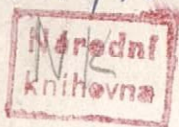
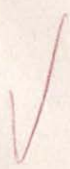


VĚDECKÝ ČASOPIS

1152/78



356394



# LESNICTVÍ

NÁRODNÍ KNIHOVNA



\*1001044733\*

1

ROČNÍK 22 (XLIX)  
PRAHA  
LEDEN 1976  
CENA 12 Kčs

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE ZEMĚDĚLSKÝCH  
ÚSTAV VĚDECKOTECHNICKÝCH INFORMACÍ  
PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Redakční rada: člen korespondent ČSAV prof. Dr. Ing. Miroslav Vyskot, DrSc. (předseda), Ing. Zdeněk Bludovský, CSc., prof. Dr. Ing. Václav Douda, CSc., prof. Dr. Ing. Ján Halaj, DrSc., Ing. Jan Jindra, CSc., člen korespondent ČSAV prof. Dr. Ing. Augustin Kalandra, DrSc., prof. Dr. Ing. Václav Korf, DrSc., prof. Dr. Ing. Josef Pelíšek, DrSc., prof. Ing. Adolf Priesol, DrSc., genmjr. Ing. Václav Růžička

Vedoucí redaktorka Ing. Milena Staňková

© Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství, Praha 1976

CS ISSN 0024-1105

LESNICTVÍ uveřejňuje vědecká pojednání o vyřešených výzkumných úkolech ze všech oborů lesnické vědy, studie a rozborů. Vydává Ústav vědeckotechnických informací pro zemědělství. Vychází měsíčně. Redakce: 120 56 Praha 2, Slezská 7, telefon 257541. Celoroční předplatné Kčs 144,—.

LESNICTVÍ публикует научные статьи о решенных заданиях по научному исследованию в области лесохозяйственной науки, обзоры и анализы. Издает Институт научно-технической информации по сельскому хозяйству. Выходит в свет ежемесячно. Редакция: 120 56 Прага 2, Слезска 7.

LESNICTVÍ publishes scientific treatises about the solved research tasks in the line of forest science, studies and analyses. Published by the Institute of Scientific and Technical Information for Agriculture. Issued monthly. Editorial office: 120 56 Prague 2, Slezská 7.

LESNICTVÍ veröffentlicht wissenschaftliche Abhandlungen über die gelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiete der Forstwirtschaftswissenschaft, Studien und Analysen. Herausgegeben vom Institut für wissenschaftlich-technische Information der Landwirtschaft. Erscheint monatlich. Redaktion: 120 56 Praha 2, Slezská 7.

LESNICTVÍ publie les traités scientifiques concernant les tâches de recherches résous dans le domaine de science silvicole, études et analyses. Publié par l'Institut des informations scientifiques et techniques pour l'agriculture. Paraît une fois par mois. Rédaction: 120 56 Praha 2, Slezská 7.

127434

Var

mnoho práce kypení prst.

Posláním semenných plantáží je jednak zvýšit a urychlit produkci hodnotného osiva výběrových stromů, jednak záměrnou hybridizací roubovanců těchto stromů získat heterózní osivo. Zakládáním semenných plantáží pamatujeme současně na zachování a zvýšení podílu jakostních složek v dnešní lesní zásobě, tj. na uchování odolných a hospodářsky hodnotných jedinců v lesních porostech. Obtížný sběr osiva na výběrových stromech nahradíme podstatně snadnější sklizní osiva na roubovacích vypěstěných na semenných plantážích z prýtů výběrových stromů. Ke vzestupu produkce lesních porostů přispějeme tím, že z osiva semenných plantáží získáme potomstvo, které v první generaci ( $F_1$ ) vyniká některými vlastnostmi nad rodiče, tj. nad výběrové jedince generačně parentální (P).

Na počátku 20. století byly v mnohých státech nesnáze se získáním nezbytného množství jakostního osiva jehličnanů pro každoroční lesní obnovu. Proto v roce 1906 dává Gunar Andersson návrh na vypěstění a výsadbu časné plodících roubovanců jehličnatých dřevin. Avšak teprve na sklonku třicátých a na začátku čtyřicátých let tohoto století navazuje řada autorů na zkušenosti ovocnářů a doporučuje vypěstit z prýtů dospělých stromů lesních dřevin roubovance, u nichž lze čekat časnou plodnost. Jak ve Švédsku, tak v Dánsku byly v této době založeny semenné plantáže v širším měřítku, a to na popud S. Larsena (1934, 1937), Lindquista (1942) a Jensen-Holgera (1942, 1943).

V současné době se věnuje v mnohých státech založení a ošetření semenných plantáží značná pozornost. Dokládají to jejich rozlohy. Největší výměry semenných plantáží v roce 1971 mělo Finsko. Jejich rozloha byla v uvedeném roce 2450 ha<sup>1</sup>. V SSSR bylo do roku 1969 založeno 400 ha plantáží a pro nejbližší roky se plánuje výměra 22 600 ha, z níž 12 580 ha má připadnout na borovici, 5300 ha na smrk, 3040 ha na modřín, 720 ha na dub a 960 ha na ostatní dřeviny (Zavadil 1973).

Podle Hadderse a Samuelsona (1970) mělo Švédsko v roce 1970 celkem 854 ha semenných plantáží (586 ha borových, 212 ha smrkových, 39 ha modřínových a 17 ha jiných dřevin).

Ve středoevropských státech je rozloha semenných plantáží v současné době menší. V NDR se odhaduje na 300 ha, v Maďarsku na 90 ha, v Rumunsku 280 ha a v Polsku 45 ha. V ČSSR byla k 31. 12. 1973 rozloha plantáží 61,1 ha (v ČSR 49,1 ha, v SSR 12 ha).<sup>2</sup> Lesní porosty ve střední Evropě plodí častěji než v severských zemích a snad právě proto se i u nás zakládaly semenné plantáže teprve na sklonku padesátých let tohoto století.

<sup>1</sup> Podle zprávy Nadace pro šlechtění lesních dřevin ve Finsku (The Foundation for Forest Tree Breeding)

<sup>2</sup> K 30. 6. 1975 je v ČSR 48 semenných plantáží o celkové výměře 68,93 ha.



Data o plodnosti semenných plantáží v jednotlivých evropských státech se zatím značně rozcházejí. Bergmann (1960) hlásí, že ve Švédsku skýtaly 10–15leté borové plantáže ročně 28–30 kg semen na ha. Příznivá je i zpráva Samuelsona (1973), který sděluje, že v zimním období 1971–1972 bylo na švédských semenných plantážích získáno 13 q semene borovice lesní a že touto sklizní je kryto 70 % celkové potřeby borového osiva pro tamní lesní školky. Přihlédneme-li však k tomu, že rozloha borových plantáží ve Švédsku je 586 ha, je průměrná produkce borového semene na ha plantáží pouze 2,2 kg.

Uvědomujeme si, že fyzicky zralé lesní porosty nezakládají květní pupeny v každém roce a že periodicitu plodnosti zachovávají do značné míry i roubovanci na semenných plantážích. Modřínové semenné plantáže ve Velké Británii, založené v letech 1934 a 1937, plodily od roku 1950 a produkovaly ročně 20–60 kg semen na ha (Gathy 1958). Thümmeler (1963) zjistil, že 10letá modřínová plantáž u Graupy (NDR) dala 11,035 kg semen na ha. Šindelář (1972) uvádí, že modřínová semenná plantáž o rozloze 1 ha v polesí Dálov u Šternberku plodila poprvé v pěti letech, kdy dala 0,32 kg semen. V šestém roce bylo na téže plantáži sklizeno 0,30 kg, v sedmém 2 kg, v desátém 8 kg, v jedenáctém 35 kg a třináctém roce 3,5 kg semen. V osmém, devátém a dvanáctém roce plantáž neplodila.

Plodnost některých plantáží založených v ČSSR se často sledovala jen v ojedinělých rocích, ne však ve více letech po sobě následujících. Náprava se stala na čtyřech semenných plantážích v ČSSR, kde se zjišťoval počet modřínových roubovanců s pestíkovými květy v pěti po sobě následujících letech. Z celkového počtu 2038 roubovanců na těchto plantážích mělo z celkového počtu roubovanců.

| v roce          | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970         |
|-----------------|------|------|------|------|--------------|
| pestíkové květy | 89   | 105  | 389  | 358  | 410 jedinců, |
| tj.             | 4,4  | 5,2  | 19,1 | 17,6 | 20,1 ‰.      |

V průměru za období 1966–1970 měly uvedené plantáže v jednom roce jen 270 roubovanců s pestíkovými květy, což odpovídá 13,5 % z celkového počtu pozorovaných jedinců (Vincent, Procházka 1972).

Právě tyto výsledky poukazují na relativně nízkou plodivost semenných plantáží v našich krajích. A poněvadž máme zájem na tom, aby roubovanci kvetli časně a častěji, je třeba, abychom uvážili, jak získat vhodné prýty k roubování, jakou podnož volit k roubování, jak zakládat semenné plantáže a jak stimulovat kvetení těchto plantáží.

## SELEKCE VÝBĚROVÝCH STROMŮ A ZÍSKÁNÍ PRÝTŮ K ROUBOVÁNÍ

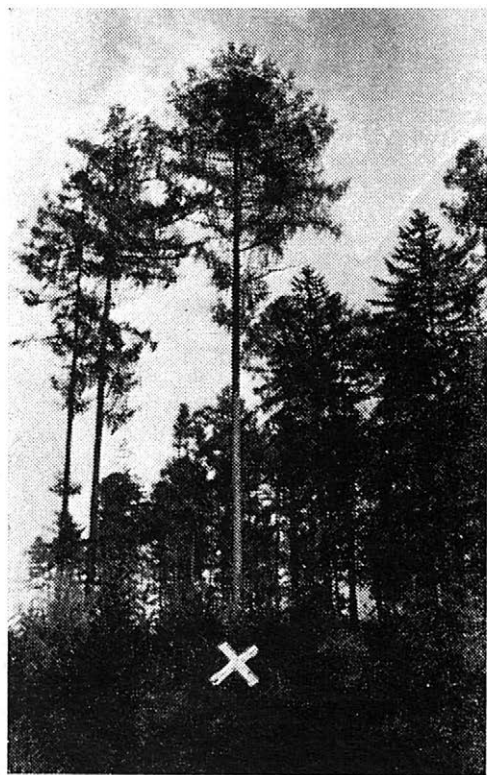
Výběrové stromy, zvané také plus-stromy, vybíráme ve fyzicky zralých, starších lesních porostech a hodnotíme přitom především jejich geneticky zakotvené znaky a vlastnosti. Přihlížíme k odolnosti, k průměrné hmotě a k průměrné tvárnosti kmenů v daném porostu a za výběrové navrhuje jedince, kteří v tomto porostu vynikají odolností a hospodářsky významnými vlastnostmi<sup>3</sup>). V posledních letech doporučují četní autoři,

<sup>3</sup> Viz Směrnice pro uznávání lesních porostů a výběrových stromů pro sběr osiva, vydaných ministerstvem zemědělství a lesního hospodářství v roce 1966



aby dědičnost určitých znaků u jedinců navržených za výběrové se ověřila specifickými testy nebo klonovými zkouškami.

Zmiňujeme se pouze o námětech dvou autorů, a to Šindeláře (1967, 1969) a Hassemanna (1969). Prvý doporučuje nejen kontrolu fenotypu a klonové zkoušky elitních jedinců navržených za výběrové, ale i pracné a časově náročné křížení těchto elit. Hassemann naproti tomu dává v úvahu, aby se výběrové stromy ověřovaly podle tzv. selekčního indexu a navrhuje, aby se při hodnocení elit přihlédlo k výnosové třídě sousedících stromů v témže porostu a aby se elitní stromy ověřovaly podle převahy jejich výšky a výčetní tloušťky nad týmiž znaky stromů sousedících, podle šířky vnitřních 15 letokruhů ve výčetní tloušťce <sup>4</sup>), tloušťky kůry ve výčetní výšce, poměru průměru koruny k výšce stromu, vitality (růstu a svěžícího vzhledu) koruny, úhlu nasazení větví ve střední části koruny, čištění kmene a podle točivosti kmene.



1. Lesní závod Ruda nad Moravou, polesí Ruda, výstavky modřínů s výběrovým stromem x (*Larix decidua*) autochtonního původu. Foto Vincent. — Forest enterprise Ruda nad Moravou, forest district Ruda, larch standards with an elite tree x (*Larix decidua*) of autochthonous provenance. Photo by Vincent

2. Lesní závod Hrotovice, výstavky modřínů (*Larix decidua*) sudetského původu. Foto Vincent. — Forest enterprise Hrotovice, larch standards (*Larix decidua*) of Sudeten provenance. Photo by Vincent

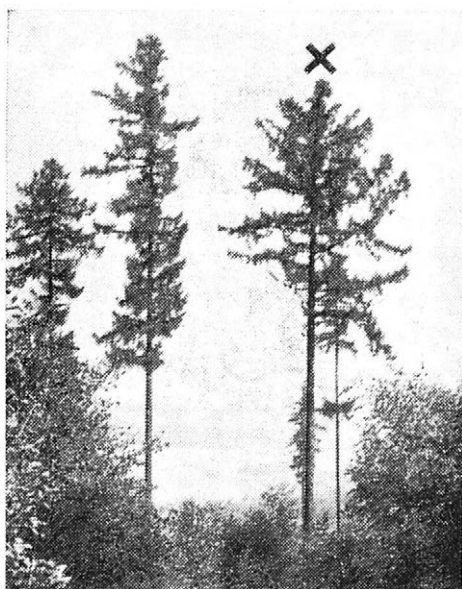
<sup>4</sup> Šířka 15 letokruhů ve středu kmene informuje o rychlosti růstu ověřované elity v mládí.

Prýty k získání roubů získáváme v koruně výběrových stromů. Doporučujeme, aby se přitom nepřehlíželo, že nová pozorování poukazují na endogenní rozdíly ve kvetení roubovanců vypěstěných z prýtů získaných v různé části koruny téhož stromu, ze stromu téhož druhu nestejněho věku nebo ze stromů téhož druhu rostoucích v nestejném prostředí.

V prvním případě endogenní rozdíly prýtů jsou dány tzv. *topophysis*. Dimpflmeier a Schell (Rohmeder 1967) zvolili k ověření těchto rozdílů 100letý smrk ztepilý, hluboko zavětvený, rostoucí na světlině v Lesním závodě Berchtesgaden. Smrk skáceli a korunu rozdělili na pět šestimetrových sekcí, jejichž základny vedli kolmo k ose kmene. Z každé sekce vzali rouby, které naštěpovali na smrkové sazenice téhož věku a původu. V příštích letech zjišťovali počet květů na roubovancích vypěstovaných z prýtů každé sekce. Rohmeder uvádí, že do osmi let nasadili roubovanci vypěstění z prýtů z vrcholové části koruny více květů prašníkových i pestíkových než roubovanci získaní z prýtů dolní části koruny.

Giertych (1970) dokládá, že borovice lesní nasazují pestíkové květy převážně ve vrcholové části nebo na obvodu svých korun. Přesvědčil se, že poloha větve, z níž byl vzat roub, se odrážela v generativním vývoji roubovance vypěstovaného z tohoto roubu. Roubovanci, kteří vzrostli z vrcholových prýtů, nasadili v prvních třech letech po roubování pestíkové květy ve větším počtu než roubovanci vypěstění z prýtů z dolní nebo vnitřní části koruny.

Vincent a Procházka (1972) sledovali kvetení roubovanců vypěstovaných z prýtů výběrových stromů nestejněho věku, tj. vliv tzv. *cyklophysis*. Přesvědčili se, že z celkového počtu pozorovaných roubovanců vzrostlých z prýtů 81–100letých stromů plodilo 21,1 %, zatímco roubovanci z prýtů mladších nebo starších stromů nasadili pestíkové květy na menším počtu jedinců. Z roubovanců vypěstěných z prýtů



3. Lesní závod Bruntál, polesí Milotice, výstavky modřínů s výběrovým stromem x (*Larix decidua*) autochtonního původu. Foto Vincent. — Forest enterprise Bruntál, forest district Milotice, larch standards with an élite tree x (*Larix decidua*) of autochthonous provenance. Photo by Vincent

41— 60letých stromů kvetlo 9,8 %,  
61— 80letých stromů kvetlo 7,6 %,  
101—120letých stromů kvetlo 14,1 %,  
121letých a starších stromů kvetlo 12,6 %.

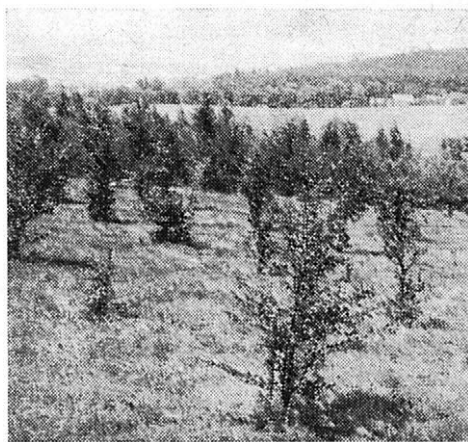
Pozornost se současně věnovala i vlivu *periphysis* na semennou produkci. Vincent a Procházka (1972) zjistili nestejný počet kvetoucích roubovanců získaných na stromech rostoucích v rozdílném prostředí. Roubovanci vypěstovaní z prýtů stromů z poloh 501–600 m n. m., kde sudetské modřiny mají podmínky, jež se blíží optimu jejich stanoviště, kvetli ve větším počtu (22,1 %) než roubovanci z prýtů stromů z nižších a vyšších poloh, kde semenné roky modřinu nastupují v delších intervalech. Z celkového počtu roubovanců z 301–400 m n. m. kvetlo 12,7 %, ze 401–500 m n. m. 13,3 %, ze 601–700 m n. m. 9,8 % a z 800–1000 m n. m. 16,1 %.

Jde-li ovšem o vypěstění roubovanců určitých ekotypů, je nutno získat rouby na stromech s charakteristickými znaky těchto ekotypů v polohách, kde se tyto ekotypy v přírodním výběru vítězně uplatnily a kde jim stanoviště dává příznivé podmínky pro vývoj.

### **VOLBA PODNOŽE A JEJÍ PŘÍPRAVA K ROUBOVÁNÍ**

Plodnost semenných plantáží jehličnatých dřevin založených v severských zemích byla a je hodnocena příznivě. Naproti tomu ve střední Evropě se často poukazuje na nedostatečnou nebo nepravidelnou plodnost plantáží roubovanců těchto dřevin.

Navazujeme proto na zkušenosti ovocnářů, kteří časné kvetení ovocných zákrsků usnadňují volbou pomalu rostoucích podnoží. Zkušenosti ovocnářů jsou v soudadu s Klebsovým pravidlem (1913), podle ně-



4. Lesní závod Světlá nad Sázavou, polesí Čerňák, modřínová semenná plantáž, založená v roce 1960, snímek z roku 1972, před proředěním plantáže, kdy větve sousedících roubovanců se vzájemně dotýkaly. Foto Černoušek. — Forest enterprise Světlá nad Sázavou, forest district Čerňák, a larch seed orchard, established 1960, photo from 1972, prior to seed orchard thinning, when the branches of neighbouring grafted plants touched each other. Photo by Černoušek

5. Lesní závod Světlá nad Sázavou, polesí Čerňák, buková semenná plantáž, založená v roce 1962, snímek z roku 1972. Foto Vincent. — Forest enterprise Světlá nad Sázavou, forest district Čerňák, a beech seed orchard established 1962, photo from 1972. Photo by Vincent



hož omezený přítok minerálních živin daný pomalu rostoucím kořenovým systémem a intenzivní asimilace nadzemní části (málo N, mnoho C) usnadňuje generativní vývoj rostliny, tj. časné nasazení květů. A poněvadž v severských krajinách se volí za podnože sazenice pomalu se vyvíjejících ekotypů přirozeně rozšířených v těchto krajích, lze předpokládat, že právě tato okolnost se příznivě odráží v časné plodnosti semenných plantáží v severních šířkách.

Úspěch roubování je dán srůstem roubu s kmínkem podnože. Srůst obou částí určuje jednak tvorba kalusu, jednak další růst obou částí tvorbou buněk xylému a floému, které se přikládají ke stejným vrstvám podnože i roubu.

Lesní dřeviny se obvykle roubují v předjaří nebo na jaře, ojediněle v letním období. V předjaří se roubují v množárně, kde podnož i roub srůstají nejsnáze. V pokročilém jarním období, kdy se již nečekají pozdní mrazy, lze sazenice roubovat ve „volnu“ na záhonech. Letní roubování – koncem června nebo v červenci – se u lesních dřevin volí výjimečně. Jak v pozdním jaře, tak v létě je nutno záhony s roubovanci pečlivě stínit a zavlažovat.

Vhodné narašení podnoží při předjarním roubování předpokládá především, aby podnože byly dobře zakořeněny (nebyly v posledních 5–6 měsících přesazeny) a aby činnost kořenů byla v době roubování probuzena. Podnože, u kterých nadzemní část teprve začíná rašit a jejichž kořeny spodním mírným teplem (10–15 °C) a pravidelným zavlažováním se vyvíjejí tak, že mají již 1–2 cm dlouhé, nové výhony (bílé špičky), byly pro roubování vhodnější než podnože se silně narašenou nadzemní částí.

U družení jazyčkového, roubování do boku a roubování na koží nožku je lépe, když nadzemní část podnože je narašena málo. Poněkud větší narašení žádá roubování za kůru a na kapsu, neboť u těchto způsobů je třeba kůru odchlípnout od dřeva tak, aby se dal mezi kůru a dřevo zasunout přiříznutý roub.

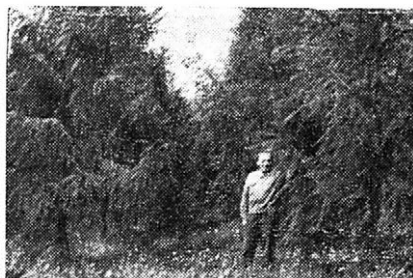
## **ZAKLÁDÁNÍ SEMENNÝCH PLANTÁŽÍ**

Stanoviště pozemku určeného pro semennou plantáž má odpovídat požadavkům dřeviny, jejíž roubovanci zde budou vysazeni. V horských masívech dáváme přednost chráněným polohám a nepřiliš sklonitým jižním nebo jihozápadním svahům. Také v méně souvislých středohorách volíme polohy chráněné. Mrazové kotliny, exponované polohy, vlhké, zamokřené nebo vysychavé pozemky se pro semenné plantáže nehodí. Vylučujeme i pozemky, na nichž jsou lesní porosty ohrožovány ponravou, nosatci, hraboši a myšovitými hlodavci, jakož i pozemky, které jsou zamořeny václavkou nebo červenou hnilobou.

Dřívější hektarové nebo dvouhektarové semenné plantáže se v současné době podstatně rozšiřují. S ohledem na účelnou organizaci prací spojených s ošetřením roubovanců se zakládají jednotlivé semenné plantáže o výměře 4 ha a v mnohých státech o výměře 10 ha (Švédsko) i větší.

Půdu na pozemku určeném k založení semenné plantáže je třeba před výsadbou roubovanců mechanicky zpracovat. Doporučuje se celoplošná hloubková přeorávka. Předejdeme tím rozvoji buřeně, hlavně bujnému růstu maliníku a ostružiníku. Hloubková přeorávka na lesních

půdách předpokládá ovšem vykloučení pařezů. A poněvadž tato práce je značně nákladná spokojujeme se někdy s pomístním zpracováním půdy na „miskách“. Takové zpracování bývá však vhodné pouze na lehkých, málo uléhavých a minerálně bohatých holinách.



6. Lesní závod Šternberk, polesí Dálov, semenná plantáž modřínová, založená v roce 1958, snímek z roku 1971, před proředěním plantáže, kdy větve sousedících stromů se vzájemně dotýkaly. Foto Černoušek. — Forest enterprise Šternberk, forest district Dálov, a larch seed orchard established 1958, photo from 1971, prior to seed orchard thinning, when the branches of neighbouring trees touched each other. Photo by Černoušek

V prvních dvou nebo třech letech je nezbytné buřň v nejbližším sousedství roubovanců odstraňovat. Na miskách kolem roubovanců vyžínáme buřň do vzdálenosti asi 50 cm od kmínku a teprve zbývající část misek kypříme okopáním. Předcházíme tím poranění kmínků při okopávce.

Roubovance vysazujeme jako balíkové sazenice zpravidla na podzim. Volí se volný spon, aby roubovanci rostli v plném světle. V letech 1958 až 1961 vysazovaní modřínoví roubovanci se již v osmi nebo deseti letech vzájemně dotýkali svými postranními větvemi. Doporučuje se proto nyní spon širší. Pro roubovance modřínu evropského a borovice lesní 6 × 6 m, pro smrk ztepilý, duglasku tisolistou a jedli bělokorou 5 × 5 m. A také u těchto sponů je nutno počítat s postupným proředěním výsadby, jakmile se postranní větve roubovanců začnou vzájemně dotýkat.

Na plantážích o výměře 1–2 ha se obvykle vysazují roubovanci vy-  
pěstovaní z 20–30 klonů. Na plantážích o výměře podstatně větší se doporučuje rozdělit celkovou plochu plantáže na několik bloků a v každém z nich vysadit 15–20 rozdílných klonů (G i e r t y c h 1971).

Pozorování, jimiž se sledoval přenos pylu větrem, poučila, že značná část pylu je přenášena na krátkou vzdálenost – na nejbližší sousedy. Při výsadbě roubovanců je proto nutno předcházet úzkému příbuzenskému křížení tím, že jednotlivé roubovance téhož klonu vysazujeme na plantáži tak, aby byli na ploše plantáže rovnoměrně rozdělení a prosazeni jinými klony.

paprsky světle červené

FYTOCHROM 660

FYTOCHROM 730

paprsky tmavě červené

7. Schematické znázornění absorbce světla červených a temně červených paprsků vyššími rostlinami a jejich tvorby chromoproteidů. — A schematic representation of the absorption of light red and dark red rays by higher plants and of their formation of chromoproteids

Pokud jde o nezbytné prořezání roubovanců v době, kdy se jejich větve začnou dotýkat, navrhl Giertych (1971), aby se při prvním zásahu vyseknul v jednotlivých řadách každý druhý roubovanec, tj. snížil počet roubovanců v bloku na 50 %. Při druhém prořezání se má podle Giertycha postupovat podobně, tj. vyloučit dalších 25 % původního počtu roubovanců.

Nelze však přehlížet, že růst jednotlivých roubovanců na těžce plantáži nebo v témže bloku bývá nestejný. Nemá-li semenná produkce na plantáži záhy klesat, je nezbytné roubovance napadené škůdci nebo houbami, ev. poškozené neopatrným sběrem šišek, vyseknout a místo nich vysadit roubovance klonů, které nejsou zastoupeny v nejbližším sousedství nově vysazovaného místa v dotyčném bloku semenné plantáže (Duffield 1967).

Jakmile půda v jamce, do níž byl roubovanec zasazen, sedne, zasadí se v sousedství kmínku kůl, k němuž se roubovanec přiváže. Chráníme tím roubovance před výkyvy větrem a před ohnutím zátěží sněhu.

Vysazení roubovanci žádají ochranu před škůdci a parazitickými houbami. Je třeba pamatovat i na včasné tvarování korun roubovanců.

#### STIMULACE KVETENÍ SEMENNÝCH PLANTÁŽÍ

Bylo již uvedeno, že předpokladem včasného kvetení semenných plantáží je záměrná volba prýtů, určených k roubování, volba vhodné podnože, jakož i výsadba roubovanců ve volném sponu a jejich prořezování, jakmile se větve roubovanců začnou dotýkat.

Ke stimulaci kvetení roubovanců — v užším slova smyslu — se obvykle řadí: tvarování a ohýbání větví roubovanců, jejich hnojení, kroužkování a strangulace větví roubovanců, jakož i postřik nebo inikování rostlinných hormonů.

#### TVAROVÁNÍ ROUBOVANCŮ

Světlo je velmi důležitým činitelem při kvetení vyšších rostlin. Proto tvarováním roubovanců od jejich čtvrtého roku po výsadbě se především snažíme prořezávat jejich husté koruny každým rokem tak, aby co nejvíce větví bylo v přímém slunečním světle. Od šestého nebo sedmého roku po výsadbě pamatujeme při tvarování roubovanců hlavně na omezení jejich výškového růstu. Zkracujeme jejich terminální výhon a odstraňujeme i větve, které ostrým úhlem přiléhají ke kmenu. Podporujeme tím často růst těch větví, které se od kmenu silně odklánějí a často více plodí (Zavadil 1973).

U smrků a modřínů se obvykle krátí terminální výhon tak, aby se zachoval axiální růst jednotlivých roubovanců. Naproti tomu u borových roubovanců se doporučuje krátit přírůst osy více i častěji, aby jejich koruna byla značně rozložitá a měla i několik terminálních výhonů (Retheš 1966).

Harkai (1966) upozornil, že vodorovné větve dubových roubovanců nasazují květy pravidelněji než větve příklánějící se ke kmínku. Doporučil ohýbat delší větve a tvrdil, že tím lze omezit jejich růst do délky.



Pěstitelé ovocných stromů zkouší zvyšovat plodivost zákrsků ohybem jejich větví k zemi, tj. ztížením odtoku asimilátů z koruny do kořenů. U lesních dřevin hlásí pouze Longman a Wareing (1958) kladný výsledek takového ohybu. Heitmüller a Melchior (1960) naproti tomu upozorňují, že roubovanci modřínu japonského nasadili na ohnutých větvích sice více květů prašníkových, nikoli však pestíkových.

#### HNOJENÍ SEMENNÝCH PLANTÁŽÍ

Ovocnáři dokládají, že fosforečná hnojiva zvyšují u ovocných stromů nasazení květů a že dusíkatá hnojiva usnadňují tvorbu plodů těchto stromů.

