

Studie lesních půd na říčanské žule

Изучение лесных почв на ржижанском граните

Studie der Waldböden auf Granit von Říčany (bei Praha)

Akademik Bohuslav MAŘAN, laureát státní ceny
Výzkumný ústav zemědělsko-lesnických meliorací

Došlo dne 14. IV. 1958

Úvod

Největší pozornost byla u nás soustředěna na degradaci až onemocnění lesních půd v rozsáhlé oblasti křídového útvaru, vytvořivších se z křemitých kvádrových pískovců buď s tmelem kaolinickým nebo železitým. V menším měřítku byly studovány písčité půdy permokarbonského a ostatních geologických období. Je to jednak proto, že se jedná o menší rozlohy nebo o substráty geologicky mladé, takže pak nejde o skupinu klimatogenetickou, nýbrž intra- nebo azonální. Studium degradace a onemocnění písčité půdy, které je zvláště nápadné při vzniku víceméně vybělených A horizontů, oddělených většinou pod borovými porosty souvislou vrstvou humusoželezitého stmelence od oranžové až okrově žlutých iluviálních horizontů, bylo lesnickou praxí žádáno jednak proto, že se v těchto oblastech vyskytuje nemálo zakrnělých porostů, že v období jedné až dvou generací můžeme sledovat snížení přírůstu, jednak proto, že se tu setkává se zvláštními obtížemi při obnově. Rychlá degradace je tu podmíněna jak mechanickými a fyzikálními vlastnostmi půdy — zvláště vysokou propustností pro vodu, a tím usnadněným vyluhováním — tak vlastnostmi chemickými, neboť jde o půdy minerálně chudé až velmi chudé s význačným nedostatkem bází, zvláště vápna a hořčíku. Ty byly ještě k tomu za spolupůsobení přízemní vegetace (borůvka, brusinka, vřes) a borových monokultur spolu s dalšími živinami vylouženy nebo dokonce splaveny do vrstev kořenům dřevin nepřístupných.

Daleko menší pozornost byla věnována degradaci půd, vytvořivších se na substrátech z krystalinika. Je zajímavé, že bychom právě u nich měli očekávat dosti výrazné podzolení, neboť největší jejich rozlohy se nalézají v oblastech perhumidních, s ročními průměrnými srážkami nad 700 mm, s poměrně nízkou roční teplotou, kolísající mezi 3–6°C, takže tu Langův dešťový faktor dosahuje čísla 100–150. Očekávali bychom tento zjev tím spíše, že v těchto horských a podhorských oblastech našeho pohraničí převládají rozhodujícím způsobem v několika generacích nesmíšené porosty smrkové, v nejlepším případě s 10–15 %, smíšené s některými listnáči, hlavně s bukem, klenem popř. s jeřábem. Naše studie, při nichž jsme analyzovali stovky půdních profilů, podobnému výrazné-

mu pedogenetickému procesu nenasvědčují, ať již se jednalo o předhoří a masív Šumavy—Žďánov, Kvilda—Českého lesa (Tachovsko), Krušných hor (Kraslice, Jáchymov), Lužických, Jizerských hor nebo Krkonoš. Vždy jsme se setkali buď s půdami skupiny intrazonální na svazích, se svahovými nebo podsvahovými deluvii, nebo s půdami slabě až středně podzolovanými, které jen v nejhorších případech představují substráty s porosty třetí bonity — za převládající druhé až první — zatím co na pískách, i když šlo o humidní nebo semihumidní oblast, převládala vždy bonita třetí až čtvrtá s nemalými rozlohami porostů bonity páté a horší.

Je samozřejmé, že i v oblastech půd krystalinika se setkáme v horských polohách s degradací až onemocněním na extrémních stanovištích, podmíněnou lokálními příčinami ať již prostředím (půda, klima) nebo skladbou porostů a hlavně špatným hospodařením v nich. Při tom je nutno konstatovat, že se jednalo vždy spíše o degradaci v předhoří než v horách s nadmořskou výškou nad 800 m. Když jsme provedli podrobnější rozbor klimatických faktorů, zjistili jsme, že v těchto oblastech trvá zimní období s podnulovými teplotami 5—7 měsíců, takže se půdní voda alespoň v povrchových a podpovrchových vrstvách nachází v pevném skupenství a nemůže se destruktivně uplatnit vyluhováním. V letní periodě, trvající zde přibližně 2 měsíce (se obrací proud vody v půdě z hloubky k povrchu, neboť jde o tzv. období pasivní, a to i v poměrně vlhkých letech. Vyluhování se proto uplatňuje pouze po dobu 3—5 měsíců, tj. po daleko kratší než v pahorkatině a v parovinách, kde je poměr někdy dokonce obrácený.

K témuž poznání dochází i prof. J. Pelíšek, který ve svém Lesnickém půdoznání (str. 294—295) píše: Vlastní terénní výzkumy o genezi půdních typů a jejich rozšíření v našich lesních oblastech za posledních 15 let však ukazují, že výrazné a extrémní podzoly se silně zhoršenými fyzikálními, chemickými a mikrobiologickými poměry, a tím i se sníženou úrodností jsou vytvořeny na silikátových horninách právě naopak v našich nížinných lesních oblastech s malým množstvím ovzdušných srážek a se zvýšenými teplotami. Převážná část našich vysočinných a horských lesních oblastí s vyšším množstvím atmosférických srážek je kryta v oblasti silikátových hornin hlavně půdami ze skupiny hnědých a šedých lesních půd středoevropských s velmi dobrými poměry fyzikálními.

Pokud si lesníci pedologové všimli degradace disperzně jemnějších půd krystalinika, jednalo se většinou o substráty, vzniklé na rule, svoru, fylitu nebo na algonkických břidlicích — v daleko menším měřítku se zabývali půdami žulovými. Tyto žulové půdy — v zemědělství právem označované jako méně úrodné — jsou považovány z lesnického hlediska za nejlepší substráty s porosty první a druhé bonity, jedná-li se o dostatečnou hloubku půdních profilů. Jsou většinou typovány jako písčito-hlinité až písčito-jílnaté, po stránce fyzikální — pokud jde o vlhkost a vzdušnost — za vyhovující. Jsou velmi dobře zásobeny draslem (někdy i kyselinou fosforečnou); jsou však povahy kyselé, neboť obsahují málo vápna a často i hořčíku. Nesmíšené jehličnaté porosty — ať již smrkové, zvláště však borové — zvyšují jejich kyselost, zvláště tvoří-li se formy špatně se rozkládajícího planého humusu. Pak dochází k degradačním jevům, jejichž výsledkem je nejen vznik eluviálních a iluviálních horizontů, ale především zamokřování spodiny a nedostatek vzduchu, typické to vlastnosti jemně disperzních půd. Jejich vzdušná kapacita je při pokračujícím rozkladu živců poměrně nízká, výměna půdního vzduchu s atmosférickým malá, při zbahnění zcela nedostatečná.

Velmi výrazně se uplatnily uvedené vlastnosti těchto žulových půd v oblasti tzv. středočeského intrusivního masivu, které jsme měli příležitost studovat v několika polesích se substráty na říčanské žule.

Přírodní podmínky studovaných lokalit

V krystaliniku formovaná žulová pahorkatina říčanská tvoří v podstatě severní výběžek středočeského intrusivního masivu (plutonu), rozkládajícího se od Klatov přes Příbram až téměř k Českému Brodu směrem severovýchodním, odkud opět probíhá k jihu přes Rataje a západně od Vlašimi po Tábor—Písek až po Putim. V studované oblasti ohraničené na západní straně od Hrušova po Klokočnou, Tehov, Strašín, Třebohostice, Přistínasy až na sever téměř po Limuzy jde o typickou hrubozrnnou až velkozrnnou, šedavě narůžovělou porfyrovito-biotitickou žulu říčanskou, která je zvláště nápadnou velkými, masově růžovými vrostlicemi ortoklasu. Jen místy je proniknuta intrusemi žul aplitických — na západním okraji od Tehova k Strašínu až po Třebohostice uvádí dokonce prof. Krejčí v úzkém pruhu i pegmatity, chudší na vápno, hořčík i kyselinu fosforečnou, avšak bohatší draslíkem. K jihu navazuje říčanská žula na biotitický granit, pronikající v okolí Čerčan k Benešovu.

Chemické složení petrografického podloží uvádí prof. Stejskal v průměru jak pro říčanskou žulu normální, tak pro intruse kyselé žuly aplitické a podle K. Kubrochta i pro pegmatiky, jak je zřejmo z následující tabulky:

Chemické složení hornin v oblasti říčanské žuly

Číslo	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	TiO ₂
1	67,90	15,05	1,29	2,04	0,08	1,57	1,91	5,95	3,33	0,22	0,42	0,24
2	72,95	17,29	—	—	—	0,87	0,62	5,03	2,54	st.	0,70	—
3	74,80	12,84	1,87	—	0,29	0,32	0,47	6,44	1,13	st.	0,61	—

Z uvedeného je zřejmo, že ve všech třech případech se jedná o horniny povahy kyselé, jejichž kyselost se ještě zvyšuje s klesajícím množstvím vápna a hořčíku, které lze označit za malé a pro výživu sotva dostačující. Daleko vyšší je obsah draslíku a sodíku, které se však po uvolnění při zvětvávání velmi snadno vyluhují do spodiny, eventuálně jsou odplavovány. Také kyseliny fosforečné je tu velmi málo, zvláště v aplitické žule a v pegmatitech, které vykazují pouze její stopy — takže bychom po minerální stránce usuzovali z celkového rozboru na tvorbu půd minerálně chudých.

O r o g r a f i c k y lze území označit za bohatě členitou parovinu až pahorkatinu s četnými planinami, lokálními hřebeny a pahrbky, rozbrázděnými údolími nebo četnými terénními zářezy, takže se tu objevují svahy o velmi různých sklonech a expozicích. V nejnižších polohách klesá terén až asi na 300 m, nadmořské výšky, nejvyšší kóta je něco přes 500 m. Celkem přibývá nadmořské výšky při udané členitosti terénu od severozápadu k jihovýchodu (od obce Škvorec 309 m do 500 m na Kobyle (a od severu k jihu) 288 m u Limuz po kótu 497 m u Myslina).

H y d r o l o g i c k y se jedná o nemálo důležité rozvodí tří řek, Labe, Vltavy a Sázavy. V severní až severozápadní části pramení se svými přítoky Výmola, vlévající se do Labe, v západní sbírá své prameny (Tehovský a Říčanský potok) přítok Vltavy Rokyta, na jihozápadě a na jihu jsou to prameny a přítoky Mnichovky, na jihovýchodě Zvánovický a Jevanský potok, protékající známými Jevanskými rybníky, patřící již do povodí Sázavy.

M a k r o k l i m a t i c k é p o m ě r y nejsou pro pěstění lesa nejprůzračnější. Podle dr. Mináře patří Říčansko a Hradešinsko do mírně suché oblasti s vláhovou

jistotou 7–14, což znamená 15–25 % pravděpodobnost výskytu suchých let s katastrofálními následky. Průměrné roční srážky kolísají mezi 600–650 mm. Starší údaje a výpočty z 25letého průměru roku 1876–1900 udávají čísla o něco vyšší; tak např. pro Žichovice (385 m) 618 mm, pro Černé Budy 624 mm, Pyšely (362 m) 626 mm. Úvaly (265 m) 631 mm, Čestín (483 m) 634 mm, Mnichovice (362 m) 653 mm, Chocerady (367 m) 664 mm, Benešov (373 m) 674 mm a pro Budy-Mukařov (420 m) 686 mm. Podrobnější údaje podle 50letých průměrů jsou uvedeny v následující tabulce.

Průměrné roční srážky v mm (50letý průměr)

Lokalita	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Průměr
Úvaly	32	24	37	48	65	75	84	69	55	39	34	35	597
Buda	34	28	43	52	63	82	82	77	51	43	37	41	633
Chocerady	36	30	42	54	56	76	90	79	53	44	40	42	642
Benešov	34	27	40	52	67	80	89	77	59	44	35	39	643
Mnichovice	35	30	41	57	65	76	93	75	57	43	37	41	650

Průměr z uvedených lokalit je za 25 let 645,6 mm, za 50 let 633 mm. Srážek přibývá od západu k východu (Říčany vykazují např. v období 1932–1947 pouze 608,9 mm) a od severu k jihu, což vcelku souhlasí s orografickými poměry.

Daleko méně údajů než o srážkách máme ve studované oblasti o teplotě. V Úvalech je udávána průměrná roční teplota 8,4° C, v Budách-Mukařově 7,3° C, v Černých Budách (u Sázavy) opět 7,7° C, v Říčanech 8,2° C, Langův faktor se proto pohybuje mezi 80–90. Jde proto bezesporu o oblast humidní, vykazující v suchých a teplých obdobích, kdy srážky klesají pod 600 mm a teplota stoupá nad 8° C, dokonce charakter semihumidní. Fytocenologové ji typují jako *Abieto-Fagetum*, v teplejších a sušších okrajích jako *Querceto-Fagetum*. Z pedologické typologie je známo, že v podobných oblastech převládají středoevropské hnědé lesní půdy a půdy slabě podzolované.

Porostní poměry jsou proti přirozeným význačně změněny. Kdysi se bezesporně jak vzhledem k vlastnostem žulové půdy, tak klimatu uplatňovala z jehličin jedle, mezi níž pronikal smrk a na sušších, méně příznivých lokalitách borovice ve směsi s různými listnáči, mezi nimiž se uplatnil ve vyšších polohách buk, v nižších dub. Jedle však dnes ustoupila zcela do pozadí a bude se jen těžko vzhledem k půdním poměrům vnucovat. Zavedení smíšených lesů jehličnato-listnatých je však možné a proveditelné. Dnes má rozhodující převahu smrk a borovice.

Podrobný popis půd

Při daných geomorfologických podmínkách lze očekávat výskyt různých půdních typů a subtypů, i když se jedná o týž matečný materiál. Již makroskopická prohlídka různých profilů na rovině, na svazích o různé sklonitosti a expozici, v úpatí svahů a v terénních zářezech stačila k určení různých morfologických a stratigrafických vlastností a další analýzy tento předpoklad jen potvrdily. Vcelku lze říci, že tu převládají lesní půdy různě podzolované od slabě vyluhovaných až po výrazné podzoly, které nabývají vzhledem k mechanické skladbě charakter půd podzolglejových. Nejvýraznější eluviální a iluviální horizonty byly však vždy zjištěny na rovinách a planinách, kde se jedná o půdy vzniklé *in situ*, zatím co na svazích šlo buď o typy hnědozemní nebo o půdy slabě až středně podzolované.

V úpatích svahů a v terénních zářezech byly zjištěny substráty do různé hloubky promývané, barvy, většinou šedobílé, hrubší mechanické skladby, a to většinou pod smrkovými porosty nebo v olšinách.

Není úkolem této práce ukázat, jaký vliv měly tyto geomorfologické podmínky na vznik různých typů a subtypů, ačkoliv se jedná o neméně zajímavý problém než u karlsštejnských rendzin. Chtěl bych pouze několika čísly dokumentovat, jakým způsobem se tu uplatnily při týchž makroreliefních, klimatických a petrografických poměrech různé lesní dřeviny, především borovice a smrk. Pokud se jedná o prvou dřevinu, lze sledovat určité význačnější rozdíly půdních vlastností pod porosty čistými a pod borovými porosty s bohatým podrostem dřevin listnatých, hlavně lípy, dubu, buku, habru, lísky a jiných keřů.

Z 83 půdních profilů, které jsou z území říčanské žuly k dispozici, bylo ovšem možno vybrat pouze několik typických příkladů mechanických, fyzikálních a chemických analýz, provedených v laboratoři našeho ústavu soudr. E. Kabeláčovou, které tímto vzdávám upřímný dík.

I. Lokality na rovinách pod nesmíšenými porosty borovými (profil č. 22, 24, 25)

Je samozřejmé, že jak vrstvy nadložního humusu, tak eluviálních a iluviálních horizontů dosahují různých hloubek, vcelku lze však říci, že organická pokrývka má tu 4–7 cm, A horizont se pohybuje v hloubce 4–20 až 30 cm, A/B mezi 20 (30) – 50 až 60 cm, B horizont začíná v hloubce (50) – 60 cm.

1. Morfologické a stratigrafické vlastnosti

- A₀ . . . 0–4 cm nadložní borový humus, pomístně promíšený zbytky mechů, borůvky, vřesu nebo některých trav (*Aira*, *Festuca*, *Deschampsia*), špatně zhumifikovaný, často vrstevnatý, více méně ostře oddělený od minerálního podloží.
- A . . . 4–20 (30) cm vybělený eluviální horizont světle šedý, za sucha téměř bílý, slabě žíhaný, někdy s tmavými broky, bez výrazné struktury.
- A/B . . . 20(30)–(50)60 cm šedobílý, ve spodní části slabě mramorovaný, protkaný hnízdy, pruhy a paprsky rezivě žlutými, vazký, za mokra mazlavý až plastický.
- B . . . (50)60–120 cm převážně rezivě hnědý, výrazně mramorovaný s šedomodrými hnízdy a pruhy. Zhutnělá, až stmelená, za sucha neobyčejně tvrdá zemina s vodotěsným uložením, ve spodní části s hrubší, méně zjílnatěnou příměsí.

Již podle těchto vlastností lze určit typ výrazného podzolu, v němž dochází vlivem pro vodu nepropustného iluviálního horizontu ve svrchní části k promývání, ve spodní k rychlému jílnatění a vzhledem k nedostatečnému obsahu vzduchu i jeho nemožné výměně k redukčním pochodům, charakteristickým pro půdy podzolglejové. Kořeny borovice dosahují dnes většinou hloubky 50–60 cm a již podle habitu korun ve starých porostech lze usuzovat na nedostatečný fyziologický prostor. Tak jako na ostatních žulových a rulových půdách dochází zde k značnému větvení méně tvárné borovice, při čemž je zjev zvlášť nápadný v porostech špatně probíraných. V mnohých profilech byly však zjištěny zbytky odumřelých kořenů v iluviálních horizontech, a to ještě v hloubce pod 120 cm.

Z tabulky je zřejmo, že jde v naprosté převaze — vzhledem k obsahu prvé a druhé frakce — o jílovito-písčitou až jílovitou zeminu s pískem (podle J. Kopecského), kterou bychom podle V. Nováka charakterizovali jako těžší hlínu, nebo při větším než 50 % obsahu jílnatých součástí jako zeminu jílovitou. Je to jemnější mechanická skladba než s jakou se setkáváme na ostatních půdách, vzniklých ze žul s menším obsahem živců — a tím i draslíku a sodíku — z různých granitů a granodioritů z jižní části středočeského masivu.

I. Mechanická skladba jemnozeme

Kategorie zrn	22				24				25			
	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
I.	36,82	45,50	50,64	55,58	42,06	47,56	53,18	51,10	39,70	42,16	46,38	48,12
II.	12,04	8,60	7,10	3,32	10,34	5,80	5,94	5,74	12,32	5,80	5,76	4,24
III.	4,28	4,26	4,60	2,62	4,52	3,88	4,16	4,42	3,66	3,90	4,82	4,60
IV.	46,86	41,64	37,66	38,48	43,08	42,76	36,72	38,74	44,32	48,14	43,04	43,04

Průměrná čísla

Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
I.	39,53	45,07	50,07	51,60	49,77
II.	11,57	6,73	6,27	4,43	5,63
III.	4,15	4,01	4,53	3,88	3,87
IV.	44,75	44,19	39,13	40,09	40,73

Zvětrávací proces proběhl tu téměř ke konečným produktům, k tvorbě jílů, a je proto jak vznik glejových horizontů, tak redukčních pochodů lehce vysvětlitelný. Při podrobnější prohlídce vidíme, že obsah jílnatých substancí s přibývajícím hloubkou dosti rychle stoupá, takže rozdíl mezi A₀ a B horizontem dosahuje v průměru 12,07 %, zatím co prachových součástí v témže směru ubývá. To jsou poměry nejen po fyzikální stránce půdy, ale zvláště s ohledem na biologické požadavky hlubokokořenících dřevin velmi nevýhodné. O výrazné degradaci nelze tu proto pochybovat.

II. Tabulka fyzikálních vlastností půdy

Profil hloubka	22				24				25			
	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
m. vlhkost	10,65	23,44	27,39	31,15	17,00	24,56	30,17	30,42	20,86	26,52	27,30	27,85
m. vzduš- nost	75,50	16,90	10,66	2,64	61,50	16,93	3,86	3,08	46,63	17,33	11,50	5,43
abs. kapa- cita vodní	23,80	31,82	33,15	32,42	31,75	32,73	35,73	32,71	37,39	30,99	34,74	33,06
vzdušná kap.	63,35	8,52	4,90	1,37	46,75	8,76	-1,70	0,79	30,10	12,86	4,06	0,22
pórovitost	86,15	40,34	38,05	33,79	78,50	41,49	34,03	33,50	67,49	43,85	38,80	33,28

Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
momentní vlhkost	16,17	24,84	28,29	29,81	28,11
momentní vzdušnost	61,21	17,05	8,67	3,71	9,48
absolutní kapacita vodní	30,98	31,85	34,54	32,73	32,82
absolutní kapacita vzdušná	46,40	10,04	2,42	0,79	4,77
pórovitost	77,38	41,89	36,96	33,52	37,59

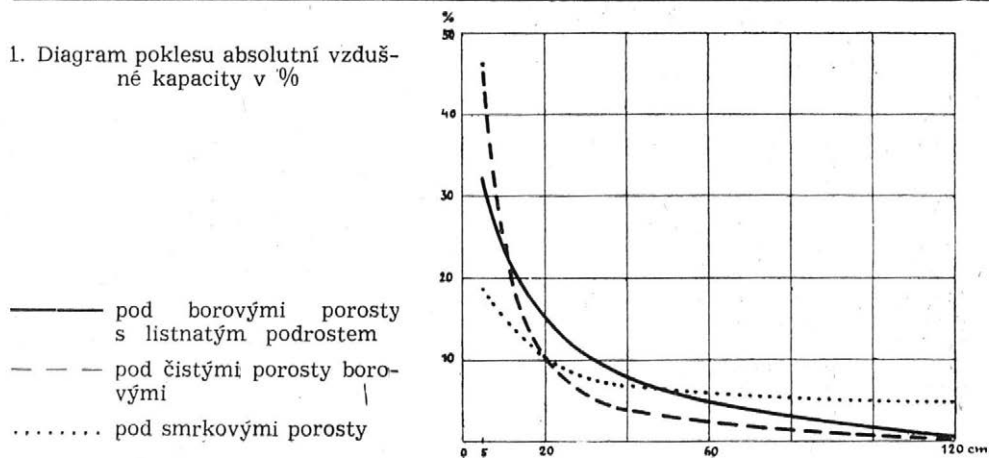
Aniž bychom se podrobněji zabývali vlhkostí a vzdušností půdy při odebrání vzorků, můžeme z uvedených dat učinit tento závěr:

Je bezesporné, že vrchní, organická vrstva ať již té či oné humusové formy je velmi pórovitá, neboť celkový obsah pórů kolísá mezi 67,5–84,2 %, při čemž zde převládají póry nekapilární. Již v minerálním podloží však velmi rychle klesá v průměru o 35,5 % a současně se mění poměr pórů nekapilárních a kapilárních, které nabývají v hloubce 5–20 cm naprosté převahy. Absolutní vzdušná kapacita klesá v A/B horizontu pod hranici přípustného minima 5 %, prakticky jsou při minimální pórovitosti všechny póry zaplněny vodou. Kořeny dřevin tu nemohou dýchat, a když sem proniknou, brzy odumírají. Konečně — mechanická skladba, zvláště stoupající podíl jílnatých a klesající podíl prachových součástí se vzrůstající hloubkou nám stačí k vysvětlení, proč momentní vlhkosti a absolutní vodní kapacity v témž směru přibývá, momentní vzdušnosti a vzdušné kapacity ubývá. Je to typický obraz fyziky disperzně jemných půd typu výrazného podzolu a podzolgolejového.

III. Acidita a přístupné živiny v mg/kg

Profil č.	22				24				25			
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
a. aktivní	4,06	4,36	4,50	5,60	4,38	4,52	4,86	5,08	4,22	4,36	4,56	4,82
a. výměnná	3,58	4,02	3,82	4,74	3,76	4,08	4,31	4,62	3,78	3,78	4,00	4,60
CaO	338	231	628	960	446	309	746	832	374	426	942	1030
MgO	236	156	295	384	272	245	418	426	308	230	386	338
K ₂ O	117	87	62	112	197	112	204	183	145	92	178	164
P ₂ O ₅	176	94	144	108	154	106	141	126	136	108	201	194
R ₂ O ₃	798	946	1480	2032	849	606	968	1632	1020	742	1960	2420

1. Diagram poklesu absolutní vzdušné kapacity v %



Data o aktivní a výměnné aciditě ukazují, že se jedná o půdy kyselé povahy, i když bychom mohli o extrémě mluvit jen ve vrchní organické vrstvě, což je v borovém humusu vysvětlitelné. Acidita tu však nedosahuje oněch hodnot, které byly zjištěny na degradovaných půdách písčitých v oblasti kvádrových pískovců, poněvadž — zvláště ve starších prosvětlených porostech — působí opačným směrem zbytky různých trav.

Vcelku bychom nemohli říci, že obsah hlavních minerálních dřevinám přístupných živin je nedostatečný. Platilo by to nejvýš o eluviálním horizontu, v němž obsah vápna klesá v průměru na 322 mg/kg, drasla na 97 mg/kg a kyseliny fosforečné na 103 mg/kg. V A/B i v iluviálních horizontech jak obsah rostlinám přístupných bází, tak kyseliny fosforečné velmi rychle stoupá, takže by toto množství stačilo i náročnějším dřevinám listnatým. Hlavní ovšem je, že dřeviny nemohou při mělkém zakořenění těchto živin dostatečně využít. Že tu degradace dosáhla vysokého stupně, ukazuje rozložení živin v jednotlivých horizontech. Při tom je zvláště nápadné velmi pomalé uvolňování draslíku, jehož celkové zásoby jsou v říčanské žule velmi značné, takže několikrát převyšují obsah vápna a hořčíku. Podzolení se biologicky projevuje daleko nepříznivěji po stránce fyzikální než chemické, i když rozložení živin není příznivé.

5. Zeolitický podíl

Rozložení bází, sesquioxydů i aniontů a jejich vzájemné poměry v různých horizontech typují jednoznačně půdu jako výrazný podzol v iluviálním horizontu oglejený. Jejich minimální obsah v hloubce 5–20 (30) cm nasvědčuje zřejmě tomu, že se jedná o vyloužený, ochuzený horizont eluviální, v němž obsah zeolitického vápna, hořčíku a sesquioxydů klesá téměř na jednu třetinu množství, zjištěného v horizontech iluviálních, který je těmito substancemi zřejmě obohacen. Podobného stupně degradace bychom ve středních Čechách a ještě k tomu na žule mimo lesní půdy nezjistili, a není také z literatury známa. Je ji proto nutno přičíst výhradně vlivu lesních porostů, především borových (eventuálně i smrkových), jak jsme také zjistili na jiných petrografických útvarech v okolí Dobříše.

IV. Výluh 20 % kyselinou solnou v procentech

Profil	22				24				25			
Hloubka	0–5	5–20	20–60	60–120	0–5	5–20	20–60	60–120	0–5	5–20	20–60	60–120
CaO	0,324	0,218	0,483	0,604	0,214	0,186	0,329	0,706	0,176	0,124	0,531	0,726
MgO	0,740	0,390	1,240	1,038	0,948	0,426	1,207	0,973	0,542	0,286	0,734	0,689
K ₂ O	0,475	0,480	0,824	0,975	0,322	0,320	0,746	0,715	0,490	0,480	0,948	1,065
Al ₂ O ₃	1,349	1,070	3,460	3,822	1,894	1,204	2,480	3,057	0,796	0,978	1,475	2,849
Fe ₂ O ₃	0,938	0,729	2,765	3,048	1,528	0,648	3,224	3,718	1,000	1,242	2,803	3,424
Mn ₂ O ₃	0,242	0,194	0,412	0,341	0,156	0,108	0,216	0,194	0,184	0,224	0,318	0,245
R ₂ O ₃	2,529	1,993	6,637	7,211	3,578	1,960	5,920	6,969	1,980	2,444	4,596	6,518
SiO ₂	0,214	0,136	0,245	0,251	0,214	0,196	0,178	0,256	0,176	0,142	0,230	0,217
SO ₃	0,156	0,094	0,108	0,076	0,128	0,130	0,086	0,072	0,179	0,106	0,132	0,093
P ₂ O ₅	0,269	0,238	0,306	0,284	0,284	0,240	0,284	0,270	0,306	0,280	0,284	0,212

II. Lokality na rovinách pod borovými porosty s podrostem listnatých dřevin

1. Morfologické a stratigrafické vlastnosti

- A₀ . . . 0—4(7) cm borový humus bohatě promíšený s listovým opadem, který se však špatně rozkládá, takže tvoří vrstevnatou až plástvovitou pokrývku, ve spodní části prorostlou plísními. Pomístně — zvláště tam, kde byly nalezeny zbytky trav — je humifikace rychlejší, takže se tvoří černošedý mor.
- A . . . 4(7)—20(25) cm v některých profilech vybělený, v jiných světle žlutý eluviální horizont vazké, kořeny bohatě prorostlé zeminy, za sucha tuhé, dosti ostře oddělené od další spodiny.
- A/B event. B₁ 20(25)—60(80) cm vrstva silně mramorovaná se špinavě modrošedými hnízdy, pruhy a paprsky s rezivě červenými ořechy, s okrově žlutohnědými vložkami ještě prorostlá kořeny.
- B event. B₂ 60(80)—120 cm typický iluviální horizont, opět mramorovaný převážně rezivě žlutý až okrově hnědý. Vazká, mazlavá až plastická zemina za sucha velmi tuhá, lasturnatého lozu. Starší odumřelé kořínky o průměru 1—2 cm byly zjištěny ještě v hloubce 100—130 cm.

Podle morfologických a stratigrafických vlastností se jedná opět o výrazný podzol. Do jaké míry došlo k modifikaci fyzikálních a chemických vlastností ukáží výsledky dalších analýz.

2. Disperzní skladba jemnozeme

Z porovnání s tabulkou I je zřejmé, že se jedná o týž druh převážně jílovito-písčité zeminy, resp. podle V. Nováka těžší hlíny — pouze s málo menším množstvím jílnatých součástí jak v eluviálním, tak zvláště v iluviálních horizontech (—4,33 %, resp. 3,27 %, v průměru —3,80 %). Rozdíly v jednotlivých vrstvách nejsou tak nápadné jako pod čistými porosty borovými. V relativních číslech dostáváme

v prvním případě	100	114	126,7	130,5,	tj. rozdíl	14,0	26,7	30,5
ve druhém	108,3	108,4	115,7	122,3,	tj. rozdíl	0,1	7,4	14,0

Můžeme proto tyto poměry označit za příznivější. Také rozdělení prachových součástí je lepší a neklesá tak jako v prvním případě se vzrůstající hloubkou. Pokud jsou tyto změny ovlivněny působením bohatého listnatého podrostu nelze bez exaktního pokusu zhodnotit, bezesporne však je, že se alespoň určitým podílem na této melioraci uplatňují, a to jak vlivem tvořícího se humusu, tak kořán, které je daleko bohatší a sahá do větších hloubek než pod čistými porosty borovými.

V. Mechanická skladba jemnozeme

Kategorie	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
I.	45,62	47,30	48,12	48,62	41,36	37,78	38,62	47,18	41,50	43,50	50,48	49,18
II.	2,38	2,44	2,62	1,80	12,18	14,92	14,06	13,98	2,16	1,64	1,64	1,94
III.	4,56	7,92	6,64	7,02	6,24	5,88	4,62	4,58	4,24	5,46	6,58	6,54
IV.	47,44	42,34	42,62	42,56	40,22	41,42	42,70	34,26	52,10	49,40	41,30	42,34

Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
I.	42,83	42,86	45,74	48,33	46,55
II.	5,37	6,33	6,11	5,91	6,02
III.	5,01	6,42	5,95	6,04	6,02
IV.	46,59	44,39	42,40	39,72	41,41

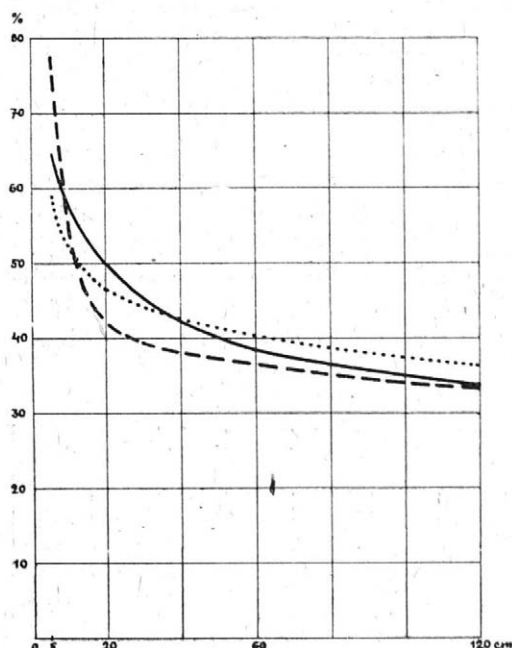
3. Fyzikální vlastnosti

Aniž bychom opět analyzovali všechna zjištěná data, můžeme konstatovat, že tu jsou některé nápadné rozdíly jak v jednotlivých profilech, tak ve srovnání s. profily pod čistými borovými porosty. Pozorujeme-li však pouze průměrná čísla (jimiž rozdíly vyrovnáváme), pak docházíme k závěru, že tu jsou fyzikální poměry vyrovnanější. Tak např. pórovitost, která se vcelku nijak podstatně neliší (37,59 a 38,70 %), je sice v iluviálních horizontech přibližně táž (33,52 a 33,72 %), přece však lze typovat ve vrchní vrstvě organického charakteru jako menší, v A a v A/B horizontu jako větší než pod čistými porosty borovými. V relativních číslech dostáváme tento obraz:

100	54,1	47,8	43,3	rozdíly	-45,9	-52,2	-56,7
83,5	63,9	50,3	43,6	rozdíly	-19,6	-33,2	-39,9

Je proto celkový obsah pórů v těchto profilech vyrovnanější, což platí o pórech nekapilárních, typovaných absolutní vzdušnou kapacitou. Ačkoliv je maximální kapilární kapacita (absolutní) ve všech horizontech spíše nepatrně vyšší než v profilech pod čistými porosty borovými, je množství nekapilárních pórů v minerálním podloží do hloubky 60 cm od povrchu rozhodně vyšší, při čemž je jejich rozdělení rovnoměrnější. Vzhledem k tomu, že v těchto disperzně jemných

2. Diagram poklesu pórovitosti v %



- pod borovými porosty s listnatým podrostem
- - - pod čistými porosty borovými
- pod smrkovými porosty

půdách je absolutní vzdušná kapacita činitelem velmi důležitým — ne-li rozhodujícím — možno daný stav označit jako melioraci ve smyslu fyzikálním. Nejlépe nám to opět dokumentují relativní čísla:

pod nesmíšenými porosty

100 21,6 5,2 1,7 rozdíly —78,4 —94,8 —98,3

pod porosty s podrosty

69,1 33,8 10,1 1,3 rozdíly —35,3 —59,0 —67,8

VI. Fyzikální vlastnosti půdy v procentech

Profil č.	4				5				7			
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
m. vlhkost	16,33	13,38	21,45	26,13	21,33	12,41	19,95	20,71	15,04	28,20	27,97	36,09
m. vzdušnost	47,76	37,38	16,66	4,61	49,37	43,82	21,33	12,16	43,97	13,07	9,34	1,48
absol. kap. vodní	26,68	32,28	32,78	30,47	39,61	34,56	31,79	32,06	29,86	34,38	38,06	36,81
a. k. vzdušná	37,41	18,48	5,33	0,27	31,09	21,67	9,49	0,81	29,15	6,89	-0,75	0,76
pórovitost	64,09	50,76	38,11	30,74	70,70	56,23	41,28	32,87	59,01	41,27	37,31	37,57

Průměrná čísla

Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
mom. vlhkost	17,57	18,00	23,12	27,64	24,51
mom. vzdušnost	47,03	31,42	15,78	6,08	14,19
absol. kapacita vodní	32,55	33,74	34,21	33,11	33,53
absol. kapacita vzdušná	32,05	15,68	4,69	0,61	5,17
pórovitost	64,60	49,42	38,90	33,72	38,70

S výjimkou profilu č. 7 mohou kořeny nejen do uvedené hloubky pronikat, nýbrž i dýchat zvláště v případech, kdy je momentní vlhkost menší než absolutní vodní kapacita, což je ve vegetační periodě případ velmi častý. Neméně zajímavý je fakt, že tato momentní vlhkost půdy je v porostech s bohatými listnatým podrostem menší než pod čistými porosty borovými, což celkem souhlasí pro daný porostní typ s výsledky uváděnými G. F. Morozovem i s našimi. Ačkoliv tedy jde o týž půdní typ a nepatrně odlišnou mechanickou skladbu téhož druhu, lze celou dynamiku půdy označit za příznivější a modifikovanou listnatým podrostem.

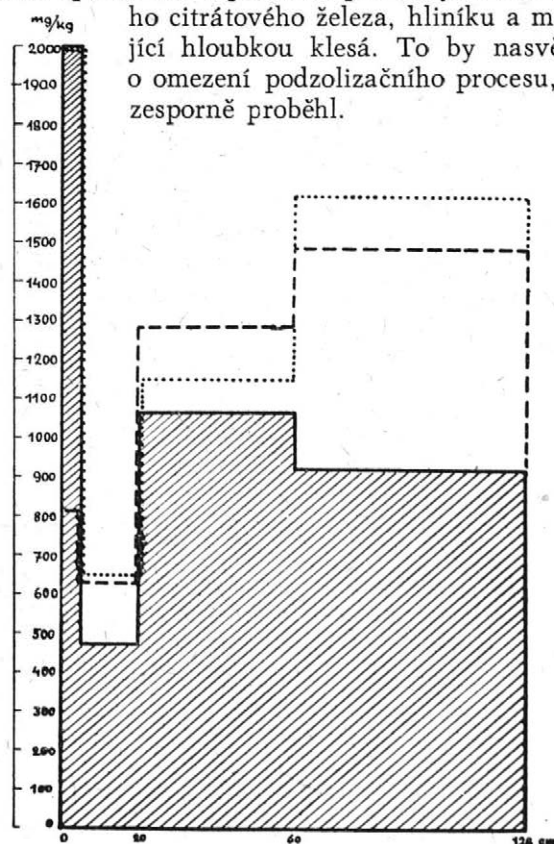
VII. Acidita a přístupné živiny v mg/kg

Profil	4				5				7			
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
a. aktivní	4,82	4,34	4,53	5,74	4,60	4,19	4,30	5,04	4,44	4,86	4,80	5,60
výměnná	4,12	3,96	3,97	4,66	4,28	3,82	4,04	4,98	3,90	3,90	3,94	5,32
CaO	1392	275	958	925	1673	125	206	376	633	294	868	476
MgO	950	235	280	310	520	126	346	262	487	188	329	218
K ₂ O	178	68	108	83	88	58	55	68	84	50	61	55
P ₂ O ₅	165	120	95	213	302	105	129	106	349	301	100	175
R ₂ O ₃	1600	1850	776	475	691	1550	1437	734	2337	1063	619	1200

Půda je bezesporně kyselé povahy, organická vrstva nadložního humusu je však vlivem listnaté příměsi méně kyselé než pod čistými porosty borovými. Rozdíl je ovšem malý a dosahuje u aktivní acidity 0,40 *pH*, u výměnné 0,39 *pH*. Vrstvy A, A/B, resp. B₁ nevykazují podstatnějších rozdílů nebo je kyselost nepatrně vyšší — o málo nižší je naopak v horizontech iluviálních. Nejnapadnější jsou ovšem rozdíly ve vrstvě humusové.

Jestliže se podíváme na množství dřevinám přístupného vápna, hořčíku a drasla v celých profilech bez ohledu na horizonty, je v půdách pod borovými porosty s listnatým podrostem dokonce menší než pod porosty čistými, a to u CaO o 182,1 mg/kg, u MgO o 80,1 mg/kg, u K₂O o 78,2 mg/kg, jen obsah kyseliny fosforečné je asi o 6,7 mg/kg větší. Veliký rozdíl je však v rozložení živin v jednotlivých horizontech, především ve vrstvě nadložního humusu a pak v horizontech iluviálních. Tak např. obsah dřevinám přístupného vápna je ve vrstvě 0–5 cm o 847 mg/kg, hořčíku o 380 mg/kg, kyseliny fosforečné o 117 mg/kg větší, jen drasla je o 36 mg/kg méně. To je jistě obohacení živinami, které nemůžeme podceňovat. V minerální části, a to jak v horizontech eluviálních, tak iluviálních, nelze však obohacení pozorovat, jsou spíše na živiny chudší.

