion. Bratislava.

BODENEROSION UND HANGENTWICKLUNG IN DEN GLEICHZEITIGEN VERHÄLTNISSEN IM MITTLEREN TEIL DER TSCHECHOSLOWAKEI

(Der erste Bericht für die Sitzung der Kommission für die Forschung der Gehänge der Internationalen Geographischen Union zu Göttingen 1962.)

Autoren berichten über die erste Etappe der Forschungen, die sich mit der Entwicklung der landwirtschaftlich bebauten Gehänge im mittleren Teil der Tschechoslowakei beschäftigen und die seit dem Jahre 1960 vom Kabinett für Geomorphologie der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften in Brno durchgeführt werden. Das Hauptproblem bei dieser Forschung ist das Studium der Wassererosion des Bodens, weil mehrere von den geomorphologischen Vorgängen sich im Boden abspielen und nur selten gerade ins Gestein des Felsliegenden eindringen. Es gibt zweierlei Arten der Forschungen. Erstens handelt es sich um die Forschung der Bodenerosion auf Grund der stationären Untersuchungen mit der Hilfe der Messgeräte. Die Forschung ist langandauernd und die Ergebnisse dieser Forschung werden erst für den Kongress der Internationalen Geographischen Union im Jahre 1964 in London bearbeitet werden. Der Leiter dieser Forschung ist Diplomgeograph Evžen Quitt. Zweitens handelt es sich da um die Forschung derjenigen Formen, die unter der Wirkung der übermäßigen Bodenerosion an den landwirtschaftlich bebauten Gehängen nach grösseren oder mehr andauernden atmosphärischen Niederschlägen entstanden. Im Gegensatz zu der ersten Art ermöglicht diese Methode gewisse Schlüsse für das Studium der Erosionsformen in den einzelnen Lokalitäten zu ziehen. In diesem ersten Bericht bieten uns die Autoren Ergebnisse des Studiums der Bodenerosion in sechs Lokalitäten des mittleren Teiles der CSSR.

Mehrere von diesen Lokalitäten liegen im Hügellandschaftsrelief des Vorgebirges von Hrubý Jeseník (Altvatergebirge) und in N. Jeseník (Gesenke). Zur übermäßigen Erosion an den landwirtschaftlich bebauten Gehängen kam es in den Lokalitäten H. Libina und Mostkov nach den starken Niederschlägen am 22. V. 1960. Die Menge der Niederschläge in den Meßstationen der Hydrometeorologischen Anstalt der Tschechoslowakei in der Umgebung des untersuchten Gebietes während der kritischen Tage und die monatlichen Summen sind in der Tabelle 1 angeführt. Die Verhältnisse des Gefälles und Menge des abgetragenen Materials in m³/ha sind in den beigegeführten Profilen angeführt. In den auf den Profilen bezeichneten Stellen wurden die Proben für die Analyse der Korngrössenzusammensetzung abgenommen. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle 2 angeführt. Im Sommer des Jahres 1960 kam es zur Bodenerosion in der Lokalität Police nah von der Stadt Úsov.

Die Forschung setzte im Jahre 1961 beim Dorf Mirotíněk südwestlich von der Stadt Horní Město in N. Jeseník (Gesenke) fort, wo es zur ausgedehnten Bodenerosion am 24. 6. 1961 kam. Die letzte Lokalität stellte der Hang des asymmetrischen Tales des Flusses Blata beim Dorf Olšany [zwischen den Städten Olomouc (Olmütz) und Prostějov (Prossnitz)] im Marchbecken vor. Am mit Löss bedeckten Hang kam es zur Erosion nach den Wolkenbrüchen am 26. und 27. 5. 1961.