Naproti tomu podle zkušeností získaných na semenných plantážích lze plodivost roubovanců zvýšit především minerálními dusíkatými hnojivy. Poukazují na to studie Zobela, Barbera, Browna, Perryho (1958), Kleinschmita (1961), Hobstovy (1959), Mayer-Krapolloy (1959) a Mejnartowicze (1970), jakož i pozorování konaná na semenné plantáži v polesí Čerňák LZ Světlá nad Sázavou. Lze soudit, že na mnohých stanovištích semenných plantáží jsou to právě minerální dusíkaté živiny, které roubovancům lesních dřevin více chybí než jiné minerální živiny.

K urychlení kvetení roubovanců nelze však paušálně doporučit jednostranné hnojení dusíkatými hnojivy, neboť tím bychom často podpořili hlavně vegetativní vývoj roubovanců a jejich kvetení oddálili.

#### KROUŽKOVÁNÍ A STRANGULACE VĚTVÍ ROUBOVANCŮ

Vyřízneme-li úzký prstenec kůry a lýka na větví nebo kmenu, mluvíme o kroužkování.

Zaškrtí-li se několik větví na jejich obvodu kovovou objímkou, větve strangulujeme. V obou případech omezuje odtok asimilátů z koruny do kořenů a zvýšením koncentrace těchto látek  $\left( \text{vyšším } \frac{C}{N} \right)$  zkoušíme zvýšit nasazení květů.

Vincent (1940) se přesvědčil, že jen v ojedinělých případech se podařilo u smrků ztepilých urychlit kroužkováním kmene jejich plodivost a připomíná proto doporučení Kobela (1931), který tvrdí, že kroužkování kmenů má naději na úspěch hlavně u jedinců bujně rostoucích. Také Heitmüllerovi a Melchiorovi (1960) se u roubovanců modřínu japonského (*Larix leptolepis* Gord.) nepodařilo zvýšit jejich plodivost kroužkováním. Naproti tomu u strangulovaných roubovanců tohoto modřínu zjistili oba autoři v následujících letech větší počet květů pestíkových i prašníkových než u roubovanců téhož druhu nestrangulovaných.

#### VLIV ROSTLINNÝCH HORMONŮ NA KVETENÍ A PLODNOST ROUBOVANCŮ

K rostlinným hormonům se řadí auxiny, gibereliny, cytokininy, deriváty kyseliny abscisínové a často i jiné sloučeniny, jejichž přítomnost se příznivě odráží v kvetení vyšších rostlin. Patří k nim i kyselina 2,3,5-tri-

jodbenzoová nebo  $\alpha$ -naftyloctová, jakož i hypotetické rhizokaliny, které pravděpodobně určují vývoj kořenů, a kaulokaliny, jimž se přisuzuje vliv na vývoj pupenů.

Auxiny, z nichž se obvykle jmenuje kyselina  $\beta$ -indolyloctová (heteroauxin), urychlují v roztocích o nízké koncentraci růst rostlin. Nelze však přehlédnout, že právě tyto tzv. růstové látky jsou provázeny zábrannými hormony, které působení auxinu brzdí. K tzv. antiauxinům patří kyselina 2,3,5-trijodbenzoová, jejíž roztoky o nízké koncentraci zpomalují růst nadzemní části vyšších rostlin a dávají popud k jejich kvetení.

Gibereliny byly v roce 1938 poprvé izolovány z houby *Gibberella fujikuroi* a po roku 1950 také z vyšších rostlin, u nichž se tato skupina současně s auxiny, fytokininy a zábrannými hormony podílí jednak na regulaci růstu, jednak na vývojových pochodech. Z tzv. antigiberelinů jmenujeme CCC (chlorocholinchlorid), fosfon D a B 995.

Zvýšený podíl jednotlivých giberelinů u různých rostlinných druhů se často projevuje velmi rozdílně: zkracuje klidové stadium – anabiózu semen, hlíz nebo pupenů, urychluje klíčení semen nebo růst osy a podporuje i tvorbu květů a růst plodů. Mnohé rostliny dlouhého dne vlivem giberelinů kvetou i za krátkého dne.

Dunberg (1974) sledoval u smrku ztepilého výskyt látek podobných giberelinu a jejich vztah k růstu a kvetení. Dokládá, že prýty a semennáčky této dřeviny obsahují nejméně šest rozdílných látek blízkých giberelinům. Tvrdí však, že žádná z těchto látek není identická s kyselinou giberelovou nebo s giberelinem A<sub>1</sub>. Podle předběžných výsledků Dunbergovy práce lze soudit, že u smrkových roubovanců v době iniciace květních pupenů jsou v nich látky blízké giberelinům zastoupeny podílem, který je v korelativním vztahu s počtem nasazených květů u jednotlivých roubovanců. Předpokládá se, že gibereliny mají přímý nebo nepřímý vliv na iniciaci kvetení a že růstové retardanty omezují kvetení hlavně při snížené biosyntéze giberelinů. Nebylo však zatím zjištěno, jakým způsobem ovlivňuje skupina giberelinů pochody související s iniciací květních pupenů.

Také skupina fytokininů (kininů, cytokininů) ovlivňuje s hormony dříve jmenovaných dvou skupin tvorbu pupenů, dobu jejich klidového stadia, nasazení květů a tvorbu plodů nebo i rychlost růstu.

Pokud jde o iniciaci květů u roubovanců dřevin, je třeba přihlédnout k tomu, že lesní dřeviny našich šířek tvoří základy květů hlavně v letním období roku, který předchází jejich předjarnímu nebo jarnímu kvetení.

K pokusným postřikům větví roubovanců nebo k pokusným injekcím rostlinných hormonů do kmene roubovanců jsme proto na semenných plantážích v polesí Lhota LZ Vizovice, v polesí Kralice LZ Náměšť nad Oslavou a v polesí Černák LZ Světlá nad Sázavou volili dobu před tvorbou základů nových květních pupenů, tj. v červnu. Pokusy jsou zatím v začátcích a je nezbytné je opakovat, neboť nasazení květů je určováno nejen růstovými hormony, nýbrž současně vnějšími činiteli, a to především teplotou, světlem a srážkami.

## ZÁVĚR

Lesy v minulých stoletích se převážně zmlazovaly přirozenou obnovou. Proto pochodům, které určují plodivost jednotlivých druhů lesních dřevin, bylo věnováno méně pozornosti než podmínkám fruktifikace rost-

lin pěstovaných v zemědělství. Když však v tomto století získala v lesním hospodářství umělá obnova převahu nad přirozenou obnovou a poptávka po jakostním osivu hlavních dřevin se značně zvýšila, sledují se pečlivě podmínky přechodu dřevin z jejich vegetativního vývoje do fáze fruktifikační, jakož i předpoklady úspěšné indukce kvetení dřevin.

U našich hlavních dřevin bylo nutno především zkrátit jejich dlouhé období vegetativního vývoje. Roubováním prýtů získaných v koruně fyzicky zralých stromů na pomalu rostoucí podnože a výsadbou, jakož i vhodným rozmístěním, tvarováním i hnojením roubovanců se podařilo založit časně plodící semenné plantáže četných druhů lesních dřevin. Je třeba však poznamenat, že roubovanci mnohých dřevin plodí často ve víceletých intervalech, že jejich semenná produkce bývá v jednotlivých semenných rocích značně rozdílná a že roubovanci některých druhů, např. smrku ztepilého, začínají plodit teprve po desátém roce.

Je proto třeba sledovat podmínky indukce květů, tj. pochody, které u roubovanců určují přestavbu meristémů jejich výhonů v základy (primordia) květů. Tato přestavba je dána genetickými vlastnostmi dřevin, tj. činností jejich genů. Za příznivých vnějších podmínek překonají enzymy (florigeny) některých genů brzdící vliv enzymů jiných genů a dávají popud k tvorbě květů.

Ke vnějším podmínkám řadíme především teplotu prostředí, světlo a srážky. Teplota prostředí ovlivňuje rychlost reakcí, které v rostlině určují např. přestavbu meristémů v základy květů. Pokud jde o světlo, dokládají nová pozorování, že modrozelená barviva, tzv. fytochromy, která jsou v asimilačních orgánech a která nazýváme chromoproteidy, absorbují určité paprsky slunečního záření. Uvádějí se dvě odlišné formy fytochromu 660 a 730. Fytochrom 660 pohlčuje hlavně paprsky světle červené, jež mění tento fytochrom ve fytochrom 730, který po absorpci paprsků temně červených přechází zpět ve formu 660. Tímto tzv. reverzibilním fytochrom-systémem získávají vyšší rostliny energii k výměně živin (Borthwick, Hendricks 1961) a k tvorbě rostlinných hormonů.

A nelze přehlížet ani vliv srážek na tvorbu květů. Srážky jsou základem vodního hospodářství rostlin, neboť voda transportuje jak minerální látky, tak asimiláty do meristematických pletiv. Ztíží-li se strangulací nebo ohýbáním větví odtok asimilátů z koruny do kořenů, zvýší se v těchto větvích koncentrace asimilátů, což se v mnohých případech projevuje nasazením květů.

Uvedené, velmi stručně načrtnuté výsledky pozorování, které sledovaly kvetení lesních dřevin a jejich roubovanců, poučují, že dosavadní studie, týkající se semenných plantáží, nelze považovat za ukončené. K zajištění pravidelné a dostatečné semenné produkce roubovanců je nezbytné věnovat pozornost stimulaci kvetení roubovanců.

Naše dosavadní výsledky s tvarováním a ohýbáním větví roubovanců, s jejich hnojením, s kroužkováním a strangulací větví roubovanců je třeba dále ověřovat a naše dosavadní poznatky s postřikem a inikváním rostlinných hormonů dalšími pokusy podstatně rozšířit.

Došlo dne 5. 4. 1975

## Literatura

1. ANDERSON, G.: Om barrträdsraser och deras renodling. Sv. Skogsv. fören Ridskr. 4, 1906, s. 319-340
2. BERGMANN, F.: Versuche zur Beschleunigung der Blütenbildung bei Kiefer. Forst- u. Jagd. Sonderheft, 1960, s. 8-17
3. BLEYMÜLLER, H.: Blühstimulation. *Silvae Genetica*, 1973, 1-2, s. 45-50
4. BORTHWICK, H. A. — HENDRICKS, S. B.: Effects of radiation on growth and development. *Handbuch der Pflanzenphysiologie XVI*, 1961, s. 299-330, Springer Verlag Berlin
5. DUFFIELD, J. W.: Selection of clones and their use in seed production. In: Proc. of the 10th. Meeting of the Committee of Forest Tree Breeding in Canada, 1967, Vancouver 175-179
6. DUNBERG, A.: Occurrence of gibberelline-like substances in Norway spruce (*Picea abies* L., Karst.) and their possible relation to growth and flowering. *Studia forestalia Suecica*, 1974, 111, 62 s.
7. EBELL, L. F.: Physiology of flowering and cone production in Douglas-fir, 1965-1966. In: Proc. of the Meet. of the Committee on Forest Tree Breeding in Canada, 1967, Vancouver, s. 33-34
8. GATHY, P.: La génétique forestière dans quelques pays d'Europe occidentale. Station de Recherches des Eaux et Forêts Groenendaal-Hoeilaart. Travaux S. B., 1958, 21
9. GIERTYCH, M.: Generative development of Scots pine (*Pinus silvestris* L.) grafts. *Arboretum Kornickie*, XV, 1970, s. 71-92
10. GIERTYCH, M.: Short note systematic lay-outs seed orchards. *Silvae Genetica*, 20, 1971, 4, s. 137-138
11. HADDERS, G. — SAMUELSON, K. R.: Skogsfröplantager i Sverige 1970. Fören. Skogsträdsförädl. Inst. för Skogsförbättr. Årsbok, 1970, s. 47-65
12. HASEMANN: Beitrag zur phänotypischen Bewertung von Ausleseebäumen. *Archiv f. Forstwesen* 18, 1969, s. 569-579.
13. HARKAI, L.: Experiments to increase the flowering and yield of oaks. Meeting IUFRO, sec. 22 members to Hungary, 1966, Vol. I. 28
14. HEITMÜLLER, H. H. — MELCHIOR, G. H.: Über die blühpfördernde Wirkung des Wurzelschnittes, des Zweigkrümmens und der Strangulation an japanischer Lärche. *Silvae Genetica*, 9, 1960, s. 65-72
15. HOLST, M. J.: Experiment with flower promotion in *Picea glauca* (Moench) Voss and *Pinus resinosa* Ait. *Recent Advances in Botany*, 2, 1959, s. 1654-1658
16. JENSEN-HOLGER, Nya väger för produktion av högklassigt skogsträdsfrö. Skogen, 1942, s. 73-77
17. JENSEN-HOLGER: Plantagenmässig produktion av högvärdigt skogsfrö. Skogen, 1943, s. 53-56
18. KLEBS, G.: Forstpflanzung der Gewächse. *Handwörterbuch der Naturwissenschaften* 4, 1913, s. 276
19. KOBEL, F.: Lehrbuch des Obstbaues. 1931, Berlin
20. LANG, A.: Physiology of flowering. *Ann. Rev. Plant Phys.*, 3, 1952, s. 265-306
21. LANG, A.: Gibberellins: Structure and metabolism. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 21, 1970, s. 537-570
22. LARSEN, C. S.: Forest tree breeding. *Roy Vet. and Agr. Coll. Yearbook*, 1934, Copenhagen
23. LARSEN, C. S.: The employment of species, types and individuals in Forestry. *Roy Vet. and Agr. Coll. Yearbook*, 1937, Copenhagen
24. LINDQUIST, B.: Elitträdens betydelse för våra tallskogars framtida virkesproduktion. 1942, Stockholm
25. MAYER-KRAPOLL, H.: Der Einfluß einer Düngung, insbesondere mit Stickstoff, auf die Blühwilligkeit forstlich genutzter Baumarten. *Forst- u. Holzwirt (NSR)* 14, 1959, 8, s. 177-178
26. MEJNARTOWICZ, L.: Wpływ nawożenia mineralnego na kwitnienie modrzewiowej plantacji nasienej. *Kórnickie Arboretum* 15, 1970, s. 117-128
27. MELCHIOR, G. H.: Weitere Untersuchungen zur Förderung der Blütenbildung an Kiefern durch Rückschnitt. *Silvae Genetica* 11, 1962, s. 11-13



28. MELCHIOR, G. H.: Versuche zur Stimulation der Blüte an Douglasien-Pfropflingen. *Silvae Genetica* 17, 1968, s. 26-30
29. RETKES, L.: Pruning experiments in Scotch pine seed orchards. In: Meeting of IUFRO sec. 22 members to Hungary, 1966, s. 29-30
30. ROHMEDER, E.: Beziehungen zwischen Frucht- bzw. Samenerzeugung und Holzerzeugung der Waldbäume. *Allg. Forstzeitschrift* 22, 1967, s. 33-39
31. ROHMEDER, E.: Das Saatgut in der Forstwirtschaft. 1972, Parey Hamburg-Berlin
32. RÜNGER, W.: Blütenbildung und Blütenentwicklung. 1971, Berlin-Hamburg
33. ŠINDELÁŘ, J.: Methodical procedure for checking of genotype of elite trees of larch in Czech regions. *Internat. Symposium on Biology of Woody Plants. Arboretum Mlyňany*, 1967, s. 10-17
34. ŠINDELÁŘ, J.: Možnosti využití klonových zkoušek k ověření růstových vlastností výběrových stromů modřínu evropského a japonského. *Vědecké symposium LF v Brně, sekce II — zakládání lesů*, 1969, s. 49-57
35. ŠINDELÁŘ, J.: Některé zkušenosti se semennými modřínovými plantážemi v ČSR. *Lesnictví*, 1972, s. 537-549
36. THÜMMER, K.: Blüh- und Ertragsverhältnisse der Pfropfbäume einer Lärchenkreuzungsplantage. *Samenplantagen III*, 1963, s. 4-8
37. VINCENT, G.: Lze pěstebními zásahy podpořit plodnost lesních dřevin? *Lesnická práce* 14, 1940, s. 221-239
38. VINCENT, G. — PROCHÁZKA, O.: Vývoj modřínových roubovanců a jejich kvetení na semenných plantážích. *Lesnictví*, 18, 1972, s. 501-508
39. ZAVADIL, Z.: Evaluating of difference in grafting of some coniferous. *XIV IUFRO-Kongres III, sekce 22*, 1967, s. 191-204
40. ZAVADIL, Z.: Zhodnocení poznatků a zkušeností se zakládáním a obhospodařováním semenných plantáží. 1973, s. 1-53
41. ZOBEL, B. — BERBER, J. — BROWN, C. — PERRY, T.: Seed orchards their concept and management. *J. of Forestry*, 26, 1958, s. 815-825

#### Семенные плантации, их назначение, площадь, цветение и плодоносность

В ЧСР изучали цветение лиственничных окулянтов на четырех плантациях в течение следующих друг за другом пяти лет. В среднем за период 1966—1970 гг. женские цветки в одном году завязались лишь на 270 окулянтах, т.е. 13,5 % от общего числа наблюдавшихся особей (Винцент, Прохазка 1972 г.). Уже эти данные свидетельствуют об относительно низкой плодоносности семенных плантаций в наших областях. Поэтому автор приводит результаты опытов, ориентированных на изучение повышения плодоносности плантаций, и на основании этих результатов рекомендует, чтобы годовые побеги для прививки происходили с ветвей верхушечной части кроны отборных деревьев, чтобы селекционированные черенки прививались к медленно растущим подвоям, чтобы окулянты сажались на семенных плантациях по свободной схеме и чтобы эта схема на десятом году после посадки была путем прореживания еще настолько расширена, чтобы окулянты взаимно не касались друг друга ветвями.

Приведены также результаты опытов, с помощью которых удалось стимулировать цветение семенных плантаций. К этим опытам относятся формирование (обрезка) окулянтов, гибание, кольцевание, странгуляция и опрыскивание их веток растворами растительных гормонов, а также удобрение семенных плантаций.

Заключительная часть работы подчеркивает, что завязывание цветков обусловлено, прежде всего, процессами, управляющими перестройкой меристем, которые содержатся в обросте годовых побегов, в завязях цветков. Эта перестройка обусловлена генетическими свойствами древесных пород, то есть их генами. При благоприятных внешних условиях ферменты (флоригены) некоторых генов преодолевают тормозящее влияние ферментов иных генов и стимулируют образование цветков.

К внешним условиям относятся температура среды, свет и атмосферные осадки. Температура влияет на скорость реакций, ведущих к перестройке меристем в завязи цветков. Влияние света проявляется в так называемой обратной фитохром-системе, благодаря которой растение получает энергию для обмена питательных веществ и для образования растительных гормонов (Borthwick, Hendricks 1961 г.). Осадки являются основой водного хозяйства растений, так как в водных растворах ассимиляты переходят из кроны в корни, а минеральные вещества из корней в крону. Если отток ассимилятов затруднен

перехватом или изгибом ветвей, то концентрация ассимилятов в этих ветках повышена, что во многих случаях облегчает завязывание цветов.

Для обеспечения регулярной и обильной продукции семян с семенных плантаций недостаточно следить за влиянием стимулирующих методов только у листовичных или сосновых окулянтов. Необходимо, чтобы результаты стимулирования цветения проверялись также у еловых, дугласиевых, буковых и дубовых окулянтов, то есть у окулянтов, у которых семенная продукция была в отношении количества пока неудовлетворительной.

### **Seed orchards, their mission, acreage, flowering and fructification**

Flowering of grafted plants of larch was studied in ČSR in four seed orchards within a period of five successive years. It was found that within the period 1966—1970 only 270 grafted plants put forth pistil flowers in a year, i. e. 13.5% of the total number of 2038 individuals under study (Vincent — Procházka 1972). Yet these data indicate a relatively poor fructification of seed orchards in our regions. It is why the author gives the results of experiments aimed at the increase of seed orchard fructification and why he recommends to take the sprouts for grafting from the branches of the top crown portion of elite trees, to graft the selected scions on slowly growing stocks, to plant out the grafted plants to seed orchards in loose spacing and to enlarge this spacing by thinning carried out in the tenth year after planting out in such a way lest the grafted plants should touch by their branches each other.

The paper also gives the results of successful experiments concerning the stimulation of flowering in seed orchards. These experiments involved shaping (pruning) of grafted plants, bending, girdling, strangulation and spraying of their branches by plant hormone solutions, as well as fertilizing of seed orchards.

The paper conclusively points out that the flower induction is determined, first of all, by the processes controlling the rearrangement of meristems contained in the shoots of sprouts to the primordia of flowers. This rearrangement is based on the genetic properties of tree species, i. e. on their genes. Under favourable external conditions, the enzymes (florigenes) of some genes overcome the hindering effects of the enzymes of other genes and give rise to flower formation.

The external conditions include the temperature of the milieu, the light and the precipitation. The temperature affects the rapidity of reactions leading to the rearrangement of meristems to the primordia of flowers. The light effect becomes evident by the so-called reversible phytochrom-system, through which the plant gains energy for the exchange of nutrients and for the formation of plant hormones (Borthwick — Hendricks, 1961). The precipitations form a basis of plant water régime, because the assimilates are transferred in aqueous solutions from crown to roots and the mineral nutrients from roots to crown. If the flow of assimilates is impeded by strangulation or bending of branches, the assimilates concentration in the branches involved increases, so that putting forth of flowers becomes in many cases easier.

However, for achieving a regular and richer seed production of seed orchard, it is not enough to study the influence of stimulation methods in larch and pine grafted plants only. It is necessary to test also the results of flowering stimulation on spruce, Douglas fir, beech and oak grafted plants, in which the seed production has been so far unsatisfactory.

### **Die Samenplantagen, deren Sendung, Flächenausmaß, Blüte und Fruchtbarkeit**

In der ČSR beobachtete man das Blühen von Lärchenpflöpfen auf vier Plantagen in fünf Jahren, die nacheinander folgten. Im Durchschnitt des Zeitraumes 1966—1970 setzten männliche Blüten in einem Jahre nur 270 Pflöpfen, d. h. 13,5% von der Gesamtanzahl von 2038 der beobachteten Individuen an (Vincent, Procházka 1972). Bereits diese Angaben deuten auf eine relativ niedrige Fruchtbarkeit von Samenplantagen in unseren Gebieten hin. Aus diesem Grunde führt der Verfasser Versuchsergebnisse an, die eine Erhöhung der Fruchtbarkeit von Plantagen verfolgen. Aufgrund dieser Ergebnisse wird empfohlen, Pflöpfriebe den Ästen der Kronengipfelpartie der Ausleseebäume zu entnehmen, die selektierten Pflöpfe auf langsam wachsende Unterlagen zu pflanzen, die Pflöpfen in den Samen-Plantagen in freiem Pflanzenabstand auszupflanzen; dieser Pflanzenabstand sollte

im zehnten Jahre nach der Auspflanzung mittels Durchforstung in der Weise verbreitet werden, damit sich die Pfröpflinge mit den Ästen gegenseitig nicht berühren.

Es werden auch Versuchsergebnisse angeführt, durch welche es gelang, das Blüten von Samenplantagen zu stimulieren. Zu diesen Versuchen gehört die Formung (Ästung) von Pfröpflingen, die Biegung, das Ringeln, die Strangulation und Bespritzung deren Äste mit Lösungen von Pflanzenhormonen sowie die Düngung von Samenplantagen.

Im Schlußwort der Studie wird betont, daß die Induktion von Blüten vor allem durch Vorgänge bestimmt wird, die den Umbau von den in den Trieben enthaltenen Meristeme in Primordien (Blattanlagen) der Blüten regeln. Dieser Umbau wird durch genetische Eigenschaften der Holzarten, d. h. durch deren Gene gegeben. Unter günstigen äußeren Bedingungen überwinden die Enzyme (Florigene) mancher Gene den hemmenden Einfluß von Enzymen anderer Gene und geben Anlaß zur Bildung von Blüten.

Zu äußeren Bedingungen gehört die Umwelttemperatur, das Licht und die Niederschläge. Die Temperatur beeinflusst die Schnelligkeit der Reaktionen, die zu einem Umbau der Meristeme in Primordien der Blüten führen. Der Einfluß des Lichtes macht sich durch das sog. reversible Phytochrom-System geltend; durch dieses gewinnt die Pflanze die Energie zum Nährstoffaustausch und zur Bildung von Pflanzenhormonen (Borthwick, Hendricks 1961). Die Niederschläge sind Unterlage des Wasserhaushaltes der Pflanzen, denn in den Wasserlösungen werden Assimilate aus der Krone in die Wurzeln und die Mineralstoffe aus den Wurzeln in die Krone übertragen. Wird der Abfluß von Assimilaten durch die Strangulation oder Biegung von Ästen erschwert, ist die Konzentration von Assimilaten in den betreffenden Ästen erhöht, welcher Umstand in zahlreichen Fällen den Blütenansatz erleichtert.

Zur Sicherung einer regelmäßigen und reicheren Saatgutproduktion der Samenplantagen reicht nicht die Beobachtung des Einflusses von Stimulationsmethoden nur bei den Lärchen- und Kiefernpfröpflingen allein. Es ist unumgänglich, die Ergebnisse der Stimulationsmethoden des Blütens auch bei Fichten-, Douglasie-, Buchen- und Eichenpfröpflingen, d. h. bei Pfröpflingen, bei denen die Samenproduktion der Menge nach vorläufig unzureichend war, zu überprüfen.

### **Plantations issues de graines, leur destination, étendue, floraison et fécondité**

On suivait dans la République socialiste tchèque la floraison des mélèzes greffés sur quatre plantations, et cela au cours de cinq ans qui suivaient l'un après l'autre. Il n'y avait en moyenne dans une année que 270 sujets greffés, à savoir 13,5 p. 100, sur le nombre total de 2038 individus observés (Vincent — Procházka) qui ont donné dans la période des années 1966—1970 des fleurs femelles. Rien que ces données donnent à penser que la fertilité relative des plantations à graines est faible dans nos régions. C'est pour cette raison que l'auteur cite les résultats des essais qui suivaient l'augmentation de la fertilité des plantations et, partant de ces résultats, il recommande que les pousses destinées au greffage, proviennent des branches de sommet de la cime des arbres d'élite, de greffer les greffons sélectionnés sur les porte-greffes à croissance lente, de planter les sujets greffés sur les plantations à graines à écartement large et que ce dernier soit encore élargi par l'éclaircie dans la dixième année après la plantation, de manière à ne pas permettre aux branches des sujets greffés de se toucher réciproquement.

On indique aussi les résultats des essais grâce auxquels on a réussi à stimuler la floraison des plantations à graines. A ces essais appartiennent aussi le façonnage (la taille) des sujets greffés, le cintrage, l'annélation circulaire, la strangulation et l'aspersion de leurs branches de solutions d'hormones végétales, aussi bien que la fumure des plantations à graines.

La conclusion de l'étude fait ressortir que l'induction des fleurs est déterminée en premier lieu par les processus qui dirigent la reconstruction des méristèmes compris dans les ramilles des pousses, en primordium des fleurs. Cette reconstruction est due aux propriétés génétiques des essences forestières, à savoir à leurs gènes. Dans les conditions extérieures favorable les enzymes (florigènes) de certains gènes l'emportent sur l'influence freinante des enzymes d'autres gènes, donnant ainsi l'impulsion à la formation des fleurs.

En ce qui concerne les conditions extérieures, on y compte la température du milieu, la lumière et les précipitations. La température influence la vitesse des réactions qui conduisent à la reconstruction des méristèmes pour en faire des primordium des fleurs. L'influence de la lumière se fait valoir par ledit phytochrome-système, à l'aide duquel la plante acquiert de l'énergie nécessaire au métabolisme des matières nutritives et à la formation des hormones végétales (Borthwick — Hendricks, 1961). Les précipitations constituent la base du régime hydrique des plantes, car c'est dans les solutions aqueuses que sont transportés les produits d'assimilation de la cime vers les racines et les matières minérales des racines vers la cime. Si l'écoulement des produits d'assimilation est rendu difficile par la strangulation ou la flexion des branches, la concentration des produits d'assimilation est augmentée dans les branches mentionnées, ce qui rend plus facile dans beaucoup de cas la mise à fleurs.

Pour assurer la production régulière et plus riche de la semence des plantations à graines, il ne suffit pas de suivre l'influence des méthodes stimulatrices seulement sur les sujets greffés de mélèze et de pin. Il est en effet indispensable que les résultats de la stimulation de la floraison soient également vérifiés sur les sujets greffés de sapin, de sapin Douglas, de hêtre et de chêne, c'est-à-dire sur les sujets greffés, dont la production de la semence était en attendant insuffisante en ce qui concerne la quantité.

---

*Adresa autora:*

Doc. Dr. Gustav Vincent, DrSc., Poříčí 3b, Brno

---



V minulosti byly zkoumány procesy růstu a vývoje populací lesních dřevin především u nesmíšených porostů monokulturního charakteru. Smíšeným porostům byla věnována menší pozornost, poněvadž jejich objektivní posouzení je velmi obtížné. Nicméně nelze se těmto otázkám vyhýbat, a proto jsme také my pod zorným úhlem současné potřeby i perspektivních cílů pěstění lesů založili systém dlouhodobých výzkumných ploch různé kompozice hlavních hospodářských dřevin ve vztahu k podmínkám prostředí a k potřebám lesního hospodářství.

Zaměřili jsme se v této fázi zhruba od roku 1958 na hlavní směsi dřevin v oblasti Školního lesního podniku lesnické fakulty VŠZ v Brně. V tomto areálu existuje řada přirozených smíšených porostů, ovšem většina porostů vznikla záměrně, zpravidla kombinací přirozené a umělé obnovy. Značná část předmyšlných porostů tohoto typu pochází z období po roku 1929–1930, kdy velká dřevařská krize vedla k tendencím, aby hospodář měl k dispozici široký sortiment dřevin a mohl tak reagovat na různě se měnící kvantitativní i kvalitativní nároky dřevařského trhu. Je zcela zřejmé, že tyto tendence byly poplatné tehdejší situaci a ne ve všech případech přinesly kladné výsledky. Smíšené porosty s velkým počtem dřevin se velmi obtížně pěstují, zejména u dřevin s různými ekologickými nároky, vyžadují mnoho individuální péče a v mladých fázích vývoje jsou velmi náročné na živou práci. Je to zejména důležité ve směsích heliofytů a sciofytů, kdy je třeba dbát, aby slunné dřeviny nebyly v mládí potlačeny dřevinami stinnými. Zkušenosti za dlouhá období prokazují jako nejvhodnější nepříliš komplikované směsi zpravidla tří dřevin, které se ekologicky a ekonomicky doplňují. Takové porosty je možno dobře plánovat a pěstovat zpravidla ve větších skupinách jedné dřeviny nebo dvou dřevin (slunné a stinné) tak, aby práci bylo možno dobře organizovat a racionálně realizovat pomocí mechanismů apod. Faktem však zůstává, že máme nyní mnoho porostů středního věku, které byly založeny ve směsi většího počtu dřevin, a proto je třeba se zabývat otázkou jejich růstu, vývoje a pěstění s cílem získání objektivních kritérií a stanovení exaktních metod pro správné hospodaření.