Zjištěný stav znamená, že listnatý podrost spotřeboval značné množství živin — zvláště drasla, jehož obsah klesá pod hranici přípustného minima — jednak pro tvorbu dřeva, hlavně však pro tvorbu asimilačních orgánů, po jejichž opadu se jich většina půdě vrací, aniž by dosud mohly proniknout do větší hloubky. Zcela opačné než v profilech pod čistými borovými porosty je rozložení rozpustného citrátového železa, hliníku a manganu, jejichž množství s přibývajícím hloubkou klesá. To by nasvědčovalo o zastavení nebo alespoň o omezení podzolizačního procesu, který před založením podrostů bezesporně proběhl.



3. Diagram pohybu dřevinám přístupných bází CaO + MgO a K₂O v mg/kg)

- pod borovými porosty s listnatým podrostem
- - - pod čistými porosty borovými
- pod smrkovými porosty

5. Zeolitický podíl

Tuto skutečnost nejlépe dokumentuje rozložení jak bází, tak sesquioxydů a aniontů rozpustných ve 20 % horké kyselině solné, které bezpečně prokazuje výrazné podzolení, při čemž byly eluviální horizonty výrazně ochuzeny, kdežto iluviální obohaceny. Rozložení je však rozhodně příznivější než pod nesmíšenými porosty borovými. Tak např. obsah zeolitického vápna — jehož je v průměru ve studovaných profilech č. 4—7 o 0,052 % méně než v profilech 22—25 — je v horizontu A₀ a A₁ zřetelně vyšší (+0,052 a 0,014 %), v iluviálních nižší (−0,113 a 0,036 %). Ještě nápadnější je rozdělení hořčíku. V A₀ je jeho obsah vyšší o 0,065 %, v A₀ o 0,374 %, v A/B a v B o 0,120 % (1084 a 0,964 %). Při tom je také vyšší zásoba zeolitického drasla celkem o 0,192 % (1002 a 810 %). Příznivější rozložení můžeme sledovat dokonce i u kyseliny fosforečné, jejíž množství s přibývajícím hloubkou spíše klesá.

Neméně nápadné je rozložení sesquioxydů. Iluviální horizonty jsou jimi v obou případech význačně obohaceny, rozdíly v jednotlivých horizontech profilů pod borovými porosty s podrostem nejsou však tak nápadné jako pod čistými, jak ukazuje přehled podle relativních čísel.

pod čistými porosty

100 77,9 210,7 252,3 rozdíl −22,1 +110,7 +152,3

pod porosty s podrostem

142,7 146,6 224,2 213,6 rozdíl + 3,9 + 81,5 + 70,9

VIII. Výluh 20 % kyselinou solnou

Profil	4				5				7			
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
CaO	0,520	0,210	0,285	0,850	0,190	0,180	0,170	0,360	0,160	0,180	0,450	0,720
MgO	1,386	1,064	1,288	1,437	0,571	0,637	0,601	1,010	0,467	0,521	1,053	1,013
K ₂ O	0,420	0,600	1,189	1,528	0,520	0,560	0,560	1,000	0,490	0,480	0,640	1,360
Al ₂ O ₃	0,755	1,360	1,570	1,501	2,540	0,805	2,360	3,448	1,364	1,876	4,955	3,803
Fe ₂ O ₃	1,207	1,270	2,608	1,763	2,743	2,962	2,743	2,602	1,943	2,794	3,040	2,999
Mn ₂ O ₃	0,368	0,380	0,227	0,726	0,397	0,293	0,377	0,210	0,233	0,210	0,245	0,220
R ₂ O ₃	2,320	2,910	4,405	3,990	5,680	4,060	5,480	6,260	3,540	4,880	8,240	7,022
SiO ₂	0,144	0,158	0,231	0,367	0,156	0,100	0,117	0,190	0,146	0,172	0,230	0,158
SO ₃	0,164	0,174	0,107	0,068	0,051	0,054	0,037	0,041	0,171	0,126	0,137	0,133
P ₂ O ₅	0,357	0,280	0,222	0,324	0,397	0,293	0,277	0,210	0,233	0,218	0,245	0,220

Lze proto jak po fyzikální, tak po biochemické a chemické stránce označit poměry pod borovými porosty s listnatým podrostem za příznivější. Ať už se jedná o zmírnění podzolizačního procesu nebo o přímý meliorační vliv listnáčů, který se projevil za týchž poměrů geomorfologických, klimatických a petrografických, lze označit tento způsob biologické redegredace za důležitou zbraň lesníka, který je povinen na podobných disperzně jemných půdách v zájmu lesa tohoto způsobu použít. Je samozřejmé, že tam, kde působí v témž směru reliéf (např. na svazích), je jejich vliv po všech stránkách ještě patrnější, takže se tu pak setkáváme s porosty nejlepších bonit, nejméně dvou- až trojetážovými, kde o sebemenší degradaci půdy nelze mluvit.

III. Lokalita na rovinách se smrkovými porosty

K doplnění obrazu o stavu půdy v oblasti říčenské žuly uvádím ještě několik profilů pod smrkovými porosty, o jejichž původnosti v nedalekém okolí Černokosteleckých lesů psal v roce 1955 s. J. Pokorný, považuje jejich výskyt za součást souvislého areálu smrku probíhajícího z jižních Čech a Českomoravské vysočiny přes Posázaví až na okraj Polabské nížiny.

1. Morfologické a stratigrafické vlastnosti

- A₀ . . . 0–4(6) cm smrkový humus, většinou polohumifikovaná černohnědá drť se slabší vrstvou černošedého moru, v některých profilech promíšený se zbytky mechů.
- A . . . 4(6)–20(25) cm světle žlutá až žlutošedá, místy až šedobílá zemina s typickým žíháním, bohatě prorostlá kořeny smrku.
- A/B, event. B₁20(25)–(50)60 cm tmavě šedožlutá, místy slabě mramorovaná, vazká, za mokra téměř plastická zemina lasturnatého slohu, protkaná šedomodkými pruhy a paprsky, řídce prorostlá kořeny.
- B (50)60–120 cm tmavě okrově žlutá, mramorovaná, s menším množstvím šedomodkých pruhů a paprsků téhož slohu jako v A/B, s odumřelými zbytky sacích kořinek (listnatých dřevin).

V některých profilech, zvláště na svazích, mizí mramorování a převládá pak v iluviálních horizontech barva stejnoměrně okrově žlutá až nahnědlá. Setkáme se tu jak se slabě, tak středně podzolovanými půdami i s výraznými podzoly, ovšem v mnohem menším měřítku než pod porosty borovými.

2. Disperzní skladba

Jak je zřejmo z tabulky a z množství jílnatých součástí, jde opět o jílovito-písčité zeminy (podle V. Nováka těžší hlíny), v některých vrstvách proložené disperzně ještě jemnější jílovitou zeminou s pískem. Vzhledem k vysokému obsahu živců a stupni jejich zvětrání nikde tato skladba nepřekvapuje. Zajímavé je, že zrn první kategorie přibývá pouze do hloubky 60–70 cm, zatím co vrstvy iluviálních horizontů jsou mechanicky o málo hrubší, takže proces jílnatění nepostoupil v takové míře jako v předcházejících případech.

IX. Mechanické vlastnosti jemnozeme

Profil č.	32				3				8			
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
I.	42,30	45,16	57,88	46,40	43,70	46,36	47,30	43,72	42,18	44,76	48,00	45,54
II.	9,48	10,26	3,18	7,28	4,12	2,76	1,96	1,20	3,26	2,46	1,62	1,34
III.	3,96	4,18	4,12	5,06	3,92	4,12	6,90	8,24	4,84	5,72	4,64	4,38
IV.	44,26	40,40	34,82	41,26	48,26	46,76	43,84	46,84	49,72	47,06	45,74	48,74

Průměrná čísla

Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
I.	42,73	45,43	51,06	45,22	47,09
II.	5,62	5,16	2,25	3,27	3,26
III.	4,24	4,67	5,22	5,89	5,45
IV.	47,41	44,74	41,47	45,62	44,20

Poměrně málo je tu prachových substancí, jejichž množství většinou s přibývajícím hloubkou ještě klesá. V disperzní skladbě se proto půda podobá do hloubky 60 cm spíše oné, zjištěné pod čistými porosty borovými (průměry 48,96 % a 47,94 %).

3. Fyzikální vlastnosti půdy

X.

Profil č.	32				3				8			
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
m. vlhkost	24,01	27,86	27,33	30,51	22,62	21,79	23,89	24,19	23,23	22,21	21,77	25,87
m. vzdušnost	39,17	16,26	15,38	6,78	29,12	24,94	14,24	12,71	39,98	26,88	18,59	10,11
absol. kapacita vodní	40,86	37,05	38,47	33,13	40,50	35,30	31,85	32,84	44,03	35,53	32,44	29,49
absol. kapacita vzdušná	22,32	7,07	4,24	4,16	11,24	11,43	6,28	4,06	19,18	13,56	7,92	6,49
pórovitost	63,18	44,12	42,71	37,29	51,74	46,73	38,13	36,90	63,21	49,09	40,36	35,98

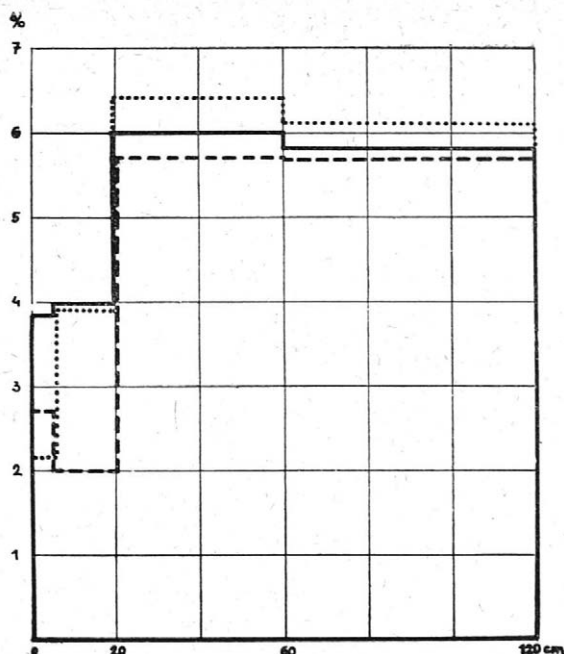
Průměrná čísla

Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
momentní vlhkost	23,29	23,95	24,33	26,86	25,50
momentní vzdušnost	36,09	22,70	16,07	9,86	14,63
absol. kap. vodní	41,80	35,96	34,25	31,82	33,53
absol. kap. vzdušná	17,58	10,69	6,15	4,90	6,60
pórovitost	59,38	46,65	40,40	36,72	40,13

Fyzikální vlastnosti jsou v mnohém směru podobné oněm, které byly zjištěny v borových porostech s listnatými podrosty, vcelku je však možno typovat jako ještě lepší. Především se jedná o pórovitost; ta je sice v A₀ a v A horizontu nižší než na předchozích lokalitách, v A/B a v B vrstvách je však vyšší. Vzhledem k mocnosti vrstev je pak větší než pod borovými porosty, ať již čistými nebo smíšenými. Hlavní je ovšem opět rozložení v jednotlivých horizontech, které je stejnoměrnější, jak ukazují tato relativní čísla:

pod borovými porosty	100	54,1	47,8	43,3	rozdíl	-45,9	-52,2	-56,7
pod borovými s podrosty	83,5	63,9	50,3	43,6	rozdíl	-19,6	-33,2	-39,9
pod smrkovými porosty	76,7	60,3	52,2	47,5	rozdíl	-16,4	-24,5	-29,0

Absolutní kapacita vodní je jak v humusové vrstvě, tak v A horizontu vyšší než pod borovými porosty, takže kapacita vzdušná je o něco nižší. V průměru celých profilů se však první přibližně vyrovnává na 33,53 %, což při daných diferencích znamená, že obsah nekapilárních pórů je v A/B a v B horizontech větší než pod borovými porosty čistými i smíšenými. To opět ukazuje na přízni-



4. Diagram pohybu zeolitickýchází
CaO + MgO + K₂O v %)

— pod borovými porosty
s listnatým podrostem
- - - pod čistými porosty borovými
..... pod smrkovými porosty

vější rozdělení pórů, takže kořeny dřevin mohou lépe pronikat do větších hloubek. Relativní porovnání dává tento obraz:

pod borovými porosty	100	21,6	5,2	1,7	rozdíly	-78,4	-94,8	-98,3
pod borovými porosty	69,1	33,8	10,1	1,3	rozdíly	-35,3	-59,0	-67,8
pod smrkovými porosty	37,9	23,0	13,3	10,6	rozdíly	-14,9	-24,6	-27,3

Bezesporně lze tyto poměry označit ze všech zjištěných dat za nejpříznivější. S přibývajícím hloubkou ubývá tentokrát nejen pórovitosti a vzdušné, nýbrž i vodní kapacity. Pokud jde o momentní stav — který je častější než nasycení na maximální kapilární kapacitu — můžeme říci, že je tu dobře postaráno jak o vodu, tak vzduch a jeho možnou výměnu.

4. Biochemické vlastnosti půdy

Ačkoliv je půda v celých profilech kyselé povahy jako v předcházejících případech, při čemž jí ubývá s hloubkou — jsou přece poměry opět příznivější než v půdě pod porosty borovými, i když byly podsazeny dřevinami listnatými, které nestačily rozdíly regradací vyrovnat. Jak aktivní, tak výměnná kapacita jsou nižší (pH vyšší), což platí zvláště o A a A/B horizontech. Také obsah dřevinám přístupného vápna, hořčíku a kyseliny fosforečné je nejen větší, ale i jejich roz-

XI. Acidita a přístupné živiny v mg/kg

Profil												
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
aktivní acidita	4,78	4,78	5,00	5,66	4,84	4,94	4,56	5,62	4,44	4,56	4,84	4,90
výměnná	4,22	4,36	4,56	4,82	4,58	4,46	4,16	4,76	3,76	3,92	4,04	4,28
CaO	914	476	550	1295	2092	363	1060	1560	1378	100	631	619
MgO	329	276	259	406	522	287	456	427	355	96	214	285
K ₂ O	197	107	82	112	120	68	131	73	68	40	60	55
P ₂ O ₅	231	139	161	172	460	112	119	206	449	232	219	171
R ₂ O ₃	956	1000	1306	1214	2233	1600	786	787	1844	1887	888	1300

ložení mezi eluviálními a iluviálními horizonty příznivější. Neobyčejně nízký je obsah v 1 % kyselině citronové rozpustného drasla, klesající až na 85 mg/kg.

Jestliže porovnáme průměrný obsah dřevinám přístupných bází a sesquioxidy na všech devíti lokalitách, dostaneme tento obraz:

Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
CaO+MgO+K ₂ O					
v borech	811	629	1288	1484	1284
v borech s podrosty	2002	473	1070	922	944
ve smrčínách	1991	605	1148	1611	1347
Sesquioxidy					
v borech	889	765	1469	2028	1636
v borech s podrosty	1542	1488	944	803	967
ve smrčínách	1678	1496	993	1100	1138

Nejpodstatnější změny byly zjištěny v rozložení dřevinám přístupného vápna. Podle relativních čísel dostáváme tento obraz:

v borech	100	83,4	200	243,8	rozdíly	- 16,6	+100,0	+143,8
v borech s podrosty	319,4	59,9	175,4	153,4	rozdíly	-259,5	-144,0	-166,0
ve smrčínách	378,5	81,1	193,5	300,0	rozdíly	-297,4	-182,0	- 78,5

O jeho vyluhování nemůže být sporu stejně jako u hořčíku a draslíku. Bezesporné však je, že půdní profily pod smrkovými porosty jsou celkově na vápno a na ostatní báze nejbohatší. Také obsah dřevinám přístupné kyseliny fosforečné lze označit za nejprůzračnější. Degradace nedosáhla nikde takového stadia, jako pod nesmíšenými porosty borovými.

5. Zeolitický podíl

Zeolitický podíl bází a sesquioxidy a jejich rozložení v jednotlivých horizontech profilů jasně naznačuje, že se jedná o podzoly s ochuzenými eluviálními a obohacenými iluviálními horizonty. Zpravidla tu však schází glejový charakter spodin. Vcelku jsou profily pod smrkovými porosty bohatší vápnem, což je zvláště nápadné nejen v A₀, nýbrž i v A a v A/B vrstvách. Obsah hořčíku a draslíku je spíše nižší, zvláště ve vrstvách A₀ a A.

XII. Vyluh 20 % kyselinou solnou v procentech

Profil č.	32				3				8			
Hloubka	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120	0-5	5-20	20-60	60-120
CaO	0,900	0,280	0,690	0,630	0,540	0,380	0,880	0,720	0,660	0,240	0,580	0,500
MgO	0,847	0,351	1,021	0,818	0,636	0,224	1,080	1,243	0,535	0,224	0,662	0,730
K ₂ O	0,480	0,480	0,620	0,640	0,320	0,320	0,760	1,144	0,320	0,384	0,760	0,840
Al ₂ O ₃	0,811	1,871	3,114	2,225	0,575	1,902	3,380	4,130	0,667	1,980	3,901	3,901
Fe ₂ O ₃	1,152	1,824	2,716	1,984	1,480	1,272	2,484	2,770	0,892	2,393	2,960	2,960
Mn ₂ O ₃	0,297	0,253	0,207	0,165	0,265	0,266	0,176	0,140	0,581	0,187	0,159	0,139
R ₂ O ₃	2,260	3,948	6,037	4,374	2,220	3,440	6,040	7,040	2,040	4,460	7,020	7,000
SiO ₂	0,206	0,188	0,257	0,200	0,256	0,194	0,195	0,177	0,456	0,282	0,442	0,228
SO ₃	0,366	0,240	0,154	0,130	0,301	0,140	0,102	0,085	0,294	0,240	0,198	0,174
P ₂ O ₅	0,297	0,255	0,150	0,251	0,265	0,266	0,288	0,239	0,381	0,137	0,159	0,169

Pohyb sesquioxydů od povrchu do hloubky je nápadný stejně jako v předešlých profilech. Celkový přehled o množství a rozložení jednotlivých substancí nám dá tento obraz:

Báze	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
v borech	1,410	0,920	2,347	2,211	2,211
v borech s podrosty	1,575	1,478	2,112	3,092	2,501
ve smrčinách	1,796	1,961	2,351	2,422	2,187

Mohli bychom proto typovat poměryází pod borovými porosty s listnatými porosty za nejpriznivější, neboť celkový jejich obsah je největší, kdežto pod smrkovými porosty se spíše podobají stavuází pod borovými porosty nesmíšenými.

Sesquioxidy	0-5	5-20	20-60	60-120	0-120
v borech	2,695	2,099	5,687	5,721	5,721
v borech s podrosty	3,847	3,950	6,042	5,757	5,547
ve smrčinách	2,173	3,949	6,366	6,138	5,775

Souhrn

V práci bylo dokázáno, že jednotlivé dřeviny a porosty různé druhové skladby za týchž poměrů petrografických, klimatických a terénních významně modifikují jak fyzikální, tak biochemické a chemické vlastnosti lesních půd, vytvořivších se z říčanské žuly. Nejvíce přispěly k degradaci čisté porosty borové, pod nimiž se vytvořily výrazné podzoly s typickými mramorovanými iluviálními horizonty, které svědčí o sekundárním oglejení. Smrkové porosty, i když se pod nimi vytvořily stejné půdní typy — často jen s odlišnými subtypy hlavně v menší míře oglejené — nepůsobily takovou měrou degradačně jako porosty borové.

Listnaté podrosty měly jak po stránce fyzikální, tak chemické význam meliorační, znamenaly zlepšení především pórovitosti, vzdušnosti v obsahu, rozloženíází s sesquioxidy. Z materiálu, který je ze studií půd na říčanské žule k dispozici, je ovšem zřejmo, že reliéf území měl tu větší vliv než druhová skladba porostů, neboť půdní profily na svazích, v jejich úpatí a v úžlabinách se daleko výrazněji liší od profilů na rovinách a planinách, takže pak se jedná nejen o rozdílné subtypy, nýbrž i typy zcela odlišných fyzikálních a chemických vlastností, a tím i půdy daleko lepších bonit, než byly uvedeny v této práci.

Literatura

- Mařan B.: Studie o slepencových půdách, Sborník VÚZ č. 85 r. 1932 a 121/1934 Půda jako základ lesní tvorby — Písek 1944. Vliv porostů a reliéfu na rendziny Karlštejnska, Sborník VÚL 1947. — 2. Mařan B. — Káš V.: Biologie lesa — Praha 1948. — 3. Mařan B. — Němec A.: Výsledky předběžného šetření o výskytu druhotných slepenců a onemocnělých lesních půd — Les, práce XVI. 1937, str. 105. Onemocnění někte-

рых лесных пуд в пшезске павнн — Les. праре XVII. 1938, стр. 1. — 4. Nemea A.: Degradace lesnch pud v podzolove oblasti kvadrovych piskovcu — Sbornik ČAZ 1936. Zvyšení úrodnosti degradované lesní půdy v poleší Cep hnojením a lupinou — Les. práce XX. 1941, str. 30. Studie o výživě o odumírání jedle na bítežské žule v poleší Rosice na Moravě — Les. práce XXIX. 1950, str. 261. Meliorace krních kultur na degradované půdě pokrývání klemem a hnojením diabasem — Sborník ČSAVZ Lesnictví č. 6, 1955, str. 825. — 5. Pelíšek J.: Charakteristika púd s odumírajícími jedlinami v oblasti západní Moravy — Les. práce XXIII. 1944, str. 97. Púdní typy na fylitech v lesních oblastech západní Moravy — Les. práce XXX. 1951, str. 238. Nové výzkumy o vzniku podzolových púd v lesních oblastech střední Evropy ve vztahu k biologii lesa — Sborník ČSAVZ Lesnictví XXVIII. 1955, str. 479. Tvorba a charakteristika podzolových púd v oblastech středních Čech — dtto, str. 793. Lesnické půdoznalství — Praha SZN 1957. — 6. Novák V. — Pelíšek J.: Klasifikace a chemismus podzolových púd na rulách v lesní oblasti Žďárských hor — Les. práce XXII. 1942, str. 33. — 7. Pokorný J.: K otázce původnosti smrku na Černokostelecku ve středních Čechách — Sborník ČSAVZ Lesnictví XXVIII. 1955, st. 3. — 8. Stejskal J. — Pelíšek J.: Lesnická geologie — SZN Praha 1956.

Изучение лесных почв на ржичанском граните

В предлагаемой работе были анализированы почвы под чистыми сосновыми насаждениями, без насаждения, под пологом насаждения и с листовым подростом дуба, липы, граба, бука, лещины и других древесных пород, а также под еловыми насаждениями, находящимися преимущественно в равнинных местоположениях. Исследуемые почвы характеризуются средними годовыми атмосферными осадками 600—650 мм и средней годовой температурой 7,3—8,2° С. Эти почвы образовались на ржичанском граните, который кроме своей крупнозернистости отличается также высоким содержанием полевых шпатов (ортокласов). Исследуемые почвы обладают большой дисперсностью, а по своему механическому составу могут быть причислены к типу субстратов иловато-песчаных (согласно классификации В. Новака как более тяжелые глины) с примесью иловатых частиц почвы. Процесс заиления протекает здесь почти до конечной стадии.

Что касается почвенных типов, то под вышеприведенными лесонасаждениями преобладают среднеподзолистые почвы вплоть до явно выраженных подзолов, подверженных сильному оглеению в иллювиальных горизонтах. Это подтверждают выщелоченные и обедненные питательными веществами и наиболее мелкими фракциями механического состава элювиальные горизонты белесоватой или светложелтобелой окраски и обогащенные слои иллювиальных горизонтов, очень часто имеющие вид мрамора, с чередующимися охристокоричневыми и синесерыми гнездами, в которых происходят процессы восстановления.

Физические, биохимические и химические свойства почвы под разными насаждениями были значительно модифицированы. Из физических свойств самым важным является суммарный объем пор в почве и количество пор некапиллярных (выраженных абсолютной воздухоемкостью), которое снижается в горизонтах А и в А/В ниже допустимой границы минимума 5 %. Самые неблагоприятные условия и наибольшая разница в горизонтах А и В были обнаружены под чистыми сосновыми насаждениями, где деградация почвы протекала с наибольшей скоростью вплоть до последней стадии. Лиственный подрост во всех отношениях имел характер мелиоративный. Изменения физических свойств были констатированы еще в горизонтах А/В и В; изменения в содержании питательных веществ, доступных для древесных пород, часто лишь органического характера, ограничивались, однако, только самыми поверхностными слоями. Не менее благоприятные изменения были обнаружены под еловыми насаждениями (автохтонными).

В общем, почвы, возникшие на ржичанском граните, отличались хорошим содержанием минеральных питательных веществ, кислым характером, медленным выделением калия, который подобно натрию выщелачивается. Деградация, вызванная лесными насаждениями, конечно, эти условия во многих отношениях изменила. При этом следует считать более важными изменения физикохимических свойств, чем химических, как в стадиях регрессивных, так и в стадиях прогрессивных.

In der vorgelegten Abhadlung wurden Böden unter reinen Kiefernbeständen ohne Unterpflanzung und mit Laubunterwuchs der Eiche, Linde, Hagebuche, Buche, Haselnuß und anderer Sträucher und unter Fichtenbeständen, durchwegs auf ebenen Lokalitäten, analysiert. Dieses Gebiet kann mit jährlichen durchschnittlichen Niederschlägen von 600—650 mm und mit einem Jahrestemperaturmittel von 7,3—8,2° C charakterisiert werden. Diese Böden sind auf Granit von Říčany ausgebildet, der neben seiner groben Körnigkeit durch einen hohen Feldspatgehalt (Orthoklas) bekannt ist. Der Textur nach sind es tonigsandige Böden (nach V. Novák schwere Lehmböden) mit kleinen Schichten von tonigen Erdarten. Der Tonbildungsprozeß verlief hier bis zum Endstadium.

Was die Bodentypen betrifft, überwiegen unter den Waldbeständen mittelstarke bis ausgeprägte Podsolböden, in illuvialen Horizonten stark gleiartig. Dies bezeugen ausgeblaute, um Nährstoffe und feine Bodensubstanzen verarmte elluviale Horizonte grauweißer oder lichter gelbweißer Farbe und angereicherte, sehr oft marmorierte Schichten illuvialer Horizonte mit wechselnden ockerbraunen und braungrauen Farbflecken, in denen Reduktionsprozesse verlaufen.

Die physikalischen, biochemischen und chemischen Bodeneigenschaften wurden durch verschiedene Bestände erheblich modifiziert. Von den ersten ist am wichtigsten der gesamte Porengehalt und die Menge der unkapillaren Bodenporen (ausgedrückt durch die absolute Luftkapazität), die in den A und B Horizonten unter die Grenze des zulässigen Minimums 5 % sinkt. Die ungünstigsten Verhältnisse und größten Unterschiede in den A und B Horizonten wurden unter reinen Kiefernbeständen festgestellt, wo die Boden-degradation bis zum Endstadium am schnellsten verlief. Die Laubunterwüchse wirkten allseits meliorativ; Veränderungen in der Bodenphysik konnten noch in den A/B und B Horizonten konstatiert werden, Veränderungen im Gehalt der den Holzarten zugänglichen Nährstoffen waren jedoch bloß auf die obersten Schichten beschränkt — oft nur von organischer Beschaffenheit. Nicht minder günstige Veränderungen wurden unter autochtonen Fichtenbeständen festgestellt.

Im ganzen wurden die aus Granit von Říčany entstandenen Böden als mit Pflanzen-nährstoffen gut versorgte charakterisiert, von saurer Beschaffenheit, mit langsamer Kaliumfreilegung, das ebenso wie das Natrium abgeschwemmt wird. Die durch die Waldbestände verursachte Degradation hat diese Verhältnisse in verschiedener Richtung hin verändert. Hierbei können jedoch die Veränderungen der Bodophysik als wichtiger als diejenigen der Chemie angesehen werden, und zwar wie in den regressiven so auch in den progressiven Stadien.

Gamaskopická metoda stanovení půdní vlhkosti a její zpřesňování

Гаммаскопический метод определения влажности почвы и его уточнение
Gamaskopische Methode zur Bodenfeuchtigkeitsfeststellung und ihre genauere
Bestimmung

Inž. Jan ČABART

Výzkumný ústav zemědělsko-lesnických meliorací ČSAV — Praha

Došlo dne 21. IV. 1958

Gamaskopickou metodou je možno v lesnické hydrologii stanovit zásobu vláhy v půdě a průběžně registrovat dynamiku půdní vlhkosti. Snaha po využití této metody je dána tím, že dovoluje značně snížit pracnost a hlavně pak dobu pro jednotlivá stanovení. Při registraci dynamiky půdní vlhkosti má uvedená metoda možnost využít konstantních přirozených podmínek, které jsou normální váhovou metodou porušovány, např. kopání sond pro odběr vzorků, nemožností odebírání dalších vzorků na přesně též místě apod. Dovolují též registrovat průběh vlhkostních změn v půdě v hlubokých vrstvách půdního horizontu, což bylo pro stávající metody velmi obtížné. Další jejich výhodou je to, že stanovují zásobu vláhy v půdě z celé široké prozařované půdní vrstvy, takže zde není nebezpečí, které existuje u váhových metod, že stanovíme vlhkost ze vzorků, které neodpovídají průměrným hodnotám, čímž se značně zkreslí celkový výpočet. Nutnost zavedení těchto metod do běžné výzkumnické práce a do praxe musí být podepřena pracemi, na jejich zpřesňování, neboť jak dále bude popsáno, na tyto metody působí ještě mnoho vnějších vlivů, nepříznivě působících na jejich přesnost.

Zdroji záření při těchto metodách jsou umělé radioaktivní izotopy. Jejich atomová jádra, která jsou nestabilní, přecházejí na stabilní radioaktivním rozpadem. Z celkového počtu atomových jader radioaktivní látky se v procesu radioaktivního rozpadu v každém časovém úseku rozpadá vždy jen jejich určitý podíl. Rychlost tohoto rozpadu je pro jednotlivé radioizotopy různá. Radioaktivní rozpad postupuje určitou neměnnou rychlostí a není možno jej žádným běžným způsobem zpomalit ani urychlit. Tato rychlost je vyjádřena rozpadovou konstantou, což je číslo, které vyjadřuje podíl rozpadajících se atomů za určitou část doby. Z předešlého je vidět, že radioaktivní rozpad probíhá podle exponenciálního zákona,

$$N_t = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

kde N_0 je počet radioaktivních atomů na začátku rozpadu, N_t počet zbylých radioaktivních atomů po určité době t , e — základ přirozených logaritmů, λ — rozpadová konstanta.

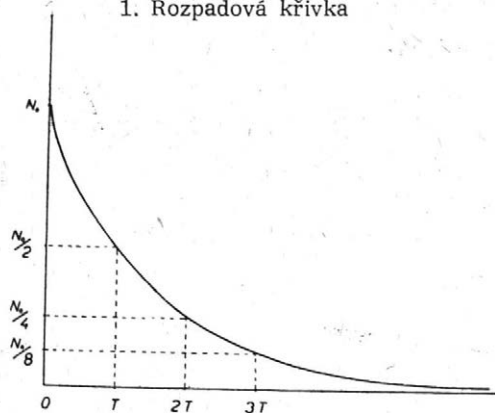
Z uvedeného zákona je vidět, že teoreticky se radioaktivita izotopů udržuje do nekonečna. Proto bylo přikročeno k používání poločasu rozpadu, který určuje

dobu, za kterou se rozpadne vždy polovina radioaktivních jader atomů isotopů. (Obr. 1.)

Toto je základní rovnice, která se uplatňuje při zpracování výsledků pozorování získaných pomocí radioizotopů. Podle ní se převádí intenzita záření použitého radioizotopu po určité době pozorování na jeho počáteční hodnotu.

Radioaktivní látky při svém rozpadu vysílají různé hmotné záření, a to na příklad záření α a β a záření charakteru vlnového.

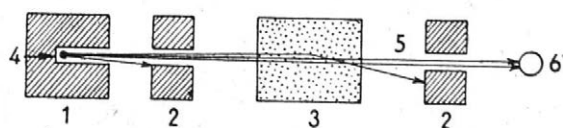
1. Rozpadová křivka



N_0 — počet radioaktivních atomů na začátku rozpadu

T — poločas rozpadu radioaktivního prvku

2. Kolimace pruhu záření



1 — olověný kolimátor

2 — olověné diafragmy

3 — absorbující látka

4 — zdroj záření

5 — pronikající záření

6 — počítač (Geiger-Müllerova trubice)

používá olověných bloků o síle 10–15 cm s otvorem o průměru maximálně 10–15 mm.

Absorpce úzkého pruhu záření probíhá podle exponenciálního zákona pohlcování.

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d}$$

kde I je intenzita záření po průchodu absorbující látkou o tloušťce d . — I_0 — intenzita počátečního záření (bez absorbátoru), μ lineární absorpční koeficient úzkého pruhu záření a e — základ přirozených logaritmů.

Vyjádříme-li tloušťku absorbátoru v g na 1 cm^2 , pozmění se i základní rovnice absorpce na

$$I = I_0 \cdot e^{-\rho/\rho_0 d},$$

kde ρ je hustota absorbující látky.

Gamaskopické metody využívají k prozařování látek tvrdého záření gama, což je záření nekorpuskulární, je to elektromagnetické vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou a tím i s vysokou energií. Nenese elektrický náboj, je tudíž elektricky neutrální a spolu s vysokou energií (postupuje rychlostí světla) vyniká vysokou schopností pronikat látkami. Samo gama záření prakticky ionizačně nepůsobí, pouze při absorpci gama kvant pohlcující látkou vznikají sekundární elektrony, mající ionizační schopnost.

Záření gama při průchodu absorbující vrstvou se při vzájemném působení s atomy látky odklání, rozptyluje se. Je-li zabráněno dopadu tohoto rozptýleného záření do registračního počítače, považujeme přímé záření na tzv. úzký pruh záření. Úzký pruh záření je nutno zajistit dokonalou kolimací paprsků. (Obr. 2.) K tomu se používá olověných kolimátorů a diafragmat. Sílu tohoto zastíňujícího zařízení je nutno volit podle velikosti zdroje záření. Obvykle se

Lineární absorpční koeficient záření μ charakterizuje relativní zmenšení intenzity záření po průchodu vrstvou absorbátoru rovné jednotce. U monochromatického záření koeficient závisí pouze na druhu absorbující látky a energii záření. U nemonochromatického záření ještě na tloušťce absorbující vrstvy. Toto je způsobeno tím, že jednotlivé části spektra nemonochromatického záření, mající různou energii, se pohlcují různě a tím se i mění složení spektra.

Protože celkovou absorpci záření je možno považovat za souhrn absorpcí probíhajících třemi základními způsoby vzájemného působení gama kvant s pohlcující látkou, tak i celkový lineární absorpční koeficient μ je možno si představit jako součet koeficientů odpovídajících těmto jevům

$$\mu = \tau + \delta + \kappa,$$

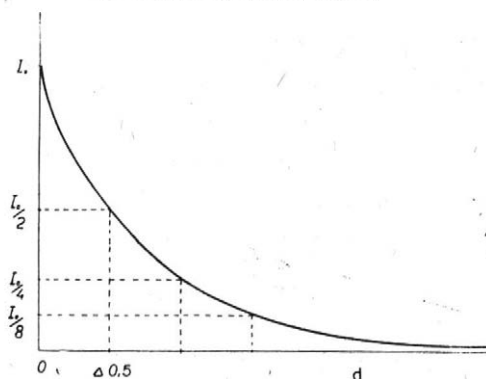
kde τ je koeficient oslabení záření připadající na fotoelektrický jev. Fotoelektrický jev vzniká v absorbující látce tak, že je plně pohlcováno kvantum gama a emitován elektron. Emitovaný elektron přebírá prakticky veškerou energii gama kvanta, neboť jeho vazebná energie je v poměru k energii gama kvanta zanedbatelná. Koeficient τ zde pak udává, jaká část kvant gama je pohlcována absorbátorem o tloušťce 1 cm vlivem fotoelektrického jevu.

Další absorpce vzniká Comptonovým jevem. V tomto případě dochází k pružné srážce gama kvanta s elektronem v atomu. Gama kvantum předává část své energie elektronu, který vyraží pod určitým úhlem z atomu. Původní energie gama kvanta se o tuto předanou energii zmenší, čímž se prodlouží jeho vlnová délka a změní jeho původní směr. Veličina σ , která zde uvádí, jaká část gama kvant je pohlcována na účet Comptonova jevu, je složena z dvou koeficientů. σ_a udává absorpci gama kvanta vznikající tvorbou Comptonových elektronů a σ_s následkem rozptylu gama kvant

$$\delta = \delta_a + \delta_s$$

Posledním z absorpčních jevů je tvorba párů. Při tomto jevu se přetváří kvantum gama vlivem elektrického pole v blízkosti atomového jádra na dva elektrony obojího znaménka. Lineární absorpční koeficient κ charakterizuje absorpci vznikající tvorbou párů.

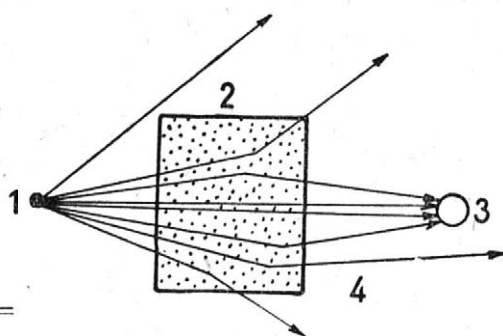
3. Křivka absorpce záření



I_0 — intenzita záření

d — tloušťka absorbátoru

4. Schéma rozptylu gama paprsků — široký pruh záření



1. zdroj záření

2. absorbující látka

3. počítač (Geiger-Müllerova trubice)

4. rozptýlené záření

Dopadá-li do počítací též rozptýlené záření, je nutno používat vzorců vyjadřující absorpci širokého pruhu gama záření v látkách.

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d} + I_{\text{rozpt.}}$$

kde I je intenzita záření po průchodu absorbující látkou o tloušťce d , I_0 — počáteční intenzita, kdy mezi zdrojem a počítačem se nenalézá absorptor, μ — lineární absorpční koeficient úzkého pruhu záření, e — základ přirozených logaritmů, $I_{\text{rozpt.}}$ intenzita rozptýleného záření.

První část rovnice $I_0 \cdot e^{-\mu d}$ vyjadřuje absorpci úzkého pruhu záření, druhá část $I_{\text{rozpt.}}$ intenzitu rozptýleného záření v dané době.

Ze vzorce je vidět, že absorpce širokého pruhu záření bude probíhat pomaleji než absorpce pruhu úzkého. Na registraci širokého pruhu záření má vliv též velikost plochy prozařované absorbující látky, a to tak, že čím větší je ozařovaná plocha, tím větší je registrace záření. Toto zvětšení registrace rozptýleného záření však neprobíhá do nekonečna. Pro záření určité energie se zvyšuje do určité plochy a dále již je konstantní. Poměr rozptýleného záření též vzrůstá se zvětšováním tloušťky absorbující vrstvy.

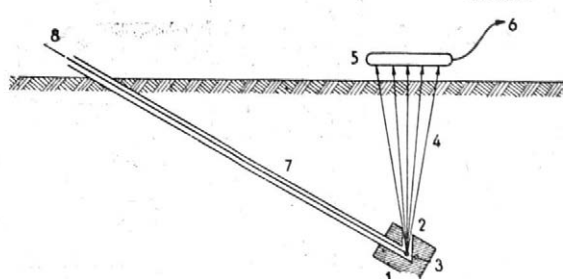
Pro zjištění absorpce širokého pruhu záření je nutno stanovit $I_{\text{rozpt.}}$. Tato veličina však závisí od mnoha faktorů, spektrálního složení záření a jeho změn v průběhu absorpce, několikerého rozptylu atd. Výpočet $I_{\text{rozpt.}}$ je velmi složitý, a proto se v praktických měřeních obvykle zákon absorpce širokého pruhu záření stanovuje experimentálně.

Gamaskopické metody, to znamená i gamaskopická metoda zjišťování půdní vlhkosti, pracují na podkladě těchto základních zákonů absorpce gama záření v látkách. Základ metody je v tom, že pevná půdní frakce, nemění-li se geometrické podmínky mezi zdrojem záření a počítačem, absorbuje záření gama konstantně. Změny půdní vlhkosti se projevují na registraci procházejícího záření kolísáním intenzity záření. Procházející pruh záření je absorbován přítomnou vodou v půdě a závislost absorpce záření a množství přítomné vody je přímo úměrná, čím více půda obsahuje vody, tím větší je absorpce (menší intenzita prošlého záření) a naopak.

Podle nutnosti zjišťování půdní vlhkosti nebo registrace dynamiky vláhy v jednotlivých vrstvách půdního horizontu je nutno uspořádat geometrické podmínky měření. Měření je možno provádět jako prozařování horizontální nebo vertikální. Při měření v horní vrstvě půdní se ponejvíce používá vertikálního prozařování, a to do hloubky asi 50 cm pod povrch půdy.

Při vertikálním způsobu je možno používat buď přenosného zářiče s geometrickým uspořádáním, které je zobrazeno na obr. 5, nebo zářiče instalovaného do půdy na pevně (obr. 6).