Nach der ausführlichen Untersuchung der Lokalitäten ziehen die Autoren einige Schlüsse über die Hangentwicklung des mittleren Teiles der Tschechoslowakei. Im angeführten Gebiet kann man in der ersten Reihe zwei Typen der Gehänge unterscheiden. Erstens gibt es da die Gehänge, deren Entwicklung in den ursprünglichen Verhältnissen ohne den Einfluss der Tätigkeit des Menschen verläuft. Zweitens handelt es sich da um die Gehänge in denjenigen Gebieten, in denen die ursprünglichen Verhältnisse bedeutend von der Tätigkeit des Menschen geändert wurden. Im untersuchten Gebiet überwiegen diese Gehänge ausschliesslich. Es ist unbestritten, dass die landwirtschaftliche Bebauung der Gehänge ihre Entwicklung wesentlich beeinflusste. Die Feldwege und grasbewachsene Feldraine teilen die Hänge in einige Abschnitte ein, die sich voneinander durch Intensität und Art der Bodenabtragungsvorgänge unterscheiden. Die Feldwege führen manchmal das Niederschlagswasser ab und solcherweise schützen sie die niederliegenden Felder vor der Erosion (Lokalität Horní Libina 2). Andersmal im Gegensatz dazu versammeln die Feldwege das Wasser und ermöglichen sie die Entstehung der tiefen Rinnen (Mirotíněk). Oben über den grasbewachsenen Feldrainen entsteht ein nicht breiter, mässig geneigter Streifen infolge der Verlegung des Ackerbodens beim Pflügen. Infolge der Verkleinerung des Gefälles entsteht die Akkumulation des durch Wasser abgetragenen Materials, die bei der Furchenerosion die Form des Schwemmkegels mit den Gipfeln an der Mündung der einzelnen Furchen hat (vgl. Lokalität Horní Libina 1 — Abbildung 3). In anderen Fällen hemmt das Gras an den Feldrainen den Durchlauf des Wassers und das abgetragene Material wurde solcherweise im Gras abgelagert. Die Akkumulation verbreitet sich dann in das höherliegende Feld ebenso in der Form eines Schwemmkegels. Die Feldrainen wirken also meistens als die örtlichen Erosionsbasen, die die Abschnitte der landwirtschaftlich bebauten Gehänge trennen. Die einzelnen Hangabschnitte entwickeln sich dann selbständig und mit der verschiedenen Geschwindigkeit.

Ebenfalls der Einfluss des Hanggefälles auf die Grösse der Bodenabtragung wird zum Unterschied von den unter natürlichen Bedingungen sich entwickelnden Gehängen sehr von den landwirtschaftlichen Massnahmen geändert. Auf den vegetationslosen Feldern begann die Furchenerosion schon bei der Böschung 2⁰. Auf den Kleefeldern oder Wiesen war die Bodenabtragung nicht einmal bei der Böschung 2⁰ merkbar. Sehr oft hat sich der Einfluss der kleinen Änderungen auf die Böschung im Verlauf des Hanges geäussert. Namentlich in der Lokalität bei Olšany, wo die Oberfläche des Feldes gewölbt war, haben wir den Wechsel der Abschnitte der intensiven Furchenerosion und Streifen, in denen es zur Bildung der flachen Schwemmkegel kam, festgestellt. Der Wechsel der Furchenerosion und Akkumulation des Hanges führte zur Ausgleichung seines Gefälles (s. Abb. 6).

Während der Untersuchung haben die Autoren den Einfluss der Hanglänge auf die Grösse der Abtragung studiert. Die Furchenerosion begann immer erst in einer gewissen Entfernung von der Wasserscheide in denjenigen Stellen, wo schon die Menge des abfliessenden Oberflächenwassers selbst zur linearen Erosion genügte. Es geschah meistens im oberen, konvex gewölbten Hangabschnitte. Die Furchen waren zwar seicht, aber lagen nah nebeneinander. Die Bodenabtragung war darum in diesen Stellen am grössten.