V daném případě uvádíme jako model smíšený porost smrku, jedle, borovice, modřínu a buku s dalšími vtroušenými dřevinami na pěstebním středisku Olomučany Školního lesního podniku VŠZ Brno na katastrálním území obce Klepačov okresu Blansko. Poloha porostu je vymezena souřadnicemi 49°20'19" s. š. a 16°40'25" v. d.

## OBJEKT VÝZKUMU A METODIKA

Předmětem výzkumu je smíšený porost 130a1 pěstebního střediska Olomučany Školního lesního podniku VŠZ Brno na katastrálním území obce Klepačov okresu Blansko. Poloha porostu je vymezena souřadnicemi 49°20'19" s. š. a 16°40'25" v. d.

Nadmořská výška lokality je 390–400 m, expozice jižní až jihozápadní, sklon 2–8°, reliéf terénu je zvlněná jižní strana. Geologické podloží tvoří granitit, půda je písčitolinitá okrová lesní půda. Skupina lesních typů *Fagetum quercinum*. Průměrná roční teplota činí 7,8 °C, průměrné roční srážky 628 mm. V roce založení výzkumné plochy, tj. roku 1960, byl věk porostu 27 let. Zastoupení dřevin: sm 40, jd 15, bo 30, md 10, bk 5. Zakmenění 10. Plocha porostu činí 9,22 ha. Je to poloha s optimálními podmínkami pro přirozenou obnovu jehličnanů. Buk je vitální a intenzivně se přirozeně obnovuje.

V porostu byly v červnu 1960 založeny 3 jednohektarové komparativní plochy podle naší metodiky (Vyskoč 1949, 1966). Na těchto plochách se srovnávala probírka úrovně pozitivním výběrem, značená na stromech modrou barvou, dále probírka podúrovně stupně B negativním výběrem značená červenou barvou a třetí jednohektarová plocha byla ponechána bez úmyslného zásahu jako kontrola a označena žlutě. Hektarové plochy jsou rozděleny do sítě čtverců 20 X 20 m, tj. 4 arů, které umožňují vnitřní rozbor stromového inventáře. V rámci každé hektarové plochy je podrobně evidováno 0,25 ha číslovaných stromů s podrobným biometrickým měřením, situací stromů, vertikální projekcí korun a klasifikací. Tímto způsobem jsme se snažili dosáhnout homogenity základního souboru srovnávaných variant fyto technických zásahů. Nadějně stromy byly vyznačovány zeleným pruhem na všech dílcích při každém opakovaném měření, které se konalo v letech 1960–1961, 1966 a 1971. Záměrně byly nadějně stromy pěstovány pouze na ploše úrovně jako objekt pozitivního výběru. Při každém opakovaném měření se ověřuje biologická a hospodářská kvalita nadějných stromů. Ty z nich, které nevyhovují kvalitativním kritériím, se z evidence i péče vypouštějí, a naopak se označují stromy, které v průběhu vývoje získaly znaky nadějnosti.

## ANALÝZA A ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Analýza výsledků výzkumu na smíšené ploše v porostu 130a<sub>1</sub> středisko Olomučany je přehledně vyjádřena v tabulkách a grafech vývoje poč-

### I. Vývoj počtu stromů na 1 ha. — Development of tree number per 1 ha

| Plocha           | Úrovně |       |          |        |       |      |
|------------------|--------|-------|----------|--------|-------|------|
|                  | smrk   | jedle | borovice | modřín | list. | Sa   |
| 1961 před těžbou | 576    | 572   | 1044     | 240    | 28    | 2460 |
| těžba úmyslná    | 8      | 8     | 76       | 12     | —     | 104  |
| těžba nahodilá   | —      | 32    | 4        | —      | —     | 36   |
| těžba v %        | 1,4    | 7,0   | 7,7      | 5,0    | —     | 5,7  |
| 1961 po těžbě    | 568    | 532   | 964      | 228    | 28    | 2320 |
| 1966 před těžbou | 568    | 532   | 964      | 228    | 28    | 2320 |
| těžba úmyslná    | 4      | 8     | 16       | —      | —     | 28   |
| těžba nahodilá   | 16     | 96    | 124      | 4      | —     | 240  |
| těžba v %        | 3,5    | 19,6  | 14,5     | 1,8    | —     | 11,6 |
| 1966 po těžbě    | 548    | 428   | 824      | 224    | 28    | 2052 |
| 1971 před těžbou | 548    | 380   | 748      | 196    | 28    | 1900 |
| těžba úmyslná    | 20     | 8     | 88       | 12     | —     | 128  |
| těžba nahodilá   | 12     | 32    | 92       | 8      | —     | 144  |
| těžba v %        | 5,8    | 10,5  | 24,1     | 10,2   | —     | 14,3 |
| 1971 po těžbě    | 516    | 340   | 568      | 176    | 28    | 1628 |

tu stromů, výčetní tloušťky, výšky, délky a šířky korun, kruhové základny, zásoby a klasifikace (tabulka I–III, grafy 1–13). Všimněme si nyní vývoje hlavních veličin za leta 1960 až 1971.

## POČET STROMŮ

Výchozí počet stromů při založení výzkumné plochy v roce 1960 byl nejmenší na ploše kontrolní, na ploše úrovnové byl větší o 5,7 % a na podúrovnové o 13,1 %. Z jednotlivých dřevin převažoval na ploše podúrovnové výrazně smrk, zatímco podíl jedle byl zde nejmenší. Borovice bylo nejméně na kontrole a modřinu na ploše podúrovnové. Úmyslnou těžbou bylo na podúrovnové ploše odstraněno třikrát více stromů než na úrovnové. V procentech původního počtu to činilo při úrovnové probírce 4,2 % a při podúrovnové probírce 12,5 %. Při druhém zásahu v roce 1966 bylo úrovnovou probírkou vytěženo 1,2 % a při podúrovnové probírce 14,5 %. Při třetím měření v roce 1971 byl počet stromů na ploše podúrovnové o 12 % menší než na dalších komparativních plochách. Probírkou v tomto roce bylo na ploše podúrovnové vytěženo 30 % stromů a na ploše úrovnové 7 % stromů. Nahodilá těžba, jako projev přirozené mortality populace, byla největší na kontrole podílem 9 % a nejmenší na ploše podúrovnové, a to 2 %.

## ŮŽIVNÁ PLOCHA A ROZESTUPOVÉ ČÍSLO

Ůživná plocha na počátku výzkumu v roce 1960 byla největší na kontrole (4,3 m<sup>2</sup>) a nejmenší na ploše podúrovnové (3,8 m<sup>2</sup>). Po prvním

| Podúrovnová |       |               |        |       |      | Kontrolní |       |               |        |       |      |
|-------------|-------|---------------|--------|-------|------|-----------|-------|---------------|--------|-------|------|
| smrk        | jedle | boro-<br>vice | modřín | list. | Sa   | smrk      | jedle | boro-<br>vice | modřín | list. | Sa   |
| 952         | 376   | 1220          | 20     | 64    | 2632 | 560       | 736   | 764           | 232    | 36    | 2328 |
| 56          | 44    | 224           | —      | 4     | 328  | —         | —     | —             | —      | —     | —    |
| 8           | —     | 4             | —      | —     | 12   | —         | 20    | 12            | —      | —     | 32   |
| 6,7         | 11,7  | 18,7          | —      | 6,3   | 12,9 | —         | 2,7   | 1,6           | —      | —     | 1,4  |
| 888         | 332   | 992           | 20     | 60    | 2292 | 560       | 716   | 752           | 232    | 36    | 2296 |
| 888         | 332   | 992           | 20     | 60    | 2292 | 560       | 716   | 752           | 232    | 36    | 2296 |
| 152         | 32    | 140           | 8      | —     | 332  | —         | —     | —             | —      | —     | —    |
| 8           | 52    | 152           | —      | 4     | 216  | 16        | 116   | 148           | 12     | —     | 292  |
| 18,0        | 25,3  | 29,4          | 40,0   | 6,7   | 23,9 | 2,9       | 16,2  | 19,7          | 5,3    | —     | 12,7 |
| 728         | 248   | 700           | 12     | 56    | 1744 | 544       | 600   | 604           | 220    | 36    | 2004 |
| 704         | 228   | 668           | 12     | 56    | 1668 | 540       | 544   | 548           | 200    | 36    | 1868 |
| 192         | 80    | 200           | 4      | 8     | 484  | —         | —     | —             | —      | —     | —    |
| —           | 16    | 24            | —      | —     | 40   | 40        | 56    | 64            | 8      | —     | 168  |
| 27,3        | 42,1  | 33,5          | 33,3   | 14,3  | 31,4 | 7,4       | 10,3  | 11,7          | 4,0    | —     | 9,0  |
| 512         | 132   | 444           | 8      | 48    | 1144 | 500       | 488   | 484           | 192    | 36    | 1700 |

II. Vývoj zásoby na 1 ha (m<sup>3</sup>). — Development of growing stock per 1 ha (cu. m)

| Plocha                   | Úrovnová |       |          |        |       |       |
|--------------------------|----------|-------|----------|--------|-------|-------|
|                          | smrk     | jedle | borovice | modřín | list. | Sa    |
| 1961 před těžbou         | 14,7     | 23,8  | 20,6     | 4,2    | —     | 63,3  |
| těžba úmyslná            | 0,4      | 0,4   | 2,3      | 0,4    | —     | 3,5   |
| těžba nahodilá           | —        | —     | —        | —      | —     | —     |
| těžba v %                | 2,7      | 1,5   | 10,9     | 9,4    | —     | 5,4   |
| 1961 po těžbě            | 14,3     | 23,4  | 18,3     | 3,8    | —     | 59,8  |
| 1966 před těžbou         | 29,6     | 30,5  | 35,9     | 9,2    | 0,2   | 105,4 |
| těžba úmyslná            | 0,1      | 0,4   | 0,8      | —      | —     | 1,3   |
| těžba nahodilá           | —        | 1,3   | 0,2      | —      | —     | 1,5   |
| těžba v %                | 0,4      | 5,8   | 2,7      | —      | —     | 2,7   |
| 1966 po těžbě            | 29,5     | 28,8  | 34,9     | 9,2    | 0,2   | 102,6 |
| 1971 před těžbou         | 47,8     | 33,4  | 55,4     | 15,4   | 0,7   | 152,7 |
| těžba úmyslná            | 1,7      | 0,6   | 15,7     | 1,3    | —     | 19,3  |
| těžba nahodilá           | —        | 0,1   | 0,6      | —      | —     | 0,7   |
| těžba v %                | 3,5      | 2,2   | 29,4     | 8,3    | —     | 13,1  |
| 1971 po těžbě            | 46,1     | 32,7  | 39,1     | 14,1   | 0,7   | 132,7 |
| Přírůst 61—66            | 15,3     | 7,1   | 17,6     | 5,4    | 0,2   | 45,6  |
| 66—71                    | 18,3     | 4,6   | 20,5     | 6,2    | 0,5   | 50,2  |
| Celkem                   | 33,6     | 11,7  | 38,1     | 11,6   | 0,7   | 95,8  |
| Přírůst % 61—66          | 104      | 30    | 85       | 127    | 1800  | 69    |
| Přírůst % 66—71          | 62       | 15    | 57       | 66     | 350   | 48    |
| Přírůst Ø 61—66          | 3,06     | 1,42  | 3,52     | 1,08   | 0,04  | 9,12  |
| roční 66—71              | 3,66     | 0,92  | 4,10     | 1,24   | 0,14  | 10,05 |
| 61—71                    | 3,36     | 1,17  | 3,81     | 1,16   | 0,07  | 9,58  |
| Celková hmotová produkce | 48,3     | 35,5  | 58,7     | 15,8   | 0,7   | 159,1 |

zásahu se tato hodnota skoro vyrovnala. V roce 1966 po těžbě byla nejvyšší úživná plocha po probírce podúrovně a tento rozdíl se zvýraznil ještě po těžbě v roce 1971. Obdobně tomu je i s rozestupovým číslem. V roce 1960 se pohybovalo od 1,9 m na ploše s podúrovně probírkou až po 2,1 m na ploše kontrolní. Před těžbou v roce 1971 se pohybovalo rozestupové číslo od 2,3 m do 2,4 m. Po těžbě v roce 1971 je největší rozestupové číslo na ploše podúrovně (2,9 m) a nejmenší na kontrole (2,4 m).

## VÝČETNÍ TLOUŠŤKA

Na počátku výzkumu v roce 1960 se výčetní tloušťka na jednotlivých plochách zhruba rovnala s rozdílem 4–6 % zvýšení na ploše kontrolní. Prvním podúrovněm probírkovým zásahem se hodnota výčetní tloušť-



| Podúrovňová |       |               |        |       |       | Kontrolní |       |               |        |       |       |
|-------------|-------|---------------|--------|-------|-------|-----------|-------|---------------|--------|-------|-------|
| smrk        | jedle | boro-<br>vice | modřín | list. | Sa    | smrk      | jedle | boro-<br>vice | modřín | list. | Sa    |
| 19,3        | 20,6  | 24,0          | 0,4    | 4,6   | 68,9  | 18,7      | 29,5  | 24,4          | 6,0    | 0,8   | 79,4  |
| —           | —     | 0,4           | —      | —     | 0,4   | —         | —     | —             | —      | —     | —     |
| —           | —     | —             | —      | —     | —     | —         | —     | 0,2           | —      | —     | 0,2   |
| —           | 0,2   | 1,5           | —      | —     | 0,6   | —         | 0,1   | 0,7           | —      | —     | 0,3   |
| 19,3        | 20,6  | 23,6          | 0,4    | 4,6   | 68,5  | 18,7      | 29,5  | 24,2          | 6,0    | 0,8   | 79,2  |
| 40,4        | 26,8  | 44,0          | 0,9    | 8,9   | 121,0 | 33,3      | 42,2  | 40,1          | 12,4   | 1,8   | 129,8 |
| 1,0         | 0,1   | 1,1           | —      | —     | 2,2   | —         | —     | —             | —      | —     | —     |
| —           | 0,4   | 0,5           | —      | —     | 0,9   | —         | 1,2   | 1,9           | 0,2    | —     | 3,3   |
| 2,4         | 1,6   | 3,6           | —      | —     | 2,5   | —         | 2,9   | 4,7           | 1,6    | —     | 2,6   |
| 39,4        | 26,3  | 42,4          | 0,9    | 8,9   | 117,9 | 33,3      | 41,0  | 38,2          | 12,2   | 1,8   | 126,5 |
| 64,6        | 29,5  | 62,0          | 1,4    | 11,5  | 169,0 | 51,8      | 50,6  | 52,6          | 17,4   | 2,5   | 174,9 |
| 4,4         | 2,1   | 5,8           | 0,1    | 0,7   | 13,1  | —         | —     | —             | —      | —     | —     |
| —           | 0,2   | 0,6           | —      | —     | 0,8   | —         | 0,3   | 0,1           | —      | —     | 0,4   |
| 6,9         | 7,6   | 10,3          | 8,8    | 5,9   | 8,2   | 0,1       | 0,6   | 0,2           | —      | —     | 0,3   |
| 60,2        | 27,2  | 55,6          | 1,3    | 10,8  | 155,1 | 51,8      | 50,3  | 52,5          | 17,4   | 2,5   | 174,5 |
| 21,1        | 6,2   | 20,4          | 0,4    | 4,2   | 52,3  | 14,6      | 12,7  | 15,9          | 6,4    | 1,0   | 50,6  |
| 25,2        | 3,2   | 19,6          | 0,5    | 2,6   | 51,1  | 18,5      | 9,6   | 14,4          | 5,2    | 0,7   | 48,4  |
| 46,3        | 9,4   | 40,0          | 0,9    | 6,8   | 103,4 | 33,1      | 22,3  | 30,3          | 11,6   | 1,7   | 99,0  |
| 109         | 30    | 85            | 103    | 91    | 76    | 78        | 43    | 65            | 108    | 136   | 64    |
| 62          | 12    | 44            | 55     | 29    | 42    | 56        | 23    | 36            | 42     | 37    | 37    |
| 4,22        | 1,24  | 4,08          | 0,08   | 0,84  | 10,46 | 2,92      | 2,54  | 3,18          | 1,28   | 0,2   | 10,12 |
| 5,04        | 0,64  | 3,92          | 0,10   | 0,52  | 10,22 | 3,70      | 1,92  | 2,88          | 1,04   | 0,14  | 9,68  |
| 4,63        | 0,94  | 4,00          | 0,09   | 0,68  | 10,34 | 3,31      | 2,23  | 3,03          | 1,16   | 0,17  | 9,90  |
| 65,6        | 30,0  | 64,0          | 1,3    | 11,4  | 172,3 | 51,8      | 51,8  | 54,7          | 17,6   | 2,5   | 178,4 |

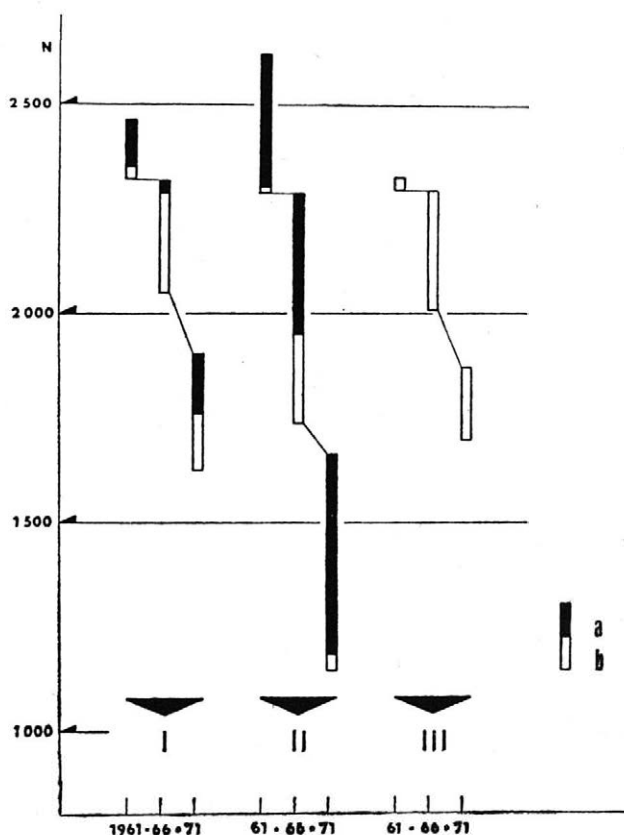
ky zvýšila o 5 %. Běžný periodní tloušťkový přírůst činil na 1 strom v období 1961–1966 průměrně 1,2 cm na ploše úrovňové a podúrovňové a 1,6 cm na kontrole. V druhém přírůstovém období 1966–1971 byl tloušťkový přírůst největší na ploše úrovňové (1,6 cm) a nejmenší na kontrole (0,8 cm). Za poslední období má největší hodnotu plocha podúrovňová. Průměrné výčetní tloušťky jednotlivých dřevin se na počátku výzkumu nelišily s výjimkou jedle na ploše úrovňové a zejména podúrovňové, kde byla tato hodnota podstatně vyšší.

#### VÝŠKA

Výchozí průměrná výška byla na počátku výzkumu v roce 1960 na ploše kontrolní o 2,4 % vyšší než na ploše podúrovňové a o 6,2 % vyšší než na úrovňové ploše. Mezi jednotlivými dřevinami byly jen malé roz-

díly. Po probírce se průměrná výška zvýšila pouze na ploše podúrovňové o 3,6 %. Průměrný výškový přírůst za období 1961–1966 činil na ploše podúrovňové 2,0 m, na úrovňové 1,9 m a na kontrole 1,8 m. Po druhém

# OLOMUČANY 130

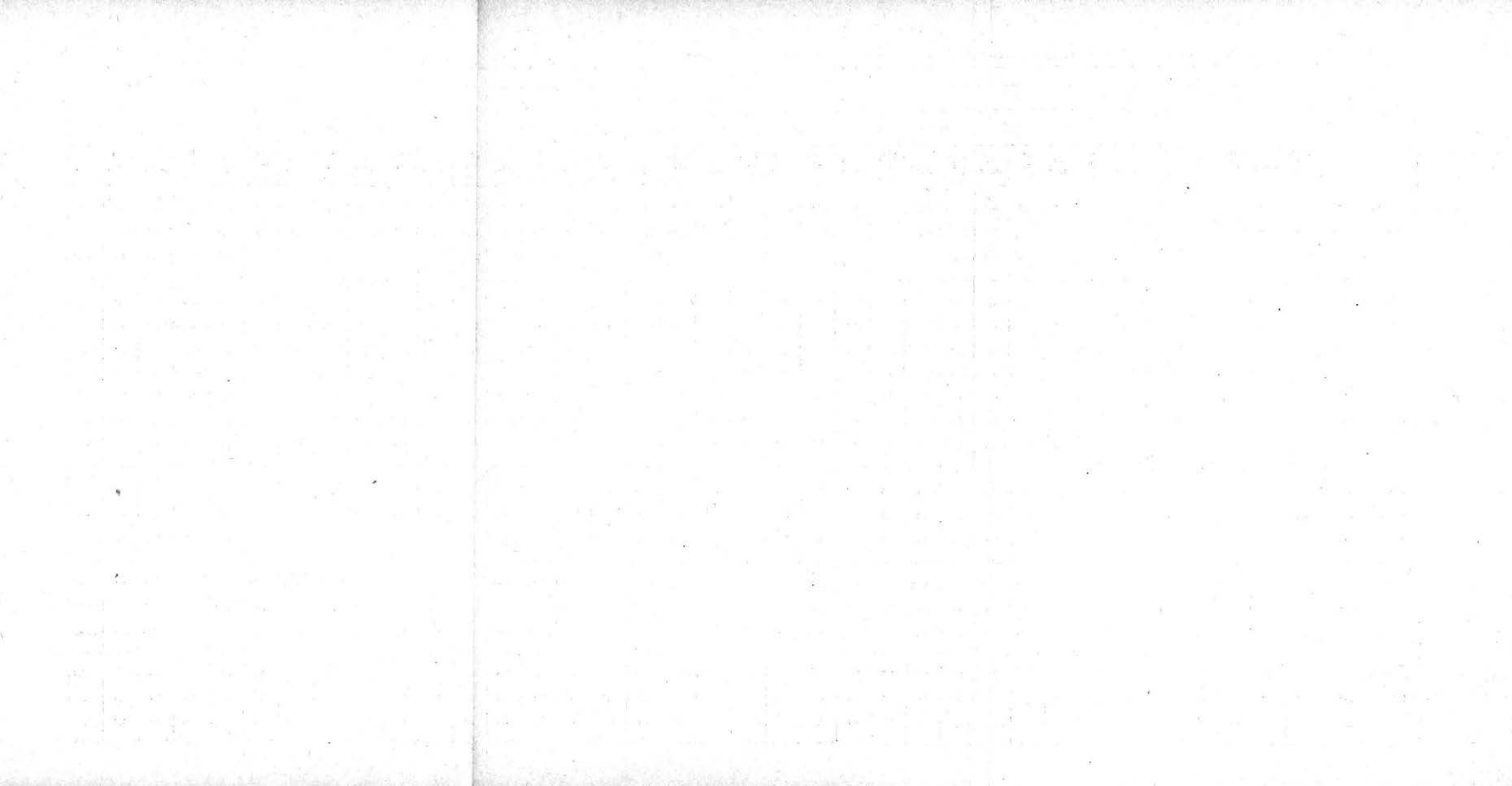


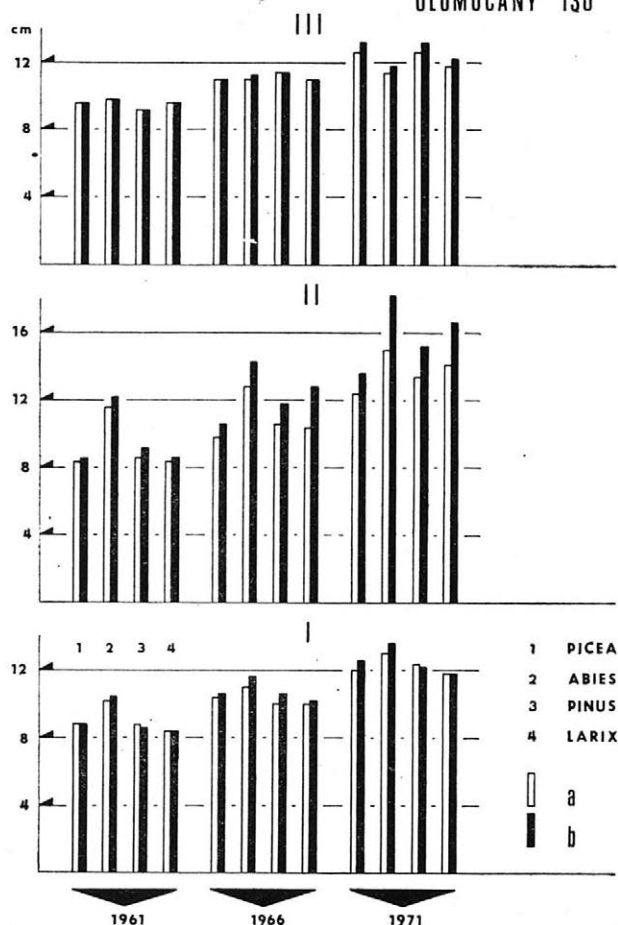
1. Vývoj celkového počtu stromů za období 1961-1966-1971: N — počet stromů, a — těžba úmyslná, b — těžba nahodilá, I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of total tree number for the periods 1961-1966-1971: N — number of trees, a — planned felling, b — incidental felling, I — high thinning, II — low thinning, III — control

zásahu byl již patrný podstatný vzestup průměrné výšky na ploše podúrovňové, zejména po těžbě. Za druhé přírůstové období 1966–1971 byl průměrný přírůst výškový největší po probírce podúrovňové 1,7 m a nejmenší na kontrole 0,8 m. V roce 1971 má z jednotlivých dřevin největší výšky borovice a nejnižší modřín, což svědčí o tom, že vývoj této dřeviny je nepříznivý.