5. Schéma geometrického uspořádání vertikálního prozařování s přenosným zdrojem záření



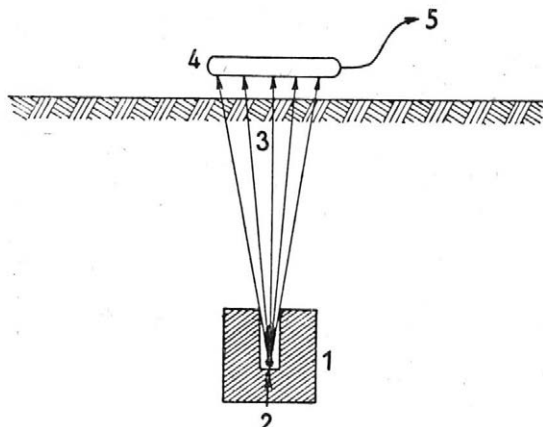
1. konteiner — kolimátor
2. kolimátorová výust
3. zdroj záření
4. pronikající gama záření
5. počítáč (Geiger-Müllerova trubice)
6. napojení na registrační aparaturu
7. kovová trubice nesoucí kolimátor
8. kovová tyč, na jejímž konci je upevněn zdroj záření

Tuto pevnou instalaci dovoluují dlouhé poločasy rozpadu používaných zdrojů záření radiokobaltu Co^{60} a cesia Cs^{137} , kde na příklad Co^{60} má poločas rozpadu 5,3 roku. Při měření je nutno přísně dbát na to, aby se umístění registrujícího počítače vždy přesně ztotožňovalo s jeho umístěním v předešlých měřeních, neboť jakákoliv i nepatrná odchylka zcela znehodnotí veškerá měření.

Je-li nutno provádět měření v hlubších vrstvách než 50 cm, používá se prozařování horizontálního (obr. 7).

Touto horizontální metodou je vhodné měřit teprve od určité hloubky pod povrchem terénu. Udává se hloubka cca 40 cm, neboť při měření v menší hloubce je vlivem ztráty určité části rozptýleného, nedostatečně kolimovaného záření ne-

6. Schéma geometrického uspořádání vertikálního prozařování s pevně instalovaným zařízením



1. kolimátor
2. zdroj záření
3. pronikající gama záření
4. počítač
5. napojení na registrační aparaturu

příznivě ovlivňován výsledek měření. Vzdálenost mezi počítačem a zdrojem záření se volí podle velikosti zdroje. Tak např. s radioaktivním kobaltem o poměrně nízké aktivitě 6 miligramekvivalentů radia je možno zjišťovat vodní zásobu přibližně ve 40 cm vrstvě zeminy. Při takto nízké aktivitě dostatečné k měření nehrozí při opatrném zacházení nebezpečí záření na organismus obsluhujícího personálu. Přesto však je nutno, aby byli pracovníci vybaveni osobním dosimetrickým zařízením, aby nedošlo k překročení přípustné dávky záření pro lidský organismus. Výhoda uvedených radioizotopů používaných v gamaskopii, a to kobaltu a cesia je v tom, že oba mají poměrně velký poločas rozpadu. Tímto se podmínky pro měření stávají stálými a opravy na rozpad radioizotopů není nutno při nepřilíš dlouhých časových odstupech v měření vůbec uvažovat.

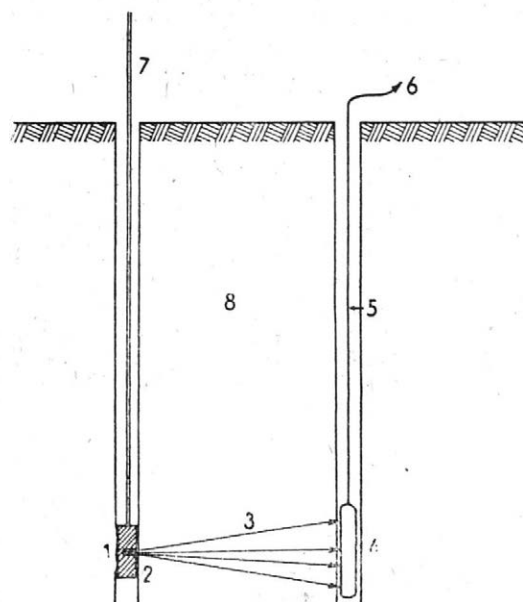
Již z dříve uvedeného základního zákona absorpce gama záření v látkách $I = I_0 \cdot e^{-\mu d}$ logaritmováním dostaneme vzorec, vyjadřující zvětšení nebo zmenšení vodní zásoby v prozařované vrstvě zeminy. Tyto hodnoty získáme jako vrstvy vody v mm přítomných v půdě. Zaměníme-li tloušťku absorptoru d tloušťkou zjišťované vrstvy vody W_m a lineární absorpční koeficient μ absorbující látky lineárním absorpčním koeficientem μ_{H_2O} charakterizující absorpci gama záření centimetrovou vrstvou vody, který není závislý na charakteru půdy, dostaneme vzorec

$$W_m = 10 \frac{\ln I_0 - \ln I_t}{\mu_{H_2O}},$$

ve kterém W_m představuje změnu vodní zásoby v půdě proti počátečnímu stavu, zjišťovanému váhovou metodou v mm. I_0 počáteční intenzita záření. I_t intenzita záření ve stanovené době. μ_{H_2O} lineární absorpční koeficient pro vodu.

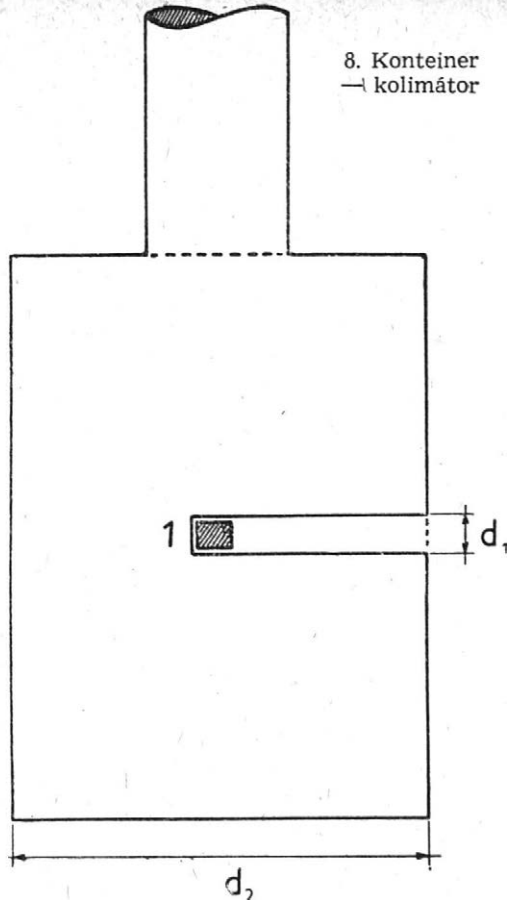
Pokusně bylo zjištěno, že je možno používat tohoto vzorce ke stanovení zásob vláhy v půdě bez ohledu na rozptýlené záření, neboť lineární absorpční koeficient

7. Schéma horizontálního prozařování



1. kolimátor
2. zdroj záření
3. pronikající gama záření
4. počítač
5. kabel
6. připojení na registrační aparaturu
7. nosná tyč kolimátoru
8. prozařovaná půda

8. Konteiner
— kolimátor



1. zdroj záření
- d_1 — průměr kolimátorové výustě
- d_2 — průměr válcového kolimátoru

pro vodu μ_{H_2O} je v této metodě zjišťován vždy v podmínkách, kdy na počítač dopadá půdou rozptýlené záření.

Počáteční zásobu vody W_p v půdě je nutno zjistit váhovou metodou. Při tomto stanovení je nutno současně změřit počáteční intenzitu gama záření I_0 .

Součet těchto dvou hodnot W_p a W_m představuje absolutní zásobu vody v půdě W v mm.

$$W = W_p + W_m$$

Lineární absorpční koeficient se u vertikálního prozařování zjišťuje takto: v ose mezi zdrojem a počítačem se na povrchu půdy umístí nádoba. Při prázdné nádobě se změří intenzita záření I_0 , poté se do nádoby nalévají vrstvy vody a vždy se stanoví koeficient μ podle rovnice odvozené ze zákona absorpce záření

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d}$$

logaritmováním dostaneme

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\mu d.$$

$$\mu = -\frac{\ln \frac{I}{I_0}}{d}$$

$$\mu = \frac{\ln I_o - \ln I}{d}$$

Takto získáme několik výpočtů koeficientů μ . Do vzorce stanovujícího změny vlhkosti pak používáme koeficientu středního.

$$\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3}$$

Při prozařování horizontálním je nutno zdroj zapustit do země na hloubku stanoveného rozpětí mezi zdrojem a počítačem a koeficient μ stanovit jako v předešlém případě. Pouze s tou změnou, že je nutno nad počítač instalovat vrstvu půdy. Tímto způsobem se dosáhne i registrace gama kvant odražených od zadní vrstvy zeminy, což odpovídá podmínkám měření v půdě.

Gamaskopickými metodami stanovení půdní vlhkosti získáváme, jak je vidět z tabulky I., poměrně velmi přesné výsledky.

I. Odchylka jednotlivých měření vlhkosti půdy od středních hodnot vlhkosti
(podle A. I. Danilina)

Metoda stanovení	Počet stanovení	Počet jednotlivých měření odchylujících se od středních hodnot vlhkosti				
		do 2%	2,1-3%	3,1-4%	4,1-5%	5,1-6%
Horizontální prozařování gama-paprsky	703	592	77	23	11	—
Váhová metoda (kontrola)	702	591	60	36	11	4
Vertikální prozařování gama-paprsky	138	119	15	3	1	—
Váhová metoda (kontrola)	135	122	8	2	—	3

Z uvedených hodnot je vidět vysoká přesnost této metody a její další přednosti byly již popsány v úvodu této práce. Přesto však je nutno dále pracovat na zpřesnění této metody.

Nemalý vliv na přesnost měření má udržení kolimátorové výustě přesně na spojnici zdroje záření a počítače gama-paprsků. V praktickém terénním měření je tato základní zásada však těžko splnitelná, a proto bylo nutno zjistit maximální úhlovou odchylku kolimátorové výustě, která ještě nemá praktický vliv na přesnost registrace impulsů.

Podle grafů získaných měřeními je možno pak určit maximální úhlový odklon nastavení kolimátorové výustě tak, aby chyba v měření nepřekračovala 1 % z maximálního počtu impulsů zaregistrovaných při přesném nastavení kolimátorové výustě směrem na počítač. Tuto hodnotu určenou jedním procentem z maximálního počtu impulsů je možno tolerovat vzhledem k přesnosti registrační aparatury.

K měření bylo použito olověného kontejneru — kolimátoru. (Obr. 8.) Kolimátor byl zhotoven přesně podle dimensí používaných v polních pokusech. Ve středu kolimátoru byl zasazen zdroj záření cesium Cs^{137} o aktivitě 7 miligram-ekvivalentů radia. Gama paprsky byly usměrňovány kolimátorovou výustí o průměru $d_1 = 8 \text{ mm}$. Absorbující stěny kolimátoru, jenž byl válcového tvaru o průměru kruhové základny $d_2 = 44 \text{ mm}$ dávaly možnost získat pouze nedostatečně kolimovaný pruh záření.

Jako počítače bylo použito Geiger-Müllerovy trubice k registraci gama záření typu STS-8 uzavřené v hliníkovém chrániči. Za registrační aparaturu sloužil elektronkový 64 redukční přístroj sovětské výroby typu B-2. Při vysokém počtu registrovaných impulsů nebylo nutno uvažovat pozadí trubice.

Pro srovnání bylo provedeno měření vlivu úhlového usměrnění kolimátorové výustě při chybějícím absorbátoru (tab. II) a při průchodu paprsků absorbující pískovou vrstvou (tab. III a IV).

II. Změna registrace impulsů podle úhlového naklonění kolimátorové výustě (měřeno bez absorbátoru)

Počítač STS-8, pracovní napětí 400 V

Naklonění kolimátorové výustě ve stupních	Počet impulsů N/64 za 1 minutu	Naklonění kol. výustě ve stupních	Počet impulsů N/64 za 1 minutu
0	377	50	181
5	376	55	167
10	369	60	159
15	333	65	155
20	294	70	149
25	254	75	146
30	231	80	142
35	214	85	137
40	201	90	128
45	192		

III. Změna registrace impulsů podle úhlového naklonění kolimátorové výustě (gama paprsky procházejí pískovou vrstvou)

Počítač STS-8, pracovní napětí 400 V

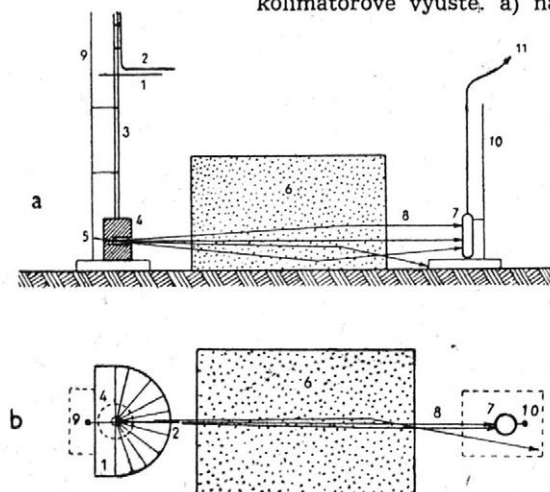
Naklonění kolimátorové výustě ve stupních	Počet impulsů N/64 za 1 minutu	Naklonění kol. výustě ve stupních	Počet impulsů N/64 za 1 minutu
0	73	50	49
5	73	55	48
10	72	60	45
15	71	65	43
20	70	70	43
25	67	75	41
30	61	80	40
35	56	85	40
40	55	90	39
45	52		

Při měření v druhém kvadrantu byly získány tyto hodnoty.

IV. Počítač STS-8, pracovní napětí 400 V

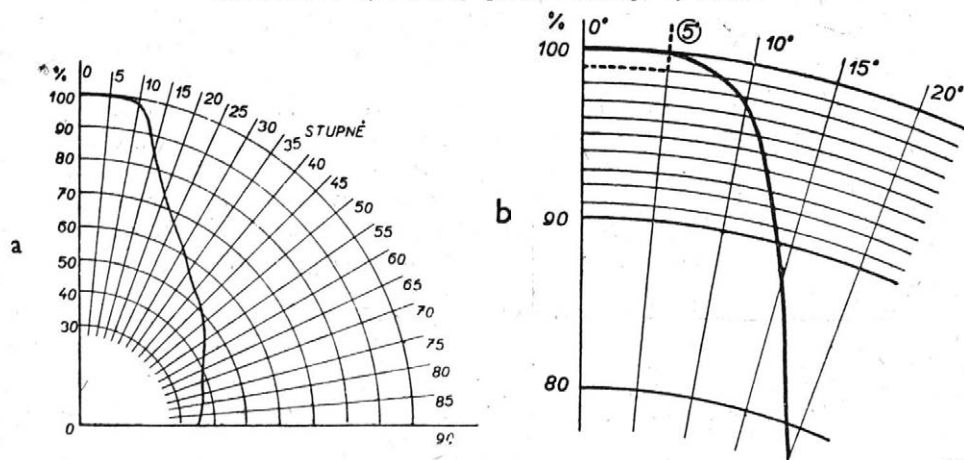
Naklonění kolimátorové výustě ve stupních	Počet impulsů N/64 za 1 minutu
0	72
5	72
10	71
15	68
20	65
30	59
45	48
60	43
75	41
90	38

9. Schéma geometrického uspořádání zdroje záření a počítače při zjišťování vlivu náklonu kolimátorové výustě. a) nárys, b) půdorys



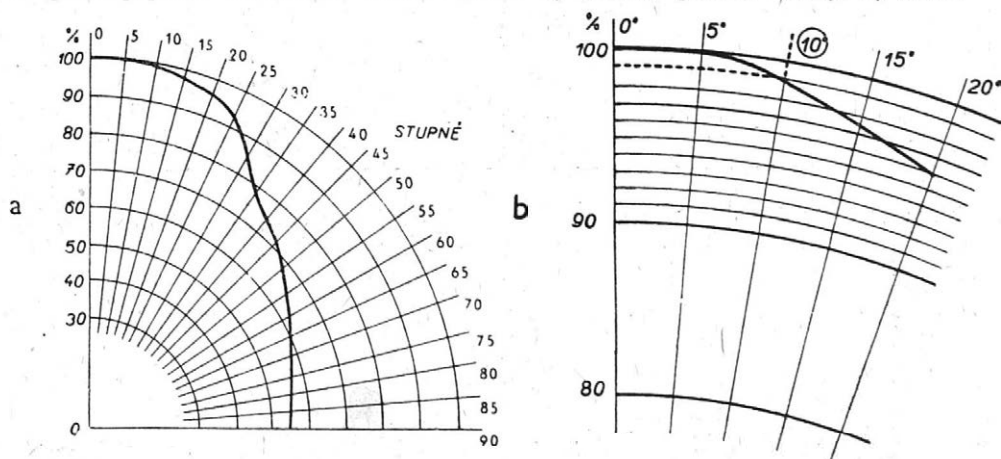
1. kotouč s úhlovým označením
2. ručička vyznačující úhel náklonu
3. držák kolimátoru
4. kolimátor
5. zdroj záření
6. absorbátor (písek)
7. Geiger-Müllerova trubice
8. pronikající gama záření
9. stojan k upevnění Geiger-Müllerovy trubice
10. stojan k upevnění kolimátoru
11. připojení na registrační aparaturu

10. Grafické vyhodnocení vlivů úhlového vychýlení kolimátorové výustě při měření bez absorbátoru. a) celkový průběh křivky, b) detail



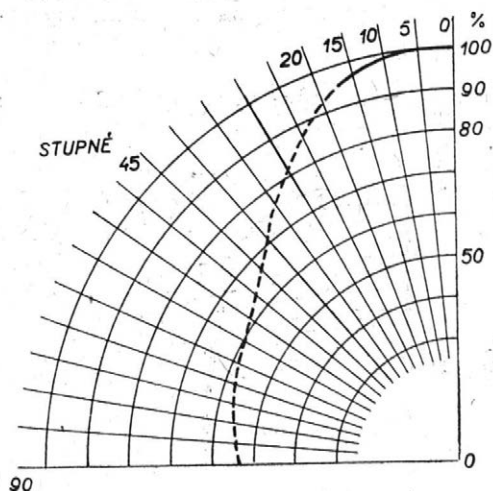
Geometrické uspořádání počítače a kolimátoru se zdrojem záření je zobrazeno na obr. 9. Kolimátor, osazený na držáku, byl upevněn ve stojanu tak, aby bylo možno s ním otáčet v horizontální rovině. Upevnění zcela zamezovalo pohybům vertikálním. Geiger-Müllerova trubice byla upevněna ve vzdálenosti 90 cm od zdroje tak, aby byla vyloučena veškerá možnost změny její polohy. Mezi zdroj záření a počítač byla umístěna dřevěná nádoba s pískem o tloušťce prozařované vrstvy 35 cm.

11. Grafické vyhodnocení vlivu úhlového vychýlení kolimátorové výustě při průchodu gama paprsků absorbující vrstvou písku. a) celkový průběh křivky, b) detail



Vyneseme-li graficky hodnoty získané měřením, a to tak, že maximální počet impulsů při přímém nastavení položíme rovno 100 procentům, tak získáme křivku znázorňující úbytek impulsů, vlivem pootočení kolimátorové výustě. (Obr. 10 a 11.) Z těchto grafů je možno snadno zjistit, jaký úhel pootočení kolimátorové výustě odpovídá dovolené jednoprocenní chybě v registraci impulsů.

Z obr. 11 je vidět, že při gamaskopickém měření vody v píscitě půdě je nutno udržovat kolimátorovou výust v rozmezí 10 stupňů vychýlení na obě strany od přímé spojnice kolimátorové výustě a počítače, abychom nepřekročili dovolenou chybu měření 1 %. Na grafu, na němž byly vyhodnoceny výsledky měření bez absorbátoru, tato hodnota činí 5 stupňů. Rozdíl těchto hodnot je způsoben větším rozptylem gama kvant v píscitěm absorbátoru. Též při vynesení křivky ubývání intenzity gama záření vlivem pootočení kolimátorové výustě v opačném kvadrantu dostáváme analogické hodnoty jako v grafu na obr. 11, což odpovídá maximální přípustné odchylce 10 stupňů (viz obrázek 12).



12. Grafické znázornění vlivu pootočení kolimátorové výustě při průchodu gama záření absorbující vrstvou písku

Takto byly získány úhly, v jejichž rozmezí je nutno bezpodmínečně udržet směr kolimátorové výustě pro určitý zdroj záření, kolimátor, Geiger-Mülle-

rovou trubici, absorbující vrstvu a jejich geometrické uspořádání. Tímto způsobem je nutno však při práci s gamaskopickými metodami vždy určovat toto úhlové rozpětí pro konkrétní podmínky. To znamená, že je nutno zjistit úhlové rozpětí pro kolimátor, druh prozařované zeminy a jejich geometrické uspořádání, jež bude použito v polních měřeních vlhkosti půdy. Získané úhlové rozpětí je pak nutno bezpodmínečně dodržovat, aby se zajistila vysoká přesnost gamaskopického měření zásoby vláhy v půdě, po případě registrace dynamiky půdní vlhkosti.

Toto zpřesnění je jedním z mnoha, kterými bude nutno dále propracovávat gamaskopickou metodu měření zásob vláhy v půdě tak, aby se tato jednoduchá metoda stala též metodou nejpřesnější.

Údaje v tabulkách II, III a IV byly naměřeny autorem ve Všesvazovém vědecko-výzkumném institutu hydrotechniky a meliorací v laboratoři, vedené V. A. Emeljanovem v Moskvě v roce 1958.

Souhrn

Gamaskopické metody jsou jedním z mnoha způsobů využití umělých radioisotopů. Využívají tvrdého záření gama k prozařování látek. Metody samy jsou založeny na měření absorpce látkami pronikajících gama kvant. K práci s radioisotopy, a to i k práci s uzavřenými zářiči, jichž se používá v gamaskopii, je nutno se seznámit se základními zákony radioaktivního rozpadu. Tyto zákony pak dovolují s nejvyšší přesností zpracovávat výsledky pozorování vzhledem ke klesání intenzity záření vlivem radioaktivního rozpadu během pokusů. Veškeré gamaskopické metody jsou založeny na exponencionálním zákonu klesání intenzity procházejícího záření absorbatorem. Podle toho, jsou-li paprsky dostatečně kolimovány (obrázek 2) se používá vzorce pro úzký pruh záření, nejsou-li dostatečně kolimovány, je nutno využívat vzorců širokého pruhu záření obr. 4. Tyto základní rovnice se využívají i v gamaskopickém měření zásob vláhy v půdě a k registraci dynamiky půdní vlhkosti. Měření je možno podle geometrického uspořádání rozdělit na vertikální a horizontální. Vertikální způsob se používá při měření zásoby vláhy v půdě v povrchových vrstvách půdního profilu. Je možno používat buď zdrojů záření instalovaných napevno do půdy obr. 6, nebo zdrojů přenosných obr. 5, jimiž je možno provést měření na libovolné ploše. Vždy však je nutno pevně fixovat počítač (Geiger-Müllerovu trubici), aby nedošlo k rozdílnému jeho umístění v jednotlivých měřeních, neboť každá i sebemenší odchylka zcela znehodnotí veškeré měření. Horizontálního měření obr. 7 se používá při zjišťování půdní vláhy v hlubších vrstvách půdního profilu. Používá se k měření od cca 40 cm pod povrchem, neboť ve vyšších vrstvách dochází k nepříznivému ovlivňování tohoto způsobu měření vlivem nerovnoměrného rozptylu nedostatečně kolimovaných paprsků. Při tomto využití gamaskopie se vyskytuje ještě mnoho faktorů nepříznivě ovlivňujících měření. Jedním z nich je vliv naklonění kolimátorové výustě na přesnost registrace intenzity procházejícího záření. V praktickém měření je velmi těžko udržet přímý směr kolimátorové výustě na spojnici zdroje záření s počítačem. Na obr. 9 je znázorněn způsob, jak je nutno stanovit úhlové rozpětí, v němž se může pohybovat nastavení kolimátorové výustě, tak, aby nedocházelo k větším chybám v registraci impulsů než je jedno procento z maximálního jejich počtu při ideálním nastavení. Zjištěné úhlové rozpětí, které je nutno stanovit vždy pro používaný kolimátor, zdroj záření, absorbátor a počítač je nutno pak bezpodmínečně dodržet, abychom dosáhli pokud možno největší přesnosti v měření.

V. A. Emeljanov: „Metody radioaktivnykh izlučenij i indikatorov v počvenno-meliorativnykh issledovanijach“ (skripta). Moskva 1958. — V. A. Emeljanov a K. N. Šiškov: „Opyt priměnenija radioaktivnykh indikatorov i izlučenij.“ Bjulleten naučno-techničeskoj informacii po gidrotehnikе i melioracii. Moskva 1956, č. 3, str. 21-23. — V. A. Emeljanov: „Opyt priměnenija radioaktivnykh izotopov kobalta i ioda v meliorativnykh issledovanijach.“ Tezisy dokladov na vsesojuznoj naučno-techničeskoj konferencii po priměneniju radioaktivnykh stabilnykh izotopov i izlučenij v narodnom chozjajstve i nauke. Biologija, medicina i selskoje chozjajstvo Moskva 1957, str. 253-254. — A. I. Danilin: „Izměrenije vlažnosti počvy, isparenija i zapasa vody i sněga pri pomošči gamma-lučej.“ Dto, str. 254-255. — A. I. Danilin: „Izměrenie vlažnosti počvy pri pomošči gamma-lučej.“ Počvovedenie, Moskva, rok 1955, č. 7, str. 74-83. — A. V. Biber-gal, U. J. Margulis, E. I. Vorobjev: „Zaščita ot rengenovykh i gamma-lučej.“ Moskva 1955.

Гаммаскопический метод определения влажности почвы и его уточнение

Гаммаскопический метод является одним из многих способов использования искусственных радиоизотопов. С помощью этого метода используется жесткое гамма-излучение для облучения веществ. Гаммаскопические методы основываются на измерении абсорбции веществами проникающих гамма-квант.

Для того, чтобы работать с радиоизотопами, и в особенности для работы с замкнутыми излучателями, которые применяются в гаммаскопии, необходимо познаться с основными законами радиоактивного распада. Знакомство с этими законами позволяет с наибольшей точностью разработать результаты наблюдений, что касается убывания интенсивности излучения под влиянием радиоактивного распада в течение опытов.

Все гаммаскопические методы основываются на экспоненциальном законе убывания интенсивности проникающего абсорбентом излучения. В зависимости от того, проходят ли лучи в достаточной мере коллимированные (рисунок 2), — применяется формула для узкий пучок излучения; если же лучи недостаточно коллимированы, нужно применять формулу широкого пучка излучения (рисунок 4). Приведенные основные уравнения применяются, как при гаммаскопическом измерении запасов влаги в почве, так и для регистрации динамики почвенной влажности.

По своему геометрическому расположению измерения можно разделить на вертикальные и горизонтальные. Вертикальный способ применяется при измерении запаса влаги в почве в поверхностных слоях почвенного профиля. При этом можно применять как источники излучения, помещенные в почве неподвижно (рисунок 6), так и источники переносные (рисунок 5), с помощью которых можно произвести измерения на любой площади. Однако, каждый раз нужно неподвижно фиксировать счетчик (трубку счетчика Гейгер-Мюллера), чтобы не произошло изменение его положение при отдельных измерениях, так как даже незначительное отклонение может совершенно обесценить проведенные измерения.

Горизонтальные измерения (рисунок 7) применяется при определении почвенной влаги в более глубоких слоях почвенного профиля. Применяется оно для измерения влаги приблизительно от 40 см под поверхностью почвы, так как в выше-

лежащих слоях происходит неблагоприятное влияние этого способа вследствие неравномерного распыления недостаточно направленных лучей.

При этом применении гаммаскопии возникает еще много факторов, оказывающих неблагоприятное влияние на измерения. Одним из таких факторов является влияние наклона отверстия коллиматора на точность регистрации интенсивности проникающего излучения. При практическом измерении очень трудно сохранить направление отверстия коллиматора по прямой линии, соединяющей источник излучения со счетником.

На рисунке 9 изображен способ, как нужно определить угловое рассеяние, в рамках которого может двигаться установка отверстия коллиматора таким образом, чтобы ошибки при регистрации импульсов не превышали более одного процента максимального их числа при идеальной установке.

Найденное угловое рассеяние, которое нужно определить всякий раз для применяемого коллиматора, источник излучения, абсорбент и счетчик необходимо точно соблюсти, дабы добиться, поскольку это возможно, наибольшей точности измерений.

Gamaskopische Methode zur Bodenfeuchtigkeitsfeststellung und ihre genauere Bestimmung

Eine der vielen Ausnützungsmethoden von künstlichen Radioisotopen stellen die gamaskopischen Methoden dar. Sie nützen die harte Gama-Strahlung zur Stoffdurchstrahlung aus. Die Methoden selbst beruhen auf der Absorptionsmessung mittels der das Gama-Kvant durchdringende Stoffe. Zur Arbeit mit Radioisotopen, und zwar auch zur Arbeit mit geschlossenen Strahlern, die in der Gamaskopie benützt werden, muß man sich mit den grundlegenden Gesetzen des radioaktiven Zerfalls bekanntmachen. Diese Gesetze erlauben dann mit größter Genauigkeit die Ergebnisse der Beobachtungen in bezug auf die Strahlungsintensitätsinkung infolge radioaktiven Zerfalls während der Versuche zu bearbeiten. Die gesamten gamaskopischen Methoden sind auf dem exponentialen Gesetz der den Absorbeur durchgehenden Strahlungsintensitätsinkung angelegt. Sind die Strahlen genügend kollimiert (Abb. 2), wird die Formel für den schmalen Strahlungstreifen verwendet, sind sie nicht genügend kollimiert, müssen die Formeln des breiten Strahlungstreifens (Abb. 4) ausgenützt werden. Diese Gleichungen gebraucht man auch bei der gamaskopischen Messung der Feuchtigkeitsvorräte im Boden und zur Registrierung der Bodenfeuchtigkeitsdynamik. Nach der geometrischen Ordnung können die Messungen auf vertikale und horizontale eingeteilt werden. Die vertikale Methode wird bei der Messung der Bodenfeuchtigkeitsvorräte in den Oberflächenschichten des Bodenprofils angewendet. Es besteht die Möglichkeit, entweder fest im Boden installierte Strahlungsquellen (Abb. 6), oder übertragbare Strahlungsquellen (Abb. 5) zu gebrauchen, mit denen Messungen auf einer beliebigen Fläche durchgeführt werden können. Der Zähler (Geiger-Müller-Röhre) muß jedoch immer fest fixiert sein, damit er bei den einzelnen Messungen nicht unterschiedlich angebracht wird, denn jede, auch die kleinste Abweichung hat eine vollkommene Entwertung aller Messungen zur Folge. Die horizontale Messung (Abb. 7) wird bei der Feststellung der Bodenfeuchtigkeit in den tieferen Schichten des Bodenprofils angewendet. Sie wird bei Messungen ab etwa 40 cm unter der Oberfläche benützt, denn in höheren Schichten kommt es zur ungünstigen Beeinflussung dieser Methode infolge ungleichmäßiger Dispersion der ungenügend kollimierten Strahlen. Bei dieser Gamaskopieausnützung treten noch viele, die Messungen ungünstig beeinflussenden Faktoren auf. Einer von diesen Faktoren ist der Einfluß der Neigung der Kollimatorausmündung auf die Registrationsgenauigkeit der durchgehenden Strahlungs-

intensität. Bei der praktischen Messung ist es äußerst schwer, die gerade Richtung der Kollimatorausmündung auf die Verbindungslinie der Strahlungsquelle mit dem Zähler einzuhalten. Auf Abb. 9 ist veranschaulicht, wie die Winkelspannweite, in der sich die Einstellung der Kollimatorausmündung bewegen kann, bestimmt wird, damit größere Fehler in der Impulsregistration als 1 % ihrer maximalen Zahl bei einer idealen Einstellung, ausgeschaltet werden. Die festgestellte Winkelspannweite, die für den angewendeten Kollimator, Strahlungsquelle, Absorbeur und Zähler immer bestimmt wird, muß dann unbedingt eingehalten werden, damit eine möglichst größte Genauigkeit in der Messung erreicht wird.

Vliv opadu na humusové poměry borových porostů na pleistocenních písčích

Влияние лесного опада на условия образования почвенного перегноя
в сосновых насаждениях на плейстоценовых песках

The Effect of fallen Pine-needles on the Humus Conditions of the Pine-woods on the
Pleistocene Sands

Inž. Vladimír PEŘINA, prom. biolog Emma VINTROVÁ
Výzkumný ústav lesního hospodářství, výzkumná stanice Opočno

Došlo dne 24. II. 1958

Úvod

Opad dřevin, tvořený jehlicemi, kůrou, větvemi, pupeny, šiškami, květy a semeny, hraje v borových porostech, zvláště na chudých a suchých písčitých půdách důležitou roli. Opadem se vrací půdě značná část popelovin i organických sloučenin, které přecházejí působením půdních mikroorganismů v humusové látky. Tyto látky mohou působit buď vyluhování půdy, anebo i její obohacení, a tak ve značné míře přispět ke kvalitativním změnám v půdotvorném procesu.

Lesní hrabanka však nejen usměrňuje půdotvorné procesy a zajišťuje výživu lesních dřevin, nýbrž je i důležitým regulátorem hydrologického režimu, který nelze přehlížet zejména v borových porostech na písčitých půdách s malou vodní kapacitou. Zde opad a z něho tvořící se hrabanka podstatně ovlivňuje přirozenou i umělou obnovu porostů.

Pro svůj velký význam byl opad dřevin studován již v minulém století Ebermayerem (1876), později se zabývali opadem Morozov (1928), Wittich (1931), Alway a Zonn (1930), Nestěrov (1934, 1935), Sacharov (1939), Pozdnjakov (1953) aj. Na základě těchto prací je možno usuzovat, že opad v borových porostech se liší na různých stanovištích kvalitativně i kvantitativně. Tak na příklad podle Ebermayera činí roční množství opadu v borovém porostu 4239 kg/ha, podle Nestěrova 4156 kg/ha, podle Sacharova v brusinkovém boru 3230 kg a v lískovém boru 6935 kg/ha. Z uvedených čísel vyplývá, že množství opadu v různých případech značně kolísá. Na suchých a chudých stanovištích je množství opadu v borových porostech daleko menší než na stanovištích vlhkých a bohatých. Podle šetření Schneideira (1940) i Süchtunga (1943) dávají minerálně chudé půdy menší množství opadu s malým obsahem živin a těžko rozložitelnou hrabankou. Zde dochází k značnému hromadění opadu v podobě surového humusu, porostlého souvislým

pokryvem vakcíní, jak v různých případech pozorovali Gebauer (1935), Wittich (1939), Goetz (1943) aj., který stěžuje přirozenou i umělou obnovu porostů.

I v našich poměrech činí hromadící se vrstva surového humusu v borových porostech při obnově značné potíže, zvláště při vpravování náročnějších dřevin do borových porostů. Proto jsme se tímto problémem zabývali a položili jsme si otázku, jak ovlivňuje stáří porostů svrchní půdní horizonty, což je důležité při volbě počátku obnovy nebo přeměny borových porostů.

Popis stanoviště a porostů

Výzkumné práce byly prováděny v borových porostech Pokusného lesního závodu Opočno, polesí Bědovice. Území, na němž se rozprostírají borové porosty je pokryto pleistocenními sedimenty, uloženými na křídlovém podkladě. Sedimenty jsou reprezentovány štěrkopískovými terasami o mocnosti až 15 m. Území se rozkládá v nadmořské výšce 250–300 m s mírně humidním podnebím (roční srážky 648 mm, prům. roční teplota 8,2° C).

Půdní typ je zde vyvinut mírný až střední podzol. Podle mechanického složení se jedná o půdu písčitou s velmi malým množstvím jílnatých součástí.

I. Mechanický rozbor půdního profilu zkoumaného území (porost 57 c)

Hloubka	Horizont	Kategorie zrn v %			
		I.	II.	III.	IV.
2–18	A ₂	4,74	7,04	4,28	83,94
19–30	B ₁	3,76	2,12	2,28	91,84
31–80	B ₂	2,20	0,10	1,60	96,10
80–200	B ₂	0,24	0,74	0,98	98,00

Rovněž i maximální kapilární kapacita je velmi malá a pohybuje se ve svrchních horizontech od 15 do 20 % ve spodních od 7 do 10 %. Poněvadž hladina podzemní vody se nachází až v hloubce přes 5 m, není pro kořeny dřevin dostupná. Ovlhčování půdy je závislé na atmosférických srážkách, proto jsou svrchní půdní horizonty nejvlhčí.

Na živiny jsou tyto půdy rovněž velmi chudé.

II. Chemický rozbor půdního profilu zkoumaného území (porost 57 c)

Hloubka v cm	Horizont	Ve výluhu 20 % HCl					C	N
		R ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂		
		%					%	
2–18	A ₂	1,605	0,085	0,021	0,027	0,750	1,01	0,032
19–30	B ₁	1,385	0,105	0,016	0,033	0,430	0,86	0,026
31–80	B ₂	1,220	0,045	0,014	0,036	0,645	0,14	0,020
80–200	B ₂	0,725	0,050	0,011	0,030	0,620	0,15	0,010

Jak vyplývá z rozboru, jedná se o půdu velmi chudou na živiny. Zejména se vyznačuje nízkým obsahem vápníku, fosforu, draslíku a dusíku.

Na základě fytocenologického průzkumu vylíčil zde Míkyška (1956) subasociaci *Querceto-Betuletum festucetosum ovinae*. Typologicky zařadil toto území Zlatník (1954) do skupiny typů *Querceto-Pinetum* s typem *Calluna-Vaccinium vitis — idaea*.

Území je pokryto borovými porosty s příměsí smrku ve spodní etáži, místy s vtroušenou břízou a dubem.

Porost, v němž byl měřen opad, leží v polesí Bědovice, odd. 77c₄, stáří 94 roků, zastoupení borovice 10, stř. výška 19 m, mezibonita 6, zakmenění 9, hmota 246 plm/ha. K zjištění vlivu opadu na humusové poměry byly odebrány půdní vzorky se třech různě starých borových porostů navzájem sousedících.

Porost č. 1, stáří 44 roků, porost 100b, zastoupení borovice 10, stř. výška 14 m, mezibonita 4, zakmenění etáže 10, hmota 162 plm/ha.

Porost č. 2, stáří 69 roků, porost 99b, zastoupení borovice 10, stř. výška 18 m, zakmenění etáže 9, mezibonita 5, hmota 153 plm/ha.

Porost č. 3, stáří 112 roků, porost 94b, zastoupení borovice 10, stř. výška 23 m, mezibonita 5, zakmenění etáže 9, hmota 215 plm/ha.

V porostech jsou založeny kotlíkové seče, čímž je hmota značně nižší.

Profily půdních sond se lišily zejména mocností horizontu A₀, která byla u porostu č. 1 = 2 cm, č. 2 = 5 cm a u porostu č. 3 = 9 cm. Horizont A₀ byl tvořen vrstvou humusu s částečně rozloženými organickými zbytky, černohnědý ostře přecházející v další horizont. Pod touto vrstvou do hloubky 10 až 15 cm byl vytvořen horizont A₂, šedohnědý až šedý, písčitý, částečně infiltrovaný humusem jazykovitě přecházející v obohacený subhorizont B₁ písčitý, žlutohnědý, dospodu pozvolna světlejší.

Borové porosty, v nichž byla výška humusu, absolutní půdní vlhkost a zjišťována acidita, se rozkládají v blízkosti zkoumaných porostů ve stejné typologické jednotce.

Metodika

K zjišťování opadu bylo použito 11 kovových nádob (opadoměrů), se záchytnou plochou 50 × 50 cm, rozmístěných od sebe v pravidelné vzdálenosti 10 m. Opad byl odebrán v pravidelných měsíčních intervalech a po vysušení při laboratorní teplotě vážen a tříděn na: jehlice, kůru pupeny,



1. Opadoměry rozmístěné na pokusné ploše porostu 77 c, polesí Bědovice PJZ Opočno



2. Porost borovice, v němž byl sledován vliv opadu na humusové poměry (polesí Bědovice 94 b, stáří 112 r., stř. výška 23 m, mezibonita 5, zakmenění etáže 9, hmota 215 *plm/ha*)

větve o průměru do 0,5 cm a větve přes 0,5 cm, šišky (šupiny šišek), hmyz, květ a semena. V roztržném opadu byl zjištěn obsah popele, dusíku a uhlíku.

Maximální kapilární kapacita byla zjištěna ve vzorku v přirozeném uložení podle Nováka (Praktikum 1954).

Mometní půdní vlhkost byla zjišťována vázkovou metodou. Vzorky odebírány „sondovací tyčí“ v hloubkách 0, 10, 20, 50 a 100 cm (0 cm se rozumí vrstva pod hrabankou a surovým humusem). Odběr byl vykonán v období od března do listopadu, 1955 celkem 15krát. Půdní vzorky k laboratorním roz-

borům byly odebírány v září 1954 a v dubnu 1955. Po odběru byly přesáty 2 mm sítem a vysušeny při laboratorní teplotě.