Zum Schluss stellen die Autoren alle durch Forschung der Bodenerosion in der Beziehung zur Entwicklung der landwirtschaftlich bebauten Gehänge gewonnenen Kenntnisse zusammen. Die Forschung zeigte darauf, dass die Flächenabspülung an den Hangwasserscheidenabschnitten wirkt und dass die Destruktion in diesem Abschnitt fast unbedeutend ist. Im niederen Teil des Hanges geht die Flächenabspülung zur Furchenerosion über. Nach den vorläufigen Beobachtungen der Autoren ist die grösste Abtragung am konvex gewölbten Abschnitt. Im mittleren Teil der Gehänge war die Erosion am merkbarsten und die Furchen waren am tiefsten. Die absolute Menge des Bodens war aber kleiner als im höherliegenden Abschnitt. In diesem mittleren Teil haben sich die Einflüsse des landwirtschaftlich bebauten Bodens und die Eintiefung der Gehänge durch die Feldraine am meisten geäussert. Im unteren Teil der Gehänge kam es meistens im Ackerboden zur Akkumulation und Häufung der feinen Tonteilchen (kleiner als 0,01 mm).

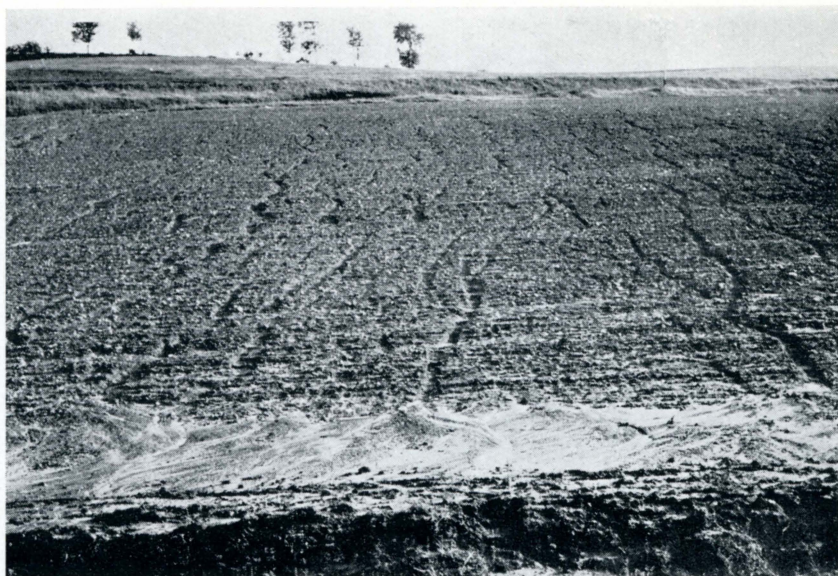
Die Autoren glauben, dass es bisher nur auf Grund der ersten Untersuchungen sehr schwierig ist, die Hangentwicklung im studierten Gebiet mit den bekannten Schemen der Hangentwicklung von M. M. Davis, H. Baulig und S. S. Sobolev einerseits und von P. Penck, A. Wood und L. C. King andererseits zu vergleichen. Vorläufig stellen sie aber fest, dass die Untersuchung der Hangentwicklung eher über die Hangsenkung gleich nach den Anschauungen der ersteren Autoren zeugt.



1. Horní Libina 1 — stružková eroze v horní části svahu. (Foto J. Demek.)
1. Horní Libina 1 — Furchenerosion im mittleren Teil des Hanges.



2. Mostkov — bočná eroze v nakypřené ornici v dolní části pole. (Foto J. Demek.)
2. Mostkov — Seitenerosion im aufgelockerten Ackerboden im unteren Teil des Feldes.



3. Horní Libina 1 — stružková eroze na kukuřičném poli a akumulace splaveného materiálu v dolní části pole. (Foto J. Demek.)

3. Horní Libina 1 — Furchenerosion auf dem Maisfeld und Akkumulation des abgespülten Materials im unteren Teile des Feldes.



4. Olšany — eroze půdy na levém údolním svahu Blaty — prohloubené brázdý v bramborišti. (Foto J. Demek.)

4. Olšany — Bodenerosion am linken Talhang des Flusses Blata — eingetieft Furchen auf dem Kartoffelfeld.

(Přílohy k článku Demek - Seichterová: Eroze půdy a vývoj svahů ...)