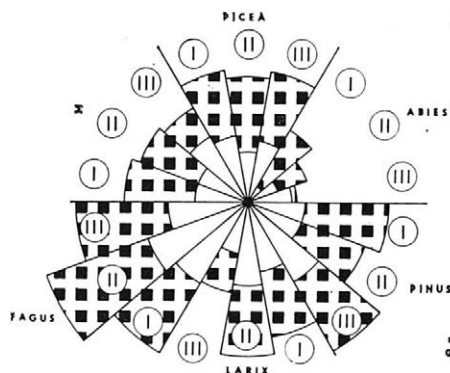
III. Vývoj průměrné výčetní tloušťky, výšky, délky a šířky korun, výčetní základny a hodnotního čísla. — Development of d. b. h., height, length and width of crowns, basal area and value number

| Plocha           |                  |          | Plocha           |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |             |       |        |  |
|------------------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|------------------|----------|-------------|-------|--------|--|
|                  |                  |          | Úrovněová        |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          | Podúrovněová     |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          | Kontrola         |          |                  |          |                  |          |                  |          |             |       |        |  |
|                  |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          |                  |          | smrk             |          | jedle            |          | borovice         |          | modřín           |          | buk ostatní |       | celkem |  |
|                  | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě | před těž-<br>bou | po těžbě |             |       |        |  |
| Průměrná 1961    | 8,9              | 8,9      | 10,3             | 10,5     | 8,8              | 8,7      | 8,5              | 8,5      | 4,9              | 4,9      | 9,1              | 9,1      | 8,5              | 8,7      | 11,6             | 12,1     | 8,7              | 9,3      | 8,6              | 8,6      | 13,0             | 13,4     | 9,2              | 9,7      | 9,6              | 9,6      | 9,8              | 9,9      | 9,2              | 9,2      | 9,6              | 9,6      | 8,0              | 8,0      | 9,5         | 9,5   |        |  |
| výčetní 1966     | 10,4             | 10,6     | 11,0             | 11,6     | 10,0             | 10,5     | 10,1             | 10,2     | 7,1              | 7,3      | 10,3             | 10,7     | 9,8              | 10,7     | 12,8             | 14,3     | 10,6             | 11,9     | 10,5             | 12,7     | 15,9             | 16,4     | 10,9             | 12,0     | 11,0             | 11,1     | 11,0             | 11,3     | 11,4             | 11,4     | 10,8             | 10,9     | 9,8              | 9,8      | 11,1        | 11,4  |        |  |
| tloušťka cm 1971 | 12,1             | 12,2     | 13,1             | 13,6     | 12,4             | 12,1     | 11,8             | 11,8     | 9,1              | 9,2      | 12,3             | 12,4     | 12,4             | 13,6     | 15,0             | 18,3     | 13,4             | 15,2     | 14,3             | 16,6     | 18,8             | 19,5     | 13,4             | 15,1     | 12,7             | 13,2     | 11,4             | 11,8     | 12,6             | 13,2     | 11,9             | 12,2     | 11,9             | 11,9     | 12,2        | 12,6  |        |  |
| Průměrná 1961    | 7,7              | 7,7      | 7,9              | 8,1      | 8,2              | 8,2      | 8,3              | 8,3      | 6,2              | 6,2      | 8,0              | 8,0      | 8,0              | 8,3      | 8,3              | 8,7      | 8,4              | 8,7      | 8,0              | 8,0      | 10,8             | 11,0     | 8,3              | 8,6      | 8,2              | 8,2      | 7,9              | 8,0      | 9,2              | 9,2      | 8,9              | 8,9      | 8,9              | 8,9      | 8,5         | 8,5   |        |  |
| výška 1966       | 9,8              | 9,9      | 9,2              | 9,8      | 10,2             | 10,8     | 10,5             | 10,5     | 8,8              | 8,8      | 9,9              | 10,3     | 10,6             | 11,4     | 9,6              | 10,8     | 10,7             | 11,8     | 9,4              | 10,9     | 13,2             | 13,2     | 10,6             | 11,5     | 10,1             | 10,2     | 9,0              | 9,6      | 11,5             | 12,4     | 10,7             | 10,9     | 11,8             | 11,8     | 10,3        | 10,8  |        |  |
| m 1971           | 11,3             | 11,4     | 10,3             | 10,6     | 12,0             | 13,0     | 12,3             | 12,0     | 11,1             | 11,1     | 11,5             | 11,9     | 13,0             | 14,2     | 12,0             | 14,3     | 13,5             | 14,7     | 13,3             | 13,5     | 15,9             | 16,0     | 13,2             | 14,5     | 11,1             | 11,7     | 10,3             | 10,9     | 13,1             | 13,7     | 12,5             | 13,0     | 13,0             | 13,0     | 11,6        | 12,2  |        |  |
| Délka 1961       | 5,6              | 5,6      | 4,7              | 4,7      | 4,8              | 4,7      | 5,3              | 5,3      | 4,4              | 4,4      | 5,0              | 5,0      | 5,9              | 6,1      | 5,2              | 5,7      | 4,8              | 5,1      | 5,5              | 5,5      | 7,6              | 7,8      | 5,3              | 5,6      | 5,9              | 5,9      | 4,7              | 4,8      | 5,2              | 5,2      | 5,8              | 5,8      | 6,9              | 6,9      | 5,3         | 5,3   |        |  |
| korun 1966       | 7,2              | 7,3      | 4,2              | 4,6      | 5,0              | 5,3      | 5,2              | 5,3      | 6,9              | 6,9      | 5,4              | 5,6      | 7,4              | 8,1      | 4,6              | 5,5      | 5,5              | 6,2      | 4,9              | 6,3      | 9,8              | 10,2     | 6,2              | 6,8      | 7,0              | 7,1      | 4,5              | 4,9      | 5,9              | 6,4      | 5,8              | 5,8      | 8,7              | 8,7      | 5,8         | 6,1   |        |  |
| m 1971           | 6,6              | 6,6      | 4,4              | 4,5      | 5,1              | 5,0      | 4,8              | 4,8      | 8,5              | 8,5      | 5,4              | 5,4      | 8,0              | 9,5      | 5,1              | 6,4      | 5,6              | 6,3      | 4,4              | 4,3      | 6,3              | 7,2      | 6,3              | 7,2      | 5,9              | 5,9      | 4,2              | 4,3      | 5,3              | 5,4      | 5,4              | 5,4      | 8,6              | 8,6      | 5,2         | 5,3   |        |  |
| Šířka 1961       | 2,6              | 2,3      | 3,1              | 3,1      | 2,4              | 2,4      | 2,3              | 2,3      | 2,2              | 2,2      | 2,6              | 2,6      | 2,6              | 2,3      | 3,3              | 3,4      | 2,4              | 2,5      | 2,0              | 2,0      | 4,4              | 4,6      | 2,6              | 2,7      | 2,7              | 2,7      | 2,9              | 3,0      | 2,7              | 2,7      | 2,5              | 2,5      | 3,7              | 3,7      | 2,8         | 2,8   |        |  |
| korun 1966       | 2,6              | 2,7      | 3,0              | 3,1      | 2,4              | 2,5      | 2,2              | 2,3      | 4,3              | 4,3      | 2,5              | 2,6      | 2,6              | 2,7      | 3,2              | 3,5      | 2,5              | 2,7      | 2,3              | 2,8      | 5,7              | 5,9      | 2,7              | 2,9      | 2,9              | 2,9      | 2,9              | 3,0      | 2,7              | 2,8      | 2,4              | 2,5      | 4,7              | 4,7      | 2,8         | 2,9   |        |  |
| m 1971           | 3,0              | 3,1      | 3,8              | 3,9      | 3,1              | 3,0      | 2,7              | 2,7      | 5,9              | 5,9      | 3,2              | 3,2      | 3,5              | 3,9      | 4,1              | 5,0      | 3,0              | 3,3      | 2,9              | 3,2      | 6,0              | 6,2      | 3,3              | 3,7      | 3,1              | 3,1      | 3,4              | 3,5      | 3,1              | 3,2      | 2,7              | 2,7      | 6,5              | 6,5      | 3,2         | 3,3   |        |  |
| Výčetní 1961     | 3,62             | 3,54     | 4,73             | 4,59     | 6,38             | 5,74     | 1,36             | 1,25     | 0,05             | 0,05     | 16,14            | 15,17    | 5,44             | 5,33     | 3,93             | 3,83     | 7,27             | 6,74     | 0,11             | 0,11     | 0,86             | 0,85     | 17,62            | 16,86    | 4,09             | 4,09     | 5,56             | 5,50     | 5,06             | 5,02     | 1,66             | 1,66     | 0,18             | 0,18     | 16,55       | 16,45 |        |  |
| základna 1966    | 4,88             | 4,82     | 5,06             | 4,54     | 7,55             | 7,11     | 1,83             | 1,83     | 0,11             | 0,11     | 19,43            | 18,41    | 7,08             | 6,53     | 4,28             | 3,98     | 8,77             | 7,83     | 0,17             | 0,15     | 1,19             | 1,19     | 21,49            | 19,68    | 5,37             | 5,27     | 6,80             | 6,35     | 7,56             | 6,83     | 2,10             | 2,05     | 0,27             | 0,27     | 22,03       | 20,77 |        |  |
| na 1 ha 1971     | 6,32             | 6,05     | 5,13             | 4,93     | 9,06             | 6,60     | 2,10             | 1,92     | 0,19             | 0,19     | 22,80            | 19,69    | 8,44             | 7,42     | 4,02             | 3,46     | 9,35             | 7,95     | 0,19             | 0,17     | 1,56             | 1,44     | 23,56            | 24,44    | 6,92             | 6,82     | 5,59             | 5,37     | 6,81             | 6,59     | 2,27             | 2,23     | 0,40             | 0,40     | 21,99       | 21,41 |        |  |
| Hodnotní 1961    | 5,5              | 5,5      | 7,1              | 6,7      | 7,8              | 7,6      | 5,2              | 5,1      | 9,8              | 9,8      | 6,9              | 6,6      | 5,5              | 5,3      | 7,0              | 6,6      | 8,3              | 7,3      | 7,0              | 7,0      | 7,9              | 7,2      | 7,1              | 6,4      | 5,1              | 5,1      | 7,0              | 6,8      | 7,5              | 7,3      | 5,6              | 5,6      | 8,2              | 8,2      | 6,6         | 6,5   |        |  |
| číslo 1966       | 7,5              | 7,5      | 9,3              | 8,7      | 8,9              | 8,9      | 7,7              | 7,7      | 8,9              | 8,9      | 8,5              | 8,4      | 7,6              | 7,0      | 9,2              | 8,5      | 9,1              | 8,5      | 7,5              | 4,8      | 7,6              | 7,0      | 8,4              | 7,8      | 6,8              | 6,8      | 8,6              | 8,6      | 8,6              | 8,1      | 8,1              | 6,9      | 6,9              | 8,2      | 8,1         |       |        |  |
| 1971             | 7,1              | 7,0      | 9,4              | 8,9      | 9,6              | 10,0     | 8,9              | 8,0      | 10,1             | 10,1     | 8,7              | 8,7      | 5,7              | 4,9      | 7,8              | 6,0      | 8,7              | 7,7      | 8,5              | 2,9      | 8,3              | 8,1      | 7,3              | 6,3      | 7,5              | 7,1      | 9,3              | 8,9      | 9,5              | 8,9      | 8,8              | 8,4      | 9,4              | 9,4      | 8,8         | 8,3   |        |  |





2. Vývoj výčetní tloušťky u smrku (1), jedle (2), borovice (3) a modřínu (4) v letech 1961-1966-1971: a — stav před těžbou, b — stav po těžbě, I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of d. b. h. for spruce (1), silver fir (2), pine (3) and larch (4) in the years 1961-1966-1971: a — state prior to felling, b — state after felling, I — high thinning, II — low thinning, III — control



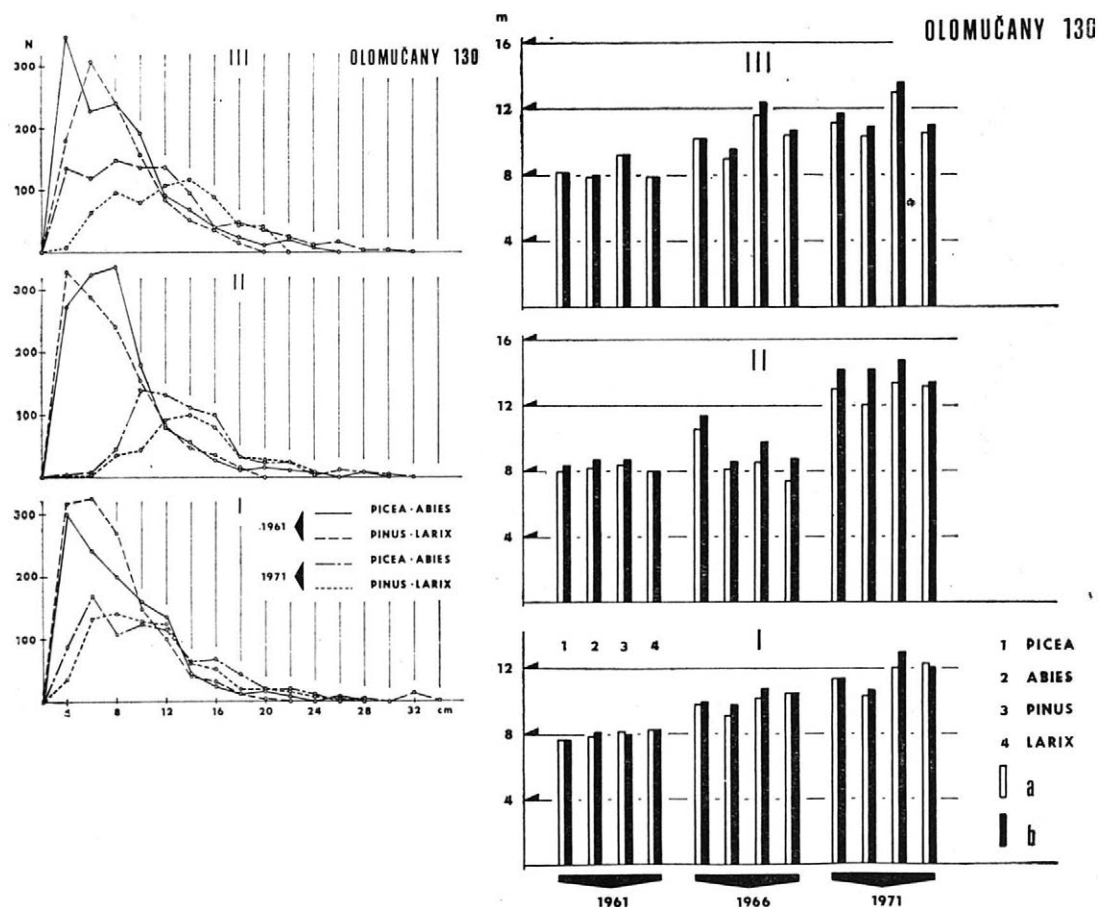
OLOMUČANY 130

3. Změny výčetní tloušťky smrku, jedle, borovice, modřínu, buku a celkové za leta 1961-1966 (bílé sloupce) a 1966 až 1971 (čtverečkové sloupce): I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Changes in d. b. h. for spruce, fir, pine, larch, beech and totals for the years 1961-1966 (white columns) and 1966-1971 (square ruled columns): I — high thinning, II — low thinning, III — control



# VÝČETNÍ KRUHOVÁ PLOCHA

Výchozí kruhová plocha na počátku v roce 1960 byla největší na ploše podúrovňové a nejmenší na ploše úrovňové s rozdílem o 8,9 %. Z jednotlivých dřevin měla největší kruhovou plochu borovice na ploše podúrovňové a nejmenší modřín na téže ploše. Úbytek kruhové plochy při prvním zásahu byl největší na ploše úrovňové o 6 % a nejmenší na kontrole o 1 %. Při posledním zásahu se pohyboval úbytek kruhové plochy po probírce podúrovňové i úrovňové kolem 13 %, zatímco přirozené odumírání stromů na ploše kontrolní reprezentuje 3 %. Běžný přírůst za období 1961–1966 činil na kruhové ploše 4,628 m<sup>2</sup> (podúrovňová probírka), 4,260 m<sup>2</sup> (úrovňová probírka) a 5,576 m<sup>2</sup> (kontrola). Za období 1966–71 činil běžný přírůst kruhové plochy 3,876 m<sup>2</sup> po probírce pod-



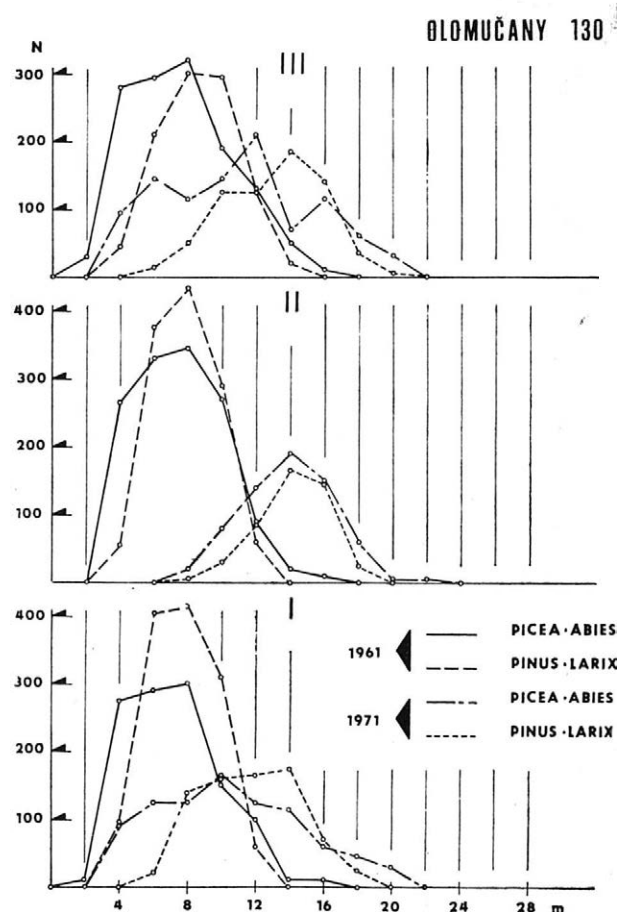
4. Výchozí (1961) a konečné (1971) rozložení četností tloušťek u skupin dřevin smrk-jedle a borovice-modřín: I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Initial (1961) and final (1971) distribution of diameter frequencies for the groups spruce-fir and pine-larch species: I — high thinning, II — low thinning, III — control

5. Vývoj průměrné výšky smrku (1), jedle (2), borovice (3) a modřínu (4) v letech 1961-1966-1971: a — stav před těžbou, b — stav po těžbě, I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of mean height values for spruce (1), fir (2), pine (3) and larch (4) in the years 1961-1966-1971: a — state prior to felling, b — state after felling, I — high thinning, II — low thinning, III — control

úrovňové, 4,392 m<sup>2</sup> po probírce úrovňové a 1,216 m<sup>2</sup> na ploše kontrolní. Za celé období 1961–1971 je největší přírůst kruhové plochy po úrovňové probírce 8,652 m<sup>2</sup>, pak následuje podúrovňová probírka 8,504 m<sup>2</sup> a nakonec kontrola 6,792 m<sup>2</sup>.

# HMOTA HROUBÍ

Výchozí zásoba v roce 1960 byla největší na ploše kontrolní. O 15 % menší hodnota byla na ploše podúrovňové a o 25 % na ploše úrovňové. Z jednotlivých dřevin měla největší zásobu jedle na kontrole. První probírkou došlo k největšímu úbytku u borovice po úrovňové probírce (o 11 %). Při druhém zásahu nebylo třeba vzhledem ke stavu porostu větší intenzity zásahu, který se pohyboval při úmyslné těžbě od 2–3 %, což je fakticky zanedbatelné. Teprve po intervalu 10 let byl opět probírkový zásah výraznější a činil na úrovňové ploše 13 % zásoby a na podúrovňové ploše 8 %.



6. Výchozí (1961) a konečné (1971) rozložení četností výšek u skupin dřevin smrk-jedle a borovice-modřín v letech 1961–1966–1971: I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Initial (1961) and final (1971) distribution of height frequencies for the groups spruce-fir and pine-larch in the years 1961–1966–1971: I — high thinning, II — low thinning, III — control

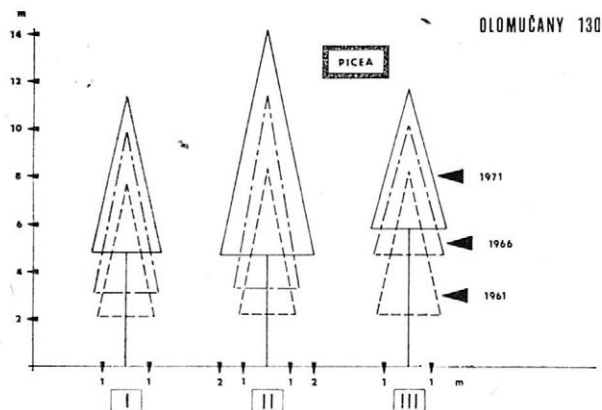
Uvedená skutečnost ukazuje reálnost prodloužení intervalu probírky na 10 let, což je prakticky velmi významné. Za uvedené decennium činila intenzita úrovňové probírky v zásobě 26,2 m<sup>3</sup> a podúrovňové probírky 17,3 m<sup>3</sup>. Nahodilá těžba na kontrolní ploše reprezentovala 3 m<sup>3</sup>. Běžný přírůst hmotový za období 1961–1966 byl největší po probírce podúrovňové a nejmenší po probírce úrovňové s rozdílem o 15 %. V druhém období 1966–1971 se přírůst po obou probírkách prakticky vyrovnal. Za celé decennium však zůstává prvenství v běžném hmotovém přírůstu ploše podúrovňové. Pro ověření významnosti rozdílů mezi běžným periodním přírůstem za celé sledované období 1961 až

1971 na jednotlivých plochách byla zvolena metoda analýzy rozptylu. Předpoklad shody rozptylů náhodných chyb, a tím i použitelnosti metody analýzy variance byl pro jednotlivé plochy ověřen Cochranovým testem. Bylo zjištěno, že odchylky mezi rozptyly jsou nevýznamné.

Celkovou hmotovou produkci má největší plocha kontrolní ( $174,5 \text{ m}^3$ ) a nejmenší plocha úrovňová ( $132,7 \text{ m}^3$ ) s relativním rozdílem 12 %, což zřejmě koresponduje s počátečním stavem, kdy tento rozdíl byl podstatně větší a činil 25 %.

## DĚLKA A ŠÍŘKA KORUNY

Výchozí průměrná délka koruny při založení výzkumných ploch byla ve všech variantách prakticky stejná. Po těžbě se délka koruny zvětšila na ploše podúrovňové. Tento stav se dále vyvíjel po druhém a zejména po třetím zásahu. Nejdelší průměrnou korunu má smrk při probírce podúrovňové. Také průměrná šířka koruny byla v roce 1960 na všech výzkumných plochách stejná. Při druhém šetření nebyly zjištěny v podstatě



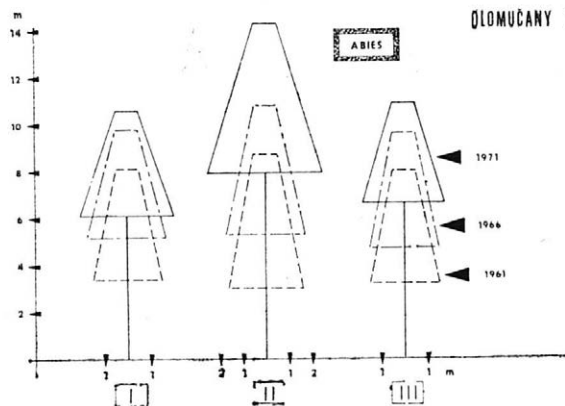
OLOMUČANY 130

7. Vývoj průměrných hodnot výšky stromu, délky a šířky koruny smrku v letech 1961-1966-1971: I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of mean values of tree height, crown length and width for Norway spruce in the years 1961-1966-1971: I — high thinning, II — low thinning, III — control

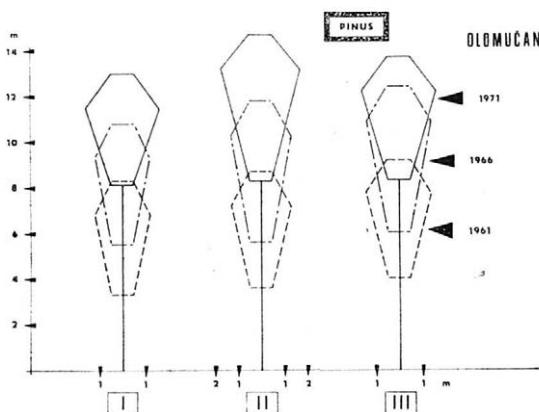
žádné změny a rovnoměrný vývoj byl patrný i po třetím zásahu. Významnější rozšíření průměrné koruny je patrné po probírce podúrovňové. Z jehličnatých dřevin měla nejširší korunu jedle na podúrovňové ploše. Celkově je možno konstatovat, že průměrná délka koruny je největší při probírce podúrovňové, zatímco mezi průměrnou šířkou korun nejsou významné rozdíly.

## KLASIFIKACE STROMŮ

Výchozí klasifikace (průměrné hodnotní číslo) bylo na počátku výzkumu nejlepší na ploše kontrolní a nejhorší na ploše podúrovňové. Po druhém a třetím zásahu nastalo zlepšení na ploše podúrovňové. Z jednotlivých dřevin vykazuje nejlepší hodnotu smrk na ploše podúrovňové a nejhorší jakost má borovice na ploše úrovňové. První hodnotní třída u jehličnatých dřevin při měření v roce 1971 vykazuje před těžbou na 1 ha hodnoty v rozmezí 340–456 stromů a po těžbě 300–528 stromů, které

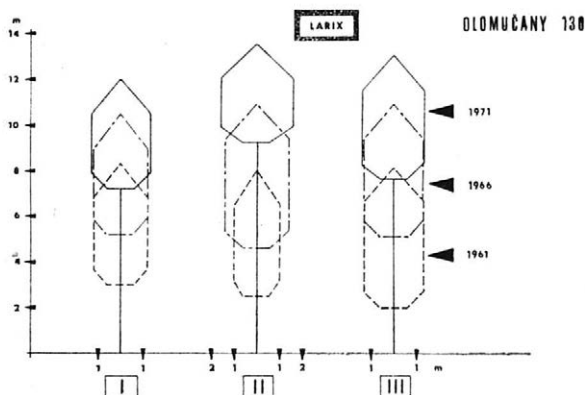


OLOMUČANY 130 8. Vývoj průměrných hodnot výšky stromu, délky a šířky koruny jedle v letech 1961-1966-1971: I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of mean values of tree height, crown length and width for silver fir in the years 1961-1966-1971: I — high thinning, II — low thinning, III — control



OLOMUČANY 130 9. Vývoj průměrných hodnot výšky stromu, délky a šířky koruny borovice v letech 1961-1966-1971: I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of mean values of tree height, crown length and width for Scots pine in the years 1961-1966-1971: I — high thinning, II — low thinning, III — control

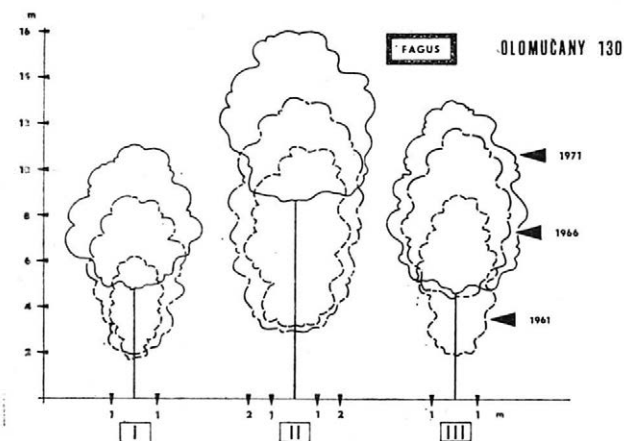
reprezentují ve hmotě 65,4–80,8 m<sup>3</sup> před těžbou a po těžbě 57,1–79,6 m<sup>3</sup>. Při tom největší počet stromů první hodnotní třídy je na ploše podúrovňové. Když budeme uvažovat pouze nejceennější stromy nadějně, pohybuje se tento počet na 1 ha od 92 do 152 stromů o hmotě od 87,6 do 25,4 m<sup>3</sup>. Největší počet i zásobu těchto stromů vykazuje v roce 1971 probírka pod-



OLOMUČANY 130 10. Vývoj průměrných hodnot výšky stromu, délky a šířky koruny modřínu v letech 1961-1966-1971: I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of mean values of tree height, crown length and width for European larch in the years 1961-1966-1971: I — high thinning, II — low thinning, III — control

úrovňová. Z jednotlivých dřevin má největší podíl nadějných stromů smrk. Průměrná výška nejlepších nadějných stromů je 16,4 m a výčetní tloušťka 16,7 cm na ploše kontrolní.

Největší počet a hmotu předrůstavých stromů vykazovala plocha kontrolní. Z jednotlivých dřevin připadalo nejvíce předrůstavých jedinců na smrk, zhruba 50 %. V kategorii úrovňových jedinců převažovala borovice. Probírkou byla v kategorii předrůstavých a úrovňových stromů nejvíce zasažena plocha úrovňová, kde bylo vytěženo 10 % předrůstavých stromů, což představuje 7 % zásoby a 20 % úrovňových stromů v počtu i zásobě. Tento zásah se týká především nekvalitní borovice. Vrůstavé stromy byly nejvíce zastoupeny na ploše úrovňové. Největší zastoupení zastíněných stromů bylo početně na kontrole a hmotově na ploše podúrovňové. Na této ploše však byly zastíněné stromy probírkou stupně B, při které se těží 4. a 5. růstová třída podle Konšela, prakticky odstraněny. Testem dobré shody ( $\chi^2$ ) byly prokázány mezi jednotlivými plochami významné rozdíly v klasifikaci stromů podle vzrůstu.



11. Vývoj průměrných hodnot výšky stromu, délky a šířky koruny buku v letech 1961-1966-1971: I — probírka úrovňová, II — probírka podúrovňová, III — kontrola. — Development of mean values of tree height, crown length and width for beech in the years 1961-1966-1971: I — high thinning, II — low thinning, III — control

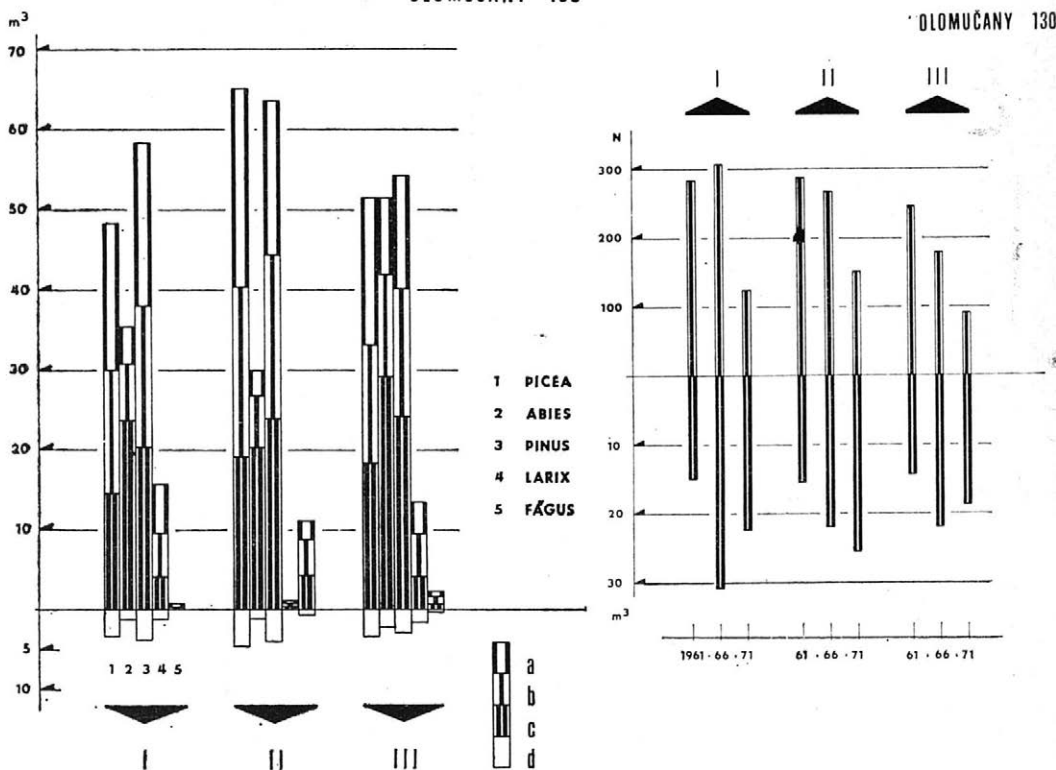
Při posledním měření v roce 1971 měla podúrovňová plocha u všech dřevin lepší bonitní stupeň než úrovňová plocha a kontrola. Bonitní stupeň činil v roce 1971 po těžbě u smrku na podúrovňové ploše 3, na úrovňové 4, na kontrole 4. U jedle ve stejném pořadí 1, 3, 3, u borovice 3, 4, 3 u modřínu 3, 4, 4 a u buku a vtrošených listnatců 1, 4, 3. Zakmenění v roce 1971 po těžbě bylo na ploše kontrolní 1,00, na podúrovňové 0,80 a na úrovňové 0,72. Zastoupení dřevin činilo po zásahu v roce 1971 u smrku na kontrole 32, na ploše úrovňové 31 a na ploše podúrovňové 36. U jedle ve stejném pořadí 25, 25, 17, u borovice 31, 33, 39, u modřínu 10, 10, 1 a u listnatých dřevin 2, 1, 7.