Reakce půdní byla zjišťována elektrometricky. Uhlík byl stanoven oxydimetrickou metodou Walkley-Blackovou modifikovanou Novákem a Pelíškem (Praktikum 1954). Dusík byl zjištěn metodou Kjeldahlovou, upravenou Fjodorovem (Fjodorov, 1951).

Celkové množství a rodové zastoupení plísni bylo určováno na agarových plotnách, naočkovaných půdní suspensí. Jako živné půdy bylo použito jednak sládkového agar, jednak i Czapek-Doxovy živné půdy. K stanovení celkového počtu aerobních bakterií a bakterií sporulujících, bylo použito jako živné půdy masopeptonového agar a sládky (1 : 1) podle postupu Mišustina (1950). Při zjišťování počtu sporulujících bakterií byla půdní suspence před naočkováním zahřívána 15 min. při 70° C. Biologická aktivita půdy byla stanovena metodou Šatnovova modifikovanou Seifertem. Amonizační mohutnost půdy byla zjišťována metodou Fjodorova (1951), nitrifikační mohutnost metodou popsanou v Praktiku (1954). K stanovení rozkladu celulosy bylo použito makroskopické metody doporučené Fjodorovem (1951).

Pro podrobnou analýzu humusu jsme použili metody popisované Tjuri-nem (1951).

Všechna popisovaná stanovení byla provedena u vzorků odebraných na podzim 1954 i na jaře 1955. Poněvadž k maximu většiny mikrobiálních pochodů dochází na podzim (Fehér, 1933, Ambrož, 1954) a rovněž i v našem případě jsme zjistili větší hodnoty, a tím i rozdíly v mikrobiální činnosti na podzim, uvádíme pouze rozbor ze vzorků podzimního odběru.

Výsledky šetření

Jak vyplývá z přiložené tabulky, činilo roční množství opadu v borovém porostu V. věkové třídy 3614 *kg/ha*. Toto množství se velmi blíží množství opadu, které bylo naměřeno Sacharovem (1939) v brusinkovém boru (3230 *kg/ha*).

III. Množství opadu v kg/ha za rok

Jehlice	Borka	Šišky	Větve $\varnothing$ <0,5 cm	Větve $\varnothing$ >0,5 cm	Pupeny	Květ	Hmyz	Celkem
2.196,1	525,4	407,9	265,4	192,7	11,6	9,5	5,4	3.614,0

Výsledky měření ukazují, že opadem se vrací do půdy značné množství organických látek, které podléhají na povrchu půdy mikrobiálnímu rozkladu. Jednotlivé orgány a části borovice obsahují různé množství živin, jak jsme zjistili rozborů C, N a popele.

IV. Množství uhlíku, dusíku a popele v jednotlivých druzích opadu

Druh opadu	Jehlice	Borka	Šišky	Větve <0,5 cm	Větve >0,5 cm	Pupeny	Květ	Hmyz	Celkem
% C	43,34	30,10	32,89	36,73	41,29	36,75	39,27	32,96	
Množství C kg/ha	951,9	158,1	134,1	97,5	79,6	4,3	3,9	1,8	1430,2
% N	0,50	0,34	2,76	0,40	0,24	0,34	0,95	7,46	
Množství N kg/ha	11,0	1,8	11,2	1,1	0,5	0,04	0,09	0,4	25,13
% popele	1,73	1,97	0,51	1,52	0,58	3,13	1,70	3,75	
Popel kg/ha	38,0	10,3	2,1	4,0	2,1	0,4	0,2	0,2	57,3

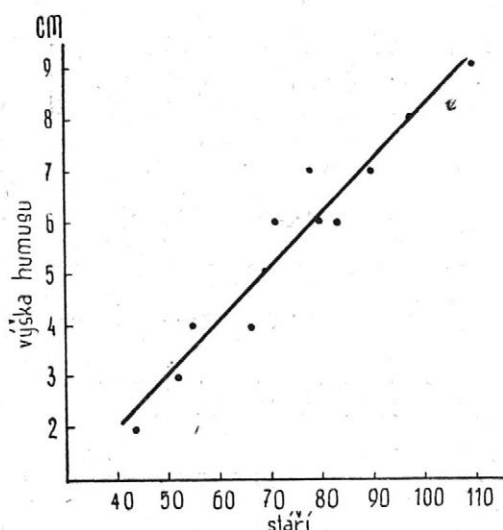
Největší množství uhlíku obsahovaly jehlice, dále následovaly větve o průměru přes 0,5 cm a ostatní druhy opadu. Z hlediska půdně biologických pochodů i z hlediska výživy lesních dřevin je důležitý na těchto půdách dusík. Největší procento dusíku obsahoval opad tvořený různými druhy hmyzu, kde dusík tvořil 7,46 % suché váhy. Z vlastních částí stromů (borovice) obsahovaly nejvíce dusíku šišky, dále následoval květ, jehlice, větve do 0,5 cm, borka, pupeny a nejméně dusíku obsahovaly větve o průměru větším než 0,5 cm.

Neméně důležitým je i obsah popele v jednotlivých druzích opadu, podle něhož je možno do určité míry usuzovat na nároky a na spotřebu minerálních látek dřeviny. Největší množství popele bylo zjištěno v opadu tvořeném pupeny, dále následovala borka, jehlice, květ, větve do 0,5 cm, větve přes 0,5 cm a šišky. Zvlášť velké množství popele bylo zjištěno v opadu tvořeném hmyzem.

Z rozborů jednotlivých druhů opadu vyplývá, že nejvíce přispívá ke koloběhu látek v borovém porostu jehličí. Jeho opadem se dostává v porostu 94 r. starém, zakmenění 9, na povrch půdy ročně kolem 950 kg uhlíku, vrací se půdě kolem 38 kg popele a 11 kg dusíku na hektar. Důležitý z hlediska koloběhu látek je i opad borky a větví o průměru do 0,5 cm, kterým se vrací do půdy značná část popelovin.

Organický opad dopadající v borových porostech nepřetržitě na povrch půdy, podléhá postupem doby mikrobiálnímu rozkladu. Rychlost tohoto rozkladu při stejných podmínkách teplotních a vlhkostních je závislá na druhu opadu a na

bohatosti půdy. Na zkoumaném území, jehož půdy jsou velmi chudé na obsah minerálních látek, s nepříznivými vlhkostními poměry, porostlé většinou borovicí, je mikrobiální rozklad opadu velmi pomalý. S postupujícím stářím porostu dochází proto k hromadění opadu v podobě suchého surového humusu, který dosahuje v porostech VI. věkové třídy až 9 cm mocnosti. Závislost výšky surového humusu na stáří porostu je vysoce průkazná, neboť korelační koeficient $r = 0,97 \pm 0,08$ ($P_{0,01}$ při $N_{10} = 0,71$). Tuto závislost je možno vyjádřit graficky takto:

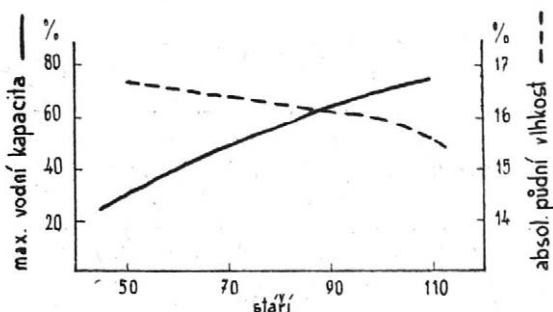


Graf 1. Závislost výšky suchého surového humusu na stáří porostu

Závislost je tedy možno vyjádřit rovnicí:

$$y = 0,1x - 1,89$$

(y = výška humusu, x = stáří porostu).



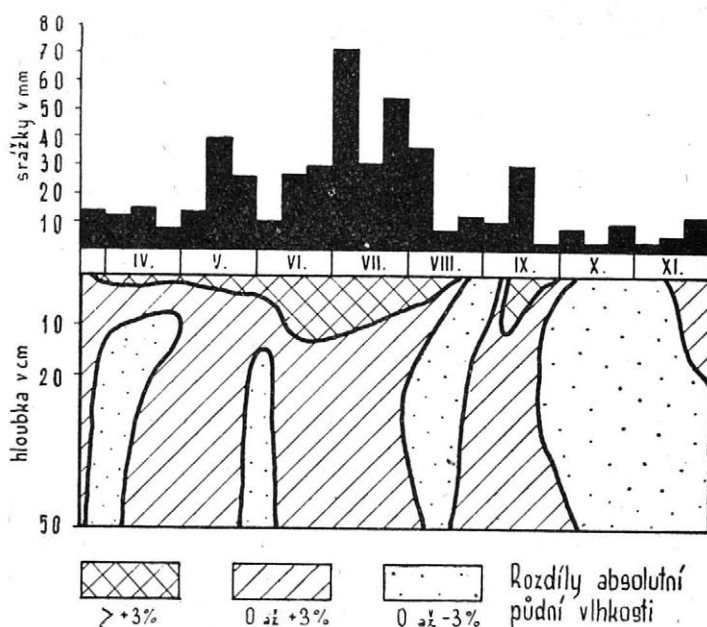
Graf 2. Závislost maximální vodní kapacity a absolutní půdní vlhkosti na stáří porostu. (Maximální vodní kapacita měřena ve vrstvě humusu, půdní vlhkost těsně pod humusovou vrstvou)

V mladších borových porostech I. a II. věkové třídy je vrstva surového humusu nepatrná. V porostech středního stáří (III. a IV. věkové třídy) však již dosahuje výšky, kterou může značně ovlivňovat půdotvorné procesy, hydrologické poměry i podmínky pro přirozenou a umělou obnovu. V mýtných porostech, kde dosahuje vrstva surového humusu porostlá vakciniemi 7 až 9 cm, velmi ztěžuje přípravu půdy pro umělou obnovu a znemožňuje přirozenou obnovu. Zde působí především jako mechanická zábrana přístupu semene k minerální půdě. V druhé řadě ovlivňuje nepříznivě i vodní bilanci svrchních horizontů půdního profilu.

Ačkoliv maximální vodní kapacita suchého surového humusu se stářím porostu stoupá, průměrná absolutní vlhkost během vegetační doby pod vrstvou surového humusu klesá (viz graf 2).

Z průběhu absolutní půdní vlhkosti, který byl měřen během roku 1955 v porostu s vrstvou surového humusu 2 cm a v porostu s vrstvou surového humusu 9 cm silnou, vyplývá zřetelně aktivní vodní bilance ve prospěch porostu mladšího. Zvýšená půdní vlhkost se projevuje u porostu III. věkové třídy (44 roků) během vegetačního období zvláště v nejsvrchnějších horizontech, těsně pod vrstvou surového humusu, v období zvýšených atmosférických srážek. V těchto obdobích je zvýšená vlhkost v menším měřítku i v hlubších vrstvách půdního profilu. Naproti tomu v porostě VI. věkové třídy (112 r.) je o málo větší vlhkost půdního profilu pouze v delších bezsrážkových obdobích, kdežto ve zbývajících obdobích roku je nižší než ve středně starém porostu s nízkou vrstvou surového humusu. K menší

Graf 3. Chronoizoplety rozdílů půdní vlhkosti porostů III. a IV. věkové třídy



vlhkosti půdy pod humusovou pokrývkou starších porostů na pleistocenních uloženinách dochází podle Bartelse a Heinricha vlivem špatné propustnosti vody suchým surovým humusem

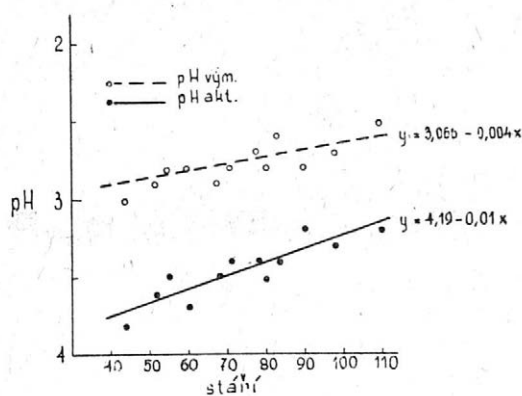
Se stářím borových porostů zvyšující se vrstva suchého surového humusu ovlivňuje i směr půdně biologických pochodů. Již při stavovení aktivní a výměnné acidity je možno pozorovat její zvyšování se stoupající vrstvou surového humusu, a tedy i se stářím borových porostů.

Jak je patrné z grafu 4, se stoupajícím stářím borových porostů se zvyšuje acidita aktivní i výměnná. Ve starších borových porostech VI. věkové třídy dosahuje acidita extrémních hodnot ($\text{pH akt.} - 3,15$ vým. = $2,35$). Pokrývka surového humusu v borových porostech se však vyznačuje nejen vysokou aciditou, ale i velkou stálostí vůči změnám koncentrace H-iontů . Ústojčivost je mnohem větší v surovém humusu starších porostů, jak ukazuje následující obrázek.

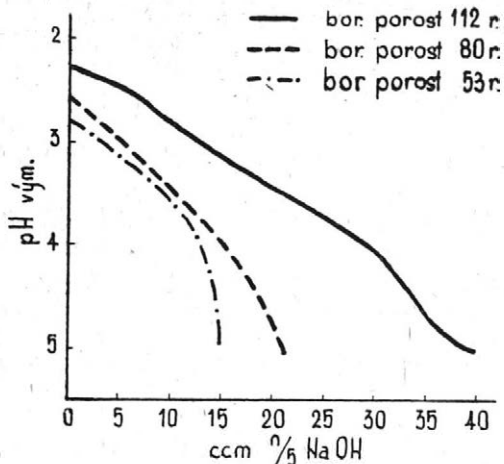
Ačkoli věkový rozdíl dvou starších porostů činí pouze 32 roků a rozdíl ve výšce surového humusu 3 cm, je rozdíl v ústojčivosti humusové vrstvy



3. Půdní profil v porostu č. 3. Vrstva surového humusu dosahuje až 9 cm mocnosti



Graf 4. Závislost acidity humusu na stáří porostu



Graf 5. Výsledky elektrometrické titrace

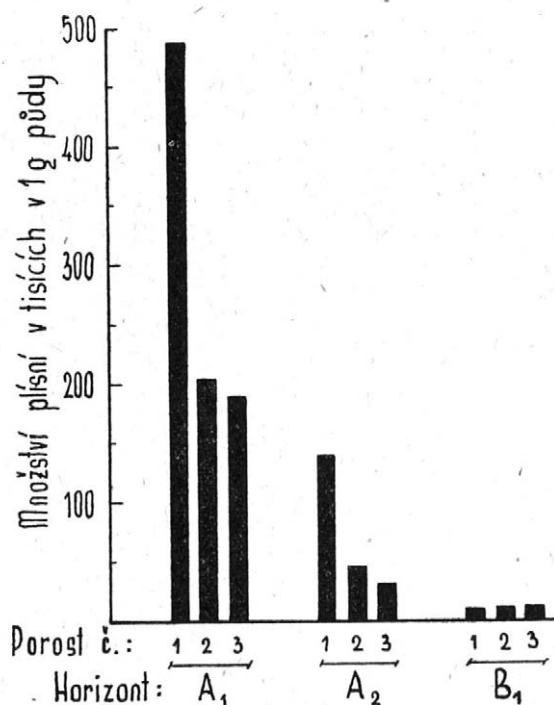
obou porostů značný. V humusové vrstvě staršího porostu se velká část iontů zásady nebo soli adsorbuje, takže dochází jen velmi pozvolna ke snížení kyselosti. Tento jev má praktický důsledek při odkyselení této vrstvy např. vápněním.

Nejen však půdní reakce, která je projevem půdotvorných pochodů, ale i přímo studium jednotlivých půdně biologických pochodů ukazuje na postupné zhoršování vlastností surového humusu se stářím borových porostů.

Nejvíce rozšířenými mikroorganismy v lesních půdách jsou plísňe, podle nichž lze do určité míry posuzovat půdotvorné procesy.

Největší množství plísni bylo zjištěno v humusové vrstvě porostu nejmladšího a nejmenší množství u porostu nejstaršího. Rovněž v horizontu A₂ bylo zjištěno největší množství v porostu nejmladším. Naпротив tomu v horizontech B₁, kde bylo zjištěné množství plísni podstatně nižší, byl jejich obsah ve všech porostech téměř shodný. Vcelku však vykazují půdní profily mladších porostů větší zastoupení plísni. Na základě novějších prací (Chalabuda, 1948, Bernát, 1954, Ambrož, 1954) je možno v příznivějších půdotvorných procesech očekávat vyšší množství plísni i jejich bohatší kvalitativní zastoupení.

Jak svědčí rodové zastoupení plísni v humusových vrstvách, jeví se kvalitativní složení u všech tří borových porostů rodově téměř shodné, s největším zastoupením



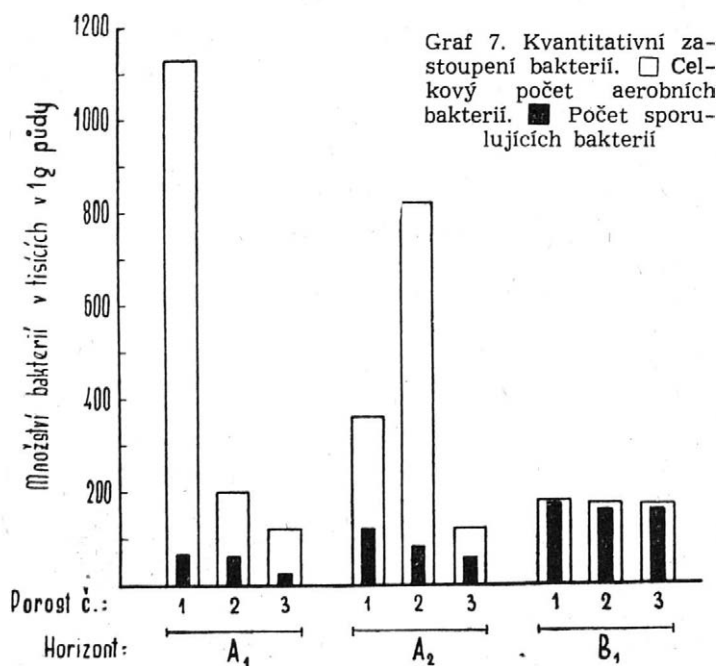
Graf 6. Celkové množství plísni (průměr ze sládky a Czapkovy živné půdy)

V. Kvalitativní zastoupení plísňí v procentech

Horizont	A ₀			A ₂			B ₁		
Porost	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Penicillium	87	79	88	31	45	18	28	26	27
Mucor	3	3	6	2	1	13	3	0	5
Trichoderma	1	0	0	0	2	0	0	0	0
Fusarium	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Rhizopus	0	0	2	3	4	3	8	0	22
Aspergillus	2	9	1	1	4	0	0	4	0
Mycelium sterillum	7	9	3	63	43	66	61	70	46

rodu *Penicillium* a podstatně menším zastoupení rodů *Mucor*, *Aspergillus*, *Trichoderma* a *Rhizopus*. Ve spodnějších horizontech (A₂, B₁) je podstatně menší zastoupení rodu *Penicillium*, naproti tomu se značně zvyšuje zastoupení *Mycelium sterillum*.

Rovněž kvantitativní zastoupení aerobních bakterií vykazovalo největší hodnoty v humusové vrstvě nejmladšího porostu a velmi výrazně klesalo se stářím porostu, takže u porostu VI. věkové třídy činilo pouze 1/10 množství porostu III.



věkové třídy. Ve spodnějších horizontech není tento rozdíl tak výrazný, přesto však nejstarší porost dosahoval rovněž menšího množství bakterií než porosty mladší.

Počet sporulujících bakterií vykazoval dvě zákonitosti. Stoupal u všech tří půdních profilů směrem do hloubky a klesal v jednotlivých horizontech se stářím porostu. Výjimku činil jedině spodní horizont, kde rozdíly v obsahu sporulujících

bakterií nebyly výrazné. Tyto výsledky potvrzují pozorování Mišustina (1948), který je vysvětluje činností sporulujících bakterií při přeměně stabilnějších forem organických látek.

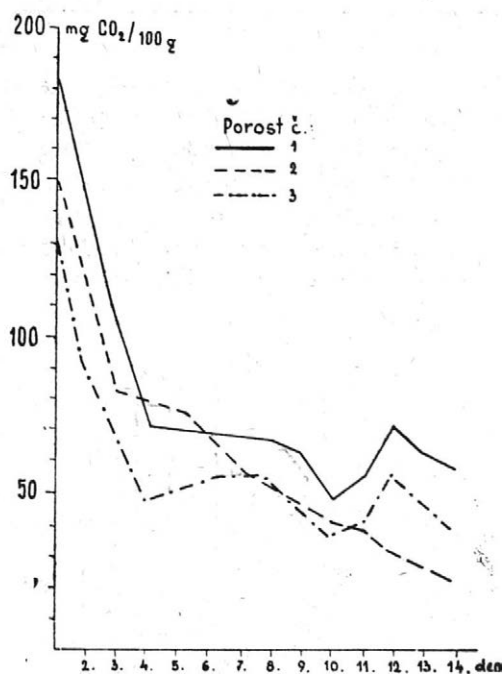
Měřítkem životní činnosti mikroorganismů je biologická aktivita, měřená podle intenzity vývoje CO_2 . Podle ní můžeme usuzovat na schopnost mineralizace jednotlivých horizontů, což je zejména důležité v našem případě, kdy dochází k hromadění humusu v borových porostech právě vlivem jejich malé mineralizační schopnosti.

Průběh produkce CO_2 v horizontech jednotlivých porostů jsme sledovali po dobu 14 dnů.

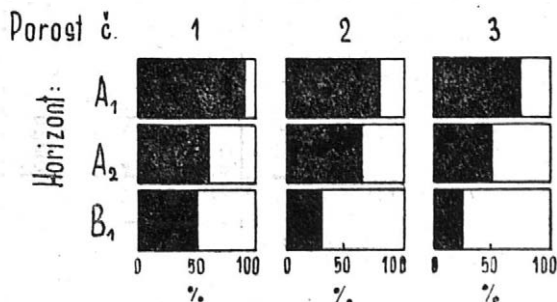
Jak je z obrázku patrné, vykazovala humusová vrstva nejmladšího porostu největší biologickou aktivitu jak na počátku pozorování, tak i v celkové bilanci. V nejstaším porostu byla biologická aktivita nejslabší. Maximální produkce CO_2 bylo dosaženo vždy 1 den po kompostování půdního vzorku. V dalším časovém úseku měla produkce CO_2 tendenci sestupnou až do 10. dne od počátku měření, kdy u nejmladšího a nejstaršího porostu přechodně stoupala. Stejný průběh hodnot, avšak o 80 % až 90 % nižších byl zjištěn u horizontů spodnějších. Zde však rozdíly mezi jednotlivými porosty nebyly tak výrazné jako u humusové vrstvy. Z celkového průběhu hodnot biologické aktivity vyplývá, že půdní profil, a zvláště humusová vrstva nejmladšího porostu je biologicky nejaktivnější a rozklad ústrojných látek zde probíhá podstatně rychleji než v porostu nejstarším.

S biologickou aktivitou úzce souvisí rozklad celulózy, která tvoří podstatnou část rostlinné hmoty, dopadající na půdní povrch borových porostů. Rozklad celulózy probíhal ve všech sledovaných půdních vzorcích značně pomalu. První kolonie plísní, rozkládající celulózu, se objevily teprve po 48 dnech. V grafu 9 je znázorněn stupeň rozkladu celulózy v horizontech jednotlivých porostů.

Rozklad celulózy probíhal nejrychleji v humusových vrstvách porostů a směrem do hloubky se zmenšoval. Rovněž i zde, v soulase s největším zastoupením mikroorganismů a vyšší produkce CO_2 , probíhal rozklad nejintenzivněji u porostu nejmladšího a s postupujícím stářím porostů se zmenšoval.



Graf 8. Biologická aktivita humusových vrstev



Graf 9. Stupeň rozkladu celulózy v procentech po 60 dnech pozorování

Pro posouzení intenzity mineralizace jsou důležitá stanovení amonizace a nitrifikace. Tato zjištění jsou zvláště důležitá v půdách borových porostů na pleistocenních uloženinách, kde koloběh dusíku hraje významnou roli.

VI. Amonizační a nitrifikační mohutnost jednotlivých horizontů. Hodnoty amonizace jsou udány v $mg\ NH_3$ a nitrifikace v $mg\ NO_3$ na 1000 g suché zeminy

Porost č.	Amonizace			Nitrifikace		
	horizont			horizont		
	A ₀	A ₂	B ₁	A ₀	A ₂	B ₁
1	149,6	108,8	87,2	1,0	0,4	0
2	122,4	68,0	55,2	0,6	0,2	0
3	136,0	81,6	67,2	0,8	0,2	0

Z tabulky vyplývá, že amonizační a nitrifikační mohutnost je ve všech horizontech zkoumaných porostů velmi malá. A opět největší je v humusové vrstvě porostu nejmladšího a s postupujícím stářím se zmenšuje. Směrem do hloubky u všech porostů amonizace i nitrifikace ubývá. Zvláště nízké hodnoty byly naměřeny u nitrifikační mohutnosti, což svědčí o velmi nepříznivém prostředí pro životní činnost nitrifikačních bakterií v půdních profilech.

Výsledkem životní činnosti mikroorganismů, které se zúčastňují na rozkladu organických zbytků jsou humusové látky, jejichž podrobnou analýzou ve spojení s mikrobiologickými rozbory můžeme usuzovat na směr půdotvorných pochodů. Hrubou představu o humusových látkách v půdním profilu nám dává obsah C a N a jejich vzájemný poměr.

VII. Obsah uhlíku a dusíku v procentech

Po- rost č.	C			N			C : N		
	horizonty								
	A ₀	A ₂	B ₁	A ₀	A ₂	B ₁	A ₀	A ₂	B ₁
1	17,4	0,6	0,12	1,33	0,19	0,11	13,1	3,1	1,1
2	18,4	0,3	0,09	1,45	0,14	0,08	12,7	2,1	1,1
3	19,5	0,3	0,09	1,83	0,09	0,05	9,6	3,3	1,8

Výsledky měření dokazují, že v humusové vrstvě s postupujícím stářím porostů přibývá množství organického uhlíku a dusíku. Směrem do hloubky jejich obsah prudce ubývá, a to větší měrou u starších porostů. Poměr C : N nám ve směs ukazuje na těžko rozložitelnou organickou hmotu, téměř ve všech horizontech.

Podrobnější analýzou humusu jsme zjistili kvalitativní a kvantitativní zastoupení humusových látek v humusových vrstvách jednotlivých porostů.

Z rozborů především vyplývá, že v humusových vrstvách borových porostů stoupá s postupujícím stářím obsah půdních bitumů (vosků a pryskyřic), které inhibičně působí na mikrobiální procesy. Huminových kyselin je nejméně v hu-

VIII. Výsledky analýzy humusu

Porost		1	2	3
Bitumy	% C k zemině	0,60	0,82	1,05
	% C k celk. C	3,49	4,46	5,37
Dekalcinace n Na ₂ SO ₄	% C k zemině	0,27	0,17	0,58
	% N k zemině	0,018	0,024	0,035
	% C k celk. C	1,57	0,92	3,02
	% N k celk. N	1,35	1,68	1,92
Humínové kyseliny	% C k zemině	2,55	2,20	2,53
	% N k zemině	0,082	0,126	0,140
	% C k celk. C	14,83	11,95	9,95
	% N k celk. N	6,15	8,61	7,64
Fulvokyseliny	% C k zemině	7,45	7,72	8,39
	% N k zemině	0,247	0,245	0,223
	% C k celk. C	45,06	41,93	43,05
	% N k celk. N	18,55	16,79	17,63
Humíny	% C k zemině	6,01	6,70	6,92
	% N k zemině	0,913	0,998	1,289
	% C k celk. C	34,91	36,39	37,96
	% N k celk. N	68,55	68,39	70,19
Celkem	% C k zemině	16,88	17,61	19,47
	% N k zemině	1,260	1,393	1,687
	% C k celk. C	99,86	95,65	99,35
	% N k celk. N	94,60	95,47	97,38

musové vrstvě porostu středně starého, kdežto v nejmladším a nejstarším porostu je množství téměř shodné. Srovnáme-li však procentické zastoupení huminových kyselin vzhledem k celkovému množství uhlíku, vidíme, že jejich podíl klesá s postupujícím stářím porostu. Naproti tomu však podíl dusíku stoupá, což svědčí o menší rozložitelnosti těchto látek v humusové vrstvě, s postupujícím stářím porostu.

Množství fulvokyselin ukazuje na podzolizační proces v humusových vrstvách všech tří zkoumaných porostů. Zvyšující se poměr huminových kyselin k fulvokyselinám s postupujícím stářím borových porostů svědčí o zvyšující se podzolizační činnosti.

Poměrně značnou část celkového uhlíku i dusíku představovaly humíny (nehydrolyzovatelný podíl bioorganominerálního sorpčního komplexu), a to u humusových vrstev všech porostů. Jejich množství stoupalo s postupujícím stářím porostů.

Doplňující analýzou huminových kyselin jsme zjistili, že tyto jsou tvořeny pouze frakcí a), která představuje podle T j u r i n a hnědé humínové kyseliny (ulmínové kyseliny) charakteristické pro lesní půdy. Frakce b), která je tvořena černými (vlastními) huminovými kyselinami zjištěna nebyla.

U fulvokyselin byly zjištěny všechny 4 frakce, tvořící vlastní fulvokyseliny.

Nejvíce zastoupenou frakcí je frakce a, která je charakteristická pro podzoly. Je tvořena jednak volnými fulvokyselinami, jednak fulvokyselinami, nacházejícími se ve sloučeninách s hliníkem a železem. Podíl této frakce se zvyšoval se stářím porostů. Další frakce, b a c, které tvoří komplexy s huminovými kyselinami se

Porost č.		1	2	3
Frakce a)	% C	2,07	2,47	3,30
	% N	0,076	0,046	0,109
Frakce b)	% C	2,18	2,03	2,09
	% N	0,066	0,080	0,083
Frakce c)	% C	2,18	2,21	1,99
	% N	0,063	0,063	0,081
Frakce d)	% C	1,02	1,01	1,09
	% N	0,042	0,056	0,050
Celkem	% C	7,45	7,72	8,39
	% N	0,247	0,245	0,223

vyskytovaly v nejmladším porostu ve větším množství, než v porostu nejstarším. Frakce *d*, která tvoří nejstálejší komplexy fulvokyselin a humínových kyselin, se vyskytovala v humusových vrstvách všech porostů s přibližně stejnými hodnotami.

Kvalitativní analýzy humusových látek, především zvýšený obsah fulvokyselin dokazují, že v půdních profilech všech tří porostů dochází k zvýšenému podzolizačnímu procesu. Proces podzolizace je intenzivnější s postupujícím stářím borových porostů.

Z á v ě r

V borových porostech na písčitých půdách pleistocenních teras s nedostupnou hladinou podzemní vody dochází k hromadění organického opadu v podobě surového humusu. V porostu V. věkové třídy bylo naměřeno 3614 kg/ha ročního množství opadu, z čehož bylo 60,4 % jehlic, 14,4 % borky, 11,1 % šišek, 7,2 % větví o průměru menším než 0,5 cm, 5,2 % větví o průměru větším než 0,5 cm, 0,3 pupenů, 0,26 % květů a 0,14 % hmyzu.

Organický opad v podobě surového humusu stoupá v borových porostech s jejich stářím. Vztah je možno vyjádřit rovnicí: $y = 0,1x - 1,89$ (y = výška surového humusu, x = stáří porostu).

Zvyšující se vrstva surového humusu s postupujícím stářím borových porostů nepříznivě ovlivňuje vodní bilanci svrchních horizontů půdního profilu. Se stoupajícím stářím borových porostů se zvyšuje aktivní a zejména výměnná acidita humusové vrstvy.

Zvyšující se vrstva surového humusu ovlivňuje i směr půdně-biologických pochodů. S postupujícím stářím borových porostů, a tím i se zvyšováním vrstvy surového humusu, dochází v půdním profilu k poklesu počtu plísňí, i celkového množství bakterií. Se stoupajícím stářím porostů se snižuje biologická aktivita půdního profilu, schopnost rozkládat celulózu a snižuje se i mohutnost amonizace a nitrifikace.

Z analýzy humusu vyplývá, že s postupujícím stářím borových porostů se zvyšuje v humusových vrstvách obsah bitumů i humínů. Stoupající množství fulvokyselin ukazuje na zvýšenou podzolizační činnost ve starých porostech.

Diskuse

Výsledky výzkumu dávají z hlediska půdotvorných pochodů předpoklad vhodného počátku obnovy v borových porostech na těchto stanovištích v době, kdy podzolizační proces nedosáhl svého maxima a kdy je ještě vrstva surového humusu dobře zpracovatelná pro přípravu půdy k obnově. S ohledem na tyto skutečnosti se jeví vhodný počátek obnovy borových porostů v této oblasti kolem 80 let stáří porostů. V této době, kdy se výška surového humusu pohybuje kolem 6 cm, lze k přípravě půdy ještě použít vhodných mechanizačních prostředků (např. půdní frézy). Rovněž půdně-biologické poměry dávají ještě předpoklad úspěšné obnovy i náročnějších dřevin, s menšími melioračními zásahy, než v případech pozdějšího počátku obnovy, kdy proces podzolizace již dosahuje vyššího stupně.

Literatura

1. Alway F. X. and Zon R.: Quantity and nutrient contents of pine leaf litter. 1930, Journ. of Forestry 28 : 715-272. — 2. Ambrož Z.: Výsledky mikrobiologického průzkumu koloběhu C a N v různých lesních půdách. 1954, Sb. ČAVZ, řada A, 27, 5 : 385-400. — 3. Bartels J.: Verdunstung, Bodenfeuchtigkeit und Sinkerwasser unter natürlichen Verhältnissen, 1933, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw.: 204. — 4. Ebermayer S.: Die gesamte Lehre der Waldstreu. 1876. — 5. Fehér D.: Untersuchungen über die Mikrobiologie des Waldbodens. 1933, Berlin. — 6. Fjodorov M. V.: Rukovodstvo k praktičeským zanjatijam po mikrobiologii. 1951, GISL, Moskva. — 7. Gebauer J.: Wann kann man die Verjüngung verheideter Kiefernkrüppelbestände mit Aussicht auf Erfolg ausführen? 1935, Sud. Forst- u. Jagdztg. 35 : 154-155. — 8. Goetz: Zum Bodenflorawechsel auf den absoluten Kiefern Böden Schlesiens. 1943, Allg. Forst- u. Jagdztg. 119 : 1-8. — 9. Heinrich F.: Wasserfaktor und Kiefernwirtschaft auf diluvialen Sandböden Norddeutschlands. 1936, Zeitsch. f. Forst- u. Jagdw. 68 : 245-279, 353-390. — 10. Chala-buda T. V.: Rezultaty issledovanij mikroflory počv. 1948, Mikrobiologia 17 (4) : 257-268. — 11. Klika J. — Novák V. — Gregor A.: Praktikum fytocenologie, ekologie, klimatologie a půdoznalství. 1954, ČSAV, Praha. — 12. Mikyška R.: Fytosociologická studie terasového území v dolních částech povodí Orlice a Loučně. 1956, Sb. ČAVZ, Lesnictví 29 : 313-370. — 13. Mišustin E. N.: O roli sporonosnych baktérij v počvennych procesach. 1948, Mikrobiologia 17 (3) : 201-207. — 14. Mišustin E. N.: Učeniye Dokučajeva, Kostyčeva i Viljamsa o počvě i vopros o sostavě mikroorganizmov v rostitel'nyh formacijach. 1950, Mikrobiologia 19 (1) : 11-23. — 15. Pozdnjakov L. K.: O nakoplenii lesnoj podstilky v sosnovych lesach. 1953, Dokl. AN SSSR 93 : 1111-1113. — 16. Sacharov M. I.: Organičeskij otpad v lesnyh fytocenosach. 1939, Počvovedeniye No. 10 : 17-24. — 17. Schneider B.: Untersuchungen über den Einfluß des Unterbaues auf den biologischen Zustand des Auflagehumus in nordwestdeutschen Kieferngebiet. 1940, Zeitsch. f. Forst- u. Jagdw. 72 : 87-126. — 18. Süchting H.: Die Ernährungsverhältnisse des Waldes. 1943, Allg. Forst- u. Jagdztg. 119 : 29-42, 64-75. — 19. Šatn'ov V. I.: K metodike opredelenija biologičeskoj aktivnosti počvy. 1948, Dokl. VASCHN im L.

17 (6): 27-33. — 20. Tjurin I. V.: K metodike analiza dlja sravnitel'nogo izučeniia sostava peregnaja ili gumusa. 1951, Tr. Počv. in-ta AN SSSR, 28. — 21. Wittisch W.: Untersuchungen über den Verlauf des Streuzersetzungen auf einem Boden mit Mullzustand. 1939, Forstarchiv 15: 96-111.

Влияние лесного опада на условия образования почвенного перегноя в сосновых насаждениях на плейстоценовых песках

В сосновых насаждениях на лесчанных почвах плейстоценовых террас с недоступным горизонтом грунтовых вод происходит накопление органического опада в виде сырого перегноя. В насаждении у возрастного класса было установлено 3614 кг/га ежегодного опада, в том числе 60,4 % хвои, 14,4 % отмершей коры, 11,1 % шишек, 7,2 % веток диаметром менее 0,5 см, 5,2 % веток диаметром более 0,5 см, 0,3 % почек, 0,26 % цветов и 0,14 % насекомых.

В сосновых насаждениях органический опад в виде сырого перегноя увеличивается вместе с увеличением возраста насаждения. Это отношение можно выразить уравнением: $y = 0,1x - 1,89$ (y = высота слоя сырого перегноя, x = возраст насаждения).

Слой сырого перегноя, увеличивающийся с увеличением возраста насаждения, оказывает неблагоприятное влияние на водный баланс верхних горизонтов почвенного профиля. С увеличением возраста сосновых насаждений увеличивается также активная и в особенности обменная кислотность слоя перегноя.

Увеличивающийся слой сырого перегноя оказывает влияние и на направление почвенно-биологических процессов. С увеличением возраста сосновых насаждений, а вместе с тем и увеличением слоя сырого гумуса, в почвенном профиле наступает снижение количества плесеней и общего количества бактерий. С увеличением возраста насаждения уменьшается биологическая активность почвенного профиля, способность разлагать целлюлозу и также снижается интенсивность аммонизации и нитрификации.

Из анализа перегноя вытекает, что с повышением возраста сосновых насаждений в слоях перегноя увеличивается содержание битумов и гуминов. Увеличение количества фульвокислот указывает на повышенную оподзоливающую активность в старых насаждениях.

The Effect of fallen Pine-needles on the Humus Conditions of the Pine-woods on the Pleistocene Sands

In pine stands on sandy soil of Pleistocene terraces with ground water level in inaccessible depth the annual fall off accumulates as rough humus. The annual amount of such fall off measured in a stand, belonging to the 5th class of age, was 3614 kg per ha. It was composed of 60.4 p. c. of pine needles, 14.4 p. c. of dead bark, 11.1 p. c. of cones, 7.2 p. c. of branches smaller than .5 cm in diameter, 5.2 p. c. of branches larger than .5 cm in diameter, .3 p. c. of buds, .26 p. c. of flowers and .14 p. c. of insects.

The organic fall off in pine stands becoming humus increases in volume with the growing age of the stand. This ratio can be expressed by the following equation: $y = .1x - 1,89$ (y is the height of the rough humus layer and x — the age of the stand).

The layer of rough humus increasing with the growing age of the stand exercises an unfavourable influence upon the water balance in the upper horizons of the soil profile. The active, and especially the exchange acidity of the humus layer also rise with the growing age of the pine stand.

The thickening layer of rough humus also influences the direction of biological processes going on in the soil. Together with the growing age of the stand and the following increment of the humus layer the amount of mould in the soil profile becomes smaller and so does the number of bacteria. The biological activity to decompose cellulose and the intensity of ammonization and nitrification.

Analyses of humus bring evidence that the amount of bitums and humins in the layer of humus increases together with the growing age of the stand. And the larger amount of fulvo-acides shows an intensification of activities which lead to the lixiviation of the soil.

Klasifikace a charakteristika dynamiky půdní vlhkosti v lesních oblastech ČSR

Классификация и характеристика динамики влажности почвы
в лесных областях Чехословакии

Klassifikation und Charakteristik der Dynamik der Bodenfeuchtigkeit in den Wald-
gebieten der Tschechoslowakischen Republik

Prof. dr. inž. Josef PELÍŠEK, člen-korespondent ČSAZV

Došlo dne 21. IV. 1958

Úvod

Voda má v půdě význam půdotvorný a biologický, neboť různá dynamika vody podmiňuje průběh určitých půdotvorných procesů s tvorbou určitých půdních typů a různá dynamika vody v půdě umožňuje vznik a vývoj určitých fytoocenóz nebo biocenóz. Vlhkostní dynamika půd je ovlivňována řadou činitelů, jako vzdušnými srážkami, teplotou a výparem, výškou hladiny podzemní vody, vegetací, zrnitostním a fyzikálním stavem půdy, povrchovým humusem, reliéfem terénu a hospodářskými a pěstebními zásahy.

Dynamiku vodního režimu možno nejlépe poznat a vyjádřit sledováním obsahu momentní (absolutní) vlhkosti půdní, kdy podle obsahu vody v půdě v určitém momentu možno veškeré půdy rozdělit na suché, mírně vlhké, čerstvě vlhké, vlhké, mokré a zbahnělé. Obsah vody v půdách suchých, mírně vlhkých atd. udává tabulka I., sestavená na podkladě rozsáhlých studií vlhkosti našich lesních půd v terénu a v laboratoři.

I.

Půdy	Značky vlhkosti v diagramech	Obsah vody v půdách		
		lehčích jíl 1–30 %	hlinitých jíl 30–45 %	těžkých jíl 45–75 %
suché	s	2–4	4–8	8–15
mírně navlhle	mv	4–8	8–15	15–25
čerstvě vlhké	čv	8–12	15–25	25–35
vlhké	v	12–18	25–35	35–45
mokré	m	18–30	35–45	45–55
zbahnělé	zb	>30	>45	>55

Při studiu vlhkosti našich lesních půd se ukázala potřeba rozdělit veškeré naše lesní půdy podle dynamiky roční vlhkosti do určitých vlhkostních typů, resp. vlhkostních skupin. To má velký význam vědecký a zejména pak praktický, neboť lesní půdy s různou vlhkostní dynamikou mají odlišné vlastnosti produkční, možno na nich např. pěstovat lesní porosty jen určitými hospodářskými způsoby, vlhkostní dynamika půd určuje do značné míry vhodné dřevinné složení porostů, určuje vnitřní prostorovou úpravu lesa (zejména počet etází), vhodnost různých pěstebních zásahů, vhodnost a úspěch různých způsobů zalesňovacích aj.

Na podkladě výsledků z dlouholetých výzkumných prací byl vypracován rámcový návrh na rozdělení půdní vlhkosti v našich lesních půdách, a to podle roční dynamiky okamžité vlhkosti. Jako základní kritérium byla brána vlhkost (obsah vody ve váhových procentech) půd ve svrchních vrstvách v letním období (resp. počátek podzimu), kdy je zpravidla v půdách nejméně vody. Podle toho bylo stanoveno celkem 6 hlavních vlhkostních skupin, které jsou podrobněji rozděleny na jednotlivé vlhkostní typy. Je to první pokus o rozdělení dynamiky vlhkosti v půdách lesních oblastí ČSR, který bude třeba ještě v mnohém směru doplnit a řádně prohloubit.

Charakteristika skupiny vlhkostního typu č. 1. (půdy suché)

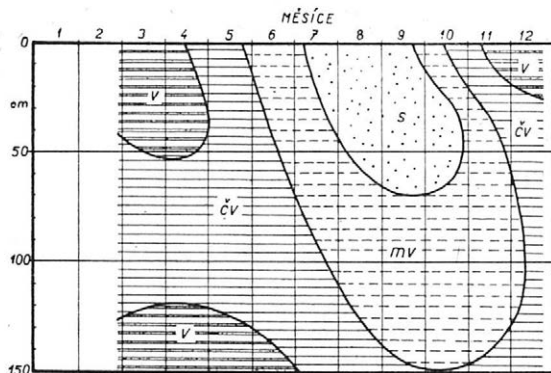
Dynamika této vlhkostní skupiny je charakterizována velkými změnami půdní vlhkosti během roku, a to zejména ve svrchních vrstvách půdních. V letním období — zejména v jeho druhé polovici a na počátku podzimu — objevuje se velká ztráta vody v půdách a půdy jsou proschlé i do značných hloubek. V jarních měsících a v pozdějším podzimu jsou svrchní půdní vrstvy převážně čerstvě vlhké až vlhké a spodiny mírně nebo čerstvě vlhké. Značně kolísavá a místy až extrémní dynamika tohoto vlhkostního typu půd má za následek i velmi kolísavou dynamiku vzdušného režimu v půdách a značné amplitudy v půdních teplotách. Půdy s tímto vlhkostním typem jsou rozšířeny hlavně v nížinné a zčásti i pahorkatinné oblasti s menším množstvím dešťových srážek, zvýšenými teplotami a zvýšeným výparem. Tato vlhkostní dynamika podmiňuje do značné míry tzv. nížinnou podzizolaci. Vegetačně jsou tyto oblasti charakterisovány převážně dubovým stupněm a na těchto půdách s výrazně měnlivými vlhkostními poměry nutno také velmi opatrně hospodařiti v lesních porostech.

Vlhkostní typ 1a

Roční dynamika tohoto vlhkostního typu půd se vyznačuje velkými rozdíly v obsahu vody ve svrchních půdních vrstvách a v letním období velkou ztrátou vody do značných hloubek v půdních profilech. V jarních měsících jsou svrchní vrstvy půdní vlhké nebo čerstvě vlhké, kdy zvýšená vlhkost je způsobena jarními srážkami anebo z tajícího sněhu. Při zvýšeném výparu vody z půdního povrchu nedostává se zvýšený obsah vody ze svrchních vrstev do spodin, takže tyto jsou jen mírně vlhké až čerstvě vlhké. Zásoby zimní vláhy jsou zde tedy malé. V měsících květnu a červnu jsou to půdy převážně jen mírně vlhké. V letním období — zejména vlivem vysokého výparu z půdního povrchu a zvýšeným odběrem vody lesními porosty — dochází k velkým ztrátám vody v celém půdním profilu, a tím také k jeho hlubokému proschnutí. V červenci a někdy i v srpnu se nepravidelně objevuje mírná až čerstvá vlhkost přechodného rázu v nejsvrchnějších půdních vrstvách vlivem zvýšených letních srážek, která se ale rychle ztrácí. V podzimních měsících se opět zvyšuje množství vody ve svrchních vrstvách, ač-

koliv přeschlé spodiny zůstávají ještě delší dobu suché (říjen a někdy i listopad). (Viz diagram č. 1.)

1. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 1 a



Z půdních typů mají tento vodní režim některé černozemě na spraších, rendziny na vápencových nebo dolomitických svahových sutích a na přesypových písčích, dále pak některé nížinné podzoly písčitohlinitého až hlinitého rázu. Tato dynamika půdní vlhkosti je značně rozšířena v našich nížinných oblastech s malým množstvím dešťových srážek, dosti vysokými letními teplotami a vysokým výparem. To má za následek také značné kolísání teplotných a vzdušných poměrů půdních. Pod jehličnany se tvoří různě mocná vrstva suchého a surového humusu. Tento typ vodního režimu v kyselejších a minerálně chudších půdách má za následek nížinnou podzolizaci s tvorbou slehlých až nepropustných spodin a s následnou degradací půd.

Ze skupin lesních typů mají tuto vlhkostní dynamiku hlavně půdy v extrémních *Quercetech*, *Querceto-Pinetech* a *Corneto-Quercetech*.

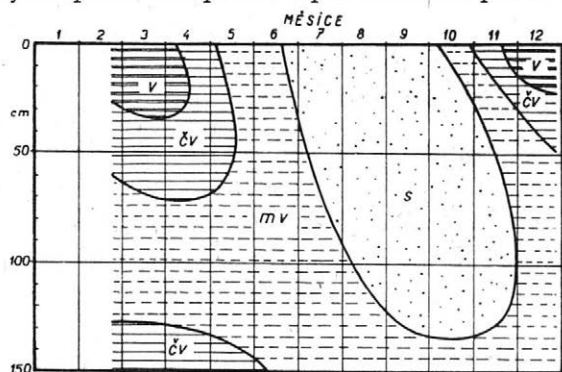
Z hlediska produkční schopnosti půd je to vodní režim značně nepříznivý, způsobující často nízké, prořídle a někdy i netvárné porosty. Hospodářské a pěšební zásahy do porostu vyžadují zde značné opatrnosti. Nutno mít na zřeteli stále krytí půdy a v mezích možnosti zavedení spodní krycí etáže. Značné obtíže dělá zde také zalesňování půd, neboť po odlesnění jsou to stanoviště s velmi extrémní dynamikou půdní i mikroklimatickou.

Vlhkostní typ 1b

Tento vlhkostní typ půdy je ve své roční dynamice charakterizován opět značnými rozdíly v obsahu vody ve svrchních vrstvách půdních, jež vykazují vlhkostně rozmezí půd suchých až vlhkých (resp. mokrých). To je velmi důležité z hlediska ekologie rostlin, dřevin a z hlediska obnovy lesa přirozenou nebo umělou cestou.

V jarních měsících jsou svrchní půdní vrstvy vlhké (nebo jen čerstvě vlhké) s čerstvě vlhkými spodinami. V letních měsících (hlavně část července a srpen) a na počátku podzimu jsou svrchní půdní vrstvy suché až přeschlé s výrazným nedostatkem vody a přebytkem vzduchu. Toto letní proschnutí půd jde zpravidla jen do hloubky 50–70 cm a pod proschlými vrstvami jsou již spodiny s mírnou vlhkostí. V červenci nebo i v srpnu objevuje se občasné v povrchových půdních vrstvách zvýšená vlhkost od vydatnějších srážek, která ale rychle mizí. V podzimních měsících nastává opět zvýšené provlhlčování svrchních půdních vrstev, ale přeschlé spodiny zůstávají suché zpravidla ještě převážnou část měsíce října. (Viz diagram č. 2.)

Z půdních typů mají tuto vlhkostní dynamiku zejména nížinné podzoly, některé hlubší a podsvahové černozemě a rendziny a dále některé běložluté lesní půdy v našich nížinných, teplých a na srážky chudších lesních oblastech. Rozkolísaný vodní režim v těchto půdách má za následek i rozkolísaný režim vzdušný a teplotní. Tento typ vodního režimu má rovněž za následek nížinnou podzoli-zaci s výraznou tvorbou svrchních ochuzených vrstev a obohacených nepropust-ných spodin. Na povrchu půd tvoří se zpravidla suchý a surový povrchový humus.



2. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu 1b

Ze skupin lesních typů mají tento vodní režim hlavně půdy v některých *Quer-cetech*, *Carpineto-Quercetech*, v některých *Fageto-Quercetech* a některých *Car-pineto-Aceretech*.

Z hlediska produkční schopnosti půd je to vodní režim méně příznivý, i když hlubokokořenicí dřeviny mohou získat z hlubších spodin určitá kvanta vody. Hos-podářsko-pěstební úkony nutno provádět opatrně za stálého zachování krytí půdy lesním porostem. Zlepšení půdní vlhkosti možno dosáhnout zavedením spodní křo-vinné etáže. Zalesňování i přirozená obnova lesa činí zde obtíže.

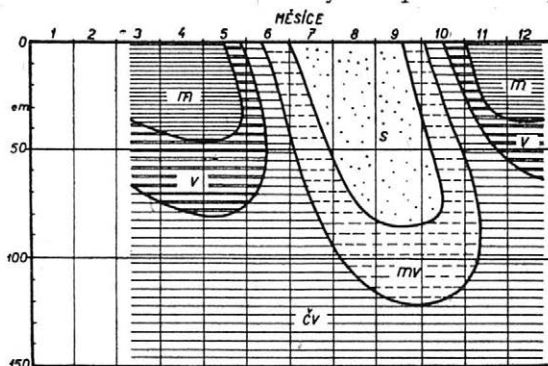
Vlhkostní typ 1c

Roční dynamika tohoto vlhkostního typu je značně extrémní, neboť svrchní vrstvy půd jsou zde suché až mokré anebo dokonce zbahnělé. Půdní spodiny jsou vlhkostně dosti vyrovnané v rozmezí mírné až čerstvé vlhkosti. Tyto extrémní vlhkostní poměry půdní musí být také brány v úvahu při ekologických vztazích půdy k vegetaci a dále pro správné hospodaření s půdou vhodnými hospodářsko-pěstebními zásahy. Tato vlhkostní dynamika je do značné míry podmíněna stra-tigafií vrstev nížinných podzolů, zejména vrstvou nepropustných a obohacených B-horizontů, na nichž se v určitých ročních obdobích dočasně hromadí přebytek srážkové vody. Tím také dochází k dočasnému zamokření až zabahnění svrchních půdních vrstev.

Zamokření až zbahnění svrchních půdních vrstev objevuje se hlavně v jar-ních měsících a v menší míře v pozdějším podzimu. Přebytek vody má za následek přechodný nedostatek vzduchu, a tím i přechodné redukční procesy. Vlivem zvýšeného výparu a spotřebou rostlinstva rychle klesá obsah vody v povrchových vrstvách půdních a v letním období dochází dokonce k hlubšímu úplnému pro-schnutí půdy. Svrchní vrstvy půdní jsou v létě suché a přeschlé, spodiny jsou však mírně vlhké a vlhké s určitými zásobami vody, jež mohou býti využity hluboko-kořenicími dřevinami. V podzimních měsících probíhá opět zvýšené provlhčování svrchních půdních vrstev, jež vede v pozdějším podzimu opět k zamokření až k zabahnění. (Viz diagram č. 3.)

Tento vlhkostní typ je výrazný pro nížinné podzoly se slehlými a nepropustnými spodinami. Působením dočasného zamokřování až zbahňování dochází k oglejení, a tím i k tvorbě oglejených nížinných podzolů. V terénu se tento vodní režim objevuje v půdách na bázích svahů, v mírných terénních prohýbech nebo na plošinách s přílehlými svahy, a to hlavně v našich nížinných i pahorkatinných oblastech.

3. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 1 c



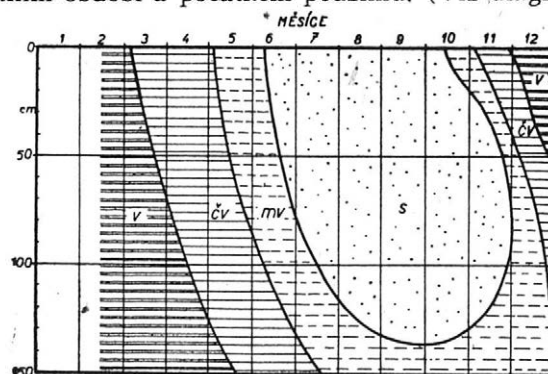
Vznik a celá dynamika tohoto vlhkostního typu půd je do značné míry podmíněna lesním porostem, který zvýšeným odběrem vody zabráňuje zamokření nebo dokonce zbahňování. Na půdách s touto vlhkostní dynamikou nutno opatrněji hospodařit, a zejména je třeba důtklivě se vyvarovat náhlého odlesnění, které má za následek zamokření až zbahnění půd, značné zhoršení vlastností půdy, a tím i značně ztíženou obnovu lesa. Na takovýchto půdách možno s úspěchem hospodařit nejlépe způsobem výběrným, a to zejména jednotlivě výběrným.

Vlhkostní typ 1d

Roční dynamika tohoto vlhkostního typu je opět charakterizována značnou rozkolísaností, tj. velkými změnami v obsahu vody ve svrchních vrstvách půdních, a to v rozmezí půd suchých až vlhkých.

V letním období a v první polovině podzimu jsou to půdy proschlé do značných hloubek, a jen občas se objevuje v povrchových vrstvách přechodně mírná až čerstvá vlhkost od vydatnějších letních dešťů. Na konci zimy jsou to půdy vlhké v celém profilu a v jarních měsících s rychle klesajícím obsahem vody přecházejí do půd čerstvě vlhkých až mírně vlhkých. V druhé polovině podzimního období se opět v povrchových vrstvách půdních vlhkost zvyšuje, zatím co hlubší spodiny zůstávají ještě suché. Půdy s tímto vlhkostním režimem mají tedy značný nedostatek vody pro vegetaci v letním období a počátkem podzimu. (Viz diagram č. 4.)

4. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 1 d



Z půdních typů mají tento vlhkostní režim některé černozemě a rendziny a některé nížinné podzoly našich nížinných a teplých oblastí s menším množstvím dešťových srážek a se silným výparem. Ze skupin lesních typů mají tento vlhkostní režim zejména půdy v *Corneto-Quercetech* a v některých *Querceto-Pinetech*.

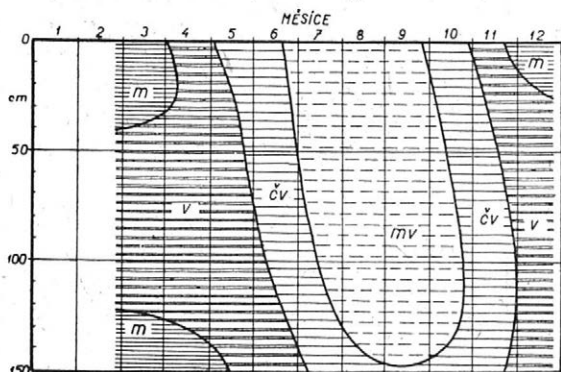
Tato nepříznivá vlhkostní dynamika silně snižuje produkční schopnost i minerálně bohatých půd našich nížinných lesních oblastí. Hospodářsko-pěstební zásahy do lesních porostů vyžadují značné opatrnosti se stálým zřetelem na krytí půdy.

Charakteristika skupiny vlhkostního typu č. 2 (půdy mírně vlhké)

Dynamika této vlhkostní skupiny je rovněž dosti kolísavá, ale již ne tak extrémní jako u vlhkostní skupiny č. 1. Je charakterizována mírnou vlhkostí v druhé části letního období a na počátku podzimu, při čemž mírná vlhkost je buď jen ve svrchních vrstvách půdních, anebo i v celém půdním profilu. V jarních a podzimních měsících jsou svrchní půdní vrstvy čerstvě vlhké, vlhké a mokré, spodiny převážně čerstvě vlhké až vlhké a řidčeji i mokré. Půdy s tímto vlhkostním režimem byly zjištěny jednak v údolních oblastech lužních lesů a hojněji v našich pahorkatinných oblastech, charakterizovaných vegetačně přechodním stupněm bukovodubovým a dubovobukovým. Hospodářsko-pěstební zásahy na půdách, patřících do této vlhkostní skupiny, a celkové produkční schopnosti půdy silně závisí na celkovém obsahu vody v půdních profilech.

Vlhkostní typ 2a

Dynamika tohoto vlhkostního typu je význačná mírnou vlhkostí v letním období v celém půdním profilu a zamokřením svrchních půdních vrstev v období jarním a pozdně podzimním. K zamokřování svrchních půdních vrstev dochází hromaděním vody z dešťových srážek anebo z tajícího sněhu. Půdní spodiny jsou v této době vlhké a v hlubších spodinách může dojít až k zamokřování při jarním vzestupu hladiny podzemní vody. V pozdním jaru a na počátku léta jsou svrchní vrstvy i spodiny vlhké a čerstvě vlhké a v letním období jen mírně vlhké. Snížená vlhkost v letních měsících je způsobena jednak zvýšeným výparem z půdy a jednak zvýšeným odběrem vody vegetací, zejména lesními porosty. V červenci a srpnu se objevuje přechodné zvýšení vlhkosti v povrchových vrstvách půdních z občasných vydatnějších letních srážek. V podzimních měsících se zvyšuje vlhkost ve svrchních vrstvách a spodiny jsou ještě určitou dobu mírně vlhké z letního období. V pozdnějším podzimu dochází pak i k provlhčení spodin a svrchní vrstvy stávají se až mokré. (Viz diagram č. 5.)



5. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 2a

Tento vlhkostní typ vykazuje celkem dosti dobré zásoby zimní vláhy pro potřebu lesních porostů. Z půdních typů mají tuto vlhkostní dynamiku některé mírné až střední podzoly, některé okrové a šedé lesní půdy nížinných a pahorkatinných oblastí. Ze skupin lesních typů mají tento vlhkostní režim půdy v některých *Fageto quercinech*, ve *Fageto-Quercetech*, dále v některých *Carpineto-Quercetech* a *Carpineto-Aceretech*.

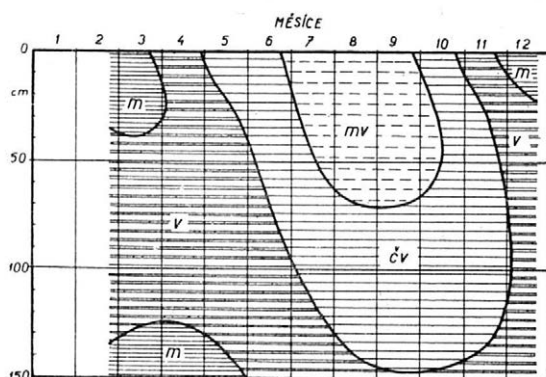
Z hlediska produkční schopnosti půdy je to vodní režim již s příznivějšími zásobami vody, zejména pro hlouběji kořenicí dřeviny. Dosavadní mnohaleté výzkumy v lesích ČSR ukazují, že celková zásoba vody v půdách s tímto vodním režimem stačí nejvýše jen asi pro dvě stromové etáže, tj. pro etáž hlavní a krycí etáž. Také zde je nutno stále dbát na krytí půdy lesním porostem pro zmenšení škodlivého výparu vody z půdního povrchu. Zalesňování těchto půd jde celkem dobře.

Vlhkostní typ 2b

Tento vlhkostní typ je celým svým obsahem vody příznivější nežli typ 2a. V letním období je charakterizován mírnou vlhkostí ve svrchních půdních vrstvách a čerstvou vlhkostí ve spodinách.

V jarních měsících jsou svrchní půdní vrstvy od zvýšeného množství vody až mokré a spodiny jsou vlhké. Místy se objevuje i kratší zamokření hlubších spodin vlivem přechodně vystouplé hladiny podzemní vody. Ke spojení svrchních mokrých vrstev půdních s mokřými spodinami nedochází, neboť voda je v povrchových vrstvách zčásti odpařena a zčásti spotřebována vegetací. V měsících dubnu, květnu i červnu jsou svrchní i spodní vrstvy čerstvě vlhké až vlhké, což ukazuje celkem na dostatečné zásoby vody pro vhodné lesní porosty. V letním období převládá ve svrchních půdních vrstvách mírná vlhkost a spodiny jsou čerstvě vlhké. Nejsvrchnější vrstvy půdní mají občasně i čerstvou vlhkost od zvýšených letních srážek, kterážto vlastnost je jen v povrchové vrstvě a rychle se ztrácí. Na podzim se opět zvyšuje obsah vody v půdním profilu od čerstvé vlhkosti až po přebytek vody. (Viz diagram č. 6.)

6. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 2b



Tato vlhkostní dynamika je výrazná zejména pro mírné až střední podzoly na bázích svahů, pro některé okrové, humózní okrové a šedé lesní půdy rázu písčitohlinitých až hlinitých zemin s dobrým kapilárním zdvihem. Nejvíce je rozšířen tento vlhkostní typ v půdách našich pahorkatinných oblastí a zčásti i v polohách vysočiných s ročními srážkami 600–750 mm a s převládajícími ročními teplotními průměry 7–8° C.

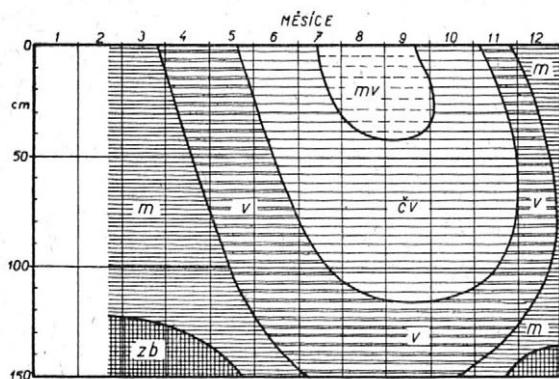
Ze skupin lesních typů mají tento vlhkostní režim zejména půdy v některých *Querceto-Fagetech*, *Fagetum quercino-abietinech* a v některých *Fagetech pauper* a *Fagetech typicum*.

Dostí příznivá roční dynamika vlhkosti a dosti příznivý obsah vody v půdách tohoto vlhkostního typu podmiňuje také jejich dobrou produkční schopnost.

Hospodářsky možno tyto půdy využít vhodnými porosty se 2—3 stromovými etážemi včetně krycí etáže stromové pro zmenšení neužitečného výparu. Zalesňování těchto půd nečiní větších obtíží.

Vlhkostní typ 2c

Dynamika tohoto vlhkostního typu půd je charakterizována uprostřed letního období svrchními půdními horizonty s mírnou vlhkostí a se spodinami čerstvě vlhkými až vlhkými. V jarních měsících jsou takové půdy v celém profilu mokré, později vlhké a na počátku léta mají čerstvou vlhkost. Na jaře zpravidla vlivem zvýšené hladiny podzemní vody jsou hlubší spodiny půd až zbahnělé a místy je povrch těchto půd zaplavován. Uprostřed letního období jsou svrchní půdní vrstvy mírně vlhké, spodiny čerstvě vlhké a hlubší spodiny až vlhké. Později opět přibývá vlhkosti v celém půdním profilu, takže svrchní vrstvy půdní jsou až mokré nebo i občasně zaplavované s přechodným zbahněním na povrchu. V tomto vlhkostním typu se projevuje vliv kolísající zvýšené hladiny podzemní vody a zčásti i vliv inundace s přechodným zbahňováním půdního povrchu. Půdy s tímto vlhkostním režimem mají značné zásoby vody. (Viz diagram č. 7.)



7. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 2c

Touto vlhkostní dynamikou jsou charakterizovány zejména oglejené gleje hlinitého, jílovitohlinitého až jílovitého rázu v údolních oblastech lužních lesů s teplým klimatem v nadmořských výškách 100—200 m. Ze skupiny lesních typů mají tento vlhkostní režim, zejména půdy v některých *Ulmeto-Fraxinetech*, *Querceto-Fraxinetech* a některých *Betuleto-Quercetech*.

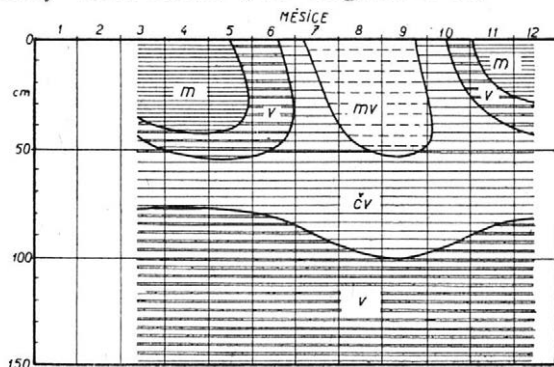
Příznivá roční dynamika vlhkosti a celkový příznivý obsah vody podmiňuje vysokou produkční schopnost těchto půd (při dostatku živin) pro lesní porosty, takže tyto půdy možno hospodářsky využít i několika etážemi, tj. prakticky v celém stromovém prostoru.

Vlhkostní typ 2d

Tento vlhkostní typ má dosti nevyrovnanou roční dynamiku ve svrchních půdních vrstvách, kde vlhkost kolísá v rozmezí půd mírně vlhkých až mokřých

nebo dokonce zbahnělých. Spodiny jsou vlhkostně mnohem vyrovnanější v rozmezí půd čerstvě vlhkých až vlhkých.

V jarním období jsou svrchní půdní vrstvy mokré až zbahnělé, spodiny čerstvě vlhké a hlubší spodiny až vlhké. S přechodem do letních měsíců zmenšuje se vlhkost povrchových vrstev vlivem vegetace a zejména lesních porostů a dále pak neužitečným výparem s půdního povrchu. V letním období jsou svrchní půdní vrstvy mírně vlhké, spodiny čerstvě vlhké a hlubší spodiny až vlhké. Projevují se tu velké rozdíly v obsahu vody v půdním profilu, neboť povrchové půdní vrstvy obsahují v létě jen málo vody, zatímco ve spodinách jsou naopak dobré zásoby vody pro potřebu lesních porostů. V podzimních měsících se rychle zvyšuje vlhkost ve svrchních vrstvách až k zamokření. Půdy s tímto vlhkostním režimem jsou ve spodinách dobře a rovnoměrně zásobeny vodou během roku, zatímco svrchní vrstvy mají velmi rozkolísaný vodní režim. (Viz diagram č. 8.)



8. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 2 d

Tato dynamika vlhkostní je význačná zejména pro oglejené mírné až střední podzoly na bázích svahů nebo v terénních prohýbech v lesích našich pahorkatin v nadmořských výškách 300—500 m.

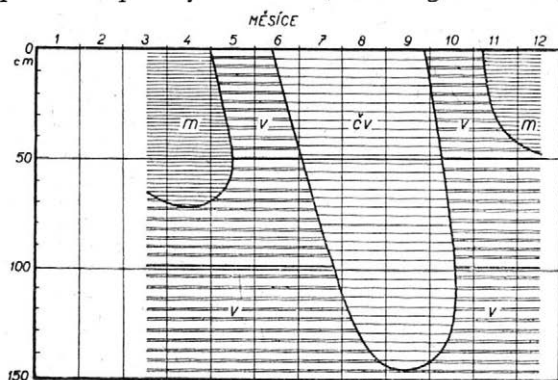
Celkový přebytek vody vyžaduje na takových plochách opatrnější hospodářské a pěstební zásahy a zejména stálé krytí několikaetážovým porostem pro odčerpávání vody a hospodaření jednotlivě výběrným způsobem. Náhlé odlesnění má za následek nahromadění vody v půdě, její zamokření až zbahnění s dalšími hospodářskými škodami. V takových případech je pak třeba i dočasného odvodnění otevřenými příkopy.

Charakteristika skupiny vlhkostního typu č. 3 (půdy čerstvě vlhké)

Roční dynamika této vlhkostní skupiny nevykazuje velkých rozdílů v půdní vlhkosti během roku ve svrchních půdních vrstvách a má celkově vyrovnanější obsah vody, zejména ve spodinách. V druhé části letního období a na počátku podzimu mají svrchní půdní vrstvy převážně čerstvou vlhkost, zasahující do různé hloubky půdního profilu. Vyrovnanější a celkově příznivější vodní režim podmiňuje také příznivější provzdušenost půdní a vyrovnanější průběh půdních teplot. Půdy s touto vlhkostní dynamikou mají dobré zásoby vody pro vhodné porosty, a mohou být proto účelně produkčně využity i několika stromovými patry. Rozšířeny jsou v některých údolních oblastech lužních lesů, ostrůvkovitě v oblasti pahorkatinné a zejména se objevují ve vysočinné oblasti, vegetačně charakterizované bukovým stupněm. Jsou to oblasti půd převážně důležitých vodohospodářsky s příznivou jímavostí pro dešťové srážky.

Roční dynamika tohoto vlhkostního typu nevykazuje větších rozdílů v obsahu vody, neboť svrchní vrstvy jsou v rozmezí zemin čerstvě vlhkých až mokrých, spodiny jsou čerstvě vlhké až vlhké. Je to vlhkostní typ, charakterizovaný značnými zásobami vody pro bylinnou vegetaci a lesní porosty.

V pozdějším jaru (v zimě jsou to půdy v horských oblastech zamrzlé) jsou svrchní půdní vrstvy mokré od přebytku vody z hojných dešťových srážek a z tání sněhu. Toto zamokření jde někdy i do větších hloubek. Později se mění mokrá půda s úbytkem vlhkosti ve vlhkou a v letním období v půdu s převládající čerstvou vlhkostí v celém půdním profilu. V podzimních měsících s přibývajícím vzdušnými srážkami přechází opět do půdy vlhké až mokré a v horských polohách později zamrzá. (Viz diagram č. 9.)



9. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 3a

Tento vlhkostní typ je výrazný zejména pro horské půdy, a to pro okrové, rezivé i čokoládově hnědé lesní půdy, horské šedé lesní půdy a humusové podzoly. Je rozšířen hojně v nižších i vyšších horských oblastech s hojnými dešťovými srážkami (více než 1000 mm), vysokou relativní vlhkostí vzdušnou a nízkými teplotními průměry. Ze skupin lesních typů mají tento vlhkostní režim půdy hlavně v některých *Fageto-Abietech*, *Fagetech abietino-piceosum* a některých *Piceetech*. Půdy s tímto vodním režimem skýtají dostatek vody pro lesní dřeviny s mělkým kořenovým systémem i v letním období. Tyto půdy nevyžadují zvláštní hospodářská opatření nebo pěstební zásahy v porostech a rovněž i zalesňovací práce probíhají zde celkem úspěšně.

Vlhkostní typ 3b

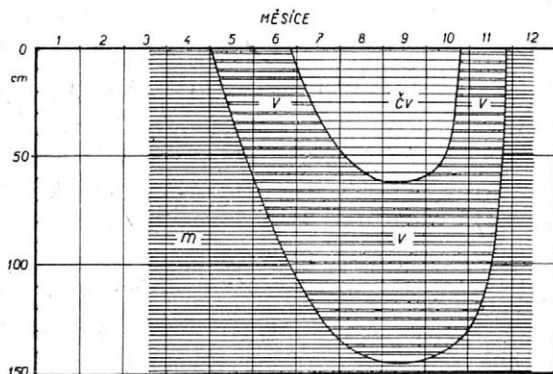
Tento vlhkostní typ půd je charakterizován značnými zásobami vody během celého roku a nevykazuje velké vlhkostní rozdíly v jednotlivých půdních vrstvách. V letním období jsou svrchní půdní vrstvy čerstvě vlhké a spodiny vlhké.

V jarních měsících jsou to půdy s přebytkem vlhkosti v celém profilu. Jsou mokré a místy i přechodně povrchově zaplavované, zejména v údolních oblastech. Na konci jara a počátkem léta jsou svrchní půdní vrstvy vlhké a spodiny mokré. V letním období jsou svrchní vrstvy převážně čerstvě vlhké a spodiny vlhké, na podzim se opět vlhkost zvyšuje a půdy jsou opět vlhké až mokré. (Viz diagram č. 10.)

Tento vlhkostní typ je hojný hlavně v horských polohách a místy se objevuje ostrůvkovitě i v údolních oblastech v půdách lužních lesů se značně kolísající

hladinou podzemní vody. Z půdních typů mají tuto dynamiku vodního režimu v údolních oblastech oglejené gleje a humózní gleje, v horských lesních oblastech pak zejména rezivé a čokoládově hnědé lesní půdy a humusové podzoly.

10. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 3b

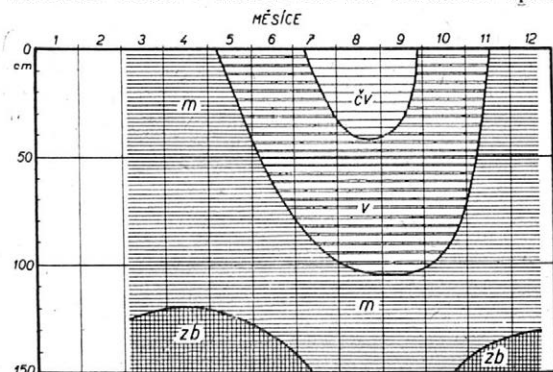


Ze skupin lesních typů mají tento vlhkostní režim půdy v některých *Ulmetech*, *Ulmeto-Fraxinetech* a některých *Betuleto-Alnetech*, v horských oblastech pak půdy v některých *Fageto-Abietech*, *Fagetech-abieto piceosech* a v *Piceetech*. Půdy s touto vlhkostní dynamikou mají dostatek vody i ve svrchních vrstvách, takže mohou být dobře využity i dřevinami s mělkým kořenovým systémem. V nížinných a údolních polohách s teplejším klimatem mohou být takové půdy s dostatkem vody účelně produkčně využity i několika stromovými patry, resp. v celém nadzemním produkčním prostoru vhodnými dřevinami.

Vlhkostní typ 3c

Dynamika tohoto vlhkostního typu půd vykazuje ve svrchních vrstvách menší vlhkostní rozdíly (rozmezí půd čerstvě vlhkých až mokrých) a spodiny jsou celkem vyrovnané se značně zvýšeným obsahem vody (vlhké, mokré až zbahnělé). Celkově je tento vlhkostní typ charakterizován zvýšenými zásobami vody, zejména ve spodinách pro bylinnou vegetaci a lesní porosty.

V jarních měsících jsou to půdy mokré se zbahnělými spodinami od zvýšené hladiny podzemní vody. Místy dochází i k občasným povrchovým záplavám, a tím i k jejich přechodnému povrchovému zbahnění. Počátkem léta jsou svrchní půdní vrstvy vlhké a spodiny zůstávají mokré. V plném létě jsou svrchní vrstvy čerstvě vlhké, spodiny vlhké a hlubší spodiny mokré. Hladina podzemní vody klesá do větších hloubek, s čímž zároveň klesá i zabahnění do hlubších spodin.



11. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 3c

V podzimních měsících se opět vlhkost zvyšuje a půdy se stávají vlhkými až mokřými a v hlubších spodinách se objevuje zabahnění. (Viz diagram č. 11.)

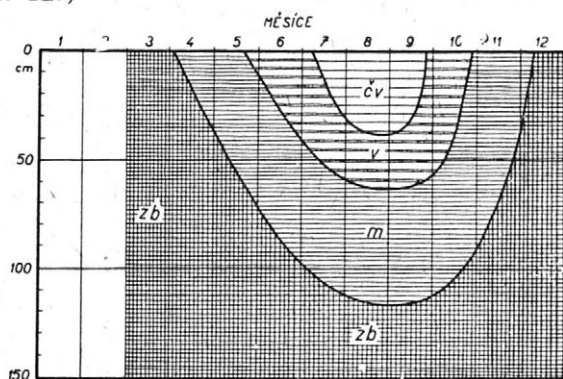
Tento vlhkostní typ je nejvíce rozšířen v oglejených glejích lužních lesů našich údolních poloh a jen řidčeji se nalézá v horských polohách, kde je vázán zpravidla na terénní prohyby nebo báze svahů. Ze skupin lesních typů mají tuto vlhkostní dynamiku půdy v některých *Ulmeto-Fraxinetech* a *Betuleto-Alnetech* a v horských oblastech pak v některých *Piceetech*.

Takové půdy jsou charakteristické dostatkem vody i v povrchových vrstvách, takže mohou být využity např. v horských polohách dřevinami s mělkým kořenovým systémem. V údolních a teplých oblastech možno tyto půdy s dostatkem vody plně produkčně využít i několika stromovými patry.

Vlhkostní typ 3d

Tento vlhkostní typ půd je charakterizován přebytkem vody ve spodinách a značně kolísající hladinou podzemní vody.

V jarních měsících jsou to půdy zbahnělé v celém půdním profilu od vysoké hladiny podzemní vody a často i povrchově zaplavované. Koncem jara a počátkem léta s klesající hladinou podzemní vody, zvýšeným výparem a spotřebou vody vegetací zmenšuje se postupně obsah vody a půda se mění ze zbahnělé na mokrou, vlhkou až čerstvě vlhkou. V letním období dochází k diferenciaci vody v půdě tak, že svrchní půdní vrstvy jsou čerstvě vlhké až vlhké, spodiny mokré a hlubší spodiny zůstávají zbahnělé. Na podzim se vlhkost půd opět zvyšuje a dochází až k povrchovým záplavám spojených se zbahněním půd. (Viz diagram č. 12.)



12. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 3d

Z půdních typů mají tento vodní režim hlavně oglejené gleje a humózní oglejené gleje v údolních oblastech lužních lesů podél vodních toků s jarními a podzimními zátopami a s kolísající hladinou podzemní vody v převážné části půdního profilu. V horských lesních oblastech je tento vlhkostní typ řidčeji rozšířen. Ze skupin lesních typů mají tento vodní režim v údolních oblastech v některých *Betuleto-Alnetech* a *Saliceto-Alnetech*, v horských oblastech pak v některých *Piceetech*.

Charakteristika skupiny vlhkostního typu č. 4 (půdy vlhké)

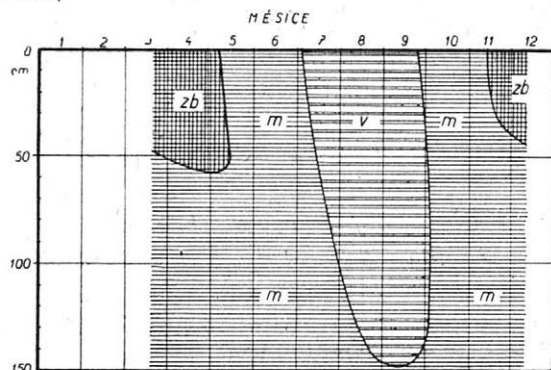
Roční dynamika této vlhkostní skupiny je charakterizována jen menšími změnami ve zvýšeném obsahu vody ve svrchních vrstvách půdních a dosti vyrovnaným vyšším obsahem vody ve spodinách. Půdy, patřící do této skupiny, mají

značné zásoby vody pro vegetaci. V druhé polovici letního období a na počátku podzimu jsou svrchní vrstvy půd vlhké a spodiny mokré a někdy i přemokřelé až zbahnělé. V jarním a podzimním období jsou to půdy přemokřelé až zbahnělé, a to buď jen ve svrchních vrstvách anebo častěji v celém půdním profilu. Hojně jsou zde povrchové záplavy. Zvýšený obsah vody v půdách snižuje zde obsah vzduchu a vyrovnává teplotní poměry půdní. Půdy s touto vlhkostní dynamikou se nalézají jednak v údolních oblastech lužních lesů a jednak ve vysočinných a horských oblastech charakterizovaných vegetačně pásmem smrku. V horských polohách jsou to půdy velkého vodohospodářského významu pro svoji dobrou jímavost dešťových srážek.