Jak z výsledků plyne, bylo velmi obtížné najít takové sestavení výzkumných ploch, aby byly ve všech komponentech homogenní a jejich komparace co nejvěrohodnější. Při studiu jsme posuzovali homogenitu ploch na počátku výzkumu podle hlavních veličin především podle početního zastoupení jednotlivých dřevin ve zkoumaných variantách. Dále se tak testem dobré shody ( $\chi^2$ ). Za tím účelem byly vypočteny teoretické četnosti  $n'_2$  a veličina  $\chi^2$  jako součet čtverců odchylek četností pozor-



vaných  $n_2$  a teoretických  $n_2'$  dělených četnostmi teoretickými. Bylo zjištěno, že hodnota testovacího kritéria  $\chi^2$  se rovná 136,7. Počet stupňů volnosti je 8. Kritické hodnoty pro 8 stupňů volnosti a 5% hladinu významnosti činí 15,51 a pro 1% hladinu významnosti 20,09. Pozorované hodnoty se neshodují s teoretickými. Rozdíly nejsou náhodné, ale skutečné. Tato situace se nezlepšila ani probírkovými zásahy. Z toho důvodu je nezbytné posuzovat zjištěné výsledky jako relativní. Prokázala se tak znovu velká složitost vyhodnocování porostů smíšených z několika dřevin, při níž prakticky nelze dosáhnout naprosto homogenního stavu.

### OLOMUČANY 130



12. Hmotová produkce za leta 1961-1971: smrk (1), jedle (2), borovice (3), modřín (4), buk (5), a — přírůst 1966-1971, b — přírůst 1961-1966, c — výchozí zásoba 1961, d — těžby 1961-1966, I — probírka úrovně, II — probírka podúrovně, III — kontrola. — Volume production for the years 1961-1971: a — increment 1966-1971, b — increment 1961-1966, c — initial growing stock 1961, d — fellings 1961-1966, I — high thinning, II — low thinning, III — control

13. Vývoj počtu stromů nadějných (nahore) a jejich hmoty (dole) v letech 1961-1966-1971: I — probírka úrovně, II — probírka podúrovně, III — kontrola. — Development of the number of promising trees (above) and their volume (below) in the years 1961-1966-1971: I — high thinning, II — low thinning, III — control

Šetření v průběhu jednoho decennia však přineslo cenné poznatky z vývoje stromového inventáře směsi dřevin při různé fyto technice. Analýza se soustředila především na průměrné hodnoty. Do budoucna bude

věnována zvýšená pozornost kvalitativním kritériím, zejména u nejceněnějších dřevin a nadějných jedinců. Z toho hlediska bude také posuzován vývoj porostu a modifikována pěstební technika. Poznatky z decennia 1961–1971 ukazují relativně nejlepší výsledky po probírce podúrovňové. Je to dáno především účastí a kvalitou smrku, což se odrazilo i v počtu a hmotě nadějných stromů. Při úrovňové probírce se pěstební péče soustředila na redukci nekvalitní borovice, takže se pozitivní výběr v plném rozsahu ještě neuplatnil. Celkem tedy lze konstatovat, že smíšený porost ve skupině typů *Fagetum quercinum* ke konci druhé věkové třídy vyžaduje úpravu druhové směsi, tvarový výběr a redukci jedinců, které naznačil přírodní výběr, takže převládá spíše funkce a význam podúrovňové probírky. Interval probírky lze prolongovat z pěti let na deset let bez újmy na výchovném efektu, což má praktický význam z hlediska racionalizace.

## ZÁVĚR

Procesy růstu a vývoje populací lesních dřevin byly většinou zkoumány u nesmíšených porostů, především monokultur. Šetření ve smíšených porostech je velmi obtížné, zejména z hlediska homogenity srovnávaných ploch a jednotlivých dřevin. Vzhledem k tomu, že však smíšené porosty mají značný význam z hlediska produkce i životního prostředí, započali jsme od roku 1958 se zakládáním výzkumných ploch v porostech s různou kompozicí hlavních hospodářských dřevin. Základním areálem tohoto výzkumu je Školní lesní podnik lesnické fakulty VŠZ v Brně. Jako jeden z modelů byl zvolen porost 130a<sub>1</sub> pěstebního střediska Olomučany na katastrálním území obce Klepačov, okres Blansko. Poloha porostu je dána souřadnicemi 49° 20' 19" s. š. a 16° 40' 25" v. d. Nadmořská výška porostu je 390–400 m, expozice jižní až jihovýchodní, sklon 2–8°. Geologické podloží tvoří granitit, půda je písčitohlinitá, okrová lesní půda. Skupina lesních typů *Fagetum quercinum*. Průměrná roční teplota 7,8 °C a průměrné roční srážky 628 mm. Výzkumné plochy byly založeny v roce 1960, kdy byl věk porostu 27 let. Zastoupení dřevin: smrk 40, jedle 15, borovice 30, modřín 10, buk 5. Zakmenění 10. Plocha porostu činí 9,22 ha. Výzkumné plochy mají rozlohu 3 ha a zkoumá se zde vliv probírky úrovňové pozitivním výběrem a podúrovňové probírky stupně B ve vztahu k ploše kontrolní bez výchovného zásahu. Za období 1960–1971 bylo realizováno trojí měření a tři výchovné zásahy (1961, 1966 a 1971).

V daném případě se také ukázala obtížnost dosažení úplné jednotnosti komparovaných výzkumných ploch. Výchozí stav jednotlivých ploch se lišil v počtu stromů o 13 % s největším množstvím na ploše kontrolní. Homogenita ploch ve vztahu k početnímu zastoupení jednotlivých dřevin byla posouzena testem  $\chi^2$ , který prokázal významnost rozdílu u jednotlivých dřevinných komponentů. V souboru smrk a jedle a dále borovice a modřín je větší shoda. V průměrné výčetní tloušťce byl největší rozdíl 6 % a obdobně i v průměrné výšce a výčetní ploše. Významnější rozdíl byl v počáteční zásobě s maximálním rozpětím 25 %. Za jedno decennium od roku 1966 do roku 1971 byla vykázána největší průměrná tloušťka a výška ve zkoumané populaci po probírce podúrovňové. Přírůst na výčetní ploše je největší po probírce úrovňové, kdežto hmotový přírůst je největší po probírce podúrovňové. Celková hmotová produkce za 10 let, te-

dy v porostním věku 27–37 roků, je největší na kontrolní ploše, což je dáno zřejmě nejvyšší počáteční zásobou. Relativně je však vzhledem k výchozí zásobě větší produkce po probírce úrovnové a podúrovnové a nejnižší na kontrolní ploše. Průměrná délka korun je největší po zásahu podúrovnovém, kdežto mezi průměrnými šířkami korun nejsou významné rozdíly. Nejlepší průměrná jakost stromů je po probírce podúrovnové. Nejvíce předrůstavých stromů je na kontrolní ploše. Největší počet úrovnových stromů je na podúrovnové ploše a vrůstavých stromů na úrovnové ploše. Bonita všech dřevin je lepší po probírce podúrovnové.

Celkově tedy můžeme konstatovat, že ve smíšeném porostu smrku, jedle, borovice, modřínu a buku ve skupině lesních typů *Fagetum quercinum* na konci druhé věkové třídy má nejlepší přírůstový efekt mírná probírka podúrovnová. V této fázi vývoje porostu může být interval probírky prodloužen až na deset let bez újmy na výchovném efektu, což je významné zejména z hlediska racionalizace.

Došlo dne 16. 6. 1975

## Literatura

1. AGER, B. H.: Thinning and mechanization. Some views on the research problem and an analysis of harvesting costs. IUFRO Meeting Royal College of Forestry Stockholm, Sweden, September 1969, str. 1.
2. ANDERSSON, S. O.: Row and strip thinning. IUFRO Royal College of Forestry Stockholm, Sweden, September 1969, str. 98
3. ASSMANN, E.: Über Brauchbarkeit des Verfahrens von HART-BECKING zum Festlegen der Durchforstungsstärke. Forstl. CB1. 79, 1960, 3/4, s. 65-71
4. BERTRAND, V. — BOLGHARI, H.: L'effet d'une coupe d'éclaircie dans un peuplement dense d'épinettes et de sapin baumier âgé de 45 ans au sud-est de Québec. Service de la recherche Mémoire no. 1, 1970
5. BJAANES, H.: Experiments with mechanization of thinning operations. Driftsteknisk Rapport, Nr. 9, 1970
6. BRADLEY, R. T.: The influence of thinning grade and thinning method on stand increment. IUFRO Royal College of Forestry Stockholm, Sweden, September 1969, str. 108
7. BURSCHEL, P.: Die Durchforstung in heutiger Sicht. Forstarchiv, 45, 1974, 2/3
8. DELVAUX, J.: L'Eclaircie. Groenendaal-Hoeilaart, 1968
9. JAMES, R. N. a kol.: Pruning and thinning practice. F. R. I. Symposium No. 12. New Zealand Forest Service 1970
10. LEIBUNDGUT, H.: Ergebnisse von Durchforstungsversuchen 1930—1965 im Sihlwald. Mitteilungen (Schw.), vol. 47, Fasc. 4, 1971
11. LEPORSKÝ, A.: Příspěvek k ujasnění některých základních pojmů používaných v teorii a praxi probírek. Vysoká škola lesnická a dřevařská, Zvolen 1968
12. MILLER, R. E.: The Future of Precommercial Thinning. Precommercial Thinning of Coastal and Intermountain Forests in the Pacific Northwest, 3.—4. February 1971
13. NESTEROV, V. G.: Obščee lesovodstvo. Moskva-Leningrad 1954
14. SCHÄDELIN, W.: Probírka jakostní jako pěstební výkon vrcholné tvorby hodnot. Časové spisy lesnické, 9, 1947, 2
15. THOMASIUS, H.: Neue Gesichtspunkte zur Wuchsraumausnutzung und Standraumregulierung. Ein Beitrag zur Theorie der Durchforstung. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden, 21, 1972, seš. 6
16. TKAČENKO, M. E.: Obščee lesovodstvo. Leningrad 1939
17. VUOKILA, Y.: Present thinning practice in Finland. IUFRO Royal College of Forestry Stockholm, Sweden, September 1969, s. 78
18. VYSKOT, M.: Fragmenty probírkových pokusů založených na území ČSR v letech 1885—1892. Sborník VŠZL Brno 1959, č. 1-2, řada C

19. VYSKOT, M.: Method of Foundation and Evaluation of Thinning Sample Plots. Sborník VŠZ, řada C, 1, 1966
20. VYSKOT, M.: Srovnání pozitivního a negativního výběru v technice pěstění lesů. Lesnictví, 6, 1958, s. 429-470
21. VYSKOT, M.: Význam pozitivního výběru pro pěstební praxi lesnickou. Lesnická práce, 8, 9, 10, 1949
22. VYSKOT, M. a kol.: Probírky (biotechnika a efektivnost). SZN Praha, 1962
23. VYSKOT, M. a kol.: Základy růstu a produkce lesů. SZN Praha, 1971, 440 s.
24. VYSKOT, M. — ŠAFÁŘIK, V. — PEŇÁZ, J. — BIEBEROVÁ, H.: Chemické probírky ve smrku. Zpravodaj lesnické fakulty VŠZ v Brně, 2, 1973, s. 65-67
25. ZACHAROV, V. K.: Chod rosta kultur sméšanovo sostava s učastiem exotov. Lesnoj žurnal, 7, 1964, 1, s. 9-12
26. WAGENKNECHT, E.: Rationalisierung des Durchforstungsbetriebes. Sozialistische Forstwirtschaft, H. 5, 1964
27. Allgemeiner Arbeitsplan. Durchforstungsversuche. Vereinschrift f. Forst u. Jagd. Naturkunde, Heft 130, Wien 1884
28. Radové probírky. Lesnické aktuality ze světa č. 7/8, 1967

### Смешанное насаждение и его развитие при различной фитотехнике

Процессы роста и развития популяций лесных древесных пород в основном изучались у несмешанных насаждений, прежде всего монокультур. Обследование в смешанных насаждениях очень затруднительно, особенно с точки зрения однородности сопоставляемых площадей отдельных древесных пород. Ввиду того, что смешанные насаждения имеют большое значение с точки зрения не только продукции, но и окружающей жизненной среды, мы с 1958 года начали закладывать экспериментальные площади в насаждениях с разным составом главных хозяйственных древесных пород. Основным ареалом этого исследования является Учебное лесное хозяйство лесного факультета СХИ в г. Брно. В качестве одной из моделей было выбрано насаждение 130 а1 лесоводческого центра Оломучаны на кадастровой территории населенного пункта Клепахов, район Бланско. Местоположение насаждения определяется координатами 49°20'19" северной широты и 16°40'25" восточной долготы. Высота насаждения над уровнем моря составляет 390—400 м, экспозиция южная и даже юго-восточная, уклон местности 2—8°. Геологическое основание образует гранитит, суглинистая, охровая лесная почва. Группа лесных типов *Fagetum — quercinum*. Среднегодовая температура 7,8 °C и среднегодовая сумма осадков 628 мм. Опытные площади были заложены в 1960 году, когда возраст насаждения составлял 27 лет. Породы были представлены следующим образом: ель 40, пихта 15, сосна 30, лиственница 10, бук 5 и полнота насаждения 10. Площадь насаждения составляет 9,22 га. Опытные участки имеют площадь 3 га и на них изучается влияние верхового прореживания путем положительного отбора и низового прореживания степени Б по отношению к контрольной площади без ухода за насаждением. За период 1960—1971 гг. были проведены измерения три раза и три рубки ухода (1961, 1966 и 1971 гг.).

В данном случае проявилась также затруднительность достижения полной унификации сопоставляемых опытных площадей. Исходное состояние отдельных площадей отличалось по числу деревьев на 13 % с наибольшим количеством на контрольной площади. Однородность площадей по отношению к численному представительству отдельных древесных пород определялась с помощью теста  $\chi^2$ , который проявил значимости разности у отдельных древесных компонентов. В совокупности ель и пихта, а затем сосна и лиственница, проявляется большее соответствие. У среднего таксационного диаметра наибольшая разность была 6 %, и аналогично также у средней высоты и у площади поперечного сечения на высоте груди. Более значимая разность была у начального запаса с максимальным диапазоном 25 %. За одно десятилетие с 1961 по 1971 год наибольший средний диаметр и наибольшая высота в изучаемой популяции были отмечены после низового прореживания. Прирост площади поперечного сечения на высоте груди был наибольшим после верхнего прореживания, тогда как прирост массы был самым большим после низового прореживания. Общая продукция массы за 10 лет, следовательно в возрасте насаждения 27—37 лет, самой большой была на контрольной площади, что дано, очевидно, наибольшим начальным запасом. Однако с учетом исходного запаса относительно большая продукция была после верхнего и после низового прореживания, а самая низкая на контрольной площади. Средняя длина крон была самой большой после низового прореживания, тогда как между значениями средней ширины крон не было установлено значимых различий. Наилучшее среднее качество деревьев установлено после низового прореживания. Больше всего господствующих

деревьев было насчитано на контрольной площади. Наибольшее количество согосподствующих деревьев установлено на площади низового прореживания, а подчиненных деревьев — на площади верхового прореживания. Бонитет у всех древесных пород лучше после низового прореживания.

Следовательно, в общем можно констатировать, что в смешанном насаждении ели, пихты, сосны, лиственницы и бука в группе лесных типов *Fagetum quercinum* к концу второго возрастного класса наилучший эффект что касается прироста дает умеренное низовое прореживание. В этой фазе развития насаждения интервал прореживания может быть растянут даже на десять лет без ущерба воспитательному эффекту, что особенно важно с точки зрения рационализации ухода за насаждениями.

### Mixed stand and its development in applying different phytotechniques

The growth and development processes in forest tree populations were so far mostly studied in unmixed stands, prevailing in pure even-aged stands (monocultures). Investigating of mixed stands is very difficult, especially from the viewpoint of the homogeneity of comparative plots and individual tree species. With regard to the fact that mixed stands have a great significance both for the production and the environment, the establishment of research plots in the stands with different composition of main commercial tree species was started as soon as in 1958. The basic research work is situated within the area of the School forest enterprise of the Forestry Faculty of Agricultural University in Brno. One of the models is represented by the stand 130a1 in the silvicultural centre Olomučany, laying on the cadastral territory of the community Klepačov, district Blansko, region Brno. The location of this stand is determined by the coordinates 49°20'19" N. Lat. and 16°40'25" E. Long. Its altitude is 390—400 m a. s. l., with southern to southeastern exposition and inclination 2—3°. Its geological subsoil is formed by granite and its soil proper by sandy-loamy or ochre forest soils. The stand belongs to the group of forest types *Fagetum quercinum*. The mean annual temperature is 7.8 °C, the mean annual precipitation 628 mm. The research plots were here established in 1960, when the age of the stand was 27 years. The tree species composition was as follows: Norway spruce 40, silver fir 15, Scots pine 30, European larch 10, beech 5 and stand density 10. The stand occupies an area of 9.22 ha. The research plots themselves occupy an area of 3 ha, and the subject of studies was to investigate the influence of high thinning with positive selection and the influence of low thinning of B grade as related to the control plot without any treatment. For the period 1960—1971 three measurements and three tending treatments (1961, 1966 and 1971) were carried out.

This research also revealed the difficulties in attaining full uniformity of the compared research plots. The initial stage of individual plots differed in tree number by 13 %, whereby the greatest number of trees was found on the control plot. The homogeneity of plots as related to the numeric representation of individual tree species was appreciated by  $X^2$  test, which demonstrated the significance of the difference for individual tree species components. The spruce-fir and also pine-larch groups showed greater conformity. The greatest difference of 6 % was observed in mean d. b. h. and analogously also for the mean height and the basal area values. A more significant difference was also found in the initial growing stock values with the maximum span of 25 %. For the decennium 1961—1971 the greatest diameter and height values in the population under study were found after low thinning. The highest basal area increment was found after high thinning, whereas the highest volume increment after low thinning. The total volume production for ten years, i. e. at the stand age of 27—37 years was greatest on the control plot, this being obviously caused by its initial growing stock. However, with regard to the initial growing stock, a relatively higher production was observed after high and low thinnings and the lowest one on the control plot. The highest crown length values were observed after low thinning, but there were no significant differences in mean crown widths. The best mean quality of trees was found after low thinning. The highest number of dominant trees was on the control plot. The greatest number of codominant trees was found on the low-thinned plot and the highest number of subdominant trees on the high-thinned plot. The site quality for all tree species was better after low thinning.



It may be therefore summarized that the best increment effects in mixed spruce, fir, pine, larch and beech stand at the end of the second age class in the group of forest types *Fagetum quercinum* occurred after moderate low thinning. At this phase of stand development the thinning interval may be prolonged up to ten years without any detriment of tending effect, this being in particular important for the rationalization of practical operations.

## Der Mischbestand und seine Entwicklung bei unterschiedlicher Phytotechnik

Die Prozesse des Wachstums und der Entwicklung von Populationen der Waldholzarten wurden in den meisten Fällen bei unvermischten Beständen, vor allem bei Monokulturen untersucht. Die Untersuchung in den Mischbeständen ist äußerst schwierig, in erster Reihe vom Gesichtspunkt der Homogenität der verglichenen Flächen der einzelnen Holzarten. Mit Rücksicht darauf, daß die Mischbestände doch von besonderer Bedeutung vom Gesichtspunkt der Holzproduktion und der Umwelt sind, begannen wir, angefangen mit dem Jahre 1958, mit dem Anlegen von Forschungsflächen in Beständen mit verschiedener Komposition der wichtigsten Wirtschaftsholzarten. Als Grundareal dieser Forschung dient der Schulbetrieb der Hochschule für Forstwesen der Landwirtschaftlichen Hochschule in Brno. Als eines der Modelle wählte man den Bestand von 130a1 des Waldbauzentrums Olo-mučany im Katastralgemark der Gemeinde Klepačov, Kreis Blansko. Die Lage des Bestandes wird durch die Koordinaten von 49°20'19" nördl. Br. und 16°40'25" ö. L. spezifiziert. Die Höhe über dem Meeresspiegel des Bestandes beträgt 390–400 m, die Exposition süd- bis südöstlich, die Neigung 2–8°. Die geologische Unterlage wird durch Granitit gebildet, der Boden ist sandig-lehmig; es ist ein Ocker-Wald-boden. Die Waldtypengruppe *Fagetum-quercinum*. Die durchschnittliche Jahrestemperatur beträgt 7,8 °C und die durchschnittlichen Jahresniederschläge 628 mm. Die Versuchsflächen wurden im Jahre 1960 bei einem Bestandesalter von 27 Jahren angelegt. Die Holzarten-Vertretung war: Fichte 40, Tanne 15, Kiefer 30, Lärche 10, Buche 5 und die Bestockung 10. Die Bestandesfläche beträgt 9,22 ha. Die Versuchsflächen nehmen eine Area von 3 ha ein und man prüft hier den Einfluß der Hochdurchforstung durch positive Auslese und der Niederdurchforstung des B-Grades in Beziehung zur Kontrollfläche ohne Bestandespflege. Während des Zeitraumes von 1960–71 wurden drei Messungen und drei Pflegemaßnahmen vorgenommen (1961, 1966 und 1971).

Im gegebenen Falle zeigte sich auch die Schwierigkeit des Erreichens einer vollkommenen Einheitlichkeit der verglichenen Forschungsflächen. Der Ausgangsstand der einzelnen Flächen unterschied sich bezüglich der Baumanzahl um 13 % mit der Höchstanzahl an der Kontrollfläche. Die Homogenität der Flächen in Beziehung zur zahlenmäßigen Vertretung der einzelnen Holzarten wurde mittels des  $\chi^2$ -Testes beurteilt; dieser konnte eine Signifikanz des Unterschiedes bei den einzelnen Holzarten-Komponenten nachweisen. Bei der Gesamtheit Fichte und Tanne und ferner Kiefer und Lärche erscheint eine größere Übereinstimmung. Bezüglich des durchschnittlichen Brusthöhendurchmessers bestand der höchste Unterschied von 6 % und ähnlich bezüglich der Durchschnittshöhe und Grundfläche. Einen bedeutenderen Unterschied fand man beim anfänglichen Vorrat mit einer Höchstspanne von 25 %. Während eines Dezenniums vom Jahre 1961 bis zum Jahre 1971 konnte der höchste Durchschnittsumfang und die Durchschnittslänge in der geprüften Population nach der Niederdurchforstung verzeichnet werden. Der Grundflächenzuwachs ist nach der Hochdurchforstung am höchsten, wegen der Massenzuwachs nach der Niederdurchforstung der höchste ist. Die gesamte Massenproduktion für 10 Jahre, demnach im Bestandesalter von 27–37 Jahren, ist auf die Kontrollfläche am höchsten, welcher Umstand offensichtlich durch den höchsten anfänglichen Vorrat gegeben wird. Jedoch relativ mit Rücksicht auf den Ausgangsvorrat wird eine höhere Produktion nach der Hochdurchforstung und Niederdurchforstung und die niedrigste Produktion auf der Kontrollfläche verzeichnet. Die durchschnittliche Kronenlänge ist nach der Niederdurchforstung die höchste, wegen unter den durchschnittlichen Kronenbreiten keine signifikanten Unterschiede bestehen. Die beste Durchschnittsqualität der Bäume zeigt sich nach der Niederdurchforstung. Die größte Anzahl von herrschenden Bäumen findet man auf der Kontrollfläche. Die höchste Anzahl der mit-herrschenden Bäume ist auf der unterständigen Fläche und der unterständigen

Bäume auf der mitherrschenden Fläche. Die Bonität bei sämtlichen Holzarten ist nach der Niederdurchforstung besser.

Man kann demnach feststellen, daß bei einem Mischbestand der Fichte, Tanne, Kiefer, Lärche und Buche in der Waldtypengruppe Fagetum quercinum am Ende der zweiten Altersklasse eine leichte Niederdurchforstung den besten Zuwachseffekt aufweist. Während dieser Entwicklungsphase des Bestandes kann der Intervall der Durchforstung bis zu zehn Jahren verlängert werden, ohne einer Beeinträchtigung des Bestandespflegeeffektes, was vor allem vom Standpunkt der Rationalisierung der praktischen Leistung von Bedeutung ist.

### **Peuplement mélangé et son développement lorsqu'on applique une phytotechnique différente**

Les processus de croissance et de développement des populations des essences forestières étaient examinés pour la plupart dans les peuplements non mélangés, en premier lieu dans les monocultures. La recherche dans les peuplements mélangés est très difficile, notamment du point de vue de l'homogénéité des surfaces et des essences particulières comparées. En considération cependant du fait que les peuplements mélangés ont une importance considérable sur le plan de production et de cadre de vie, nous avons commencé à partir de 1958 à fonder des surfaces de recherche dans les peuplements dont la composition des essences économiques principales était variée. Le terrain de base de cette recherche c'est l'établissement forestier-école de la faculté forestière de la Haute école d'agriculture à Brno. Comme un des modèles on a choisi le peuplement 130a1 du centre de culture Olomučany sur le territoire cadastral de la commune de Klepačův, district Blansko, région Brno. La position du peuplement est donnée par les coordonnées 49°20'19" de latitude nord et 16°40'25" de longitude est. L'altitude du peuplement est de 390—400 mètres, l'exposition est sud et sud-est, l'inclinaison de 2—8°. La roche mère géologique est formée de granit, le sol est sablonno-argileux, donnant le sol forestier jaune. Il s'agit du groupe de types forestiers Fagetum quercinum. La température annuelle moyenne est de 7,8 °C et les précipitations annuelles moyennes de 628 mm. Les parcelles de recherche ont été établies en 1960, où l'âge du peuplement était de 27 ans. La représentation des essences était la suivante: l'épicéa 40, le sapin 15, le pin 30, le mélèze 10, le hêtre 5 et la densité de peuplement de 10. La surface du peuplement est de 9,22 hectares. Les surfaces de recherche ont une superficie de trois hectares et on examine ici l'influence de l'éclaircie par le haut qui procède par sélection positive et celle de l'éclaircie par le bas du degré B, par rapport à la surface témoin, où l'éclaircie n'a pas lieu. Dans la période des années 1960—1971 on a réalisé trois mesures et trois éclaircies (1961, 1966 et 1971).

Dans le cas donné on s'est heurté également à la difficulté d'atteindre l'homogénéité entière des parcelles de recherche comparées. L'état initial des parcelles particulières différait de 13 p. 100 en ce qui concerne le nombre d'arbres, le nombre le plus grand se trouvant sur la parcelle témoin. L'homogénéité des surfaces par rapport à la représentation numérique des essences particulières a été estimée par le test  $X^2$  qui a prouvé l'importance de la différence des composantes particulières des essences. Dans la population épicéa et sapin et puis pin et mélèze on trouve un accord plus évident. La différence la plus grande entre les diamètres moyens à hauteur de poitrine était de 8 p. 100 et il en était d'une manière analogue en ce qui concerne la hauteur moyenne et la surface moyenne terrière à hauteur de poitrine. La différence entre le volume sur pied initial était assez importante, son maximum étant de 25 p. 100. Dans une décennie, à savoir depuis 1961 jusqu'à 1971 on a trouvé le diamètre et la hauteur moyens les plus grands dans la population examinée à la suite de l'éclaircie par le bas. L'accroissement de la surface terrière à hauteur de poitrine est la plus grande à la suite de l'éclaircie par le haut, tandis que l'accroissement en volume est le plus important après l'éclaircie effectuée par le bas. La production du volume totale dans dix ans, par conséquent à l'âge du peuplement entre 27 et 37 ans, est la plus grande sur la parcelle témoin, ce qui est donné apparemment par le volume sur pied initial le plus élevé. Après l'éclaircie par le haut et par le bas la production est cependant relativement, par rapport au volume sur pied initial, plus grande, étant plus faible sur la parcelle témoin. La longueur moyenne des cimes est la plus grande après l'éclaircie par le bas, tandis qu'entre les largeurs moyennes des cimes il n'y a pas de différences importantes. C'est à la suite de l'éclaircie par le bas que l'on constate la meilleure qualité

moyenne des arbres. Le nombre le plus grand d'arbres prédominants se trouve sur la parcelle témoin. On trouve le plus grand nombre d'arbres codominants sur la surface de l'étage dominé et le plus grand nombre d'arbres prédominants sur la surface de l'étage dominant. La qualité de toutes les essences est la meilleure à la suite de l'éclaircie effectuée par le bas.

D'une façon générale on peut par conséquent constater que c'est l'éclaircie faible par le bas qui accuse, vers la fin de la seconde classe d'âge, le meilleur effet d'accroissement dans le peuplement mélangé d'épicéa, de sapin, de pin, de mélèze et de hêtre, dans le groupe de types forestiers *Fagetum quercinum*. Dans cette phase de développement du peuplement l'intervalle de l'éclaircie peut être prolongé jusqu'à dix ans, sans compromettre l'effet de l'éclaircie, ce qui est important notamment du point de vue de la rationalisation de l'application pratique.

---

*Adresa autora:*

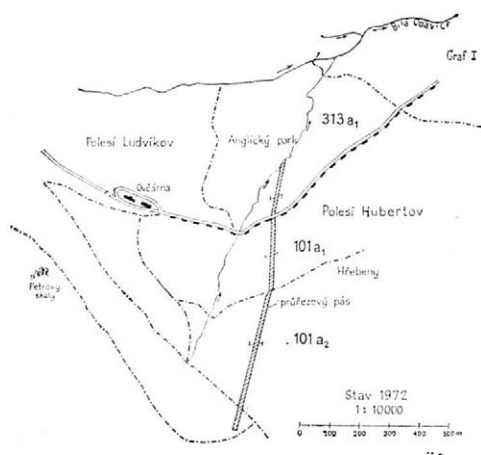
Člen korespondent prof. Dr. Ing. Miroslav V y s k o t, DrSc., lesnická fakulta VŠZ, Brno

---

Vysokohorské lesy horní části vegetačního lesního stupně smrčín, jeřábových smrčín až kleče, přestože jsou od počátku vydání lesního zákona vyhlášené za chráněné a ochranné, přece se málo zachovaly v nedotčených pralesovitých útvarech. Jsou sice v různých místech zachované menší partie pralesovitého rázu, hlavně v Krkonoších, nemívají však delší pásmovitou návaznost. Jeseníky, druhé naše nejvyšší horstvo, má ve větším rozsahu zachované pralesovité porosty na jižním úbočí Pradědu a na severním úbočí Vysoké hole v chráněném území, zvaném Bílá Opava. Byl zde vyhledán souvislý modelový pás lesa od smrkového do klečového vegetačního lesního stupně. Z rozboru jeho stavu se navrhuje opatření pro jeho udržení a může sloužit jako model při rekonstrukci lesů na horní hranici lesa i na horní hranici stromové v obdobných podmínkách.

## METODIKA

Na severním svahu Vysoké hole byl podle leteckých snímků předběžně zvolen typický modelový pás. V něm byly fotogrammetricky vyhodnoceny všechny jednotlivé stromy. Toto bodové pole bylo zvětšeno do měřítka 1 : 1000. V terénu pak byl v tomto pruhu zvolen průřezový pás o šíři 15 m (obr. 1) tak, aby zachytil modelový průřez od 1200—1400 m n. m.



Jednotlivé stromy byly v terénu identifikovány, změřena u nich výčetní tloušťka a výška. Podrobně byl popsán kmen a koruna a byl ofotografován. Na průřezovém pásu bylo vykopáno a popsáno 8 půdních sond, ze dvou byly odebrány vzorky a vykonány půdní rozborů. Z rašeliny byly odebrány vzorky pro pylovou analýzu. U každé sondy byl vyhotoven fytoecologický zápis, tři zápisy jsou na paralelních plochách pod zapojeným porostem. Buzolním tahem byl zjištěn příčný profil území a ve spodní části pod silnicí byly zaměřeny všechny stromy. Ze třech stromů byly odebrány kotouče na kmenové analýzy. Výsledky půdních rozborů byly zapůjčeny laskavostí Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem, podklady pro kmenové analýzy byly zpracovány laskavostí Vědeckého lesnického ústavu v Kostelci nad Černými lesy na Eklundově přístroji.

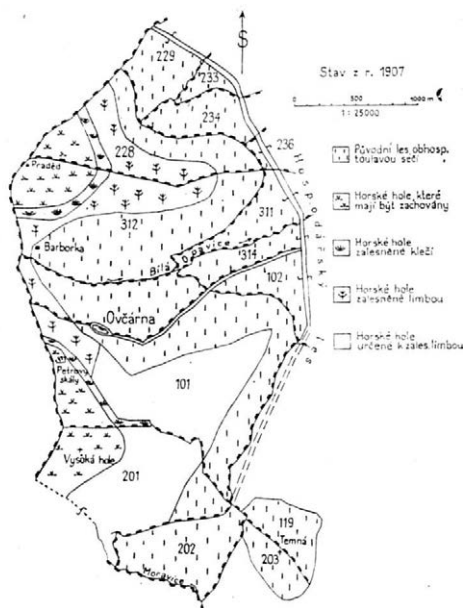
1. Výsek z porostní mapy. — A section of stand map

V roce 1722 jsou popisovány pod holemi komplexy 200–300letých porostů, kde se dřevo ponechávalo svému osudu. Po roce 1750 se obecně upustilo od toulavé seče, která byla nahrazena holou sečí, a to až do nejvyšších poloh. Při nepatrné péči o zalesnění se tu místy značně snížila horní hranice lesa. V souvislosti s rozvíjejícím se železářstvím se kolonizovaly i vyšší polohy a zaváděla se

pastva ovcí a hovězího dobytka i na hřebenech. Od roku 1870 byly nejvyšší polohy vylišeny jako les s toulavým hospodářstvím, hospodaření se stále omezovalo, až se nakonec zredukovalo na likvidaci kalamitního dříví. Po roce 1880 se započalo s výsadbou na horní hranici lesa, a to smrkem, klečí (pod Vysokou holí) a limbou. Většina smrků nevhodné provenience v šetřeném prostoru pochází z této doby.

Pralesovitý útvar dokládá porostní mapa polesí Hubertov z roku 1803, kde je zachycen pod holemi pás oddělení s porosty staršími 120 let. Rovněž přehledná mapa zalesňování holí v okolí Pradědu a Vysoké hole z roku 1907 uvádí v prostoru rezervace „původní“ (= přirozený) les obhospodařovaný toulavou sečí (obr. 2). Historický vývoj lesů, horské ekotypy smrku i výstavba lesa dokládá, že jádro chráněného území Bílé Opavy je pralesovitého původu.

2. Zalesňování holí v okolí Pradědu. Stav z roku 1907. — Afforestation of naked areas in the surroundings of the mount Praděd. State from the year 1907



Chráněné území Bílá Opava bylo zřízeno vyhláškou MŠK čj. 35703/63 ze dne 24. 8. 1963 v lesním hospodářském celku Vrbno, polesí Ludvíkov, o výměře 238 ha a zasahuje celé lesní oddělení 311, 312, 313, 314. Část průřezového pásu nad silnicí leží v chráněném území Petrovy skály, která byla zřízena vyhláškou MŠK čj. 38193/55 ze dne 4. 6. 1955 v lesním hospodářském celku Karlov, polesí Hubertov, celé odd. 101, odd. 103b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> a Větrná louka o výměře 205 ha.

## PŘÍRODNÍ POMĚRY

Území leží v lesní oblasti Hrubého Jeseníku, v pramenné oblasti Bílé Opavy na jižním svahu Pradědu a severním úbočí Vysoké hole. Reliéf tvoří mírnou kotlinu se svažitým terénem k jihu a k severu do údolí Bílé Opavy, jejích prameništ a prvních přítoků. Kotlina po proudu se více prohlubuje a svahy jsou strmější. Reliéf v průřezovém pásu začíná na plochem hřebeni, pak přechází po zlomu terénu do většího spádu s kamenitou půdou na povrchu. Následuje střední svah, v němž se střídají strmější stupně.



Celkový spád je dosti rovnoměrný, sklony se pohybují do 20 stupňů, průměrný sklon je 13 stupňů. V horní části pod zlomem terénu vyvěrají prameniště, která různým způsobem ovlivňují svah pod nimi. Na prameništích s menším spádem vznikají zrašelinělé půdy.

### KLIMATICKÉ POMĚRY

Klimatické poměry reprezentuje stanice Praděd (1492 m n.m.), která je položena o 100 m výše než hřbet počínajícího průřezového pásu a je vlastně přímo v prostoru rezervace na protilehlém svahu.

Průměrné měsíční srážky v mm:

| 1.   | 2.   | 3.   | 4.   | 5.    | 6.    | 7.    | 8.    | 9.   | 10.  | 11.  | 12.  |
|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 73,0 | 74,8 | 76,7 | 78,1 | 124,6 | 154,4 | 177,6 | 138,4 | 98,5 | 67,3 | 78,5 | 82,3 |

Roční průměr 1225,2 mm

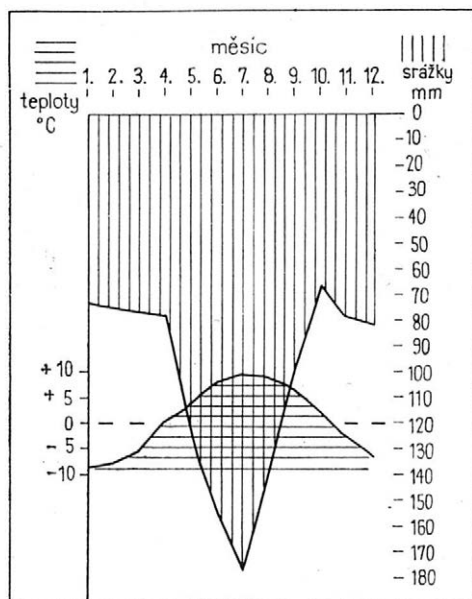
Průměrná měsíční teplota ve °C:

|      |      |      |     |     |     |     |     |     |     |      |      |
|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| -7,8 | -7,5 | -5,1 | 0,2 | 4,6 | 8,2 | 9,7 | 9,3 | 6,6 | 2,5 | -2,3 | -5,7 |
|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|

Roční průměr + 1,1 °C

Nejvyšší průměrné měsíční srážky jsou v červenci (177,6 mm), nejnižší jsou v říjnu (67,3 mm), rovněž nejvyšší průměry teplot jsou v červenci (9,7 °C), nejnižší jsou v lednu (-7,8 °C). Mrazových dnů je 201,2 a dnů ledových je průměrně 124,6 v roce. Počet dní se srážkami je 210,8 dne, souvislá sněhová pokrývka trvá průměrně 166,9 dne, z toho téměř 3 měsíce je vyšší než 1 m. Po celý rok i v letním období se vyskytují srážky ve

formě sněhu. Průměrné měsíční srážky a teploty jsou zachyceny na klimagramu (obr. 3). Vysoký je počet dnů s mlhou, průměrně ročně 280,2 dne, což má vliv na časté tvoření silné námrazy (až 28 kg na 1 m drátu). Praděd patří mezi největřejší místa v republice. Roční průměrná rychlost větru je vysoká, a to 5,9 až 8,7 m s<sup>-1</sup>. Při přechodu front nárazové větry dosahují síly až 200 km h<sup>-1</sup>. Převládají větry západního severozápadního a severovýchodního proudění. Klima Pradědu je možno charakterizovat jako studené horské a chladné horské. Toto drsné klima je hlavní determinantou lesních společenstev a existence lesa. Průměrná roční teplota Pradědu (1492 m n. m.) je + 1,1 °C. Podle průměrného makroklimatického teplotního gradientu (0,5 °C na 100 výškových m) má horní část průřezového pásu (1395 m n. m.) průměrnou roční teplotu



3. Klimagram Praděd. — Climate diagram Praděd

+ 1,6 °C, spodní část (1200 m n. m.) + 2,6 °C. Vzorník č. I leží v 1354 m n. m., Ø roční teplota je + 1,8 °C, vzorník č. II leží v 1311 m n. m., Ø roční teplota je 2,0 °C, vzorník č. III leží v 1180 m n. m., Ø roční teplota je + 2,7 °C.

## GEOLOGICKÉ POMĚRY

Rulové útvary jsou v prostoru pralesa překryty desenskou klenbou, kterou tvoří geologicky mladší útvary. Jsou to devonské sedimenty tvořené fylity hedvábného lesku s vložkami sedimentovaných křemitých břidlic. V blízkém okolí se vyskytují kvádrové křemence. Fylity jsou typické parabřidlice s podstatnými součástmi tvořenými křemencem a slídou. Struktura je tence lupenitá, při rozpadu se tvoří drobný střípkovitý skelet, kovově šedě nebo zelenošedě zbarvený. Devonské křemence tvoří ve výchozech mělké, hrubě balvanité a kamenité půdy. Po odlesnění se rychle mění v holá, sterilní balvaniště. Fylit je mineralogicky chudý, porosty vykazují průměrnou produkci, vegetační kryt tvoří převážně acidofilní druhy. Devonské křemence jsou živinami velmi chudé, produkce dřeva je podprůměrná, půdní kryt tvoří nenáročné keříčky.

## PEDOLOGICKÉ POMĚRY

Pedologicky je zvolený průřezový pás na většině plochy dosti homogenní. Ve smrčině a v jeřábové smrčině je půdním typem mělce výrazný humusový podzol se surovým humusem. Zrnitostně jsou to půdy písčito-hlinité s velkým podílem drobného skeletu, šterku až střípkovité šotoliny z navětralého fylitu. V řídkých hloučkovitých formacích zakrslého smrku a pod klečovým porostem je patrný přechod až k drnovému podzolu. Na strmějším svahu pod zlomem terénu je silně kamenitá půda s vyvinutým profilem v meziprostorách skeletu — mělce výrazným humusovým podzolem. Humusový podzol je zde vyvinut i na svěžích a mírně obohacovaných společenstvech a je výlučně projevem drsného klimatu. Nápadně vybělený horizont A<sub>2</sub> je způsoben do jisté míry i podloží (na jiných podkladech není tak výrazný). V prostoru úpatí strmého svahu pod zlomem terénu vyvěrají prameniště, která podmácejí půdu ve svém okolí. Při pomalém pohybu vody dochází k zabahnění nebo k rašelinění. Tato prameniště a jejich okolí bývají mozaikou převážně glejů, rašelinných glejů a mělkých rašelin.

Popis půdního profilu III — 1370 m n. m.:

|                 |          |                                                                                                                 |
|-----------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A <sub>0</sub>  | 0—6 cm   | drnovina, 1 cm mazlavé černé měli;                                                                              |
| A <sub>2</sub>  | 6—21 cm  | tmavošedá, písčitohlinitá, krupnatá, kyprá, čerstvě vlhká, 70 % droliny a šotoliny;                             |
| B <sub>hs</sub> | 21—26 cm | čokoládově hnědá s nádechem do fialova, písčitohlinitá, krupnatá, kyprá, čerstvě vlhká, 50 % drobného skeletu;  |
| B               | 26—51 cm | jasně hnědorezivá, písčitohlinitá, krupičkovitá, kyprá, čerstvě vlhká, 60 % droliny až šterku, nenáhlý přechod; |
| Cd              | 51—80 cm | šedohnědá, písčitohlinitá, krupičkovitá, kyprá, čerstvě vlhká, 70 % droliny až kamene.                          |

Podrobný půdní rozbor je uveden v tabulce I.

Půdní typ je výrazný humusový (humusoželezitý) podzol na fylitu. Půda je písčitohlinitá, silně drolinovitá, silně kyselá, hluboce prohumóz-

## I. Půdní sonda III. — Soil test pit III

| Horizont                               |                                    | A <sub>0</sub> | A <sub>2</sub> | B <sub>hs</sub> | B      | Cd     |
|----------------------------------------|------------------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------|--------|
| Hloubka v cm                           |                                    | 0—6            | 6—21           | 21—26           | 26—51  | 51—80  |
| Jemnozern<br>(váž. %)                  | Frakce: IV. 0,1—2 mm               |                | 48,62          | 48,54           | 38,96  | 42,78  |
|                                        | III. 0,05—0,1 mm                   |                | 11,32          | 10,98           | 7,46   | 16,14  |
|                                        | II. 0,01—0,005 mm                  |                | 16,26          | 15,22           | 17,96  | 15,08  |
|                                        | I. pod 0,01 mm                     |                | 23,80          | 25,26           | 35,62  | 26,00  |
|                                        | Fyzikální jíl pod 0,002 mm         |                | 4,12           | 5,24            | 3,36   | 4,28   |
| Kyselost                               | pH                                 |                |                |                 |        |        |
|                                        | akt. v H <sub>2</sub> O            | 3,91           | 3,99           | 4,28            | 4,51   | 4,59   |
|                                        | vým. v KCl                         | 3,11           | 3,49           | 3,70            | 3,90   | 4,05   |
| výměnná v cm <sup>3</sup> n/10 NaOH    |                                    | 70,4           | 19,0           | 62,6            | 34,8   | 46,8   |
| CaCO <sub>3</sub> %                    |                                    | —              | —              | —               | —      | —      |
| Humus v %                              | Ztráta žiháním                     | 46,01          | 6,67           | 17,00           | 8,62   | 7,30   |
|                                        | C titračně                         | 18,3           | 1,95           | 5,34            | 1,53   | 1,14   |
|                                        | obsah humusu                       | 31,54          | 3,37           | 9,20            | 2,64   | 1,97   |
|                                        | C : N                              | 12,24          | 9,20           | 15,20           | 11,42  | 9,50   |
| Hygroskopická voda                     |                                    | 7,99           | 0,85           | 6,43            | 3,60   | 2,14   |
| Sušina                                 |                                    | 92,01          | 99,15          | 93,57           | 96,40  | 97,86  |
| Celkový dusík %                        |                                    | 0,495          | 0,212          | 0,344           | 0,134  | 0,120  |
| Aktivní Al mval/100 g                  |                                    | 5,84           | 1,80           | 6,04            | 3,32   | 4,36   |
| Výměnný vodík                          |                                    | 1,20           | 0,10           | 0,22            | 0,16   | 0,32   |
| Výměna kationů<br>mval na 100 g zeminy | výměnný Ca                         | 3,58           | 0,83           | 0,76            | 0,74   | 0,84   |
|                                        | Mg                                 | 1,86           | 0,76           | 0,82            | 0,60   | 0,64   |
|                                        | K                                  | 0,93           | 0,07           | 0,06            | 0,03   | 0,04   |
|                                        | Na                                 | 0,26           | 0,05           | 0,06            | 0,03   | 0,04   |
|                                        | S okamžitý obsah<br>výměnných basí | 10,4           | 1,2            | 3,6             | 1,7    | 2,1    |
|                                        | T-S                                | 52,9           | 7,9            | 21,7            | 11,7   | 9,7    |
|                                        | T maxim. sorpční kapacita          | 63,3           | 9,1            | 25,3            | 13,4   | 11,8   |
|                                        | V stupeň sorpční<br>nasycenosti %  | 16,43          | 13,19          | 14,23           | 12,69  | 17,80  |
| Výluh 20 % HCl %                       | SiO <sub>2</sub>                   | 0,109          | 0,113          | 0,184           | 0,075  | 0,049  |
|                                        | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 1,045          | 1,727          | 8,941           | 7,337  | 6,856  |
|                                        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 1,781          | 1,974          | 6,641           | 5,609  | 5,325  |
|                                        | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 2,826          | 3,701          | 15,582          | 12,946 | 12,181 |
|                                        | MnO                                | 0,026          | 0,027          | 0,038           | 0,055  | 0,080  |
|                                        | CaO                                | 0,157          | 0,095          | 0,121           | 0,132  | 0,157  |
|                                        | MgO                                | 0,142          | 0,148          | 0,386           | 0,819  | 0,870  |
|                                        | K <sub>2</sub> O                   | 0,114          | 0,068          | 0,120           | 0,116  | 0,133  |
|                                        | Na <sub>2</sub> O                  | 0,020          | 0,017          | 0,043           | 0,035  | 0,036  |
|                                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | 0,276          | 0,047          | 0,079           | 0,046  | 0,048  |
|                                        | SO <sub>3</sub>                    | 0,326          | 0,147          | 0,202           | 0,231  | 0,245  |

## II. Půdní sonda X. — Soil test pit X

| Horizont                               |                                    | A <sub>0</sub> | A <sub>1</sub> /A <sub>2</sub> | B      | Cd     |
|----------------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------------------|--------|--------|
| Hloubka v cm                           |                                    | 0—7            | 6—18                           | 18—39  | 39—69  |
| Jemnozern<br>(váž. %)                  | Frakce: IV. 0,1—2 mm               |                | 44,66                          | 47,42  | 39,14  |
|                                        | III. 0,05—0,1 mm                   |                | 9,16                           | 16,10  | 8,92   |
|                                        | II. 0,01—0,05 mm                   |                | 17,46                          | 19,60  | 21,20  |
|                                        | I. pod 0,01 mm                     |                | 28,72                          | 16,88  | 30,74  |
|                                        | Fyzikální jíl pod 0,002 mm         |                | 6,76                           | 10,24  | 10,16  |
| Kyselost                               | pH                                 |                |                                |        |        |
|                                        | akt. v H <sub>2</sub> O            | 3,31           | 4,24                           | 4,19   | 4,61   |
|                                        | vým. v KCl                         | 2,66           | 3,31                           | 3,54   | 3,98   |
| výměnná v cm <sup>3</sup> n/10 NaOH    |                                    |                | 16,8                           | 61,4   | 24,7   |
| CaCO <sub>3</sub> %                    |                                    | —              | —                              | —      | —      |
| Humus v %                              | Ztráta žháním                      | 73,70          | 6,84                           | 12,12  | 4,93   |
|                                        | C titračně                         | 24,60          | 3,42                           | 2,53   | 0,51   |
|                                        | obsah humusu                       | 42,39          | 5,89                           | 4,39   | 0,88   |
|                                        | C : N                              | 12,01          | 20,36                          | 10,72  | 8,79   |
| Hygroskopická voda                     |                                    | 12,35          | 0,55                           | 4,71   | 1,98   |
| Sušina                                 |                                    | 87,65          | 99,45                          | 95,29  | 98,02  |
| Celkový dusík %                        |                                    | 2,049          | 0,168                          | 0,236  | 0,058  |
| Aktivní Al mval/100 g                  |                                    | —              | 1,48                           | 5,68   | 2,30   |
| Výměnný vodík                          |                                    | —              | 0,20                           | 0,46   | 0,17   |
| Výměna kationů<br>mval na 100 g zeminy | výměnný Ca                         | 5,64           | 0,81                           | 0,87   | 0,83   |
|                                        | Mg                                 | 2,40           | 0,39                           | 0,66   | 0,60   |
|                                        | K                                  | 0,73           | 0,03                           | 0,03   | 0,03   |
|                                        | Na                                 | 0,41           | 0,04                           | 0,04   | 0,03   |
|                                        | S okamžitý obsah<br>výměnných basí | 16,0           | 1,2                            | 2,8    | 1,3    |
|                                        | T-S                                | 111,3          | 9,1                            | 20,2   | 6,8    |
|                                        | T maxim. sorpční kapacita          | 127,3          | 10,3                           | 23,0   | 8,1    |
|                                        | V stupeň sorpční<br>nasycenosti %  | 12,57          | 11,65                          | 12,17  | 16,05  |
| Výluh 20 % HCl %                       | SiO <sub>2</sub>                   | 0,103          | 0,046                          | 0,193  | 0,140  |
|                                        | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 1,092          | 1,380                          | 8,805  | 6,108  |
|                                        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>     | 1,806          | 1,908                          | 5,897  | 5,532  |
|                                        | R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | 2,898          | 3,288                          | 14,702 | 11,640 |
|                                        | MnO                                | 0,022          | 0,020                          | 0,068  | 0,080  |
|                                        | CaO                                | 0,306          | 0,123                          | 0,122  | 0,174  |
|                                        | MgO                                | 0,208          | 0,133                          | 0,767  | 1,264  |
|                                        | K <sub>2</sub> O                   | 0,098          | 0,039                          | 0,074  | 0,099  |
|                                        | Na <sub>2</sub> O                  | 0,020          | 0,016                          | 0,039  | 0,036  |
|                                        | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>      | 0,285          | 0,060                          | 0,066  | 0,037  |
|                                        | SO <sub>3</sub>                    | 0,340          | 0,157                          | 0,260  | 0,259  |

něná, výrazně sorpčně nenasycená, se střední celkovou sorpční kapacitou, chudá vápnem, draslem a kyselinou fosforečnou, středně bohatá hořčíkem. V ochuzeném horizontu A<sub>2</sub> je též chudá hořčíkem. Horizont B<sub>hs</sub> je výrazně obohacený horizont s maximem fyzikálního jíl, křemíku, seskvioxidů železa a hliníku a ionů hliníku, v minerální půdě též s nejvyšší výměnnou kyselostí, s maximem humusu, celkového dusíku, hygroskopické vody, okamžitého obsahu výměnnýchází, celkové sorpční kapacity a kyseliny fosforečné. U některých komponentů se jejich obsah v horizontu B<sub>hs</sub> oproti horizontu A<sub>2</sub> pouze zvyšuje; tak je tomu u manganu, vápna, hořčíku, drasla, sodíku a síry. Horizont B má nejvyšší obsah celkového jíl a prachu, zatímco ostatní důležité půdní složky obsah spíše snižují; naproti tomu některé — hořčík, vápno, síra — obsah zvyšují. Humusová forma je drnový surový humus.

Popis půdního profilu X — 1225 m n. m.:

|                              |          |                                                                                                  |
|------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A <sub>02</sub>              | 0— 3 cm  | drf;                                                                                             |
| A <sub>03</sub>              | 3— 7 cm  | černá, vlhká, mazlavá mël;                                                                       |
| A <sub>1/A<sub>2</sub></sub> | 7—18 cm  | olověně šedá, písčitohlinitá, slehlá, čerstvě vlhká, 80 % droliny až šterku, ostře odděleno;     |
| B                            | 18—39 cm | fialově hnědá, místy narezlá, humózní, hlinitopísčítá, prizmatická, mírně slehlá, čerstvě vlhká; |
| Cd                           | 39—69 cm | šedohnědá, hlinitopísčítá, krupičkovitá, slehlá, čerstvě vlhká, 80 % droliny až šterku.          |

Podrobný půdní rozbor je uveden v tabulce II.

Půdní typ je výrazný humusový (humusoželezitý) podzol na fylitu. V průměru je půda písčitohlinitá, silně skeletovitá (drolinovitá a šterkovitá), ve vrstvě 18—39 cm hlinitopísčítá, ve vrstvě 39—69 cm hlinitá. Je silně kyselá, výrazně sorpčně nenasycená, chudá vápnem, velmi chudá draslem. V nadloží do 39 cm je humózní, středně bohatá kyselinou fosforečnou. Hořčíkem je v horizontu A<sub>2</sub> chudá, v horizontu B a Cd středně bohatá. Celková sorpční kapacita je ve vrstvě 18—39 cm a v průměru minerální půdy střední, ve vrstvě 7—18 cm a 39—69 cm nízká. Vrstva 7—18 cm je vyvinuta převážně jako ochuzený horizont s nejnižším obsahem fyzikálního jíl, hygroskopické vody, křemíku, manganu, drasla, sodíku a síry. Vrstva 18—39 cm tvoří iluviální horizont B s nejvyšším obsahem křemíku, seskvioxidů železa a hliníku, s nejvyšším obsahem fyzikálního, ale s nejnižším obsahem celkového jíl, se zvýšeným obsahem manganu, hořčíku, drasla, sodíku, kyseliny fosforečné i síry, se zvýšeným obsahem celkového dusíku, výměnného vápníku a hořčíku a s podstatně zvýšenou celkovou sorpční kapacitou. Ke zvýšení obsahu humusu zde nedochází; humus má v celém profilu směrem do spodiny klesající trend. Spodina půdy se vyznačuje nejvyšším obsahem skeletu, ale zároveň též celkového jíl, a nejvyšším obsahem hořčíku. Obsah humusu a celkového dusíku zde silně poklesá. Humusová forma je mocný surový moder až mělový surový humus.

## LESNÍ SPOLEČENSTVA

Pro hodnocení lesních společenstev by bylo třeba širě založeného průzkumu ve větším prostoru. V průřezovém pásu bylo popsáno 11 typologických ploch, které reprezentují současně skupiny lesních typů, resp. vegetační lesní stupně. Tyto plochy jsou zachyceny v tabulce III, ze které



## III. Fytocenologická tabulka. — A phytocoenological table

[illegible]



vyplývá, že výšková pásmovitost se neprojevuje výraznou kombinací druhů, ale hlavně vzhledem stromového patra. V horních polohách, tj. v kleči a v hloučkovitém zakrslém smrku, se výrazně uplatňuje travnatý ráz s převládající *Calamagrostis villosa*, výrazné je *Polygonum bistorta*, *Meum mutellina*, *Potentilla aurea*, *Festuca supina*. Toto společenstvo by bylo možno řadit jako (kleč) třtinovou, smrkovou (kleč) třtinovou a (klečovou) smrčinu třtinovou. Na strmé kamenité půdě převládají keřičky – *Vaccinium myrtillus* a *V. vitis idaea*. Půda v povrchových částech snáze vysychá. Tato lokalita se blíží smrkové (kleči) borůvkové. Jeřábová smrčina a smrčina jsou fyocenologicky homogenní a jsou na konci tabulky sepsány dohromady. Na světlinách, které místy převažují, udává společenstvu ráz vitální *Athyrium alpestre*, které bývá dominantní a pod jeho překryvem se uplatňují další charakteristické druhy: *Oxalis acetosella*, *Rumex arifolius*, *Stellaria nemorum*. Vtroušen je *Adenostyles alliariae*, který bývá poněkud více zastoupen na okrajích prameništ. Z druhů subalpínských doprovází *Homogyne alpina*, *Trientalis europaea*, *Luzula silvatica*. Velmi rozdílný je však projev bylinného patra pod  $\pm$  uzavřeným smrkovým porostem, a to jak po stránce kvantitativní, tak i kvalitativní. Žádný druh se výrazně neprosadí a druhovou kombinaci při 30–50% celkové pokryvnosti tvoří *Calamagrostis villosa*, *Vaccinium myrtillus*, *Luzula silvatica*, *Dryopteris spinulosa*, z okolí sem proniká *Athyrium alpestre*. Podobná druhová kombinace se uplatňuje v převládajícím *Athyrium alpestre* na vyvýšených mikroplochách – vývratištích, kol starých pařezů apod., tj. na poněkud sušších místech. Vzhledem k těmto okolnostem byly tyto typy zařazeny do svěží smrčiny a jeřábové smrčiny s papratkou alpskou. Na křemenci, který v širším okolí místně vystupuje v pruzích, přecházejí tato společenstva ostrou hranicí v chudé borůvkové typy. Na okrajích prameništ a kolem proudící vody s větší pokryvností *Adenostyles alliariae* se uplatňuje řada dalších druhů vysokohorských niv a přecházejí do podmačené klenové smrčiny havézové a jeřábové smrčiny havézové (např. pod Petrovými skalami). Zrašelinělé půdy se vegetační pokrývkou dosti liší. Většina těchto ploch je trvale bezlesá a uplatňuje se na nich dominantní *Deschampsia caespitosa*, na menších plochách převládá *Sphagnum* sp.; řadily by se ke kyselé rašelinné smrčině.