Vlhkostní typ 4a

Tento vlhkostní typ půd je charakterizován značnými zásobami vody v půdě, menšími změnami zvýšeného obsahu vody ve svrchních vrstvách půdních a dosti vyrovnaným obsahem vody ve spodinách.

V pozdějších jarních měsících jsou svrchní vrstvy půdní přemokřelé až zbahnělé přebytkem srážkové vody a z tajícího sněhu a spodiny jsou mokré. Koncem jara a počátkem léta jsou půdy mokré v celém profilu a v letním období zase v celém profilu vlhké. V podzimu se opět půdní vlhkost zvyšuje až k přemokření svrchních vrstev. (Viz diagram č. 13.)



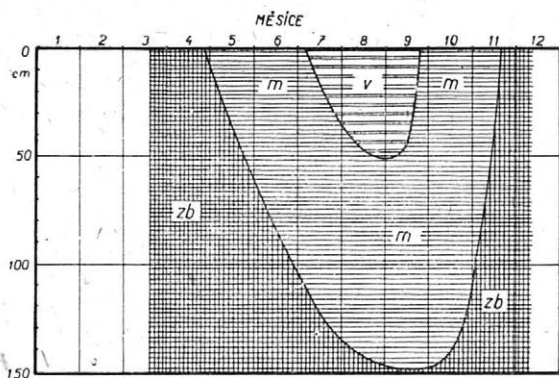
13. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 4 a

Tato vlhkostní dynamika probíhá zejména v horských humusových podzolech anebo v rezivých lesních půdách s mocnější vrstvou povrchového vlhkého až mokrého surového humusu, v klimatu s vyššími vzdušnými srážkami (více než 1000 mm), vysokou relativní vlhkostí vzdušnou a sníženým výparem. Řidčeji se nalézají i v údolních či lužních oblastech a probíhá hlavně v humózních oglejených glejích až rašelinných glejích lehčího až hlinitého rázu s dobrou vzlínavostí. Ze skupin lesních typů mají tuto vlhkostní dynamiku půdy v některých *Betuleto-Alnetech* a *Saliceto-Alnetech* v lužních oblastech, v horských oblastech pak v *Alnetech incanae*, v některých *Piceetech* a zčásti i v *Mughetech*. Značné množství vody v půdě způsobuje menší stabilitu lesních porostů, takže tu snadno dochází k vývrátům.

Vlhkostní typ 4b

Dynamika tohoto vlhkostního typu půd je charakterizována přemokřením až zbahněním na jaře a na podzim v celém půdním profilu a v letním období vlhkými svrchními vrstvami a mokřými spodinami. Je to tedy vlhkostní typ s velkými zásobami vody.

V jarních měsících takové půdy zbahňují od přebytku vody z vysoké hladiny podzemní vody a vlivem povrchových záplav. Počátkem léta s poklesem hladiny podzemní vody jsou to půdy mokré se zbahněnými hlubšími spodinami a ve vlastním létě jsou pak svrchní půdní vrstvy převážně vlhké a spodiny mokré. V podzimních měsících se opět obsah vody v půdách zvyšuje a v období podzimních záplav dochází k jejich přemokření a k zbahňování. (Viz diagram č. 14.)



14. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 4 b

Tento vlhkostní režim je hlavně v půdách se značně kolísající hladinou podzemní vody (prakticky v hloubce celého půdního profilu do 150 cm) jako jsou humózní oglejené gleje a rašelino-humózní gleje v údolních oblastech lužních lesů. Méně je tento vlhkostní typ zastoupen v horských oblastech. Ze skupin lesních typů mají tuto vlhkostní dynamiku půdy v některých *Betuleto-Alnetech* a *Saliceto-Alnetech* v lužních oblastech a v *Alnetech incanae* a některých *Piceetech* v oblastech horských.

Dostí vyrovnaný vodní režim má za následek také i vyrovnanější teplotní režim půdní. Zvýšený obsah vody v půdě zvyšuje také větší možnost vývratu lesních porostů.

Vlhkostní typ 4c

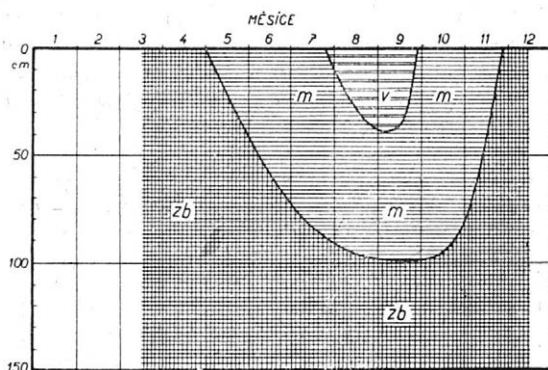
Dynamika tohoto vlhkostního typu půd je charakterizována stálými přemokřením až zbahněním hlubších spodin a přemokřením až zbahněním celého půdního profilu v jarních a pozdně podzimních měsících a vlhkými svrchními půdními vrstvami v letním období. Hladina podzemní vody zde kolísá během roku jen v hořejší polovici půdního profilu. Je to opět vlhkostní typ s velkými zásobami vody.

Na jaře je celý půdní profil přemokřelý až zbahnělý od vystouplé hladiny podzemní vody až k půdnímu povrchu a od povrchových záplav. Koncem jara a počátkem léta jsou to půdy mokré se zbahněnými spodinami. Ke konci letního období jsou to půdy s vlhkými povrchovými horizonty, spodinami mokřými a hlubšími spodinami přemokřenými až zbahněnými. Na podzim opět přibývá vlhkost v půdách až nakonec s novými povrchovými záplavami dochází k zbahňování. (Viz diagram č. 15.)

Tento vlhkostní typ je výrazný pro rašelino-humózní až rašelinné gleje a některé rašeliništní půdy údolních, vysočinných i horských oblastí, tedy vesměs pro půdní typy s hromaděním vlhkého až mokrého surového humusu. Ze skupiny lesních typů mají tuto vlhkostní dynamiku půdy v některých údolních *Betuleto-Alnetech* a některých horských *Piceetech* a *Mughetech*.

Vyšší obsah vody v půdách s tímto typem vlhkosti má za následek vyrovnanější režim teplotní, ale celkové snížení půdních teplot v údolních oblastech. Na mokrých až vlhkých půdách jsou také větší možnosti vývrátů snížením stability rozbředlé půdy.

15. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 4 c



Charakteristika skupiny vlhkostního typu č. 5 (půdy mokré)

Dynamika půdní vlhkosti této skupiny je charakterizována celkovou vyrovnaností během roku při značném obsahu vody v půdách. Půdy patřící do této skupiny mají velké zásoby vody. V letním období a počátkem podzimu jsou to půdy na povrchu mokré s mokřými nebo zbahnělými spodinami, v jarních a podzimních měsících jsou přemokřelé až zbahnělé, a to buď ve svrchních vrstvách nebo v celém profilu. Hojné jsou povrchové záplavy. Přebytek vody způsobuje v těchto půdách nedostatek vzduchu a celkem vyrovnané poměry půdních teplot. Tyto půdy se objevují ostrůvkovitě v inundačních polohách údolních lužních lesů a v oblastech horských, kde jsou buď kryty smrčínami nebo porosty křeče.

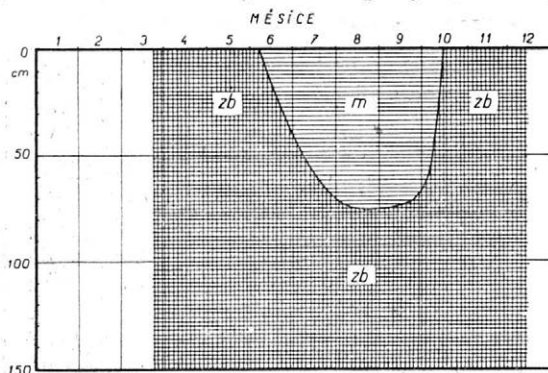
Vlhkostní typ 5a

Tento vlhkostní typ je charakterizován přemokřením až zabahněním svrchních půdních vrstev během celého jara a na podzim a mokřými půdami v celém profilu v letním a zčásti i podzimním období. Je to vlhkostní typ s velkými rezervami půdní vody.

Z půdních typů mají tuto dynamiku vodního režimu v horských oblastech zejména humózní až rašelino-humózní rezivé lesní půdy lehčího rázu a s velmi dobrou jímavostí. V zimním období jsou to půdy zmrzlé. (Viz diagram č. 16.)

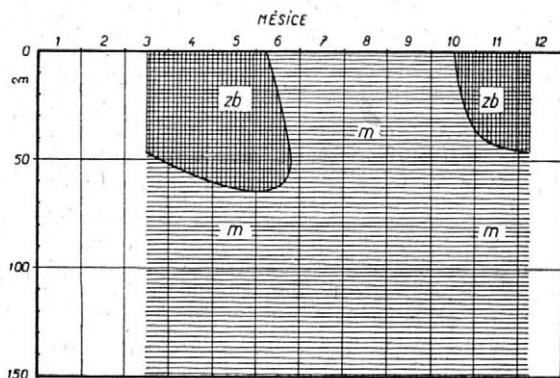
Ze skupin lesních typů mají tuto vlhkostní dynamiku půdy v některých *Piceetech*.

16. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 5 a



Vlhkostní typ 5b

Tento vlhkostní typ je charakterizován déle trvajícím přemokřením až zbahněním celého půdního profilu, a jen v letním období a na počátku podzimu je svrchní část půdy mokrá, ale spodiny zůstávají zbahnělé. Hladina podzemní vody kolísá během roku jen v hořejší části půdního profilu. Půdy s tímto vlhkostním režimem vykazují vysoké přebytky vody, mající za následek nedostatek vzduchu v takových půdách. (Viz diagram č. 17.)



17. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 5b

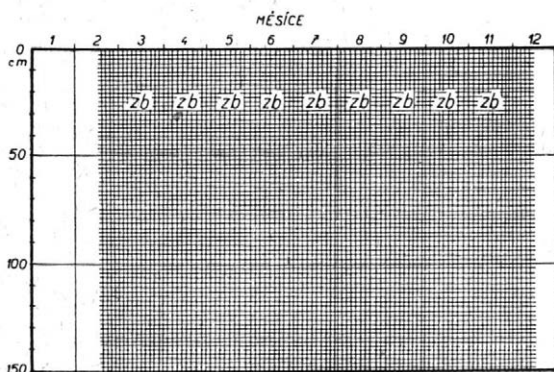
Tento vlhkostní typ je charakteristický pro rašelinné gleje a rašeliništní půdy v oblastech údolních, vysočinných a horských. Ze skupin lesních typů mají tuto vlhkostní dynamiku půdy v některých údolních *Betuleto-Alnetech* a v některých vysočinných a horských *Piceetech* a *Mughetech*. Přebytek vody v půdě zvyšuje opět větší možnost vývrátů a celkově vyrovnává teplotní půdní režim.

Charakteristika skupiny vlhkostního typu č. 6 (půdy zbahnělé)

Dynamika tohoto vlhkostního typu je charakterizována zbahněním během celého roku, vysokými přebytky vody, nedostatkem vzduchu, silnými redukčními procesy a vyrovnanými půdními teplotami.

Vlhkostní typ 6a

Tento vlhkostní typ je charakterizován přemokřením až zbahněním celého půdního profilu během celého roku a tedy vysokými přebytky vody v půdě. To



18. Schéma roční dynamiky obsahu vody v půdě vlhkostního typu č. 6a

má za následek značný nedostatek vzduchu v půdách a výrazné redukční procesy. (Viz diagram č. 18.)

Jsou to buď půdy pod vodní hladinou (subhydrické) anebo se stálou hladinou podzemní vody, dosahující půdního povrchu a část roku vystupující nad půdní povrch jako záplavy. Tuto vyrovnanou dynamiku vodního režimu mají některé rašeliništní půdy údolních a horských poloh. Převážně jsou to plochy bez souvislého lesního porostu, kryté výraznou vegetací. Teplotní poměry těchto půd jsou během roku značně vyrovnané.

Souhrn

Voda v lesních půdách je velmi důležitým faktorem půdotvorným a biologickým. Podle obsahu momentní vlhkosti (staticky) byly rozděleny lesní půdy ČSR do 6 skupin podle následující tabulky:

Půdy	Značka vlhkosti v diagramech	Obsah vody v půdách		
		lehčích jíl 1–30 ⁰ / ₀	hlinitých jíl 30–45 ⁰ / ₀	těžkých jíl 45–75 ⁰ / ₀
suché	s	2–4	4–8	8–15
mírně navlhle	mv	4–8	8–15	15–25
čerstvě vlhké	čv	8–12	15–25	25–35
vlhké	v	12–18	25–35	35–45
mokrě	m	18–30	35–45	45–55
zbahnělé	zb	> 30	> 45	> 55

Na základě výsledků dlouholetých výzkumných prací byl vypracován rámcový návrh na rozdělení půdní vlhkosti v lesních půdách ČSR podle roční dynamiky okamžité vlhkosti. Jako základní kritérium byla brána vlhkost (obsah vody ve váhových procentech) půd ve svrchních vrstvách v letním období, kdy je zpravidla v půdách nejméně vody. Podle toho bylo stanoveno celkem šest hlavních vlhkostních skupin, které jsou podrobněji rozděleny na jednotlivé vlhkostní typy.

Poznání celkové dynamiky půdní vlhkosti a zjištění celkové zásoby vody v půdě během roku má velký vědecký a praktický význam. Lesní půdy s různou vlhkostní dynamikou mají odlišné vlastnosti produkční, možno na nich např. pěstovat lesní porosty jen určitými hospodářskými způsoby, vlhkostní dynamika určuje do značné míry vhodné dřevinné složení porostů, určuje vnitřní výstavbu lesa, vhodnost různých pěstebních zásahů, vhodnost různých způsobů zalesňovacích aj.

V následující přehledné tabulce je obsaženo rozdělení 6 hlavních vlhkostních skupin lesních půd ČSR s podrobnějším dalším rozdělením na jednotlivé typy vlhkosti (18) v dynamickém pojetí.

Skupina vlhkostního typu	Vlh- kostní typ	Vlhkostní charakteristika				Hladina
		letní období		jaro a podzim		
		svrchní vrstvy	spodiny	svrchní vrstvy	spodiny	svrchní
1 půdy suché	1a	s	s	v, čv, mv	mv, čv	0
	1b	s	mv	v, čv, mv	čv, v	0
	1c	s	mv, čv	m, v, čv, mv	v, čv	jaro, podzim
	1d	s	s	v, čv, mv	v, čv, mv	0
2 půdy mírně vlhké	2a	mv	mv	m, v, čv	m, v, čv	0
	2b	mv	čv	m, v, čv	v, m	0
	2c	mv	čv, v	m, v	m, zb	0
	2d	mv	čv, v	m (zb), v, čv	čv, v	jaro, podzim
3 půdy čerstvě vlhké	3a	čv	čv	m, v	v	0
	3b	čv	v	m, v	m	0
	3c	čv	v, m	m	zb	0
	3d	čv	v, m, zb	zb, m	zb	0
4 půdy vlhké	4a	v	v	zb, m	m	0
	4b	v	m	zb	zb	0
	4c	v	m, zb	zb, m	zb	0
5 půdy mokrě	5a	m	m	zb	m	0
	5b	m	zb	zb	zb	0
6 půdy zbah- nělé	6a	zb	zb	zb	zb	0

podzemní vody	Povrchové záplavy (jen v údolních oblastech)	Hlavní skupiny půdních typů	Hlavní skupiny lesních typů	Hlavní rozšíření, oblast, nadmořské výšky
spodní				
hluboko	0	černozemě, rendziny, podzoly	CoQ, Q, QPi	nížinné 150–300 m
hluboko	0	černozemě, rendziny, podzoly	CQ, CAc, FQ	nížinná 150–300 m
hluboko	0	nížinné podzoly	FQ	nížinné + pahorkat. 150–500 m
hluboko	0	černozemě, rendziny, podzoly nížinné	CoQ, QP	nížinná 150–300 m
hluboko	0	mír. + stř. podzoly, okrové, šedé l. p.	Fq, FQ, CQ, CAc	pahorkatinné 250–500 m
hluboko	0	mír. + stř. podzoly, okrové, šedé l. p.	QF, Fqa, Fp, Ft	pahorkat. + vysočinné 300–750 m
ve spodní části profilu	ojediněle	oglejené gleje	UFR, QFR, BQ	údolní 100–200 m
hluboko	0	oglejené podzoly	QF	pahorkatinné 300–500 m
hluboko	0	okrové, rezivé, čok. hnědé, šedé l. p.	Fap, AF, FA	oblasti horské > 750 m
kolísá v celém profilu	ojediněle	oglejené gleje, rezivé, l. p. humus. podzoly	UFR, U, Fap, P	oblasti údolní obl. horské (> 750 m)
kolísá ve svrchní části profilu	hojně	oglejené gleje humus. podzoly	BAI, Fap, P	obl. údol. (100–200 m)
kolísá ve svrchní části profilu	hojně	gleje, humusové podzoly	BAI, SAI, P	obl. horské (> 750 m)
kolísá v celém profilu	hojně	rašelinné gleje, humusové podzoly	BAI, SAI, P, M	obl. údolní (100–200 m)
kolísá v celém profilu	hojně	rašelinné gleje	BAI, SAI, Ali, M	oblasti horské (> 750 m)
kolísá jen ve svrchní části	hojně	rašelinné gleje, gleje	BAI, SAI, P, M	oblasti údolní (100–200 m)
0	0	rašelinné rezivé lesní půdy	P	oblasti horské (> 1000 m)
kolísá jen ve svrchní části	hojně	rašelinné gleje, rašeliništní půdy	BAI, P, M	oblasti údolní (100–200 m)
sahá až k povrchu	hojně	rašeliníštní půdy	BAI, M	vyšší horské (> 1000 m)

Группа типов влажности	Тип влаж- ности	Характеристика влажности			
		Летний период		Весна и осень	
		верхние слои	нижние слои	верхние слои	нижние слои
1 сухие почвы	1 а	сух	сух	в, св, ув	ув, св
	1 б	сух	ув	в, св, ув	св, в
	1 в	сух	ув, св	с, в, св, ув	в, св
	1 г	сух	сух	в, св, ув	в, св, ув
2 умеренно влажные почвы	2 а	ув	ув	с, в, св	с, в, св
	2 б	ув	св	с, в, св	в, с
	2 в	ув	св, в	с, в	с, аб
	2 г	ув	св, в	с (аб), в, св	св, в
3 свеже влажные почвы	3 а	св	св	с, в	с
	3 б	св	в	с, в	с
	3 в	св	с, в	с	аб
	3 г	св	в, с, аб	аб, с	аб
4 влажные почвы	4 а	в	в	аб, с	с
	4 б	в	с	аб	аб
	4 в	в	с, аб	аб, с	аб
5 сырые почвы	5 а	с	с	аб	с
	5 б	с	аб	аб	аб
6 почвы заболоченные	6 а	аб	аб	аб	аб

Горизонт грунтовых вод		Поверхн. затоплен. (только в долинах)	Главные группы почвенных типов	Область главного распро- странения	Выс. над уров. моря
верхний	нижний				
0	глуб.	0	чернозем, рендзины, под- золы	низменная	150—300 м
0	глуб.	0	чернозем, рендзины, под- золы	низменная	150—300 м
весна	глуб.	0	низинные подзолы	низмени.+холмистая	150—500 м
осень	глуб.	0	чернозем, рендзины, ни- зинные подзолы	низменная	150—300 м
0	глуб.	0	умер.+сред. подзолы, жел.-бурые, серые лесные	холмистая	250—500 м
0	глуб.	0	„ „ „	холм.+возвышенн.	300—750 м
0	в нижн. профиле	единич.	оглеенн. глей	долинная	100—200 м
весна	глуб.	0	оглеенн. подзолы	холмистая	300—500 м
осень	глуб.	0	оглеенн. подзолы	холмистая	300—500 м
0	глуб.	0	жел.-бур., ржав., бурые	горные	> 750 м
0	колеб. в цел. проф.	единич.	серые лесные почвы	долинные	> 750 м
0	колеб. в верх. проф.	часто	гумус, подзол.	горные	> 750 м
0	колеб. в верх. проф.	часто	оглеен. глей, ржав.	долины	(100—200 м)
0	колеб. в верх. проф.	часто	оглеенн. глей, гумусн, подзолы	горные	(> 750 м)
0	колеб. в верх. проф.	часто	глей, гумусные подзолы	долины	(100—200 м)
0	колеб. в цел. проф.	часто	торфян. глей, гумусн. подзолы	горные	(> 750 м)
0	колеб. в цел. проф.	часто	торфян. глей	долины	(100—200 м)
0	колеб. в верх. проф.	часто	торфян. глей, глей	горные	(> 750 м)
0	0	0	торфян., ржав. лесные	выс. горн.	(> 1000 м)
0	колеб. в верхнем проф.	часто	торфян. глей, торфян. бо- лота	долины	(100—200 м)
0	достигает поверхн.	часто	торфян. болота	выс. горн.	(> 1000 м)
0	достигает поверхн.	часто	торфян. болота	долины	(100—200 м)
0	достигает поверхн.	часто	торфян. болота	выс. горн.	(> 100 м)

Классификация и характеристика динамики влажности почвы в лесных областях Чехословакии

В лесных почвах вода является очень важным почвообразующим и биологическим фактором. По содержанию наличной влажности (статически) лесные почвы Чехословакии были разделены на 6 групп, как показывает следующая таблица.

Почвы	Шифр влажности в диаграмм. и таблиц.	Содержание воды в почвах		
		легких глины 1—30 %	глинистых глины 30—45 %	тяжелых глины 45—75 %
сухие	сух	2—4	4—8	8—15
умеренно влажные	ув	4—8	8—15	15—25
свеже влажные	св	8—12	15—25	25—35
влажные	в	12—18	25—35	35—45
сырые	с	18—30	35—45	45—55
заболоченные	зб	>30	>45	>55

На основании результатов долговременных научно-исследовательских работ был разработан в общих чертах проект классификации влажности почвы в лесных почвах Чехословакии согласно годовой динамике наличной влажности. В качестве основного критерия принималась влажность (содержание воды в весовых процентах) почв в верхних слоях в течение летнего периода, когда в почвах, как правило, содержится меньше всего воды. Согласно этому критерию были установлены в общем 6 главных групп по влажности, которые более подробно делятся еще на типы по влажности.

Изучение общей динамики влажности почвы и установление общего запаса воды в почве в течение года имеют большое практическое значение. Лесные почвы с различной динамикой влажности имеют различные производственные свойства, например, на них можно выращивать насаждения только определенными лесохозяйственными методами, динамика влажности почв в значительной степени определяет подходящий состав древесных пород в насаждении и обуславливает внутреннее пространственное устройство леса, целесообразность разных лесоводственных мероприятий, целесообразность и успешность различных методов облесения и т. д.

В последующей наглядной таблице заключается разделение 6-ти главных групп лесных почв Чехословакии по влажности с более подробным дальнейшим разделением на отдельные типы по влажности (18) с динамической точки зрения.

Klassifikation und Charakteristik der Dynamik der Bodenfeuchtigkeit in den Waldgebieten der Tschechoslowakischen Republik

Das Wasser in den Waldböden stellt einen besonders wichtigen bodenbildenden und biologischen Faktor dar. Nach dem Gehalt der momentanen Feuchtigkeit (statisch) wurden die Waldböden in der Tschechoslowakischen Republik nach der folgenden Tabelle eingeteilt:

Böden	Bezeichnung der Feuchtigkeit in den Diagrammen*)	Absoluter (momentaner) Wassergehalt		
		leichtere Böden Ton 1—30 %	lehmige Böden Ton 30—45 %	tonige Böden Ton 45—75 %
trocken	s	2—4	4—8	8—15
mässig feucht	mv	4—8	8—15	15—25
frisch feucht	čv	8—12	15—25	25—35
feucht	v	12—18	25—35	35—45
naß	m	18—30	35—45	45—55
schlammig	zb	>30	>45	>55

*) Die Diagramme sind nur im tschechischen Text enthalten.

Übersicht und kurze Charakteristik der Gruppen der Feuchtigkeits Typen in den Böden der Tschechoslowakischen Republik

Gruppe des Feuchtigkeits-typs	Feuchtig-keitstyp	Feuchtigkeitscharakteristik				Untergrundwasserspiegel		Ober-flächen über-schwem-mungen (nur in Becken-gebieten)	Hauptgruppen der Bodentypen	Wichtigste Verbreitung Seehöhe
		Sommerzeit		Frühjahr und Herbst		oberer	unterer			
		obere Schich.	Untergrund-schichten	obere Schichten	Untergrund-schichten					
1 trockene Böden	1a	s	s	v, čv, mv	mv, čv	0	tief gelegen	0	Schwarzerden, Rendzinen, Podsolböden	150–300 m
	1b	s	mv	v, čv, mv	čv, v	0	tief gelegen	0	Schwarzerden, Rendzinen, Podsolböden	150–300 m
	1c	s	mv, čv	m, v, čv, mv	v, čv	Frühjahr Herbst	tief gelegen	0	Niederungspodsolböden Schwarzen, Rendzinen, Niederungspodsolböden	150–500 m
	1d	s	s	v, čv, mv	v, čv, mv	0	tief gelegen	0	Niederungspodsolböden	150–300 m
2 mässig feuchte Böden	2a	mv	mv	m, v, čv	m, v, čv	0	tief gelegen	0	Ockerfarbige, graue Waldböden, mässig und mittel starke Podsolböden	250–500 m
	2b	mv	čv	m, v, čv	v, m	0	tief gelegen	0	Ockerfarbige, graue Waldböden, mässig und mittel starke Podsolböden	300–750 m
	2c	mv	čv, v	m, v	m, zb	0	im unteren Teil des Profils	vereinzelt	Gleiartige Podsolböden	100–200 m
	2d	mv	čv, v	m(zb), v, čv	čv, v	Frühjahr Herbst	tief gelegen	0	Gleiartige Podsolböden	300–500 m
3 frisch feuchte Böden	3a	čv	čv	m, v	v	0	tief gelegen	0	Ockerfarbige, rostige, schokoladebraune, graue Waldböden	> 750 m
	3b	čv	v	m, v	m	0	schwankt im ganzen Profil	vereinzelt	Gleiartige Glei-böden, rostige Waldböden, Humuspodsolböden	> 750 m
	3c	čv	v, m	m	zb	0	schwankt im oberen Teil des Profils	reichlich	Gleiartige Glei-böden, Humuspodsol- böden	100–200 m, > 750 m
	3d	čv	v, m, zb	zb, m	zb	0	schwankt im oberen Teil des Profils	reichlich	Glei-böden, Humuspodsolböden	100–200 m, > 750 m
4 feuchte Böden	4a	v	v	zb, m	m	0	schwankt im ganzen Profil	reichlich	Torfartige Glei-böden, Humuspodsol- böden	100–200 m, > 750 m
	4b	v	m	zb	zb	0	schwankt im ganzen Profil	reichlich	Torfartige Glei-böden	100–200 m, > 750 m
	4c	v	m, zb	zb, m	zb	0	schwankt nur im oberen Teil	reichlich	Torfartige Glei-böden, Glei-böden	100–200 m, > 750 m
5 nasse Böden	5a	m	m	zb	m	0	0	0	Torfartige, rostige Waldböden	> 1000 m
	5b	m	zb	zb	zb	0	schwankt nur im oberen Teil	reichlich	Torfartige Glei-böden, Torfböden	100–200 m, > 1000 m
6 schlammige Böden	6a	zb	zb	zb	zb	0	reicht bis zur Oberfläche	reichlich	Torfböden	100–200 m, > 1000 m

Auf Grund der Ergebnisse der langjährigen Forschungsarbeiten wurde ein Entwurf auf die Einteilung der Bodenfeuchtigkeit in den Waldgebieten der Tschechoslowakischen Republik nach der jährlichen Dynamik der momentanen Feuchtigkeit ausgearbeitet. Als grundlegendes Kriterium wurde die Bodenfeuchtigkeit (Wasserinhalt in Gewichtsprozenten) in den oberen Schichten in der Sommerszeit genommen, wo sich regelmäßig in den Böden am wenigsten Wasser befindet. Danach wurden im ganzen 6 Hauptfeuchtigkeitsgruppen, die genauer auf einzelne Feuchtigkeitstypen unterteilt sind, festgelegt.

Die Erkennung der gesamten Dynamik der Bodenfeuchtigkeit und Feststellung des gesamten Wasservorrates im Boden während des Jahres hat eine große wissenschaftliche und praktische Bedeutung. Waldböden mit verschiedener Feuchtigkeitsdynamik haben unterschiedliche Produktionseigenschaften, es können auf ihnen z. B. Waldbestände nur mit bestimmten Wirtschaftsarten gepflanzt werden, die Feuchtigkeitsdynamik der Böden bestimmt im bedeutenden Maße die geeignete Bestandholzartenzusammensetzung, bestimmt die innere räumliche Waldeinrichtung, die Eignung der verschiedenen Wirtschaftseingriffe, die Eignung und Erfolg der verschiedenen Beforstungsarten usw.

In folgender übersichtlicher Tabelle ist die Einteilung der 6 Hauptfeuchtigkeitsgruppen der Waldböden in der Tschechoslowakischen Republik enthalten mit der genaueren weiteren Einteilung auf einzelne Feuchtigkeitstypen (18) in dynamischer Auffassung.

Meliorace degradované půdy hnojením kompostem, čedičem a surovým fosfátem v oblasti křídového pískovce

Мелиорация деградированной почвы в области меловых песчаников
путем удобрения компостом, базальтом и фосфатным сырьем

Die Melioration eines degradierten Bodens durch Düngung mit Kompost,
Basaltmehl und Rohphosphat im Gebiete des Kreidesandsteins.

Inž. dr. Antonín NĚMEC

Výzkumný ústav lesa a myslivosti ČSAZV ve Zbraslavi nad Vltavou

Došlo dne 18. II. 1958

Pěstováním monokultur borovice ve dvou nebo více generacích po sobě vyvolávají se v půdě pronikavé změny, projevující se značným snížením produktivity půdy a nezdary lesní obnovy, zejména při přeměnách ve smíšené porosty. Velmi výrazně vystupuje tato degradace půdy zvláště na minerálními živinami chudých písčitých půdách, vzniklých zvětráním kvádového pískovce křídového útvaru v severovýchodních a severních Čechách.

Příčinou této degradace půdy pod monokulturami borovice je hlavně tvorba kyselého surového humusu, zkyselení minerálních horizontů půdních pod humusovým krytem a přesun minerálních živin do spodiny vyluhováním. Pod humusovým krytem vzniká ochuzený eluviální horizont A a pod ním minerálními látkami obohacený iluviální B horizont, do něhož jsou degradací půdy přemísťovány nejen hlavní minerální živiny, sesquioxidy železa a hliníku a koloidy, ale i stopové prvky ze svrchní ochuzené části půdního profilu.

Vedle toho je však půda ochuzována přímým vyčerpáváním živin vzrůstem monokultur borovice a ještě více vzrůstem náročnějších smíšených porostů borovice s listnáči a jinými jehličany, které zvláště na živinami chudých písčitých půdách se může v poměrně krátké době projevit velmi značným ochuzením a poklesem jejich produkční schopnosti. Podle nejnovějších šetření Výzkumného ústavu lesnického při universitě v Oxfordu, jež uveřejnil J. R e n n i e (1.), činí průměrná spotřeba základních živin vápníku, draslíku a fosforu při vzrůstu stoleté borovice 700 kg CaO, 260 kg K₂O a 115 kg P₂O₅ na ha. V této spotřebě je zahrnuto množství živin, obsažené v jehličí, klestu, kůře a kořenech. Uvážíme-li, že při dnešním způsobu hospodaření je již během vzrůstu porostu značné množství živin z lesa odstraňováno s probírkami, čistícími sečemi, při vyvětvování apod. a že při smýcení porostu se z lesa odstraňují posléze i živiny, obsažené

v klesu, je celková bilance ztrát půdních živin za 100leté obmýtl velmi značná. Za předpokladu, že půda nebyla během vzrůstu porostu ochuzena hrabáním stělna a že pařezy s kořeny se neodstraňují klučením po těžbě, zbývá v půdě pouze množství živin, obsažené v jehličl (55 kg CaO, 47 kg K₂O a 23 kg P₂O₅) a v kořenech (52 kg CaO, 20 kg K₂O a 5 kg P₂O₅), tj. podle šetření P. J. Ren-
nieho celkem 107 kg CaO, 67 kg K₂O a 28 kg P₂O₅ na ha, kdežto zbytek vzrůstem porostu spotřebovaných živin (593 kg CaO, 193 kg K₂O a 87 kg P₂O₅ na ha, je pro lesní půdu trvale ztracen. Počítáme-li, že váha minerální půdy na 1 ha do hloubky 60 cm činí 6 milionů kg, zjistíme, že 1 kg půdy je za jedno obmýtl porostu borovice ochuzen jeho vzrůstem a těžbou o 98,8 mg CaO, 32,5 mg K₂O a 14,5 mg P₂O₅, tj. asi o $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{2}$ obsahu snadno rozpustných živin ve spodině v hloubce, kde přichází degradací půdy nedotčený C horizont, zvětralina matečné horniny. Zvětráváním půdy se však tento úbytek snadno rozpustných tvarů živin může opět do jisté míry nahradit.

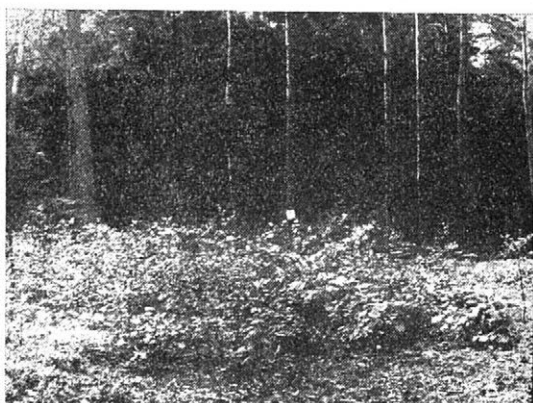


Obr. 1. Pokusná plocha v odd. 13 d
polesl Žehrov. Kotlík s nehnojenými
kulturami. 8. 8. 1957. Foto A. Němec

Jako typický příklad oslabení produktivity lesní půdy pod monokulturou 80leté borovice na písčité půdy, vzniklé zvětráním kvádrového pískovce, uvádím půdní profil v odděl. 13 polesl Žehrov lesního závodu Mladá Boleslav, kde se jedná o vznik podzolu se stmelencem. Podle šetření dr. J. Nožlčky z Výzkumného ústavu lesa a myslivosti ČSAZV ve Zbraslavi n/Vlt. v hospodářských archivech byly v dnešním polesl Žehrov, jež dříve tvořilo součást svijanského panství, podle popisu z roku 1814 hlavními dřevinami borovice, smrk a jedle, pomístně smíšené s bukem a břízou. Pro vysokokmenné lesy bylo stanoveno 90leté obmýtl, s výjimkou buku, který byl ponecháván po dvě obmýtl, tj. 180 let. Monokultury borovice byly zakládány síjí. V odděl. 13, označeném v 19. stoletl jako „Kopříví důl“, převládala borovice, částečně smíšená se smrkem a jedlí, založená koncem 18. stoletl v letech 1797—1802. Nynější porosty borovice v odděleních 12 a 13 jsou tedy již druhou borovou generací. Dnes se ještě pomístně vyskytující buky v monokultuře borovice, jejichž příznivý vliv na ochranu půdy před degradací byl prokázán v jiné studii (Němec, 2), jsou zbytky z původně založených porostů buku a jedle, jež tu byly dříve hlavními dřevinami a na jejichž místě byly uměle založeny porosty borové, částečně vylepšované smrkem. Z historie žehrovských lesů je tedy zřejmo, že koncem 18. stoletl došlo k základní změně skladby porostů, přeměně v monokultury borovice, jejichž vliv se pak během 150 let projevil výrazným způsobem v degradaci půdy, tvorbě podzolu se stmelencem a ve vyčerpání živin z půdy vzrůstem monokultur borovice. Dnes

se lesní obnova těchto borových porostů setkává ve třetí generaci s velkými potížemi a neúspěchy, zvláště pokud jde o zalesnění smíšenými porosty, složenými z dřevin listnatých a jehličnatých. Listnaté dřeviny, zvláště druhy náročnější na potřebu živin, hynou a i jehličnany namnoze krní, zejména smrk.

Původní obsahy živin v půdním profilu před zavedením monokultur borovice koncem 18. století nelze ovšem bohužel zjistit. Ukázaly by nám pronikavé změny stavu zásob živin v půdě, jež nastaly za posledních 150 nebo více let. Lze však připustit, že již tehdy se mohlo jednat o podzolované písky, neboť akademik B. Mařan zjistil podobné pohřbené typy půd již z dob meziledových. Jen velmi přibližně lze si učinit v našem případě představu o obsahu živin ve svrchních vrstvách minerální půdy před rokem 1800 podle dnešního složení C horizontu, vzniklého zvětřáním křídového pískovce. Tento C horizont se vzrůstem monokultur borovice, popř. smíšených porostů borovice, jedle, buku a břízy před tím za posledních 150 let, popř. dříve, z vrstev půdního profilu poměrně nejméně změnil.



Obr. 2. Pokusná plocha v odd. 13 d polesí Žehrov. Kotlík s kulturami hnojenými čedičem. 8. 8. 1957. Foto A. Němec

Nelze však tvrdit, že před rokem 1800 měly svrchní vrstvy půdní totéž složení jako dnešní C horizont, neboť již tehdy mohly mít charakter degradované půdy typu podzolovaných písků, jak bylo již dříve podle zkušeností akademika B. Mařana uvedeno. Přesto je však zajímavé srovnání dnešních obsahů živin ve svrchní vrstvě půdní s C horizontem a se spotřebou živin vzrůstem porostu borovice. Z tabulky I je zřejmo, že C horizont v hloubce 75–100 cm obsahuje v 1 kg půdy 170 mg CaO, 67 mg K₂O a 50 mg P₂O₅, ve tvarech snadno rozpustných živin (ve výluhu 1% kyselinou citronovou), tj. zásobu 510 kg CaO, 210 kg K₂O a 150 kg P₂O₅ na hektar ve vrstvě 30 cm silné. Tyto zásoby odpovídají u vápníku a draslíku přibližně téměř množství živin, jež je podle Renieho (1) spotřebována vzrůstem monokultury borovice za 100leté obmýtní období a jež je trvale ztraceno. V A horizontu je dnes obsažena pouze $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{4}$ kysličníku vápenatého a $\frac{1}{5}$ kyseliny fosforečné v poměru k C horizontu, obsah snadno rozpustného draslíku je stejný. Částečná náhrada spotřebovaných živin přichází z postupného zvětřávání matečné horniny i půdy, z uvolňování živin, jež je zvyšováno vlivem kyselých půdních roztoků.

Dnešní stav půdního profilu pod borovicí v odd. 13 dokazuje silnou degradaci půdy vyluhováním živin ze svrchní části profilu do obohaceného B horizontu, vystupujícího v hloubce 30–50 cm v podobě stmělé, ve svrchní části černohnědé, humosoželezité, avšak dosud neztvrdělé a nevystupujícího v kompaktních lavičích, nýbrž spíše v hnízdech nebo jádrech. Kořeny starých borovic

původně pronikaly do hloubky pod úroveň dnešního B. horizontu stmelence, jak tomu nasvědčují stmelencové záteky, které probíhají podél původních kořenů borovic z předcházejících generací. V roce 1952 bylo v profilu půdy zjištěno extrémní zkyselení A horizontu i humusového krytu A₀ a intenzivní ochuzení i vyluhování snadno rozpustných tvarů živin z A horizontu a jejich akumulace v obohaceném B horizontu, jež je nejvýraznější u kyseliny fosforečné:

I. Profil půdy v polesí Žehrov, odd. 13. Rozbory provedl inž. V. Klejzar

Horizont	Hloubka cm	Acidita výměnná pH (KCl)	Acidita aktivní pH (H ₂ O)	Ve výluhu 1 kg půdy 1 % kyselinou citronovou mg			
				CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
A ₀	0 – 5	3,26	3,76	290,0	108,6	105,2	35,1
A	5 – 20	3,68	4,24	50,0	38,5	74,8	9,6
B	20 – 30	4,24	4,39	45,0	22,7	65,6	457,7
	30 – 50	4,91	5,22	65,0	25,3	72,0	159,5
	50 – 75	5,06	5,18	90,0	76,3	82,4	61,6
C	75 – 100	5,24	6,36	170,0	67,0	73,0	49,4

Zásoby minerálních živin jsou ve vylouženém a vyčerpáním ochuzeném A horizontu, extrémně zkyseleném, zcela nevyhovující, zejména pokud se týče kyseliny fosforečné a vápníku. Ani v obohaceném B horizontu nevyhovuje zásoba snadno rozpustných živin spotřebě mýtného období borovice (s výjimkou kyseliny fosforečné), a tím méně značně vyšší spotřebě listnatých porostů. Jedině zásoba živin v C horizontu vyhovuje spotřebě živin borovice za mýtné období 100 let.