## VEGETAČNÍ LESNÍ STUPNĚ

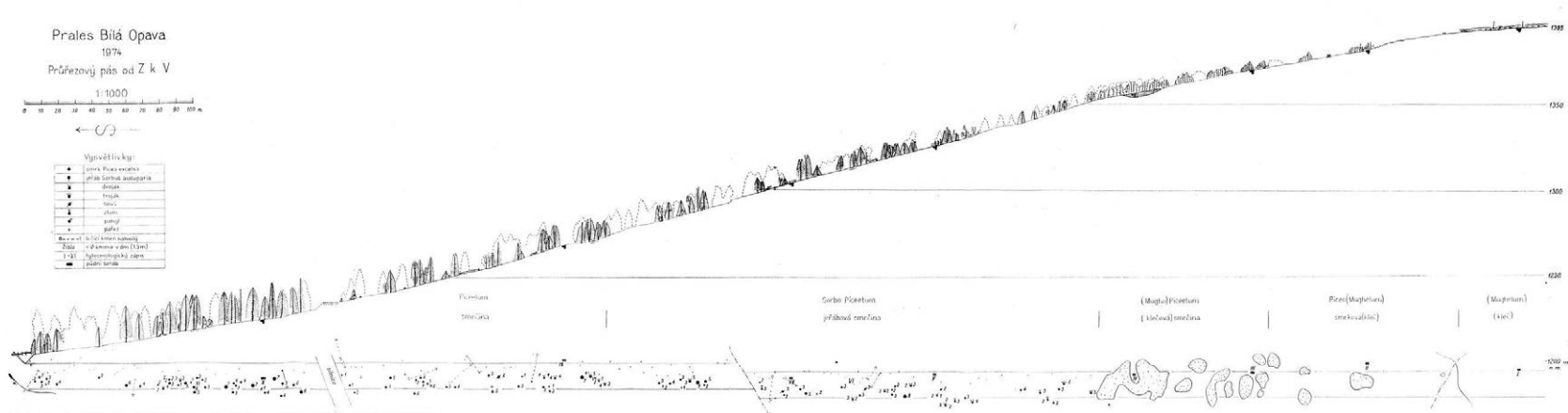
Průřezový pás byl volen tak, aby zasáhl vegetační pásmovitost pralesa Bílé Opavy. Ve spodní části je omezen do počátku smrkového stupně, tj. již do vyššího stupně zápoje. Vegetační stupňovitost velmi dobře charakterizuje stromové patro, resp. smrk, který tvoří v celém průběhu hlavní dřevinu. Na průřezovém pásu byly zachyceny dva boční pohledy o šíři 7,5 m, jednotlivé stromy jsou co nejvěrněji zobrazeny výškou i habitem (obr. 4). Z celkového pohledu nápadně vyniká postupné ubývání výšek a stále řidnutí smrku směrem k vyšší poloze, což se odráží i na klesající hmotě a na stoupajícím poškození smrku. Zvláštní zřetel byl věnován zastoupení ekotypů a stupni jejich poškození.

Svěží smrčina s papratkou alpskou je charakteristická stále houstnoucím zápojem, vyšší průměrnou výškou kmene, příznivější výtvarnicí, větším počtem zčásti vyčištěných kmenů a vyšší hmotností. Smrk zde do-

## Průřezový pás od Z k V



|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| ■     | smrk <i>Picea excelsa</i>            |
| ●     | jablňák <i>Silvestrus autubornia</i> |
| ■     | desaňák                              |
| ■     | hrgák                                |
| ■     | šedý                                 |
| ■     | platan                               |
| ■     | patkyl                               |
| ■     | palisáda                             |
| ■     | ležiaci kmeny náhynk                 |
| Stále | = 5 minúta v dňm (13m)               |
| ■     | hygienomorfická zápis                |
| ■     | podm. teras                          |



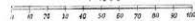
4. Prales Bílá Opava 1974, Průřezový pás od V k Z. — The Bílá Opava virgin forest 1974. Transect belt from E to W

## Prales Bílá Opava

1974

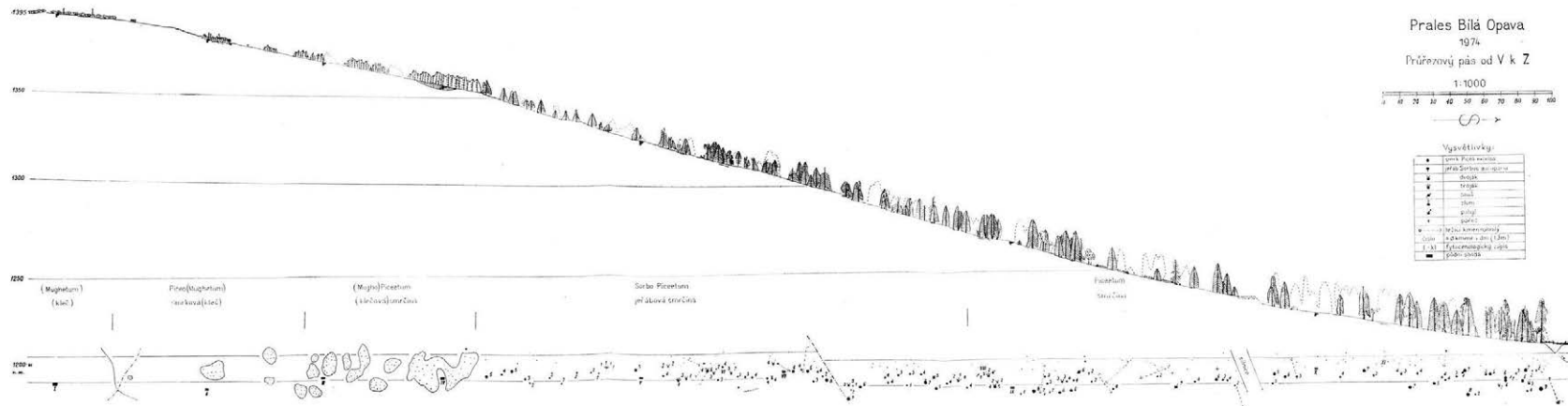
Průřezový pás od V k Z

1:1000



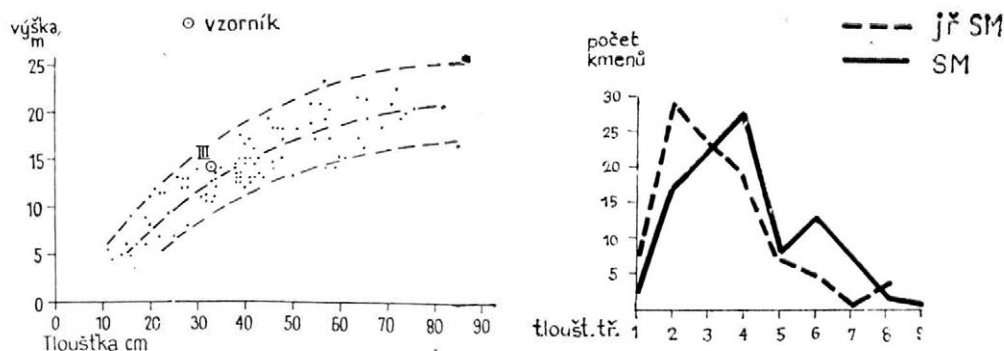
Vysvětlivky:

|     |       |                    |
|-----|-------|--------------------|
| •   | speak | Pada malam.        |
| •   | prab  | Sorban dan paku    |
| •   | •     | terjadi            |
| •   | •     | tamail             |
| •   | •     | plum               |
| •   | •     | paling             |
| •   | •     | pare?              |
| •   | •     | teja kmeringuly    |
| (-) | •     | agamen + du (-)du  |
| (-) | •     | fytomologichy apis |
| (-) | •     | gdn-shda           |





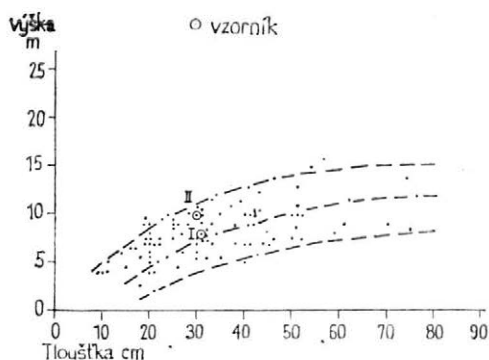
sahuje až 87 cm výštní tloušťky a 25 m výšky. Značná část kmenů větších dimenzí je ve věku 150–200 let. Na 1 ha dosahuje přibližně 186 m<sup>3</sup>, z čehož je 17 m<sup>3</sup> souše a 3 m<sup>3</sup> jeřábů. Tento stupeň má výrazný pralesovitý ráz; je zde dosti kmenů vyrostlých na padlých kmenech s chůdovým kořáním, počíná i obnova smrku na rozkládajícím se dřevě. Vylišení smrkového stupně bylo provedeno podle výšek (obr. 5). Výšky od 4. tloušťkové třídy (tloušťkové třídy po 10 cm) se nepřekrývají s výškami v jeřábové smrčíně. Průběh zastoupení tloušťkových tříd má maximum ve 4. tloušťkové třídě, druhé méně výrazné maximum je v 6. tloušťkové třídě. Křivka svým spádem dokládá pralesovitý původ, chybí však dorost hlavně v první, méně v druhé tloušťkové třídě. Počet kmenů v tloušťkových třídách znázorňuje graf na obr. 6.



5. Výškový grafikon smrčiny (○ vzorník). — Height diagram of a spruce stand (○ sample tree)

6. Počet kmenů v tloušťkových třídách. — Stem number in diagram classes

Jeřábová smrčina s papratkou alpskou má převážně ráz solitérních smrků, zapojených hloučků je málo. Výšky jsou nižší, výšková křivka je plošší, což je zčásti způsobeno i poškozením vrchů (obr. 7). Kmeny jsou



7. Výškový grafikon jeřábové smrčiny. — Height diagram of a mountain ash — spruce stand

spádnější a je zde větší podíl poškozených stromů. Přibližná hmota na 1 ha je 143 m<sup>3</sup>, z čehož 19 m<sup>3</sup> připadá na souše a 1 m<sup>3</sup> na jeřáb. Průběh zastoupení tloušťkových tříd vychází přirozeněji než u smrčiny. Nejvíce

je zastoupena 2. tloušťková třída, odtud postupně klesá a končí 8. tloušťkovou třídou. Opět téměř zcela chybí dorost (obr. 6). Vlastní subalpínský stupeň v Jeseníkách není typicky vyvinut, neboť zde chybí přirozené klečové porosty. Touto otázkou se zabýval zejména J. Jeník (1972). Pro možnost srovnávání s jinými horami (Krkonosce) se používá názvů s klečí, která je uváděna v závorce.

(Klečová) smrčina dosahuje výšky 6–8 a smrk ještě tvoří větší,  $\pm$  souvislé shluky. Jeho plošné zastoupení se pohybuje kolem 50–60 %. Meziprostory mezi skupinami jsou bezlesé s převahou *Calamagrostis villosa*. Stromy bývají ošlehané, hlavně silně trpí jedinci na návětrné straně. Většina stromů je poškozena zlomy korun i kmenů. V jiných oblastech sem proniká kleč.

Smrková (kleč) je vlastní zápasové pásmo smrku. Tvoří rozptýlené shluky smrků, vysoké do 5–6 m. Jejich velikost je stále menší a výskyt řidší. Hloučkovité uspořádání je pro smrk životně důležité – jednotlivý smrk by se zde neudržel. Hlouček tvoří celek, kde jednotlivé stromy mají svou specifickou funkci. Okrajové stromy nesou tíhu drsného klimatu, jsou silně poškozovány i odumírají. Další chráněné stromy uvnitř hloučku poměrně dobře obstojí. Nejvíce chráněné stromy (obvykle ve středu hloučku) převyšují skupinu o 1–2 m a často tvoří praporcovité koruny. U okrajových stromů někdy dochází k zakořeňování přízemních větví, jež pak chrání lépe celý hlouček, který se tím i rozšiřuje. Plochy mezi hloučky jsou travnaté (*Calamagrostis villosa*). V přirozeném stavu na obdobných plochách mohla převládat kleč.

(Kleč) v nejvyšší poloze tvoří  $\pm$  souvislý porost kosodřeviny s menšími travnatými holými ploškami. V kleči se výrazně uplatňuje *Polygonum bistorta*. Kleč v této partii byla uměle vysázena, prokazuje však velmi dobrou vitalitu. Je velice vhodná pro tyto nejdrsnější polohy pro odolnost proti obrusu sněhem a ledem, pružnost při sněhovém závěsu a má velmi příznivý vliv na pozvolné odtávání vysokého sněhu při jarním tání. V řídkém rozestupu tu a tam proniká do kleče ještě smrk, který má do výšky kleče normálně vyvinuté větve, nad klečí pak tvoří výrazné praporcovité koruny (do výšky 5 m), které často zasychají.

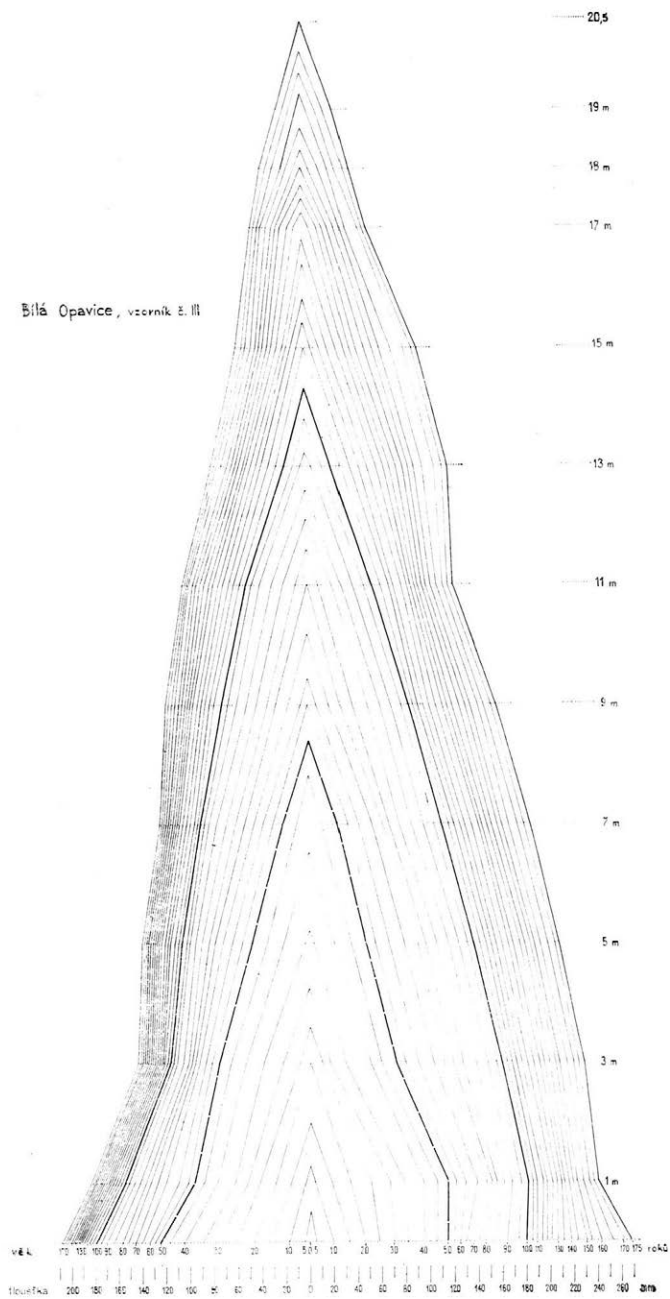
## VZORNÍKY

Ve smrčině, jeřábové smrčině a klečové smrčině bylo vyhledáno po jednom vzorníku na stejném stanovišti, nepoškozený strom  $\pm$  solitér (bez bočního útlaku). Z těchto kmenů byly provedeny kmenové analýzy numericky (tabulka IV) a graficky (obr. 8). U všech je výška pařezu 0,3 m, výška prvního řezu 1,3 m, tedy ve výčetní tloušťce. Na grafu 9 je zachyceno porovnání příčných profilů vzorníků ve 100 letech. Vedle rozdílné výšky je patrna i rozdílná spádnost kmene (výtvarnice). Protože řezy byly vyhodnocovány ve směru Z–V, je na východní straně ve spodní části kmene patrna tvorba reakčního dřeva; v exponovaných polohách je nejvyšší, menší je v jeřábové smrčině, ve smrčině chybí.

| Ve 100 r. |     | v. n. m. | $d_{1,3}$ cm | výška (m) | výtvarnice<br>nepravá | hmota (m <sup>3</sup> ) |
|-----------|-----|----------|--------------|-----------|-----------------------|-------------------------|
| vzorník   | I   | 1354     | 31,02        | 8,20      | 0,304                 | 0,2478                  |
|           | II  | 1311     | 30,72        | 10,50     | 0,324                 | 0,3142                  |
|           | III | 1180     | 33,43        | 14,30     | 0,367                 | 0,5227                  |

IV. Vzorník č. III — Bílá Opavice. — Sample tree nr. III — Bílá Opavice

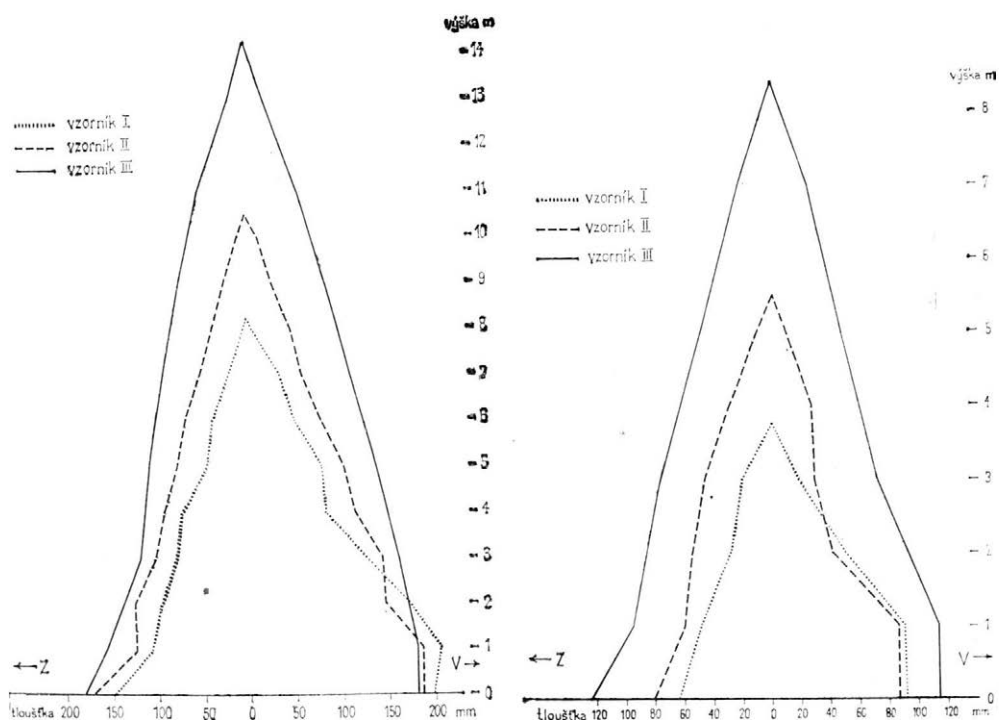
| Věk   | Výčetní průměr $d_{1,3}$ |         | Kruhová plocha $K_{1,3}$ |         | Výška $v$        |         | Hmoty $h$        |          | Výtvar-<br>nice ne-<br>práva<br>(1,3 m) |          |
|-------|--------------------------|---------|--------------------------|---------|------------------|---------|------------------|----------|-----------------------------------------|----------|
|       | $d_{1,3}$                | přírůst | $K_{1,3}$                | přírůst | $v -$<br>(0,3 +) | přírůst | $h -$<br>(0,3 +) | přírůst  |                                         |          |
|       |                          | běžný   |                          | prům.   |                  | běžný   |                  | prům.    |                                         | běžný    |
| 0,3 m | cm                       |         | m <sup>2</sup>           |         | m                |         | m <sup>3</sup>   |          |                                         |          |
| 5     |                          |         |                          |         | 0,50             | 0,10    | 0,100            | 0,000012 | 0,000002                                |          |
| 10    | 0,54                     |         | 0,108                    | 0,00002 |                  | 0,14    | 0,120            | 0,000533 | 0,000104                                | 0,000053 |
| 15    | 3,28                     | 0,542   | 0,328                    | 0,00084 | 0,00016          | 0,16    | 0,133            | 0,002356 | 0,000364                                | 0,000157 |
| 20    | 6,06                     | 0,556   | 0,405                    | 0,00288 | 0,00041          | 0,20    | 0,150            | 0,006621 | 0,000855                                | 0,000331 |
| 25    | 9,10                     | 0,608   | 0,455                    | 0,00650 | 0,00072          | 0,12    | 0,144            | 0,015582 | 0,001792                                | 0,000623 |
| 30    | 11,67                    | 0,514   | 0,471                    | 0,01069 | 0,00082          | 0,12    | 0,140            | 0,026978 | 0,002259                                | 0,000899 |
| 35    | 13,94                    | 0,454   | 0,465                    | 0,01525 | 0,00091          | 0,20    | 0,149            | 0,043379 | 0,003280                                | 0,001239 |
| 40    | 17,08                    | 0,627   | 0,487                    | 0,02290 | 0,00153          | 0,26    | 0,162            | 0,071993 | 0,005723                                | 0,001799 |
| 45    | 19,25                    | 0,434   | 0,480                    | 0,02909 | 0,00124          | 0,26    | 0,173            | 0,099846 | 0,005570                                | 0,002219 |
| 50    | 20,90                    | 0,330   | 0,465                    | 0,03429 | 0,00104          | 0,12    | 0,168            | 0,128686 | 0,005768                                | 0,002574 |
| 55    | 22,13                    | 0,246   | 0,442                    | 0,03844 | 0,00083          | 0,12    | 0,164            | 0,151593 | 0,004581                                | 0,002756 |
| 60    | 23,77                    | 0,328   | 0,432                    | 0,04435 | 0,00118          | 0,08    | 0,157            | 0,184034 | 0,006488                                | 0,003065 |
| 65    | 25,64                    | 0,374   | 0,427                    | 0,05161 | 0,00105          | 0,16    | 0,157            | 0,222057 | 0,007604                                | 0,003416 |
| 70    | 27,18                    | 0,308   | 0,418                    | 0,05799 | 0,00127          | 0,16    | 0,157            | 0,260301 | 0,007648                                | 0,003714 |
| 75    | 28,27                    | 0,218   | 0,404                    | 0,06274 | 0,00095          | 0,12    | 0,154            | 0,293221 | 0,006584                                | 0,003910 |
| 80    | 29,08                    | 0,162   | 0,388                    | 0,06638 | 0,00073          | 0,10    | 0,151            | 0,330258 | 0,007407                                | 0,004165 |
| 85    | 30,08                    | 0,200   | 0,376                    | 0,07103 | 0,00093          | 0,10    | 0,148            | 0,378695 | 0,009687                                | 0,004455 |
| 90    | 31,25                    | 0,224   | 0,356                    | 0,07666 | 0,00112          | 0,12    | 0,147            | 0,431252 | 0,010511                                | 0,004792 |
| 95    | 32,50                    | 0,250   | 0,361                    | 0,08291 | 0,00125          | 0,12    | 0,145            | 0,482591 | 0,010268                                | 0,005080 |
| 100   | 33,43                    | 0,186   | 0,352                    | 0,08773 | 0,00096          | 0,10    | 0,143            | 0,522749 | 0,008032                                | 0,005227 |
| 105   | 34,15                    | 0,141   | 0,341                    | 0,09155 | 0,00074          | 0,14    | 0,143            | 0,556328 | 0,006716                                | 0,005298 |
| 110   | 34,67                    | 0,104   | 0,330                    | 0,09436 | 0,00056          | 0,08    | 0,140            | 0,591993 | 0,007133                                | 0,005382 |
| 115   | 35,16                    | 0,098   | 0,320                    | 0,09704 | 0,00054          | 0,08    | 0,137            | 0,626534 | 0,006908                                | 0,005448 |
| 120   | 35,66                    | 0,100   | 0,310                    | 0,09982 | 0,00056          | 0,12    | 0,137            | 0,661480 | 0,006989                                | 0,005512 |
| 125   | 36,35                    | 0,138   | 0,303                    | 0,10372 | 0,00078          | 0,08    | 0,134            | 0,704773 | 0,008658                                | 0,005638 |
| 130   | 36,99                    | 0,128   | 0,296                    | 0,10741 | 0,00074          | 0,08    | 0,132            | 0,746577 | 0,008361                                | 0,005743 |
| 135   | 37,50                    | 0,102   | 0,289                    | 0,11039 | 0,00059          | 0,06    | 0,130            | 0,781705 | 0,007045                                | 0,005790 |
| 140   | 37,93                    | 0,086   | 0,281                    | 0,11294 | 0,00051          | 0,04    | 0,126            | 0,820661 | 0,007791                                | 0,005862 |
| 145   | 38,38                    | 0,090   | 0,274                    | 0,11563 | 0,00054          | 0,06    | 0,124            | 0,858691 | 0,007606                                | 0,005922 |
| 150   | 38,88                    | 0,100   | 0,268                    | 0,11866 | 0,00061          | 0,06    | 0,122            | 0,902142 | 0,008690                                | 0,006014 |
| 155   | 39,33                    | 0,090   | 0,262                    | 0,12143 | 0,00055          | 0,08    | 0,120            | 0,942395 | 0,008050                                | 0,006080 |
| 160   | 40,00                    | 0,134   | 0,258                    | 0,12560 | 0,00083          | 0,10    | 0,120            | 0,999069 | 0,011335                                | 0,006244 |
| 165   | 40,63                    | 0,126   | 0,254                    | 0,12914 | 0,00071          | 0,08    | 0,119            | 1,057045 | 0,011595                                | 0,006406 |
| 170   | 41,11                    | 0,096   | 0,250                    | 0,13267 | 0,00071          | 0,12    | 0,119            | 1,113726 | 0,011336                                | 0,006551 |
| 175   | 41,53                    | 0,084   | 0,245                    | 0,13539 | 0,00054          | 0,06    | 0,113            | 1,161688 | 0,009192                                | 0,006638 |



8. Bílá Opavice, vzorník č. III. — Bílá Opavice, sample tree nr. III

Příčný profil vzorníků v 50 letech jejich života dokládá obdobný průběh vývoje (obr. 10).

Porovnání růstu výšek vzorníků a bonitní třídy podle Schwappacha znázorňuje graf na obr. 11. Vedle průkazných rozdílů růstu jednotlivých vzorníků dokládá i nepoužitelnost Schwappachových tabulek pro bonitaci v těchto podmínkách.

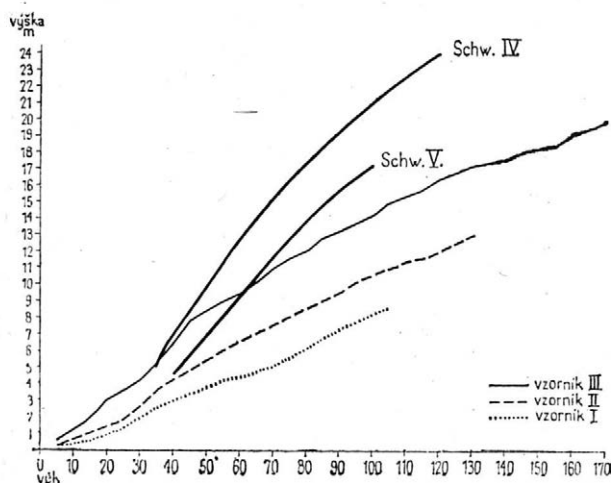


9. Porovnání příčných profilů vzorníků ve 100 letech. — A comparison of cross profiles of sample trees at 100 years

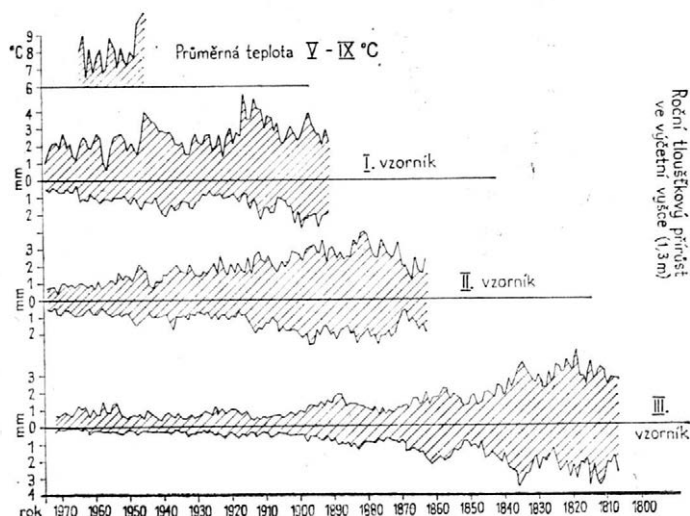
10. Porovnání příčných profilů vzorníků v 50 letech. — A comparison of cross profiles of sample trees at 50 years

V grafu na obr. 12 je znázorněn průběh ročních tloušťkových přírůstů vzorníků ve výčetní výšce v závislosti na průměrné teplotě v květnu až září. V těchto drsných podmínkách je teplota ve vegetačním období limitujícím faktorem minima. Vyšší průměrné teploty v tomto období velmi korespondují se šířkou letokruhů jednotlivých let. U mladších stromů jsou nápadnější, u starších stromů je reakce relativně nižší v důsledku již slabšího růstového rytmu. Je škoda, že stanice Praděd má údaje jen od roku 1947 do roku 1965. Výrazně suchá léta, tím i vyšší teplota ve vegetačním období, se příznivě projevuje na výši přírůstu. U vzorníku III je patrný několikerý pokles i vzestup přírůstu. Přibližně od 100 let je

přírůst malý, ale trvalý. Průběh přírůstu běžného a průměrného na hmotě jednotlivých vzorníků je zachycen v grafu na obr. 13. Průměrný hmotový přírůst svou diferenciací potvrzuje celkové rozdíly, patrné i z jiných roz-



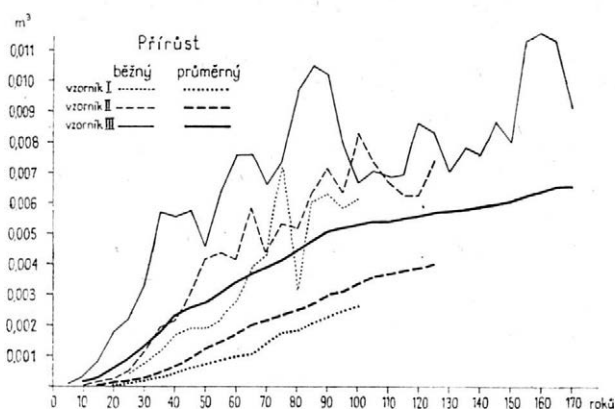
11. Průběh růstu výšek vzorníků a smrku IV. a V. bonitní třídy podle Schwappacha. — The course of height growth of sample trees and spruce of the IV. and V. quality classes by Schwappach



12. Průběh ročních tloušťkových přírůstů vzorníků ve výčetní výšce v závislosti na průměrné teplotě v květnu až září. — The course of annual d.b.h. increments of sample trees in dependence on mean temperature in May-September

borů. Nejnižší je u vzorníku I, o něco vyšší jsou hodnoty vzorníku II, podstatně příznivější jsou u vzorníku III. U všech vzorníků je patrna stálá, mírně stoupající tendence. Průběh běžného přírůstu (resp. průměrný 5letý přírůst periodický) dodržuje rozdíly v přírůstech ve stejném pořadí, je však velmi rozkolísán. Kolísání těchto hodnot souvisí s teplotou ve vegetačním období i v náhodném seskupení hodnot v příslušném pětiletí.