Z chemických rozborů půdních vrstev profilu je zřejmo, že úspěšná lesní obnova této degradované a vzrůstem monokultury borovice vyčerpané půdy vyžaduje nejen snížení nepříznivého vysokého stupně zkyselení humusového krytu a A horizontu, ale i dodání v půdě chybějících živin hnojením, aby tak byla zajištěna vyhovující zásoba živin alespoň pro první období vzrůstu kultur, než jejich kořeny budou schopny proniknouti do B horizontu a zužitkovati v něm nahromaděné živiny. Je-li horizont stmelence souvislý a ztvrdlý, neprostupný pro kořeny lesních dřevin, nedostačuje k úspěšné melioraci půdy pouze hnojení. Podle zkušeností a pokusů akademika B. Mařana je nutno hnojení spojit se současným mechanickým rozrušením stmelencového horizontu hlubokou orbou. V odděl. 13



Obr. 3. Pokusná plocha v odd. 13 d polesí Žehrov. Kotlík s kulturami hnojenými kompostem z humusu, čediče a vápna. 8. 8. 1957. Foto A. Němec

polesí Žehrov není však horizont stmelenice dosud tak souvislý a ztvrdlý, aby úspěšná obnova kulturami listnáčů byla i při hnojení podmíněna mechanickým rozrušením horizontu stmelenice.

Na jaře 1954 byl na této lokalitě v odděl. 13d založen v kotlicích monokultury borovice pomístně s podsadbou smrku pokus s hnojením lesní obnovy listnatými dřevinami (olše lepkavá, klen, lípa, buk, sjele dubu červeného). K hnojení bylo použito čedičové moučky*) z lomu Bradlec u Mladé Boleslavi (obsahující 8,8 % CaO, 9,1 % MgO, 1,1 % K₂O a 1,4 % P₂O₅), kompostu připraveného ze surového humusu borového, vřesu, mechů, větviček apod. za přidání vápna a čedičové moučky. Kompost obsahoval 1,4 % N, 4,6 % CaO, 3,30 % MgO, 1,4 % P₂O₅ a 1,67 % K₂O (celkové obsahy živin). Vzhledem ke krajnímu nedostatku

II. Počet sazenic a ztráty vyhytnutím

Hnojení kotlík čís.	Datum zjištění	Olše		Klen		Lípa		Buk		Dub č.	
		poč.	ztr.	poč.	ztr.	poč.	ztr.	poč.	ztr.	poč.	ztr.
Nehnojeno 1.	Jaro 1954	64	—	17	—	20	—	15	—	—	—
	1. 7. 1954	59	7,8	17	—	20	—	6	73,3	157	—
	Podzim 1954	59	7,8	17	—	8	60,0	6	73,3	157	—
	10. 8. 1955	58	9,4	17	—	8	60,0	6	73,3	168	—
	3. 9. 1956	58	9,4	11	35,3	0	100	6	73,3	161	4,1
	8. 8. 1957	49	23,4	5	70,6	0	100	6	73,3	141	16,1
Čedič 2.	Jaro 1954	71	—	19	—	19	—	16	—	—	—
	1. 7. 1954	65	8,4	19	—	19	—	11	31,3	170	—
	Podzim 1954	65	8,4	19	—	19	—	10	37,5	168	1,2
	10. 8. 1955	65	8,4	19	—	18	5,3	10	37,5	168	1,2
	3. 9. 1956	61	14,2	19	—	18	5,3	10	37,5	166	2,3
	8. 8. 1957	51	28,2	19	—	18	5,3	10	37,5	137	19,4
Kompost 3.	Jaro 1954	66	—	21	—	19	—	15	—	—	—
	1. 7. 1954	66	—	21	—	19	—	13	13,3	173	—
	Podzim 1954	66	—	21	—	19	—	10	33,3	161	6,9
	10. 8. 1955	66	—	21	—	19	—	8	46,6	161	6,9
	3. 9. 1956	64	3,2	21	—	19	—	6	60,0	153	11,6
	8. 8. 1957	59	10,6	18	14,3	17	10,5	3	80,0	151	12,7
Fosfát 4.	Jaro 1954	63	—	18	—	16	—	12	—	—	—
	1. 7. 1954	61	3,2	18	—	16	—	11	8,3	146	—
	Podzim 1954	61	3,2	18	—	15	6,3	11	8,3	135	7,5
	10. 8. 1955	61	3,2	18	—	15	6,3	11	8,3	121	17,1
	3. 9. 1956	61	3,2	15	16,7	14	12,5	10	16,7	111	24,2
	8. 8. 1957	60	4,8	12	33,3	13	18,8	4	66,7	85	41,8
Kompost a fosfát 5.	Jaro 1954	71	—	19	—	19	—	16	—	—	—
	1. 7. 1954	64	9,0	19	—	19	—	11	31,2	164	—
	Podzim 1954	54	23,9	15	21,0	13	31,6	4	75,0	135	17,7
	10. 8. 1955	54	23,9	15	21,0	13	31,6	4	75,0	135	17,7
	3. 9. 1956	54	23,9	15	21,0	13	31,6	3	81,2	108	34,1
	8. 8. 1957	51	28,2	14	26,3	13	31,6	0	100	95	42,1

*) V Anglii se používá hnojení lesních kultur moučkami basických hornin na základě zkušeností z Československa. (P. J. Rennie 15., 3.)

kyseliny fosforečné v půdním A horizontu a k minimálnímu zastoupení fosforu v čedičové moučce bylo mimo to hnojeno surovým alžírským fosfátem Gafsa, obsahujícím 15,1 % P_2O_5 , 12,8 % CaO a 1,7 % MgO . Založeno bylo 5 kotlíků: 1. nehnojeno, 2. sazenice hnojeny 3 kg čedičové moučky do jamky, 3. hnojeno 5 kg kompostu do jamky, 4. hnojeno 1 kg surového fosfátu do jamky a 5. hnojeno 1,5 kg surového fosfátu a kompostem do jamky. Stejným způsobem byla vyhnojena i hnízda pro vysetí žaludů dubu červeného. Půda kotlíků nebyla zfrézována, ani nijak zpracována (obr. 1.—5.). V tabulce II jsou shrnuty počty sazenic a ztráty vyhynutím z let 1954—1957 v procentu původně vysázeného počtu.

Ztráty olši byly nejvíce sníženy hnojením fosfátem. Klen a lípa vyhynuly v nehnojených kotlicích téměř úplně, buk z největší části. Hnojením čedičem a kompostem byly značně sníženy ztráty lípy a kleny a poměrně nejvíce i ztráty buku, který celkově nejvíce vyhynul ve všech kotlicích.

III. Průměrné výšky kultur

Hnojení kotlík čís.	Datum měření	Průměrné výšky v cm				
		olše	klen	lípa	buk	dub č.
Nehnojeno 1.	Jaro 1954	22,3	26,6	13,6	13,2	—
	1. 7. 1954	34,0	28,7	17,1	15,3	9,6
	Podzim 1954	35,1	28,9	16,9	18,0	18,1
	10. 8. 1955	51,4	30,8	18,9	22,5	34,3
	3. 9. 1956	63,9	32,0	—	39,7	64,6
	8. 8. 1957	69,3	31,4	—	56,3	91,9
Čedič 2.	Jaro 1954	28,7	30,0	11,8	11,5	—
	1. 7. 1954	37,2	38,2	15,4	15,3	9,3
	Podzim 1954	37,9	39,2	14,5	14,8	10,4
	10. 8. 1955	69,7	42,1	27,3	20,0	20,1
	3. 9. 1956	93,8	52,7	35,9	28,6	32,9
	8. 8. 1957	102,2	55,5	46,3	44,9	44,3
Kompost 3.	Jaro 1954	33,8	26,5	8,7	20,0	—
	1. 7. 1954	42,4	33,2	13,4	22,5	10,9
	Podzim 1954	49,5	36,4	14,8	21,5	13,6
	10. 8. 1955	78,0	51,6	24,9	25,0	22,1
	3. 9. 1956	116,5	81,3	43,1	29,7	37,3
	8. 8. 1957	129,4	90,2	51,5	60,0	50,8
Fosfát 4.	Jaro 1954	46,0	25,1	10,4	13,5	—
	1. 7. 1954	55,3	32,8	17,8	20,5	10,2
	Podzim 1954	64,7	33,6	21,4	19,9	14,2
	10. 8. 1955	119,5	59,4	37,4	31,3	24,3
	3. 9. 1956	143,9	102,7	48,3	48,1	44,3
	8. 8. 1957	178,4	126,2	88,8	55,0	70,1
Kompost a fosfát 5.	Jaro 1954	28,7	30,0	11,8	11,5	—
	1. 7. 1954	37,2	38,2	15,4	15,3	9,3
	Podzim 1954	51,8	44,4	23,0	22,5	15,8
	10. 8. 1955	82,0	59,0	42,2	30,8	26,2
	3. 9. 1956	150,2	130,1	70,4	46,7	48,8
	8. 8. 1957	185,5	175,9	83,7	—	82,9

Průměrné výšky kultur z let 1954—1957 jsou uvedeny v tabulce 3. (Diagr. 1.—3.):

Diagram 1. Průměrné výšky kultur olše lepkové 1954—1957. Pokusná plocha Žehrov, odd. 13 d

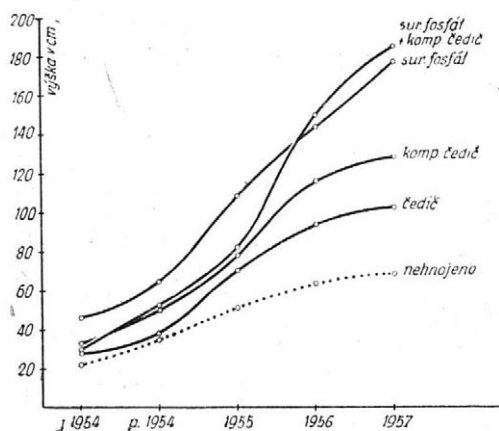


Diagram 2. Průměrné výšky kultur klenu 1954—1957. Pokusná plocha Žehrov, odd. 13 d

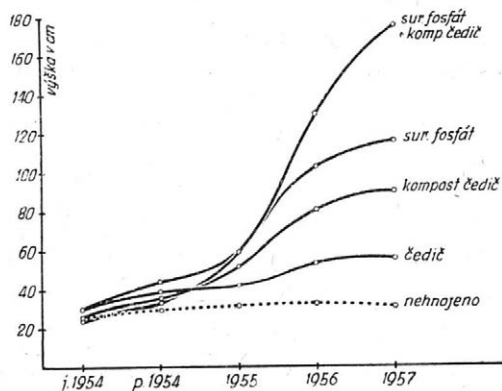
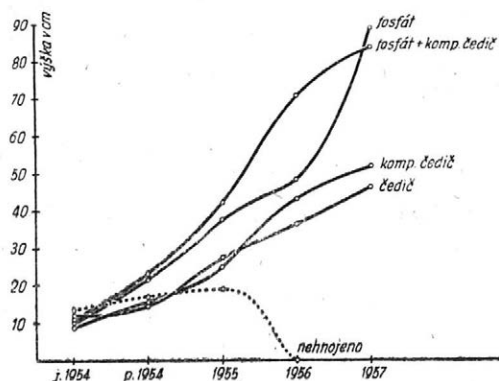


Diagram 3. Průměrné výšky kultur lípy 1954—1957. Pokusná plocha Žehrov, odd. 13 d



Pro statistické zpracování a zhodnocení výsledků působení použitého hnojení na základě zjištění výšek kultur na pokusných plochách navrhl inž. Bohdan P á v ověření na základě tzv. Student - Gossetova t-testu, kde t je definováno jako

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) \sqrt{N_1 N_2 (N_1 + N_2 - 2)}}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^{N_1} (x_{1,i} - \bar{x}_1)^2 + \sum_{i=1}^{N_2} (x_{2,i} - \bar{x}_2)^2 \right] \cdot (N_1 + N_2)}}$$

- $x_{1,i}$ = výška sazenice hnojené
 $x_{2,i}$ = výška sazenice nehnojené
 N_1 = počet sazenic hnojených
 N_2 = počet sazenic nehnojených
 $\bar{x}_1$ = průměrná výška sazenic hnojených
 $\bar{x}_2$ = průměrná výška sazenic nehnojených

Pro nestejný počet pozorování hnojených sazenic a srovnávacího materiálu (sazenic nehnojených) bylo použito metody nepárováných dvojic. Hodnoty t mají rozložení četností, jež je dáno integrálem

$$I = \frac{1}{\sqrt{\pi n}} \cdot \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right)} \int_0^\infty \left(1 + \frac{u^2}{n}\right)^{-\frac{n+1}{2}} du$$

a stanoví se vzhledem k dané hladině významnosti, dané výše uvedeným integrálem I z relace

$$a = I.$$

Měnlivost sledovaného znaku (tj. výšky sazenice) lze charakterizovat směrodatnou odchylkou s , jež je v tomto případě dána vztahem

$$s = \sqrt{\frac{1}{n_k} \left(\sum_{i=1}^{N_k} x_{k,i}^2 - N_k \bar{x}_k^2 \right)},$$

kde $k = 1, 2$.

Výsledky propočtení údajů zjištěných výšek kultur hnojených ve srovnání s kulturami nehnojenými z roku 1957 jsou shrnuty v tabulce IV.

Ze statistického zhodnocení výsledků měření výšek kultur vyplývá, že na vzrůst olše působilo příznivě hnojení všemi použitými kombinacemi nebo způsoby použití hnojiv. U kleny působilo zvýšení přírůstu hnojení kompostem, fosfátem a kombinací obou těchto hnojiv. Vliv hnojení čedičem se neprojevil zajištěným zvýšením přírůstu.

IV. Srovnání výšek hnojených kultur s nehnojenými

Dřevina	Hnojení	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ cm	t	a	Rozdíl výšek kultur vlivem hnojení
Olše	čedič	32,7	7,87	< 0,001	vysoce významný
	kompost	60,1	6,78	< 0,001	vysoce významný
	fosfát	100,7	2,79	< 0,005	významný
	kompost a fosfát	116,2	12,65	< 0,001	vysoce významný
Klen	čedič	23,9	2,31	< 0,01	nevýznamný
	kompost	58,8	8,66	< 0,001	vysoce významný
	fosfát	94,8	5,72	< 0,001	vysoce významný
	kompost a fosfát	144,5	5,79	< 0,001	vysoce významný

Statistické zhodnocení rozdílů výšek kultur hnojených kompostem a fosfátem proti kulturám hnojeným pouze kompostem poskytuje tyto výsledky:

V. Srovnání výšek kultur hnojených kompostem a fosfátem s výškami kultur hnojených kompostem

Hodnota	Olše	Klen	Lípa
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ cm	56,1	85,7	32,2
t	5,260	6,098	2,354
α	<0,001	<0,001	<0,01
Rozdíl výšek kultur	vysoce významný	vysoce významný	nevýznamný

Z tabulky je zřejmo, že hnojení fosfátem zvýšilo přírůst olše a kleny, hnojených kompostem, nezvýšilo však výškový přírůst lípy.

Podobně byl statisticky zhodnocen rozdíl výšek kultur olše a kleny, hnojených kompostem a fosfátem proti výškám kultur hnojených pouze fosfátem.



Obr. 4. Pokusná plocha v odd. 13 d polesí Žehrov. Kotlík s kulturami hnojenými surovým fosfátem. 8. 8. 1957.
Foto A. Němec

VI. Srovnání výšek kultur hnojených kompostem a fosfátem s výškami kultur hnojených fosfátem

Hodnota	Olše	Klen
$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ cm	15,5	49,7
t	1,746	2,566
α	< 0,05	< 0,01
Rozdíl výšek kultur	nevýznamný	nevýznamný

Vzhledem k nízkým hodnotám t , pro něž korespondující hladiny významnosti α byly vesměs, procenticky vyjádřeno, menší než 5 %, lze učiniti uzávěr, že není významného rozdílu mezi hnojením kompostem a fosfátem a pouhým hnojením fosfátem. Jinými slovy, že vliv hnojení kompostem při hnojení fosfátem se již neprojevil dalším zvýšením výškového přírůstu olše a kleny.



Obr. 5. Pokusná plocha v odd. 13 d polesí Žehrov. Kotlík s kulturami hnojenými kompostem a surovým fosfátem. 8. 8. 1957. Foto A. Němec

Dub červený nejeví v žádném případě zvýšení průměrného přírůstu vlivem hnojení, naopak ve hnojených kotlicích jsou průměrné výšky značně nižší než v nehnojeném. Výsledek statistického propočtu srovnání výšek nehnojených a hnojených kultur červeného dubu je zřejmý z tabulky.

VII. Srovnání výšek kultur červeného dubu hnojeného s kulturami nehnojenými

Hnojení	$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ cm	t	α	Rozdíl výšek
Čedič	-47,6	13,873	< 0,001	vysoce významný
Kompost	-41,1	16,864	< 0,001	vysoce významný
Fosfát	-21,8	4,784	< 0,001	vysoce významný
Kompost + fosfát	- 9,0	2,927	< 0,005	významný

Ve všech případech jsou rozdíly výšek mezi nehnojenými a hnojenými kulturami dubu červeného stochasticky vysoce průkazné. Nelze však z toho vyvoditi uzávěr, že hnojením byl vzrůst dubu červeného potlačen. Příznivější vzrůst v nehnojeném kotlíku lze vysvětlit tím, že ostatní listnaté dřeviny v nehnojeném kotlíku buď úplně nebo z velké části vyhynuly, zbylé krní, takže kořenová konkurence ostatních dřevin je v nehnojeném kotlíku vyloučena. Kromě toho v hnojených kotlicích působí na vzrůst dubu červeného nejen silná kořenová konkurence ostatních dřevin, poměrně dobře vyvinutých, ale i zastínění a potlačení sousedními dřevinami.

Rozdíly výšek, resp. výškových přírůstků nehnojených a hnojených kultur, jež byly zvoleny jako kritérium posouzení vlivu hnojení na vzrůst pěstovaných dřevin, nejsou jediným znakem, vyčerpávajícím všestranně vliv hnojení na vzrůst kultur. Kromě snížení ztrát, způsobených vyhynutím sazenic, uplatňuje se příznivý vliv hnojení v počtu a velikosti listů, jejich barvě, v hustotě zavětvění, síle kmene a pod. Nápadné rozdíly ve zbarvení listů klenů kultur v nehnojeném kotlíku proti kulturám v kotlicích hnojených se projevily již v létě v roce 1955, kdy listy nehnojených klenů byly vesměs žlutohnědé, nemocné, kdežto u klenů hnojených sytě tmavozelené, zdravé; zejména v kotlíku hnojeném kompostem a fosfátem, kde se tento rozdíl projevoval nejvýrazněji.

Vliv hnojení na obsahy živin v listech olše a klenů

V neposlední řadě projevuje se příznivě vliv hnojení i v chemickém složení listů kultur, jež naznačuje resorpci živin z půdy (u olše i asimilaci dusíku ze vzduchu) a změny, vyvolané vlivem hnojení. V tabulce VIII jsou shrnuty výsledky rozborů vzorků listů olše, odebraných 2. září 1956 z různě hnojených kotlíků:

VIII. Obsahy živin a cukrů v listech olše lepkavé. Rozbory provedl inž. V. Klejzár

Hnojení	V sušině %							
	N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂	cukry	
							redukuj.	po inversi
Nehnojeno	2,155	1,116	0,477	0,704	0,652	0,240	3,49	3,95
Čedič	2,688	1,647	0,731	0,539	0,500	0,317	3,35	3,42
Kompost	2,974	2,057	0,893	0,579	1,028	0,320	4,22	4,83
Fosfát	2,688	2,433	0,652	0,592	1,300	0,283	3,92	4,12
Kompost + fosfát	2,769	1,984	0,910	0,810	0,843	0,263	3,19	3,30

Obsahy dusíku byly nejvíce zvýšeny vlivem hnojení kompostem, popř. kompostem + fosfátem; avšak i hnojení čedičem a fosfátem se projevilo zvýšením obsahu dusíku v listech olše. Obsahy vápníku a kyseliny fosforečné byly nejvíce zvýšeny hnojením fosfátem a kompostem, popř. kompostem + fosfátem. Také obsahy hořčíku byly nejvíce vystupňovány hnojením kompostem a kompostem + fosfátem. Obsah draslíku byl zvýšen pouze při hnojení kompostem + fosfátem, v ostatních případech byl snížen. Nejvyšší obsahy redukujících cukrů, resp. látek redukujících Fehlingův roztok přímo a po inversi byly zjištěny v listech olše, hnojené kompostem. Listy krnících olší v nehnojeném kotlíku byly nejchudší vápníkem, hořčíkem, dusíkem a s výjimkou listů kultur hnojených čedičem i kyselinou fosforečnou. Z toho lze usuzovat, že poruchy vzrůstu nehnojené olše jsou způsobeny poruchami výživy vápníkem, hořčíkem, kyselinou fosforečnou a dusíkem. Nejpriznivějšimu výškovému přírůstu olše při hnojení kompostem + fosfátem nebo samotným fosfátem odpovídají nejvyšší nebo relativně vysoké obsahy všech hlavních živin v listech olše. Význam hnojení kompostem a fosfátem, vyplývající ze stochasticky vysoce průkazného vlivu na výškové přírůsty kultur, je vyjádřen i ve značném zvýšení resorpcce hlavních živin listy olše.

Podobně byly provedeny rozborů vzorků listů k l e n u, odebraných 2. září 1956 (tabulka IX):

IX. Obsahy živin v listech klenů. Rozborů provedl inž. V. Klejžar

Hnojení	V sušině %				
	N	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
Nehnojeno	2,570	0,750	0,272	1,475	0,400
Čedič	2,079	2,063	0,464	1,761	0,677
Kompost	2,149	2,174	0,577	1,775	0,882
Fosfát	2,502	1,620	0,541	1,860	2,794
Kompost + fosfát	2,483	1,661	0,608	1,770	1,242

Obsahy vápníku byly velmi pronikavě vystupňovány zejména hnojením čedičem a kompostem, kdežto obsahy kyseliny fosforečné byly zvýšeny největší měrou (na sedminásobek) hnojením fosfátem, kdy byl zároveň i obsah draslíku zvýšen na maximum. Nejvyššího obsahu hořčíku bylo dosaženo při hnojení kompostem + fosfátem. Velmi nízká hladina obsahů živin v listech nehnojeného klenů prokazuje, že příznivý účinek hnojení byl vyvolán odstraněním poruch ve výživě klenů, jež se nejvýrazněji projeví ve výživě kyselinou fosforečnou a hořčíkem. Ve výživě dusíkem se poruchy neprojevily.

Při ukončení této práce považují za svou milou povinnost poděkovat lesnímu správci poleší Žehrov Josefu Fořtovi za ochotnou a účinnou pomoc při založení pokusných ploch, ošetřování kultur a za nevšední zájem, který provádění meliorace degradované půdy všestranně věnuje.

Souhrn

Pěstováním monokultur borovice ve dvou generacích po sobě byla písčité půda, zvětřalina kvádřového pískovce křídového útvaru, v poleší Žehrov v severovýchodních Čechách ochuzena o minerální živiny, vyčerpané vzrůstem borovice a degradována v typ podzolu se stmelencem. V ochuzeném A horizontu půdního profilu je dnes obsažena pouze $\frac{1}{3}$ až $\frac{1}{4}$ množství kysličníku vápenného a $\frac{1}{5}$ kyseliny fosforečné v poměru k C-horizontu. Ztráta živin A horizontu odpovídá přibližně téměř množství, spotřebovanému vzrůstem borovice za 100leté mýtné období. Kritický nedostatek živin projevuje se i v zásobách draslíku a hořčíku svrchní půdní vrstvy. Lesní obnova po předcházejících dvou generacích monokultur borovice selhává následkem ochuzení a degradace půdy jak při pěstování jehličnatých, tak zejména při výsadbě listnatých dřevin.

V kotlicích borového porostu byl založen pokus s hnojením kultur olše lepkavé, klenů, lípy, buku a dubu červeného čedičovou moučkou (3 kg do sadbové jamky), kompostem z humusu, čediče a vápna (5 kg do jamky), surovým fosfátem (1 kg do jamky) a kompostem + surovým fosfátem (5 kg + 1,5 kg do jamky). Klen a lípa vyhynuly v nehnojeném kotlíku téměř úplně, buk z největší části. Hnojením čedičem a kompostem byly ztráty lípy, klenů a buku značně sníženy. Ztráty olši nejvíce snížilo hnojení surovým fosfátem. Klen a lípa vykazovaly při hnojení čedičem a kompostem minimální ztráty.

Vzrůst kultur byl v letech 1954-57 zjišťován každoročním měřením výšek. Při zpracování výsledků měření z r. 1957 tzv. Student-Gossetovým

t-testem bylo zjištěno, že hnojení všemi použitými způsoby má stochasticky vysoce průkazný vliv na zvýšení výškového přírůstu olše. U klenu se tento vliv projevil pouze při hnojení kompostem, fosfátem a při použití kombinace kompostu s fosfátem. Při statistickém zhodnocení vlivu hnojení čedičem na přírůst klenu bylo na základě t-testu zjištěno, že výškový rozdíl mezi sazenicemi hnojenými a nehnojenými je náhodný. Při základním hnojení kompostem zvýšilo přírůst olše a klenu hnojení fosfátem, nezvýšilo však podle t-testu přírůst lípy. Při základním hnojení fosfátem nebyl však zjištěn stochasticky významný vliv hnojení kompostem na výškový přírůst olše a klenu. Dub červený dosáhl neivyššího přírůstu v nehnojeném kotlíku, kde vyhynutím ostatních dřevin byla vyloučena jejich kořenová konkurence a potlačování vzrůstu dubu zastíněním sousedními kulturami.

Vliv hnojení se výrazně projevil ve zvýšeném přijímání hlavních rostlinných živin listy olše. Obsahy dusíku byly nejvíce zvýšeny hnojením kompostem a kompostem + fosfátem. Obsahy vápníku a kyseliny fosforečné byly nejvíce vystupňovány hnojením fosfátem, kompostem a kompostem + fosfátem, obsahy hořčíku při hnojení kompostem a kompostem + fosfátem. Obsahy draslíku byly zvýšeny toliko hnojením kompostem + fosfátem, jinak byly sníženy. Z rozborů vyplývá, že poruchy vzrůstu nehnojené olše jsou způsobeny poruchami výživy olše vápníkem, hořčíkem, kyselinou fosforečnou a dusíkem. Nejpriznivějším výškovému přírůstu olše při hnojení kompostem + fosfátem odpovídají optimální zvýšení obsahů všech základních živin v listech olše. Hnojení má příznivý vliv na asimilaci dusíku olší. U klenu vyvolalo hnojení čedičem a kompostem nejpronikavější zvýšení resorpce vápníku, hnojení fosfátem mocné zvýšení resorpce kyseliny fosforečné a hnojení kompostem + fosfátem nejvýraznější vzestup resorpce hořčíku. Zvýšení obsahů minerálních živin v listech klenu je opět výrazem odstranění poruch minerální výživy klenu hnojením.

Literatura

1 a) Rennie, P. J.: The uptake of nutrients by mature forest growth. *Plant and Soil* 7, 49-95 (1955). — 1 b) Rennie, P. J.: Les prélèvements des éléments nutritifs des forêts exploitées et leur importance sur les sols pauvres pour la production de bois. *Revue Forestière Française*, 1957, str. 529, č. 7. — 2. Němec, A.: Vliv buku na lešní půdu v oblasti kvádrových pískovců. *Sborník Československé akademie zemědělské*, XXIV., 49-56 (1956). — 3. Rennie, P. J.: The improvement of the timber productivity of heather moor. *Quart. Journ. of Forestry*, 51, (1957).

Мелиорация деградированной почвы в области меловых песчаников путем удобрения компостом, базальтом и фосфатным сырьем

В результате разведения сосновых монокультур в двух последовательных поколениях песчаная почва и рухляки пилиг песчаника меловой формации в лесничестве Жегров, в северо-восточной Чехии, потеряли значительную часть минеральных питательных веществ, были истощены ростом сосны и деградированы на тип подзола с оршштейном. В обедненном горизонте А почвенного профиля сегодня, в отношении к горизонту G содержится всего лишь от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{4}$ количества окиси

кальция и $\frac{1}{2}$ количества фосфорной кислоты. Потеря питательных веществ в горизонте почти соответствует количеству, потребленному сосной за 100 летний оборот рубки. Критический недостаток питательных веществ проявляется и в запасах калия и магния в верхних слоях почвы. Лесовозобновление, после двух предшествующих поколений сосновых монокультур, не имело успеха вследствие обеднения и деградации почвы и это относится как к выражению хвойных, так в особенности к посадке лиственных древесных пород.

В котликах соснового насаждения был заложен опыт с удобрением культур черной ольхи, клена, липы, бука и красного дуба молотым базальтом (3 кг в посадочную ямку), компостом из гумуса, базальта и извести (5 кг в посадочную ямку), фосфатным сырьем (1 кг в посадочную ямку) и компостом вместе с фосфатным сырьем (5 кг + 1,5 кг в ямку). В неудобренном котлике клен и липа почти полностью погибли, а бук в большей части. Удобрение базальтом и компостом в значительной степени снизило потери клена и липы. Потери липы были более всего снижены применением удобрения фосфатным сырьем. Потери клена и липы были минимальными при удобрении базальтом и компостом.

Рост культур в 1954—1957 гг. ежегодно устанавливался путем измерения высот. При статистической обработке результатов измерения в 1957 г. так называемым *t*-критерием Стьюдента было установлено, что удобрение всеми примененными способами имеет стохастически высоко достоверное влияние на увеличение прироста в высоту у ольхи. У клена это влияние проявилось только при удобрении компостом и фосфатом или при применении комбинации компоста с фосфатом. При статистической оценке влияния удобрения базальтом на прирост у клена было установлено на основании *t*-критерия, что разница в высоте между удобренными и неудобренными саженцами является случайной. При основном удобрении компостом дополнительное внесение фосфата увеличило прирост у ольхи и клена, однако по проверке *t*-критерием оно не увеличило прирост у липы. При основном удобрении фосфатом также не было установлено стохастически значимого влияния дополнительного внесения компоста на прирост в высоту у ольхи и клена. Красный дуб имел наибольший прирост в высоту в неудобренном котлике, где в результате гибели остальных древесных пород оказались исключенными как конкуренция их корней, так и подавление роста дуба другими соседними затеняющими культурами.

Влияние удобрения проявилось характерным образом в повышении принятия листьями ольхи главных питательных веществ растений. Содержание азота больше всего повышалось в результате удобрения компостом и компостом+фосфат. Содержание кальция и фосфорной кислоты больше всего поднялось в результате удобрения фосфатом, компостом и компостом+фосфат. Содержание калия увеличивалось только в результате удобрения компостом+фосфат, а в других случаях оно снизилось. Из анализов вытекает, что нарушения роста неудобренной ольхи вызываются нарушениями питания ольхи кальцием, магнием, фосфорной кислотой и азотом. У ольхи при удобрении компостом+фосфат наиболее благоприятному приросту в высоту отвечает оптимальное повышение содержания всех основных питательных веществ в листьях ольхи. Удобрение имеет благоприятное влияние на ассимиляцию ольхой азота. У клена удобрение базальтом и компостом вызвало наиболее значительное повышение ресорбции кальция, удобрение фосфатом вызвало сильное повышение ресорбции фосфорной кислоты, а удобрение компостом+фосфат вызвало характернейший подъем ресорбции магния. Повышение содержания минеральных питательных веществ в листьях клена опять таки представляет собой следствие устранения нарушений минерального питания клена в результате удобрения.

Die Melioration eines degradierten Bodens durch Düngung mit Kompost, Basalmehl und Rohphosphat im Gebiete des Kreidesandsteins.

Durch Anbau von Kiefernreinbeständen in zwei Generationen nacheinander wurde der sandige Boden, ein Verwitterungsprodukt des Quadersandsteins der Kreideformation in Nordostböhmen, um mineralische Nährstoffe verarmt, die durch das Wachstum der Kiefernbestände erschöpft und durch die Degradation des Bodens in einen Podsolortsteintyp aus den oberen Bodenhorizonten beseitigt wurden. In dem verarmten A Horizont ist heute nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ der Menge an Kalkoxyd und $\frac{1}{5}$ der Phosphorsäuremenge im Verhältnis zum C Horizont anwesend. Die Nährstoffverluste des A Horizontes entsprechen beiläufig den Nährstoffmengen, die durch das Wachstum der Kiefer während 100 Jahre verbraucht wurden. Die obere Schicht des Mineralbodens zeigt auch einen kritischen Kali- und Magnesiamangel. Infolge der Verarmung, Versauerung und Degradierung des Bodens scheitert die Aufforstung der Waldflächen nach den vorangehenden zwei Generationen der Kiefernreinbestände mit Nadel- und besonders mit Laubholz vollständig.

In Kesselhieben eines Kiefernreinbestandes wurde ein Versuch mit Düngung der Schwarzerle-, Bergahorn-, Linden-, Rotbuchen- und Roteichenkulturen mit Basalmehl (3 kg ins Pflanzloch), Kompost aus Basalt, Kalk und Humus (5 kg ins Pflanzloch), Rohphosphat (1 kg ins Pflanzloch) und mit Kompost + Rohphosphat (5 kg + 1,5 kg je Pflanzloch) angelegt. Im ungedüngten Kesselhiebe sind Bergahorn und Linde vollständig eingegangen, die Buche größtenteils. Durch Basalt- und Kompostdüngung wurden die Linden-, Bergahorn- und Buchenabgänge wesentlich herabgesetzt. Die Erlenverluste wurden am bedeutendsten durch Rohphosphatdüngung vermindert. Bergahorn und Linde zeigten bei Basalt- und Kompostdüngung die geringsten Verluste.

Die Wuchsleistungen der Kulturen wurden in Jahren 1954–57 durch alljährliche Feststellungen der Pflanzenhöhen und Pflanzenabgänge ermittelt. Bei Bearbeitung der Messungsergebnisse vom Jahre 1957 durch den sogenannten Student-Gosset'schen t-Test wurde festgestellt, daß die Düngung mit allen verwendeten Düngungsarten einen stochastisch hoch nachweisbaren Einfluß auf die Erhöhung der Erlenzuwachse besitzt. Bei Bergahorn zeigte sich dieser Einfluß bloß bei der Düngung mit Kompost oder Phosphat und bei Anwendung der Kompost-Rohphosphatkombination. Bei der statistischen Bewertung des Einflusses der Basaltdüngung auf die Höhenzuwächse des Bergahorns wurde auf Grund der Ermittlung des t-Testes festgestellt, daß die Differenz der durchschnittlichen Höhen von gedüngten und ungedüngten Kulturen zufällig erscheint. Bei einer Kompostgrunddüngung wurden die Erlen- und Bergahornzuwächse durch Rohphosphatdüngung erhöht, die Düngung scheiterte jedoch gemäß dem t-Teste bei der Linde. Bei Grunddüngung mit Rohphosphat wurde jedoch kein stochastisch bedeutsamer Einfluß der Kompostdüngung der Schwarzerle und des Bergahorns wahrgenommen. Die Roteiche zeigte die höchsten Höhenzuwächse im ungedüngten Kesselhiebe, wo durch den Abgang der übrigen Holzarten ihre Wurzelkonkurrenz und Unterdrückung des Eichenwachstums durch Beschattung seitens der benachbarten Kulturen ausgeschieden wurde.

Der Einfluß der Düngung zeigte sich hervorragend in erhöhter Aufnahme der Hauptnährstoffe durch die Erlenblätter. Die Stickstoffgehalte wurden am meisten durch die Kompost- und Kompost-Rohphosphatdüngung gesteigert. Die Kalk- und Phosphorsäuregehalte wurden zumeist durch die Phosphat-, Kompost- und Phosphat-Kompostdüngung erhöht. Die Kaligehalte wurden bloß durch die Kompost-Rohphosphatdüngung gesteigert, sonst wurden sie herabgesetzt. Aus den Blattanalysen geht hervor, daß die Störungen des Wachstums der ungedüngten Schwarzerle durch Störungen der Kalk-, Magnesia-, Phosphorsäure- und Stickstoffernährung der Pflanze hervorgerufen werden. Dem günstigsten Höhenzuwachs der Erle bei Kompost-Rohphosphatdüngung entsprechen die opti-

malen Steigerungen der sämtlichen Gehalte an Grundnährstoffen in den Blättern der Schwarzerle. Bei Bergahorn zeigte die Düngung mit Basalt und Kompost die wesentlichsten Steigerungen der Kalkaufnahme der Blätter, die Rohphosphatdüngung eine sehr mächtige Förderung der Phosphorsäureaufnahme und die Kompost-Phosphatdüngung, die bedeutendste Steigerung der Magnesiumaufnahme. Im allgemeinen ist die wesentliche Steigerung der Gehalte an Mineralnährstoffen in den Ahornblättern durch Düngung ein Ausdruck der Beseitigung von Störungen der Mineralstoffernährung der Ahornkulturen.

Vliv lesa na hydrologický režim našich toků

Влияние леса на гидрологический режим наших рек

Inž. A. ČERKAŠIN

Výzkumné oddělení Hydrometeorologického ústavu v Brně

Závislost průtoků v řekách na stupni zalesněnosti jejich povodí je jen dílčím úsekem problému o hydrologickém účinku lesa vůbec. Veškeré otázky, týkající se vlivu lesa na jednotlivé články koloběhu vody jsou tak těsně mezi sebou spjaté, že je těžko mluvit o jedné, aniž by se muselo dotknout ostatních.

Ježto voda v říčním korytě pochází ze srážek, je nutno se především zmínit o klimatickém vlivu lesa. Rozpory v otázce vlivu lesa na srážky trvají již přes sto let. Protichůdné názory vědců, důkazy a protidůkazy vytvořily situaci, kdy bylo možno zastávat a obhajovat ten nebo onen názor za pomoci argumentů známých odborníků. Příčinou tohoto jevu byla hlavně časová a prostorová roztříštěnost výzkumných prací. Les nepůsobí totiž všude stejně a jeho účinek projevuje se podle poměrů různě.

Převážná většina výzkumných prací o hydrologické úloze lesa byla prováděna hlavně pod zorným úhlem polního nebo lesního hospodářství, při čemž hlediskům čistě hydrologickým věnovala se pozornost víceméně jen mimochodem. Teprve ve zcela nedávné době, dík systematické práci velkých sovětských vědeckých organizací, podařilo se dojít k výsledkům, které vnášejí do problému více světla a umožňují určitější odpověď na některé dosud nevyjasněné otázky. Na základě svých výzkumů domnívají se sovětské vědy, že větší lesní komplexy rozmnožují srážky vytvořením dodatečné cirkulace vzduchu nad zalesněnými plochami.

Průkopníci lesnické meteorologie se pokoušeli, jak známo, řešit otázku vlivu lesa na množství srážek přímým pozorováním na poměrně malých zalesněných a nezalesněných plochách. Jejich pokusy nepřinesly očekávaný výsledek a zájem o rozřešení problému na nějakou dobu ochabl. Pokusy, které se přesto ojedinele konaly na

různých místech Evropy, nevnašely do otázky jasno, neboť výsledky byly často protichůdné, jak navzájem, tak i vzhledem ke skutečnostem, jež přesvědčivě mluvily ve prospěch lesů. Znehodnocení nesmírných ploch půdy v USA v důsledku devastace lesů, zaviněné individualistickým hospodařením, pokles vodnosti toků a zhoršení jejich režimu v evropském Rusku za posledních dvě stě let, kdy byly velké plochy lesa vykáčeny pro zemědělské kultury, všeobecné zhoršení vodních poměrů všude tam, kde velké lesní komplexy byly zničeny, ať už přírodní kalamitou, nebo lidskou chamtivostí, mimoděk musely vést k přesvědčení, že lesy „přitahují deště“. Přesto, že výsledky pozorování byly stále více opravovány a doplňovány, nepodařilo se do poslední doby najít na otázku jednoznačnou odpověď a ukončit vědeckou diskusi, trvající několik lidských pokolení. Dnes máme za to, že příčinou tak dlouho trvajícího neúspěchu byla mimořádná složitost problému a nepostačující prostředky, které byly badatelům k dispozici.

Pochody makroklimatické probíhají na ohromných prostorách naší planety a nelze je sledovat v tak malých přírodních laboratořích, jakými jsou rozlohy jednotlivých evropských států. Tím méně je pravděpodobné, že by bylo možno zjistit vliv lesa na srážky na malém území naší republiky s roztříštěnými plochami lesů.

Mechanismus makroklimatického účinku lesních ploch není dodnes zcela objasněn. Na základě dosavadních výzkumů lze si ho představit asi takto:

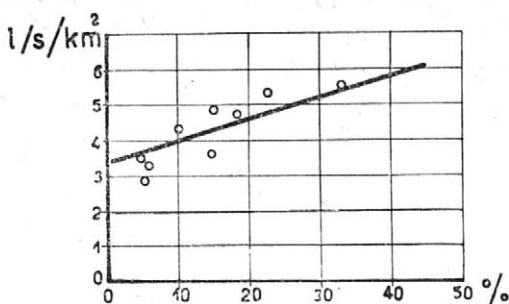
Stav ovzduší blíží se rosnému bodu tím více, čím větší je absolutní vlhkost vzduchu, a čím nižší je jeho teplota. Oba tyto účinky vykonává les na vzdušné masy, přicházející s ním do styku. V létě les vypařuje větší množství vody než plocha nezalesněná. Tím se vzduch nad lesem obohacuje vodními parami. Protože vypařování

je procesem endotermickým, pohlcuje se při něm mnoho tepla a vzduch se současně ochlazuje. Studenější, těžší vzduch se roztéká na strany a vyplňuje místo uvolněné teplejším vzduchem, který je vynesena vzhůru konvekčními proudy nad bezlesými plochami. Tak vzniká koloběh studenějšího a vlhčího vzduchu, způsobený lesními komplexy. Zvýšení vlhkosti ve vyšších vrstvách ovzduší napomáhá pak k snazšímu vytvoření mráčen a místních dešťů. K dobru producenta této vlhkosti nepřijde ovšem mnoho z vláh, kterou vyparil. Převážná její část se dostane ve vrchních vrstvách ovzduší do tranzitních proudů, a bývá zpravidla odnesena značnou rychlostí na větší vzdálenost.

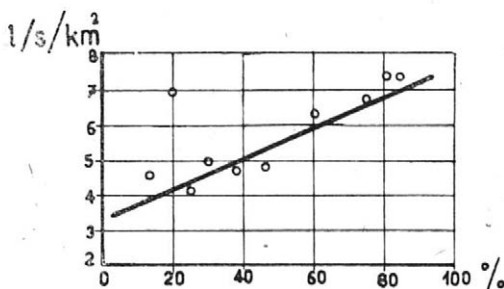
Někteří odborníci vyslovují názor, který se na první pohled zdá být protichůdným právě popsané představě. Tvrdí, že les ochlazuje ovzduší mas působí jako vodní plocha, že nad zalesněnou krajinou, obdobně jako nad vodní plochou, vzniká termická inverze, která vytváří podmínky, nepříznivé pro vznik dešťů. Tento názor není však v zásadním rozporu s právě popsaným mechanismem účinku lesa na množství srážek.

Zkoumáním závislosti specifického odtoku ročního průtoku na míře zalesněnosti povodí bylo prokázáno na velkých plochách Sovětského svazu, že specifického odtoku průměrného ročního průtoku přibývá se vzrůstajícím procentem zalesnění povodí (obr. 1. a 2.). Tento poznatek, který se uvádí v souvislosti s otázkou vlivu lesa na množství srážek, nemusí však ještě znamenat, že nad zalesněným povodím více prší. Větší odtok může být způsoben lepším hospodařením lesa se srážkami, spadlými na jeho plochu ve stejném množství jako na okolní bezlesé prostory.

Podrobná šetření o vlivu lesa na hodnotu průměrného ročního průtoku v oblasti lesostepi provedl pracovník státního hydrologického ústavu SSSR Bočkov. Došel ke stejným výsledkům jako Rachmanov na severu. Za příčinu tohoto jevu Bočkov mimo jiné považuje větší množství srážek nad zalesněným povodím. Toto zvětšení množství srážek vysvětluje vznikem stoupajících vzdušných proudů nad drsnou zalesněnou plochou. Účinek zalesnění na velikost ročního průtoku je tím větší, čím je větší průměrná roční srážka a čím více jsou koryta toků zařizována do terénu. Výsledky Bočkovy prací jsou v rozporu s tvrzením Vysockého, že lesy vysušují roviny. Pro naše poměry, kde hladina spodní vody v rovinných polohách jen výjimečně může poklesnout pod 8–10 m a kde koryta řek zpravidla dobře odvodňují okolní terén, musí mít poznatky Bočkova, při teoretickém uvažování, plnou platnost.



1. Prameny Dněpru a Oky (zalesnění v % podle Rachmanova)



2. Povodí Vjatky (zalesnění v % podle Rachmanova)

Z výzkumů Bočkova je nejzajímavější jeho pokus, vyjádřit kvantitativně vliv agro- a lesomelioračních opatření na hodnotu průměrného ročního průtoku v řekách pomocí rovnice. Do jaké míry odpovídají výpočty provedené pomocí této rovnice skutečnosti, ukáže budoucnost, kdy opatření, s nimiž rovnice počítá, budou provedena.

Přes to, že dnes nemůžeme určit, jaké procento u nás spadlých srážek připadá zrovna na vrub našich lesů, lze považovat všeobecně kladný vliv lesa na srážky po stránce kvalitativní za prokázaný. Příspěvek lesů k srážkám z velkého koloběhu je v našich poměrech jistě malý, a ani zdaleka nepostačí k tomu, aby si les sám připravil vláhové podmínky pro svůj vzrůst, a v tomto smyslu je správné tvrzení, že lesy nepřitahují srážky, ale vznikají tam, kde hodně prší.

Vliv lesa na množství srážek spadlých na plochu, kterou zaujímá, záleží na různých okolnostech. V našich poměrech může se prokazatelně mluvit pouze o účinku lesa na množství srážek vodorovných (rosa, jinovatka). Jeho vliv na srážky uplatňuje se tudíž dvěma protichůdnými směry: na jedné straně les zadrží v korunách stromů určité procento svislých srážek, a to tím větší, čím hustší a hlubší je zápoj, a čím menší je srážka. Podle výzkumů akad. Mařana a Lhoty může se počítat, že v na-

ších smrkových monokulturách nedopadne $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{3}$ ročních srážek na lesní půdu, a je vypařena z listů a větví stromů. Proti této ztrátě stojí zisk v podobě srážek vodorovných. Při poněkud větší vlhkosti vzduchu, sráží se uvnitř porostu pára, a stéká po stromech k zemi. V rovinných polohách nemohou se tohoto procesu zúčastnit rozsáhlé lesní plochy, neboť vzduch ztrácí značnou část obsahu vodních par již v poměrně malé vzdálenosti od okraje lesa a kondenzace na stromech ustává. Zde ztráta způsobená zadržením v korunách a transpirací, převyšuje zisk z kondenzace. Jinak se má věc na zalesněných stráních hornatých krajín, zvláště obrácených k vláhonošným větrům. Tu stoupající vzdušný proud stále se ochlazuje, čímž se jeho relativní vlhkost stále udržuje na určité výši, a kondenzace zúčastní se celá plocha lesa. Zde zisk po většině musí převyšovat ztrátu. Na takových horských stráních může tato dodatečná vodorovná srážka ovlivnit součinitele odtoku způsobem nevysvětlitelným z poměru srážek a odtoku, a to proto, že tato kondenzovaná vlhka nemůže být zachycena srážkoměry. Na základě uvedené možno předpokládat, jak to činil Vysocký, že lesy v nižších rovinných polohách musí v suchých obdobích snižovat vodnost toků pod hodnotu průtoků v bezlesých povodích. Taková domněnka může být správnou jen v kontinentálních podmínkách lesostepi. V našich poměrech je těžko mluvit o takovém zjevu. Zde přicházíme k další otázce, která zajímá hydrologa, a to k otázce vlivu lesa na rozkolísanost průtoků v tocích.

Tento problém, jakkoliv je složitý, nevzbudil tolik sporů v odborné veřejnosti, jako otázka první, poněvadž regulační účinek lesů byl již od nepaměti člověku nápadný, a rovněž z toho důvodu, že jeho důkaz nevyžaduje tak velkého prostoro-
vého a časového měřítka jako důkaz vlivu lesa na místní srážky. Vědecká diskuse, která se týkala této otázky, vztahovala se pouze na způsob, jak se uplatňuje tento vliv.

Příčinou velkého vyrovnávacího účinku lesa je struktura lesní půdy a její humusový kryt. Kořeny stromů jak živých, tak i odumřelých, provrtávají půdu do značné hloubky a vytvářejí z ní druh síta, převádějícího rychlý povrchový odtok do pomalého podzemního odtoku mnohem snadněji, než tomu je na bezlesých plochách. K této povrchové vodě přistupuje i kondenzovaná půdní voda, která se tvoří snadněji v porostních podmínkách než v půdách nekrytých porostem. Tak si les nahromadí zásoby podzemní vody za vlhkých období v takovém množství, že s nimi pak vystačí i v následujícím období sucha.

Na tento regulující vliv lesa má velký vliv stav porostů, jejich druhová skladba, složení humusové vrstvy, a hlavně zakmenění. Akademikové Mařan a Lhota zjistili pokusy v přírodě, že povrchový odtok ve smíšených lesích je u nás asi 2,5 až 3krát menší než v monokulturách, v těchto zase asi 3krát menší než na holé zatravnaté ploše. Náhlé probírky nebo dokonce holoseče a porušování hrabanky snižují podstatně regulující účinek lesa.

Sledoval jsem otázku vlivu různých činitelů na rozkolísanost průtoků v tocích povodí Moravy podle metody matematické statistiky. Sestrojil jsem mapu izolinií koeficientů variace průměrného ročního průtoku pro veškeré vyčíslované stanice hydrologické služby na Moravě s řadou pozorování 1926—1952 (obr. 3). Průběh čar ukazuje, že hodnota koeficientu variace klesá směrem do vyšších poloh. V těchto polohách se na velikost variačního faktoru důrazněji uplatňují tři hlavní odtokotvorní činitelé: spád, srážka a zalesnění. Neměl jsem možnost sledovat vliv jednotlivých činitelů na velikost koeficientu variace (C_v) průměrného ročního průtoku. Jisto je, že spád působí na velikost C_v opačným směrem než srážka a zalesnění, jelikož zrychluje povrchový odtok, a tím zneumožňuje, aby se větší množství srážkové vody dostalo do podzemních zásob. Úloha eliminovat nepříznivý vliv spádu, a nad to ještě podstatně snížit hodnotu koeficientu variace ve vyšších polohách, připadá tedy pouze srážce a zalesnění. Jakými podíly se zúčastňují oba tyto činitelé na ztlumení rozkolísanosti odtoku, čili na snížení hodnoty variačního faktoru? O tom se dnes můžeme jen domnívat, opíraje se o kusý materiál, který máme k dispozici. Pozorování konaná v povodích Kychové a Zděchové na Vsetinské Bečvě ukazují, že při jinak stejných poměrech, má zalesněné povodí Kychové v období let 1925—1955 průměrný roční průtok asi o 3 % větší než nezalesněné povodí Zděchové. Tato okolnost může být vysvětlena jedine způsobem hospodaření lesa s vodou a příspěvkem vodorovných srážek. Je-li les činitelem zmírňujícím rozkolísanost průtoků, dalo by se a priori očekávat, že hodnota variačního faktoru průměrného ročního průtoku bude na zalesněném povodí Kychové menší než na bezlesém povodí Zděchové. Výpočet C_v potvrzuje tento teoretický předpoklad. Koeficient variace na zalesněném povodí je asi o 8 % menší než na povodí bezlesém.

Pro znázornění vlivu velikosti C_v na rozkolísanost ročního průměrného průtoku na našich tocích, uvedu několik příkladů z tab. I.

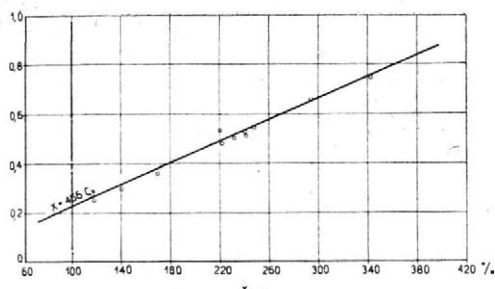
V Raškově na Moravě, kde $C_v = 0,26$ průtok kolísá v mezích 117 % dlouhodo-

Název stanice — tok	Procento zabezpečení průměrného ročního průtoku		Roční průměrný průtok m³/sek	C _v	C _s
	1	99			
	m³/sek				
Raškov — Morava	10,05	3,20	5,86	0,26	0,8
Šumperk — Desná	7,05	1,90	3,92	0,28	0,6
Lupěné — Sázava	8,50	1,62	4,31	0,34	0,7
Moravičany — Morava	35,00	8,20	17,41	0,33	1,0
Loštice — Třebůvka	6,60	0,85	2,52	0,47	1,6
Nové Sady — Morava	52,20	10,50	25,52	0,35	0,9
Vsetín — Bečva	13,40	2,25	6,93	0,34	0,5
Jarcová — Bečva	18,30	3,15	9,79	0,33	0,4
Lužná — Bečva	2,56	0,37	1,12	0,42	1,0
Krásno — Bečva	8,15	1,05	3,94	0,39	0,6
Teplíce — Bečva	29,30	5,60	15,68	0,33	0,5
Dluhonice — Bečva	34,70	6,40	17,86	0,34	0,6
Plumlov — Hloučela	1,90	0,10	0,59	0,47	0,8
Vyškov — Haná	1,47	0,09	0,47	0,65	1,5
Kroměříž — Morava	104,50	18,50	50,40	0,37	0,8
Gottwaldov — Dřevn.	4,30	0,95	2,20	0,33	0,8
Strážnice — Morava	133,50	21,50	58,82	0,39	1,2
Dačice — Dyje	3,92	0,38	1,57	0,48	1,0
Podhradí — Dyje	23,00	2,90	8,70	0,50	1,3
Vranov — Dyje	25,00	3,10	10,15	0,53	1,4
Trávní Dvůr — Dyje	33,40	3,50	12,10	0,54	1,4
Borovnice — Svratka	3,10	0,79	1,52	0,33	1,2
Vir — Svratka	8,60	1,60	3,80	0,40	1,2
Loučky — Loučka	4,10	0,80	1,90	0,38	1,0
Veverská Bítýška — Svratka	19,70	3,00	8,25	0,44	1,2
Rozhraní — Svitava	2,17	0,70	1,25	0,25	0,8
Letovice — Svitava	4,10	1,05	2,20	0,30	0,8
Bilovice — Svitava	11,55	2,25	5,18	0,39	1,2
Židlochovice — Svratka	39,50	6,10	15,93	0,45	1,3
Dvorce — Jihlava	3,85	0,70	1,86	0,36	0,8
Vladislav — Jihlava	14,90	1,80	5,45	0,51	1,4
Olší — Oslava	3,25	0,45	1,42	0,43	1,0
Nesměř — Oslava	6,21	0,95	2,61	0,44	1,2
Oslavany — Oslava	12,90	0,85	3,73	0,48	1,0
Moravský Krumlov — Rokytná	5,90	0,30	1,64	0,74	1,8
Ivančice — Jihlava	31,00	3,50	11,39	0,52	1,4
Dolní Věstonice — Dyje	108,00	15,50	41,97	0,48	1,4
Štefanov — Myjava	6,30	0,85	2,71	0,44	1,0
Moravský Svatý Jan — Morava	274,00	39,00	115,35	0,44	1,1

bého průměru. V podhradí na Dyji, kde $C_v = 0,50$ kolísá průtok v mezích 230 %, ve Vyškově na Hané s $C_v = 0,65$ kolísá roční průtok v mezích 300 % dlouhodobého průměru a v Mor. Krumlově, kde C_v dosáhl největší hodnoty na Moravě — 0,74 rozkolísanost ročního průtoku je 342 % dlouhodobého průměrného průtoku.

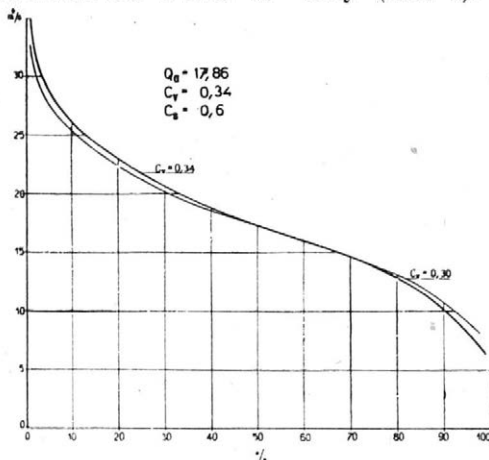
Závislost míry rozkolísanosti průměrného ročního průtoku na velikosti koeficientu variace lze přibližně vyjádřit přímkou $x = 456 C_v$, kde x je procento rozkolísanosti průměrného ročního průtoku (obr. 4).

Na základě průzkumu a studií o velikosti variačního faktoru průměrného ročního průtoku v jednotlivých povodích mám za to, že vhodnými, do důsledku provedenými agro- a lesomelioračními opatřeními lze variační faktor pro průměrný roční průtok snížit na našem území průměrně o 10 % jeho dnešní hodnoty. Tím by se křivka výskytu, ku příkladu na Bečvě v Dluhonících, otočila kolem inflexního bodu (obr. 5), a zaujala polohu blíže k vodorovné. To by znamenalo, že asi 6—7 milionů m³ vody by přešlo do podzemního odtoku k dobru nejsušších let. V Kroměříži na



4. Vztah mezi velikostí koeficientu variace a rozkolísaností (v % Qa) průměrného ročního průtoku

Moravě, zmenšení variačního faktoru asi o 10 % jeho dnešní hodnoty, vychýlí křivku výskytu průměrného ročního průtoku z polohy D do polohy D' (obr. 6). Toto odchýlení znamená převedení asi 30 mil. m³ vody do podzemního odtoku, tj. nalepšení nejmenších průměrných průtoků na účet průtoků v mokřejších letech. V povodí Ostravice (Ostrava), kde koeficient variace průměrného ročního průtoku je dnes 0,26, by znamenalo jeho snížení o 10 % převedení do podzemního odtoku množství asi 6 mil. m³ vody (obr. 7).

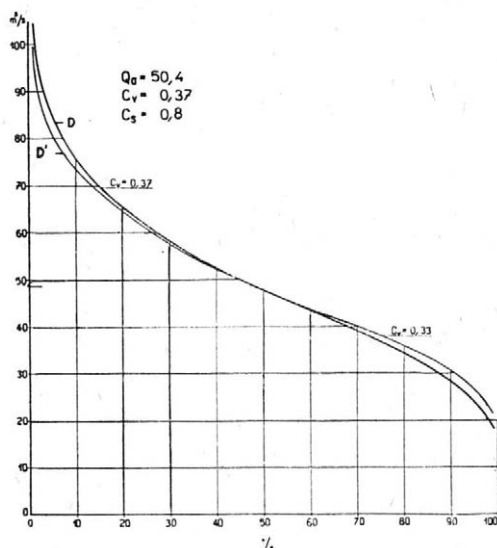


5. Křivka překročení prům. roč. průtoků na Bečvě v Dluhonicích

Uvažujeme-li vliv vzorně obhospodařovaných lesů hodnotou asi 30 % celkového snížení variačního faktoru, znamenalo by to, že miliony m³ srážkové vody by přešly pouze jejich regulačním účinkem do podzemních zásob k dobru průtokům v nejsušších obdobích.

Poslední otázkou, která zajímá hydrologa při hodnocení vlivu lesa na režim povrchových toků je otázka účinku zalesnění na velikost povodňové vlny. Studium o vlivu lesa na snížení velkých vod je ve světové literatuře velmi málo v porovnání

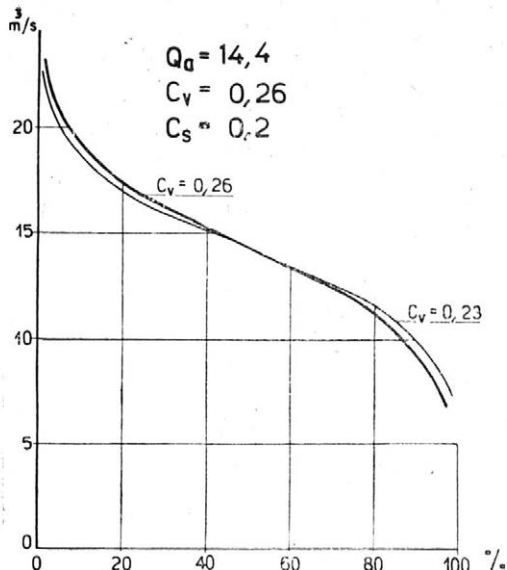
s díly pojednávajícími o jeho účinku na výpar, mikroklima, režim podzemních vod, koeficient odtoku apod. Příčina je částečně v tom, že tato otázka neobsahuje v sobě problémy, nedílně spojené s produkcí lesních nebo polnohospodářských kultur.



6. Křivka překročení prům. ročních průtoků na Moravě v Kroměříži

Mimo to se jedná o zjev řídkého výskytu, který zajímá bezprostředně hydrologa a lesomeliorátora. Jeho druhotný účinek týká se ponejvíce bezpečnosti majetku a vodohospodářských staveb; spadá tedy do oblasti zájmů odborníků, kteří nemají zpravidla předpoklady, aby mohli prostudovat otázku s patričním vztahem k lesům. Všeobecný názor vzniklý odpozorováním z přírody, zcela správně vystihuje tento účinek. Je známou skutečností, že vykácení lesů zvyšuje nebezpečí povodní, avšak kvantitativní vztahy nebyly dosud odvozeny. Pozorování, konaná u nás na zkušebních povodích, nemohla vnést jasno do této důležité otázky, ježto doba pozorování projev tak řídkého výskytu je nedostatečná. Protože v našich poměrech naprosto převládají povodně z dešťů — nebudeme se zabývat funkcí lesa při vytvoření velkých vod ze sněhu.

Celkový vliv zalesněné plochy na povrchový odtok velkých vod se skládá z činitelů trvalých a proměnlivých, které působí buď ve stejném směru, anebo se navzájem do jisté míry ruší. K činitelům působícím trvale patří tvar povodí, geologické složení, spádovitost a topografie terénu. K činitelům proměnlivým počítáme v první řadě počáteční vlhkost půdy (stupeň vlhkosti před příchodem povodně), zakmenění



7. Křivka překročení prům. roč. průtoků na Ostravici v Ostravě

a stav humusové vrstvy. Dále stáří porostů, jejich druhovou skladbu, způsob obhospodaření a umístění jednotlivých porostů na zalesněné ploše. Jak je vidět, je úloha zalesněného povodí při procesu vytvoření velké vody mnohostranná, a není proto divu, že ještě dnes zůstávají některé otázky, týkající se vlivu lesa na velikost povodňové spornými.

Geologické složení podloží podmiňuje ten nebo onen druh půdy. Půdy a podloží propouštějí a udrží vodu svými póry. Dešťová voda, spadlá na povrch, prosakuje dovnitř nejprve působením tíže. Půda pohltí tím více vody, čím je větší celkový obsah pórů, tj. čím má půda hrubší zrnitost. Z toho plyne, že na tocích, jejichž povodí se skládá z písčitých půd, musí být odtok při jinak stejných podmínkách menší než z povodí, řekněme, hlinitých. Nejnepříznivější podmínky pro povrchový odtok nastanou zřejmě na plochem povodí s písčitou půdou.

Spaditost území podporuje za každých okolností povrchový odtok. Podle pokusů Boldakových zvyšuje zvětšení spádu z 2 na 10 % u zalesněných povodí rychlost povrchového odtoku asi 4krát. Jelikož množství vody, vsáklé do půdy, závisí (u stejných půd) na době vsakování, je zřejmé, že větší spád podporováním povrchového odtoku zkracuje dobu vsakování, a tím napomáhá vytvoření větších povodní.

Topografie území, související se spaditostí terénu, podmiňuje výskyt ve větším nebo menším množství plošek bez odtoku. Je to vlastnost povrchu, která umožňuje zadržování určitého množství vody v pro-

hlubních, jámách a různých nerovnostech, v nichž zůstává uzavřena, a je vyražena z povrchového odtoku.

Počáteční vlhkost půdy má velmi podstatný vliv na množství povrchového odtoku. Podle Abramova stoupne povrchový odtok na hlinité a písčito-hlinité půdě 4krát při zvýšení počáteční vlhkosti z 55 na 100 %. Při těžce půdě, ale s drnovým krytem, stoupne odtok asi 3krát.

O vlivu zakmenění, druhové skladby a stáří porostů, o účinku množství a kvality hrabanky na velikost povrchového odtoku máme důkladně provedená šetření od akad. Mařana a Lhoty.

Jak se na otázku transformačního účinku lesa na velikost povodně dívali hydrologové — autoři vzorců pro výpočet velkých vod, pokud tento vliv zvlášť uvažovali?

Lauterburg nepočítá s vlivem lesa jako samostatným činitelem ani ve vzorci pro vy-

číslení největší vody $Q_{mx} = \alpha \cdot F \cdot \frac{32}{31 + F} \cdot 35$,

ani ve svých vzorcích pro menší vody. Jeho účinek započítává společně s jinými faktory koeficientem α . Tento se mění v mezích 0,25 až 0,90. Jakou úlohu připisuje autor vlivu lesa na snížení povodně nelze z hodnoty α s jistotou stanovit.

Hofmann ($Q = m \frac{F}{\sqrt{F+1}} \left(1 - 0,4 \frac{F_c}{F}\right)$)

uvažuje vliv lesa koeficientem, který se mění v mezích 0,6 až 1,0. Má tedy za to, že za jinak stejných podmínek, z nezalesněného povodí bude kulminace až 1,7krát větší než z povodí zalesněného. Stejnou úlohu připisuje lesům i vzorec bavorských státních dráh $Q = 4,2 n_1 n_2 n_3 n_4 F m^3/\text{sek}$.

Specht ve svém starším vzorci neuvažuje vliv lesa žádným parametrem. Ve vzorci novějším,

$[Q = N \left(0,2 + \frac{0,8}{4 \sqrt{t+1}}\right) \frac{10^{12}}{36} \sqrt{\frac{1}{F} \cdot F}]$,

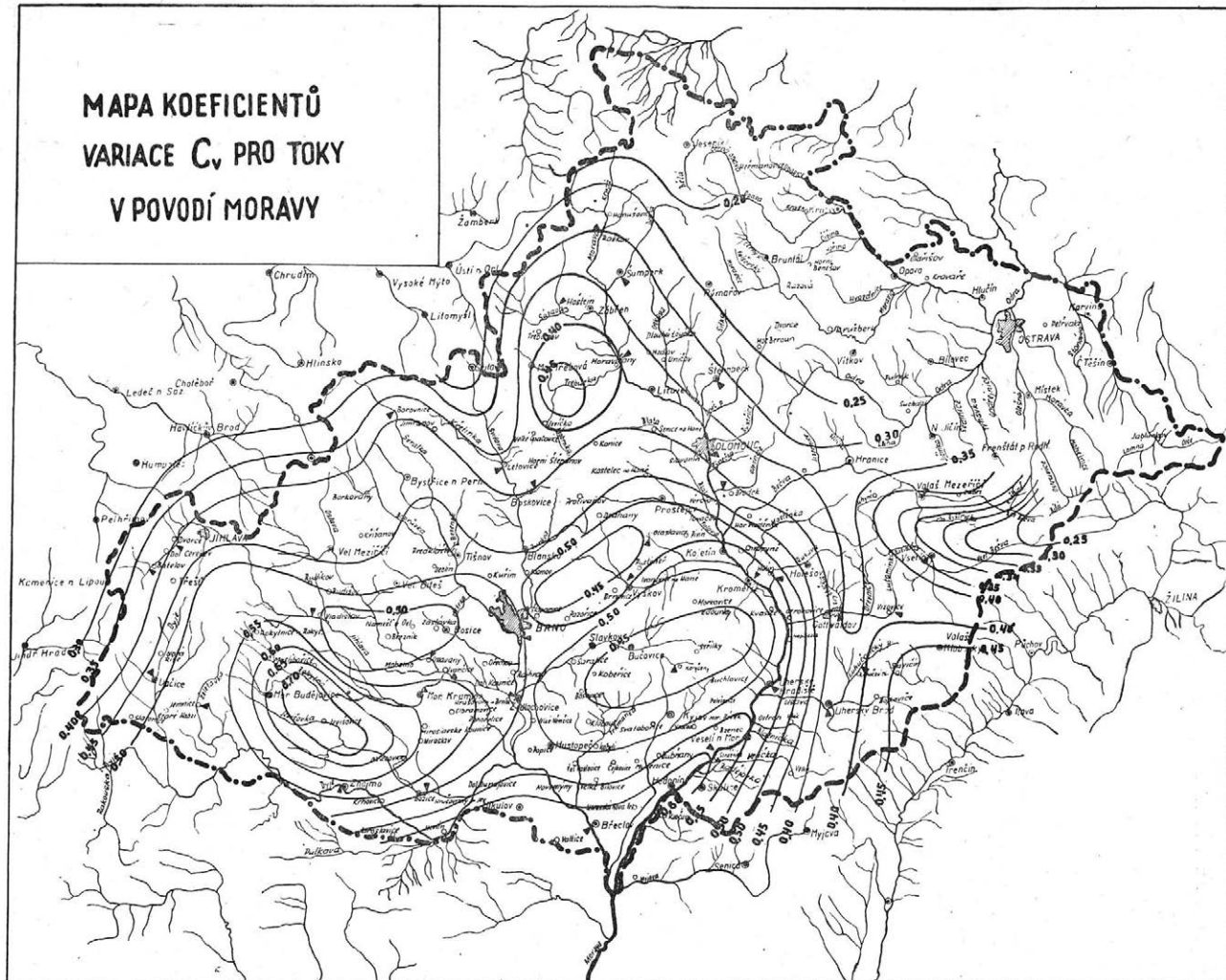
lze spatřovat úmysl autora, započítat vliv lesa v hodnotě parametru „c“, který se mění v dosti širokých mezích.

Iszkowski ve svém vzorci $Q = C_h m h F$ nepoužívá zvláštního parametru pro vystižení vlivu zalesnění na velikost velké vody. Částečně je vliv lesa zahrnut v hodnotě součinitele C_h . Nelze však ani při bližně určit, jaký význam přisuzoval autor stupni zalesněnosti povodí.

Hofbauer ($Q = \beta \sqrt{F}$), stejně jako Heisig ($Q = KKF$), zahrnuje veškeré součinitele, ovlivňující velikost velké vody, do jediného koeficientu, jehož volba je rozhodující pro hodnotu výsledku. Jaký účinek přisuzují oba autoři lesům při vytvoření povodňové vlny, není možno z jejich vzorců zjistit.

Ve vzorci Dubovč, $[q = \frac{A}{F_a} \left(1 + \sum \frac{n}{o}\right)]$,

**MAPA KOEFICIENTŮ
VARIACE C_v PRO TOKY
V POVODÍ MORAVY**



je vliv lesa započítán zvláštním koeficientem. Podle něho je kulminace velké vody z povodí bezlesého asi 1,5krát větší než z povodí zalesněného.

Ogijevskij připisuje lesům poněkud větší transformační úlohu, než jakou jim přisuzovali starší autoři. Jeho koeficient β mění se od 0,5 do 1,0, tj. ze zalesněného povodí, může být velká voda až 2krát menší než z povodí nezalesněného.

Sokolovskij ve svém vzorci $Q = \frac{0,28 H_t \alpha F}{t} f \delta \lambda + Q'$ vůbec neuvažuje

samostatně vliv lesa. Jedinou zmínkou, kterou by snad bylo možno vztáhnout na zalesnění povodí, je poznámka, že pro povodí s propustnými půdami se snižuje hodnota odtokového koeficientu α proti tabulkám o 30 až 50 %.

Vzorec sovětského komisariátu dopravy (NKPS) z roku 1928, $Q = C \alpha F$, je velmi charakteristický pro stanovisko sovětských hydrologů před 30 lety v otázce vlivu lesa na maximální průtoky. V návodu k používání vzorce čteme: Zmenšení vypočtené hodnoty průtoky lze připustit nejvýše o 50 % za mimořádných podmínek jako: silně propustné půdy, zabírající větší díl plochy povodí, váte písčiny o síle nejméně 1 m, pohyblivé šterkové sutě, silně rozpukané krasové útvary apod. Zmenšení nejvíce o 20 % lze připustit pro povodí o ploše přes 20 km², pokryté z větší části lesem.

V základním vzorci norem NKPS z roku 1931 $Q_m = 16,67 F$ (ik — u) není vůbec zmínky o vlivu lesa. Tento nedostatek je zde však do jisté míry nahrazen koeficientem intenzivnosti vsakování, který se zjišťuje měřením v přírodě.

Hydrologie Moravy projevila svůj názor na tento problém ve vzorci inženýra Čerkašina pro vyčíslení 1 % povodně z menších povodí $Q_{100} = \frac{24,7 \cdot \beta \sqrt[3]{V^2}}{\psi \sqrt[3]{L^2}} F$. Po-

dle návodu na používání tohoto vzorce zalesnění snižuje kulminaci 100leté vody 2,5 až 3krát v porovnání ke stejnému povodí bezlesému. Již jsem se zmínil, že transformační účinek lesa je dost kolísavou hodnotou. Meze 2,5 až 3krát u mého vzorce byly zvoleny jako hrubý průměr na základě hydrologického průzkumu a s částečným ohledem na příští plánovaný stav našich lesů.

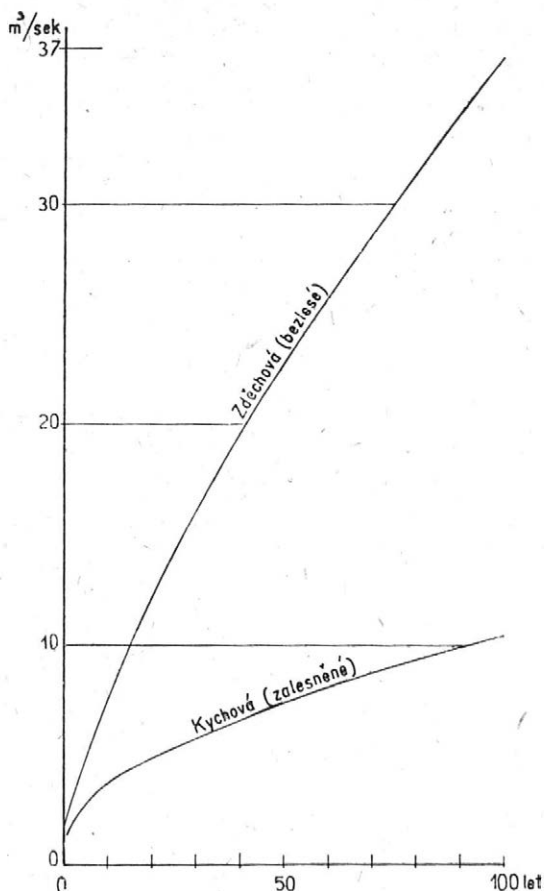
Les lze přirovnat k údolní nádrži určitého obsahu. Retenční prostor nádrže pohltí veškeré povodňové vlny o obsahu menším nebo rovném tomuto prostoru. Ostatní vlny zploští, a to tím méně, čím je jejich obsah větší v porovnání k retenčnímu obsahu nádrže. Zásáhne-li srážka o určité intenzitě a trvání povodí zalesněné a ne-

zalesněné, vyvolá na bezlesém povodí vodu stoletou, kdežto na povodí zalesněném vlnu ztransformovanou retencí lesa, tedy vodu, měřeno měřítkem nezalesněného povodí, menší. Je zřejmé, že pro vznik stejně velké vlny na povodí zalesněném, je třeba výskytu jistých dodatečných činitelů, kterými by retenční úloha lesa byla anulována. Je třeba, aby obsah této retenční nádrže byl zaplněn těsně před příchodem srážky, způsobující stoletou vodu na bezlesém povodí, anebo aby srážka byla větší než ta, která způsobila 1 % povodeň na bezlesém povodí. Ale za těchto okolností již nelze mluvit o stejné pravděpodobnosti obou vln. Úvaha je ovšem pouze teoretická a její správnost, příp. nesprávnost, může být prokázána až po uplynutí dlouhé řady let. Krátce řečeno, retenční účinek lesa posunuje výskyt velkých vod (měřeno povodím nezalesněným) směrem k menším pravděpodobnostem. Tento posun může být velmi značný, jak je vidět z čar opakování povodní v povodích Kychové a Zděchové (obr. 8). (Podle studie dr. M. Čermáka.) Povodeň, která na bezlesém povodí má pravděpodobnost výskytu 6 % (voda 16letá), je na povodí zalesněném vodou asi jednoprocenní, tj. stoletou. Je zajímavé, že tentýž vyrovnávací vliv lesa, který jsme viděli u ročního průměrného průtoky, projevuje se i u velkých vod. Rozkolísanost extrémních hodnot velkých vod na bezlesém povodí Zděchové je asi 850 % jednoleté vody, kdežto na povodí zalesněném pouze 137 % této hodnoty, tj. asi 6krát menší. Z obr. 8 je rovněž patrné, že průtoky menší než jednoletá voda (měřeno povodím nezalesněným) na povodí zalesněném prakticky vůbec se neprojevují jako velké vody.

Všeobecně je vliv lesa na odtok i největší vody pro nás nepopíratelný. Tento vliv však může být zesílen nebo zeslaben spolupůsobením různých činitelů, ovlivňujících odtok.

Mechanismus zplošťovacího vlivu lesa spočívá nejen v jímavosti lesní půdy, ale také v tom, že les roztrhává izochrony porosty různě starými, různě složenými a různě zakmeněnými, a tím zmenšuje množství vody, současně přitékající k profilu. Z toho plyne, že čím je menší plocha povodí porostlého lesem, a čím méně jednotlivé porosty se navzájem liší, tím méně nápadně uplatní se transformační vliv lesa. U povodí jen částečně zalesněných hraje důležitou roli umístění lesa na ploše povodí. Nejpriznivější pro snížení povodní je umístění lesa v horní části povodí. Rozhodujícím činitelem při vytvoření povodně ze srážky určitého trvání a intenzity, je spaditost území. Vliv lesa ustupuje před ním na druhé místo.

Účinek lesa není tedy stejný na povodích



8. Opakování povodní v povodí Kychové a Zdechové (podle hodnot zjištěných Dr. M. Čermákem)

různé velikosti, a nelze proto očekávat, že výzkum malých povodí, který přichází na pořad dne, poskytne hydrologii správnou velikost parametrů, potřebných pro vyčíslení vodního režimu pomocí vzorců.

Vzhledem k tomu, že některé parametry neprojevují se stejně na plochách různé velikosti, ba mohou být na velmi malých plochách vlivem jiných činitelů úplně setřeny, bylo by pro rozvoj naší hydrologie prospěšné, kdyby se odborníci konečně dohodli na definici pojmu „malého povodí“. Ze všeho uvedeného lze učinit tyto krátké závěry, mající význam z hlediska hydrologie:

1. Velké lesní komplexy podporují malý koloběh vody, čímž vytvářejí příznivější podmínky pro vznik srážek. V našich poměrech nelze však zjistit, jaký díl ze srážek, spadlých na našem území, lze připsat k dobru našim lesům.

2. Les lze přirovnat k údolní nádrži, která svým hospodářským obsahem (podzemní zásoba vody) nadlepuje odtoky v době sucha, a svým obsahem retenčním (nasákavost lesní půdy a jejího krytu) zadržuje přebytky v období mokřem.

3. Přes to, že les skoro úplně tlumí menší povodně, nestačí jeho účinek k tomu, aby zabránil povodňovým katastrofám. Les je však může zmírnit, a to tím více, čím méně vystupují do popředí činitelé, podporující rychlý odtok: spád, nepříznivé geologické složení půdy a její počáteční vlhkost.

4. Retenční účinek lesa závisí na jeho druhové skladbě, stáří, zakmenění a způsobu obhospodařování.

Příroda určila lesům důležitou úlohu ve vodním hospodářství velkých krajů. Lidská ruka rušivě zasáhla do díla přírody a místy ochromila les jako vodohospodářského činitele. Je třeba zaměřit veškeré úsilí k tomu, aby tato přirozená úloha lesů v řízení vodních poměrů kraje byla jim vrácena v největší možné míře. Je třeba zaměřit výzkum tak, aby byl kvantitativně zjištěn vliv lesa na množství a rozdělení vody v tocích, čímž by se jeho národohospodářská úloha stala očividnou i nejširší veřejnosti.

Literatura

- Mařan: „Vliv lesa na stav a odtokové množství vody.“ Lesnická práce 1926. — Mařan—Lhota: „Vliv lesa na prosakování vody a na povrchové odtoky.“ Vodní hospodářství 1952. — Vysocký: „O gidrologičeském i meteorologičeském vlivu lesů.“ 1952. — Rutkovskij: „Gidrologičeskaja rol' lesa.“ 1949. — Bočkov: „Vlijanije lesa na vodnost rěk.“ 1949. — Bogoljubov: „Stok malých vodotokov.“ — Dubach: „Les kak gidrologičeskij faktor.“ 1949. — Sucharjov: „Vodoregulirujuščaja rol' lěsnyh polos.“ — Rachmanov: „Vlijanije lěsa na stok rěk.“ — Ejtinger: „Zaděržanije esadkov pologom lěsa.“ — Engler: „Untersuchungen über den Einfluß des Waldes auf den Stand der Gewässer.“ 1949. (Mittel. d. Schweiz. Zentr. f. d. forstl. Versuchswesen.) — Scanoni: „Waldkundliche Untersuchungen auf grundwassernahen Talsanden. Beschaffung von waldbaulichen Grundlagen.“ Berlin, Akademie-Verlag 1950. — Čerkašin: „Klasifikace moravských toků podle variability průtoků.“ Vodní hospodářství 1954. — Čerkašin: „Velké vody na malých povodích.“ Vodní hospodářství 1956