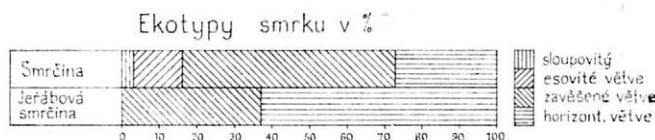




13. Průběh běžného a průměrného přírůstu na hmotě vzorníků. — The course of current and mean volume increments of sample trees

## EKOTYPY

Na podkladě podrobného popisu, měření a grafického znázornění cca 200 stromů byly smrky v průřezovém pásu rozděleny podle habitu a větvení hlavních větví (prvého řádu) do čtyř základních ekotypů: 1. sloupovitý, 2. esovitý větev, 3. zavěšené větve, 4. horizontální větve. Sloupovitý smrk se vyznačuje úzkou, staženou korunou v celém průběhu a krátkými větvemi silně přitaženými ke kmene. Tento ekotyp bývá nazýván též subalpinní. Jeho výskyt je poměrně řídký (i v jiných horách). Je ideálně vybaven pro drsné klimatické podmínky s vysokým sněhem a námrazou. Z hlediska šlechtění dřevin je to elitní smrk, jehož jednotlivé exempláře by měly být využívány pro sběr semene jako výběrové stromy pro smrčiny a jeřábové smrčiny. Smrk s esovitými větvemi je charakteristický tvarem hlavních větví, které jdou od kmene nejprve vodorovně, brzy se silně ohýbají dolů a na konci se opět napřimují do vodorovné nebo mírně skloněné polohy. Tyto větve jsou poměrně dlouhé a koruna z profilu je dosti mohutná, shora se stále mírně rozšiřuje. Je rovněž velmi dobře přizpůsobena drsnému klimatu. Větve jsou pružné, při závěsu jsou zatíženy jen



14. Ekotypy a poškození smrku v %. — The Norway spruce ecotypes and damages in %



přesahující konce větví, které se sklánějí dolů, sníh po nich sjíždí, koruna se zúží. Je hojněji zastoupen ve všech horách. Měl by být převládajícím ekotypem ve smrčinách a jeřábových smrčinách. Porosty nebo skupiny s jeho převahou by měly být uznány pro sběr jako porosty geneticky vy-

soce cenné nebo i jednotlivé stromy jako výběrové. Při rekonstrukci horní hranice lesa by měl být nejběžněji používán. Ekotyp se zavěšenými větvemi zde převládá. Větve v horní části koruny bývají vodorovné, brzo přecházejí ve větve níčí, skloněné pod úhlem kolem 60°. Větve jsou silné, kosmaté, málo pružné. V korunách bývá často poškozován. Jeho zmlazení v porostech je přijatelné, není však vhodný pro rekonstrukci horní hranice lesa. Smrk s horizontálním větvením je zde dosti zastoupen. Je to však smrk nepůvodní, kterého bylo pravděpodobně použito při rekonstrukci horní hranice lesa. Větvení je výrazně vodorovné, v horní části koruny často směřující i mírně vzhůru. Větve jsou silné, tuhé, jemnější větvení je deskovitě. Zachycuje nejvíce sněhu, je křehký, snadno dochází ke zlomům od  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{2}{3}$  kmene. Je zcela nevhodný pro rekonstrukci horní hranice lesa, rovněž je nežádoucí jeho zmlazování v těchto polohách.

V. Zastoupení ekotypů ve smrčině a jeřábové smrčině a druh poškození v ‰. —  
The representation of ecotypes in a spruce stand and a mountain ash-spruce stand,  
and damage kinds in ‰

| Ekotyp<br>Skupina lesních<br>typů | Sloupovitý |      | Větve   |      |          |      |           |      | Celkem<br>% |      |
|-----------------------------------|------------|------|---------|------|----------|------|-----------|------|-------------|------|
|                                   |            |      | esovité |      | zavěšené |      | vodorovné |      |             |      |
|                                   | SM         | jrSM | SM      | jrSM | SM       | jrSM | SM        | jrSM | SM          | jrSM |
| normální strom                    | 2          |      | 8       |      | 33       | 10   | 18        | 29   | 61          | 39   |
| dvoják                            |            |      |         |      | 12       | 4    | 1         | 3    | 13          | 7    |
| troják                            |            |      |         |      | 1        | 2    |           |      | 1           | 2    |
| zdravé                            | 2          |      | 8       |      | 46       | 16   | 19        | 32   | 75          | 48   |
| suchý vrch                        |            |      | 2       |      | 1        | 4    |           | 2    | 3           | 6    |
| lyra, bajonet<br>ve vrchu         |            |      | 1       |      | 5        | 7    | 3         | 9    | 9           | 16   |
| zlom<br>(do 2/3 kmene)            |            |      |         |      |          | 1    | 4         | 10   | 4           | 11   |
| silně rozlámán                    |            |      |         |      |          | 3    |           | 7    |             | 10   |
| poškozené                         |            |      | 3       |      | 6        | 15   | 7         | 28   | 16          | 43   |
| suché                             | 1          |      | 2       |      | 5        | 6    | 1         | 3    | 9           | 9    |
| Celkem                            | 3          | —    | 13      |      | 57       | 37   | 27        | 63   | 100         | 100  |



15. Z leteckého snímku je patrné houstnutí a přibývání výšek stromů (podle délky stínů) po svahu dolů. Snímek je orientován k jihu. — The air photo shows thickening of stands and increase of tree heights (by the shadow length) in the down-slope direction. The photo is exposed to the south

16. Smrk s esovitě prohnutými větvemi je vhodným ekotypem pro tyto drsné klimatické podmínky. Konce větví při sněhové zátěži se ohnou, sníh z nich sjezdí, koruna se zúží. — Spruce with ace-shape bent branches is a suitable ecotype for the harsh climatic conditions. The branch tops bend under snow mass, snow slides on them and the crown narrows



17. Silně rozvolněný les soliterních smrků na horní hranici jeřábové smrčiny. V pozadí Praděd. — A strongly opened forest of isolated spruce trees on the upper line of mountain ash-spruce stand. In background the mount Praděd



18. Vysázený hustý porost kleče, která je velmi vitální. — A planted out thick stand of Swiss mountain pine, which is very vigorous

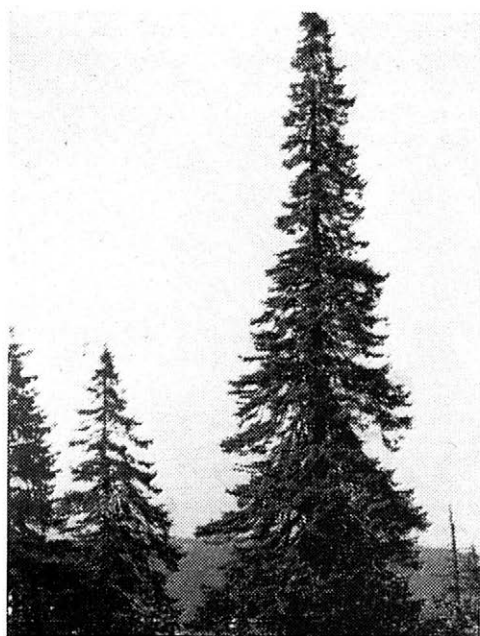




19. Pod klečí je pásmo hloučků zakrslých smrků, obvykle s vlajkovými vrcholy stromů, které vyrostly z ochrany hloučků. — Under the Swiss mountain pine zone is a zone of stunted spruce clusters, usually with flag-shaped tops of trees, which row under the cluster protection



20. Smrky nevhodných ekotypů bývají zcela rozlámány sněhem a námrazou. — Spruce trees of unsuitable ecotypes use to be broken by frost and rime



21. Smrk sloupovitého ekotypu je nejvhodnější pro polohy s vysokou sněhovou pokrývkou. Větve celé koruny jsou krátké a přitažené ke kmeni. Žádný z těchto stromů není poškozen. — Norway spruce of column-shaped ecotype is most suitable for the locations with high snow cover. The branches of the whole crown are short and attached to the stem. No of these trees is damaged

22. Na některých stromech jsou výrazné svalcovité náběhy větví. — There are characteristic swelled butresses of branches on some trees



23. Zmlazení smrku je nedostatečné, probíhá však dobře na rozpadajících se kmelech a pařezích. — Natural regeneration of spruce is insufficient; however, it is good on decomposing stems and stumps





24. Na světlinách dominuje velmi vitální papratka alpská, vtroušena bývá havéz česnáčková. — The openings are predominantly covered with vigorous *Athyrium alpestre*, sometimes with inmixture of *Adenostyles alliariae*



25. Pralesovitý útvar dokládají dospělé stromy s chůdovým kořením vyrostlé na padlých kmenech. — The virgin forest formation is substantiated by mature trees with stilt roots, growing on fallen stems



26. Příměs jeřábu se stále udržuje. Jeřáb však bývá deformován sněhem, z podúrovně uzavřené smrčiny ustupuje. — Admixture of mountain ash is steadily preserved. However, mountain ash is sometimes deformed by snow and retreats in the understory of closed spruce stand



27. Smrky v jeřábové smrčíně jsou silně poškozovány, zvláště smrky s horizontálním větvením trpí zlomy. — The spruce trees in mountain ash-spruce stand use to be heavily damaged, especially the spruce trees with horizontal branching suffer from breakage

Snímky Průša. — Photos by Průša

Ve smrčině a v jeřábové smrčině byly zařazeny jednotlivé stromy do těchto ekotypů, vyhodnocen byl i druh poškození. Jejich procentuální zastoupení je v tabulce V a na grafikonu 14. Ve smrčině je daleko příznivější zastoupení vhodných ekotypů, stromů s vodorovným větvením je pouze 27 %. V jeřábové smrčině naopak tento ekotyp převládá (63 %), zbytek jsou stromy se zavěšenými větvemi. Tento stav je nápadný i tím, že kmeny s vodorovným větvením jsou slabších tloušťkových tříd (kolem 30 cm) a že pravděpodobně byly vysázeny v krátkém časovém období při doplnění horní hranice lesa. Nápadný je i rozdíl v počtu poškozených stromů. Podíl zdravých stromů ve smrčině je 75 %, kdežto v jeřábové smrčině pouze 48 %. Je zajímavé, že ve smrčině je značný podíl dvojáků i trojáků a jejich stabilita je dobrá, nebývají poškozeny. Z dálky činí dojem jednoho kmene, přičemž u každého je zavětvení i zatížení sněhem jednostranné. Souše jsou zastoupeny stejně (9 %). Jsou to stromy, které převážně překročily fyzický věk a odumřely. Souše pro své houževnaté dřevo zůstávají poměrně dlouho stát i ležící kmeny se pomalu rozkládají. Suchovrchých smrků je poměrně málo (SM 3 %, jřSM 6 %), jsou silných dimenzí a převážně značí počátek odumírání stromu. Největší podíl stromů je poškozen zlomením vrcholu koruny (od  $\frac{2}{3}$  kmene výše) – ve smrčině 4 %, v jeřábové smrčině 11 %. Stromy tvoří náhradní vrchol z bočních větví a utváří se pak buď bajonetový, nebo lyrovitý vrchol. Zlomů (od  $\frac{1}{3}$  do  $\frac{2}{3}$  kmene) je značný podíl v jeřábové smrčině (11 %), ve smrčině (4 %). Zlomy jsou postiženy výlučně stromy s vodorovným větvením. Některé z nich po čase vytvářejí široce odstálý bajonet. Silně rozlámané stromy, kdy bývá rozlomen i kmen, se vyskytují jen v jeřábové smrčině (10 %). V této poloze se na jejich rozlámání výrazně podílí námraza. Opět jsou více poškozeny stromy s vodorovným větvením (7 %), stromů se zavěšenými větvemi je postiženo 3 %. Stupeň poškození stoupá podle vegetačního lesního stupně a podle nevhodnosti ekotypů:

| větvení          | esovité | zavěšené | horizontální | celkem             |
|------------------|---------|----------|--------------|--------------------|
| smrčina          | 3       | 6        | 7            | 16 $\frac{1}{2}$ % |
| jeřábová smrčina | —       | 15       | 28           | 43 $\frac{1}{2}$ % |

V jeřábové smrčině bude vždy stupeň poškození stromů vyšší pro drsnější podmínky a exponovanější polohu. Je však možné tyto škody omezit a prodloužit životnost stromů volbou vhodného ekotypu, tj. sloupovitého a s esovitými větvemi.

Jeřáb je v šetřeném prostoru častou vtroušenou dřevinou, kolem 10 % z počtu stromů. Je zastoupen v jeřábové smrčině i ve smrčině. Chráněn v hloučku smrků vystupuje až do smrkové kleče. Ve smrčině pod přímým nebo bočním zástinem v pozdějším věku ustupuje. V jeřábové smrčině tvoří stromy nižší úroveň, dosahuje výšek do 10 m. Jeho koruny bývají poškozeny zlomy; vytváří pak hruškovitou, do stran větvenou korunu. Jeho obnovu zajišťuje ptactvo, pro které jsou zde jeřabiny na podzim vítanou obživou. Tenké kmínky jeřábového dorostu se najdou zřídka, neboť se mohou uchytit jen na méně zabuřenělých plochách.

## OBNOVA

Z přehledu tloušťkových tříd ve smrčině i jeřábové smrčině je patrný nedostatek dorostu hlavně I. tloušťkové třídy i dorostu nehroubí. Přibývá velkých mezer i ve smrčině. Papratka alpská na světlinách zcela zne-

možňuje zmlazování smrku na půdě výlučným zaujetím těchto ploch, hustotou i výší. Smrk se může přirozeně uplatnit pouze tam, kam nedosahuje konkurence kaparadin, tj. na padlých kmenech, pařezích a vrcholech vývratišť. Současně jsou to relativně nejteplejší místa, kde sníh nejdříve schází. Ze zachycených pařezů je patrné, že kmeny od nich chybí a že byly vyklízeny. Proto má smrk málo příležitosti se uplatnit. Při podrobné prohlídce je možno zjistit, že jednotlivé smrky se takto postupně uchytí a prosperují. V současném stavu je třeba obnově pralesa pomoci uměle, a to výsadbou silných, ekotypicky vhodných sazenic. Je nutno pro tuto výsadbu citlivě volit místa s menší konkurencí bušeně na vývratištích, zlomech terénu, na vyvýšeninách kolem starých pařezů apod. Zde bývá dominantní borůvka a třtina chloupkatá, silné sazenici nehrozí nebezpečí útlaku a není třeba ji ošetřovat. Zalesnění není vhodné provést celoplošně, aby nevznikly husté stejnověké skupiny, které by byly v budoucnu právě pro vyšší zápoj více poškozovány. V nedávné době provedená výsadba je právě celoplošná a všechny sazenice jsou utopeny v papratce alpské.

V (klečové) smrčině a smrkové (kleči) je zapotřebí na větších holích založit skupiny (bioskupiny) smrku obdobně, jak se v tomto prostoru vyskytují. Pro jejich volbu je vhodné vyhledat polohy poněkud chráněné před západním větrem buď v závětrí skupin a hloučků, nebo v terénních úpadlinách, aby alespoň zpočátku byl smrk více chráněn. Je nesporné, že kleč by měla v těchto polohách příznivé účinky jak na snažší šíření a udržení smrku, tak hlavně na příznivější odtokové poměry v pramenné oblasti Bílé Opavy. V klečovém stupni je v tomto prostoru  $\pm$  souvislý porost kosodřeviny, jejíž prosperitu a příznivé účinky lze dobře posoudit. V prostorách zvláštního ochrannářského zájmu, např. ve Velkém kotli a jeho okolí, je naopak výsadba kleče nežádoucí a je nutno výsadby vysekat. Po zamezení vzniku sněhových lavin by došlo k ústupu vzácných rostlinných druhů a k zániku specifických fytocenóz.

## SOUHRN

V Hrubém Jeseníku pod Pradědem v pralesovitých porostech rezervace Bílá Opava a Petrovy skály byl vyhledán modelový průřezový pás od 1200 m do 1400 m n. m., který zasahuje vegetační lesní stupeň smrkový až klečový. V tomto pásu byla konána šetření pedologická, fytocenologická, dendrometrická a ekotypická klasifikace. Z podrobného rozboru současného stavu jsou navrženy vhodné ekotypy, výstavba a opatření pro udržení pralesa. Tento průřezový pás může sloužit jako model při rekonstrukci horní hranice lesa a stromové hranice na podobných lokalitách v této lesní oblasti.

Došlo dne 14. 1. 1975

## Literatura

1. HASSENBERGER, R.: Fichtenformen und Fichtenrassen im Glatzer Schneegebirge. Zeitschrift für Forst und Jagdwesen. 71, 1939
2. HOŠEK, E.: Zalesňování horských holí v okolí Pradědu. AMS, Series C, s. 43-50, Opava 1963



3. JENÍK, J.: Výšková stupňovitost Hrubého Jeseníku: otázka alpského stupně. *Campanula* 3, 1972, s. 45-52
4. KANTOR, J.: Slechtění smrku pro oblast Hrubého Jeseníku. *Campanula* 1971, s. 19-24
5. PRŮŠA, E.: Horské účelové lesy a jejich obnova. *Lesnická práce* 4, 1971, s. 170-174
6. TEJNSKÁ, S. — TEJNSKÝ, J.: Klimatické poměry Pradědu. *Campanula* 3, 1972, s. 53-60
7. Lesní hospodářský plán pro LHC Karlov 1966-1975

### Девственный лес Била Опава

В Глубом Йесенике под Прадедом в девственных древостоях заповедника Била Опава и Петровы Скалы найдена модельная поперечная полоса от 1200 до 1400 м над уровнем моря, которая захватывает от еловой и вплоть до стланиковой вегетационной лесной степени. В этой полосе были проведены почвенные, фитоценологические, дендрометрические и экотипические обследования и классификация. На основании подробного анализа современного состояния предложены подходящие экотипы, строительство и мероприятия для сохранения девственного леса. Этот трансект может служить в качестве модели при реконструировании верхней границы леса и границы деревьев в аналогичных местностях в данной лесной области.

### Virgin Forest Bílá Opava

In the Hrubý Jeseník Mts., under the mount Praděd, in the virgin forest stands of the reservations Bílá Opava and Petrovy skály a model transect belt from 1200 to 1400 m a. s. l. was selected, involving the spruce-mugho pine vegetation forest zone. This belt was subject to pedological, phytocoenological, dendrometric investigations and to ecotype classification. A detailed analysis of the present state served as a basis for the suggestion of suitable ecotypes, construction and measures to be taken for the preservation of this virgin forest. This transect may also serve as a model for the reconstruction of forest and tree upper line in the analogous localities of this forest area.

### Der Urwald Bílá Opava

Im Gebirge von Hrubý Jeseník, unter dem Praděd (Altvater) in den Urwaldbeständen des Naturschutzgebietes Bílá Opava und Petrovy skály wurde ein Modell-Durchschnittsstreifen in der Meereshöhe von 1200 m bis 1400 m ü. d. M. ausgesucht. Dieses Gebiet umfaßt die Fichte- bis Knieholz-Vegetationsstufe. In dieser Zone wurden bodenkundliche, phytözönologische, dendrometrische Untersuchungen und eine ökotypische Klassifikation vorgenommen. Aus einer eingehenden Analyse des gegenwärtigen Standes werden zweckmäßige Ökotypen, der Aufbau und Maßnahmen für die Erhaltung des Urwaldes vorgeschlagen. Dieses Transekt kann als Modell bei der Rekonstruktion der oberen Waldgrenze und Baumgrenze in ähnlichen Lokalitäten dieses Waldgebietes dienen.

### Forêt vierge Bílá Opava

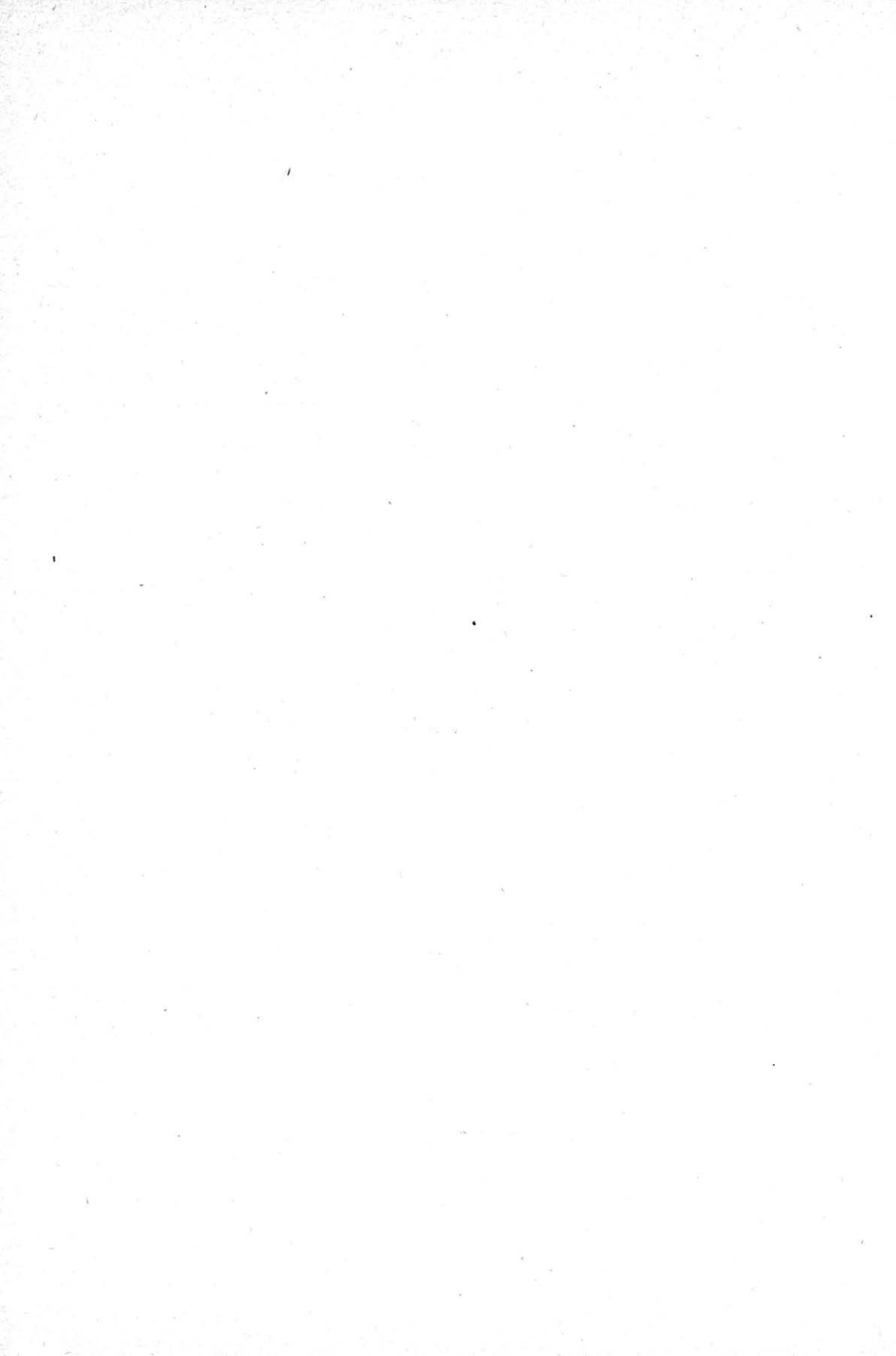
Dans Hrubý Jeseník sous Praděd, dans les peuplements de forêt vierge de la réserve naturelle Bílá Opava et Petrovy Skály, on a choisi une bande modèle de profil, à une altitude de 1200 à 1400 mètres, qui comprend l'étage de végétation d'épicéa et même celui de pin de montagne. Dans cette bande on a réalisé des explorations pédologiques, phytocénologiques, dendrométriques et la classification exotypique. Sur la base de l'analyse détaillée de l'état actuel on propose les écotypes convenables, puis les ouvrages et les mesures permettant la conservation de la forêt vierge. Le profil en question peut servir comme modèle lors de la reconstruction de la limite supérieure de la forêt et de la limite d'arbres dans les localités similaires de cette zone forestière.

---

*Adresa autora:*

Ing. Eduard Průša, Praha

---





Studie o půdách lužních lesů v oblasti Lednice na jižní Moravě obsahují výsledky výzkumných prací konaných periodicky měsíčně během 3 roků (1970–1972) v rámci prací Mezinárodního biologického programu. Tím bylo možno zachytit dynamiku všech důležitých vlastností semiglejových půd jižní Moravy. Jsou to výsledky prvé toho druhu nejen u nás, ale v půdoznalecké literatuře vůbec.

Výzkumné práce v terénu byly prováděny tak, že na každé pokusné ploše (4) byla otevřena půdní sonda o rozměrech 1 × 2 m a do hloubky po hladinu podzemní vody a nejhluběji do 150 cm. Byl vykonán podrobný popis stratigrafie a morfologie půdních profilů a pak podrobně odebrány půdní vzorky z celých profilů. Vzorky byly odebírány vždy měsíčně, a to asi uprostřed každého měsíce, pro komplexní laboratorní zpracování.

Výzkumný objekt MBP pro studie ekosystému lužního lesa se nalézá v oblasti lužních lesů jižní Moravy u Lednice. Je to rovinaté území na dolním toku řeky Dyje v nadmořské výšce asi 170 m. Roční množství srážek je 524 mm a roční teplotní průměr 9,0 °C.

Půdy jsou tu semigleje na aluviálních náplavech řeky Dyje holocenního stáří. Jejich mocnost je 100–120 cm a leží na podložní šterkové terase (její mocnost je 5–8 m) uložené na mladotřetihorních jílovitých sedimentech. Semiglejové půdy mají během roku kolísající hladinu podzemní vody a na jaře jsou zpravidla zaplavovány. Reakce je neutrální a obsah humusu ve svrchních vrstvách je v průměru 12–13 % a ve spodinách 1,5–3,5 %.

Stratigrafie a morfologie studovaných půdních profilů na pokusných plochách, sonda č. 1:

- 0— 1 cm, listnatý surový opad z části rozložený A<sub>01</sub>;
- 1— 3 cm, listnatý černošedý surový humus, dosti rozložený a s ostrou hranicí pod podloží, A<sub>02</sub> + málo A<sub>03</sub>;
- 3— 8 cm, hnědošedá až šedohnědá jílovitá zemina s hrubší strukturou, vlhká a s mírným barevným přechodem dospodu, A<sub>1</sub>;
- 8— 50 cm, nahnědlá jílovitá zemina vlhká a slehlá, ve svrchní části slabě strukturní a obsahující drobné rezivé železité skvrny, A<sub>2</sub>;
- 50— 62 cm, tmavošedá jílovitá zemina humózní, vlhká a slehlá, horizont pohnutý nivní pseudočernozemě, A<sub>3</sub>;
- 62— 88 cm, táž, ale poněkud tmavší zemina s mírnějším barevným přechodem dospodu, A<sub>4</sub>;
- 88—117 cm, namodralé šedě mramorovaná jílovitohlinitá zemina, vlhká a slehlá, ve svrchní části drobné železité skvrny, G<sub>1</sub>;
- > 117 cm (do 130 cm), písčotěrková terasa s podílem nadložní zeminy, vlhká, G + D horizont.

Hlavní prokořenění do 60 cm, slabší do 100 cm.

Další sondy, č. 2, 3 a 4, mají shodné stratigrafické i morfologické složení a také podložní písكوšterkoá terasa se pohybuje v hloubce 120–130 cm.

Zrnitostní analýzy (včetně stanovení fyzikálního jílu) byly konány vždy po šesti měsících a vykázaly tyto průměrné výsledky (mimo podloží):

|                                    |          |
|------------------------------------|----------|
| fyzikální jíl (menší než 0,002 mm) | 14–24 ‰, |
| celkový jíl (menší než 0,01 mm)    | 62–68 ‰, |
| prach (0,01–0,05 mm)               | 10–24 ‰, |
| práškový písek (0,05–0,1 mm)       | 3–8 ‰,   |
| písek (0,1–2,0 mm)                 | 6–16 ‰.  |

Zrnitostně jsou to vesměs půdy jílovité s celkově dosti rovnoměrným rozdělením jílnatých částic v půdních profilech.

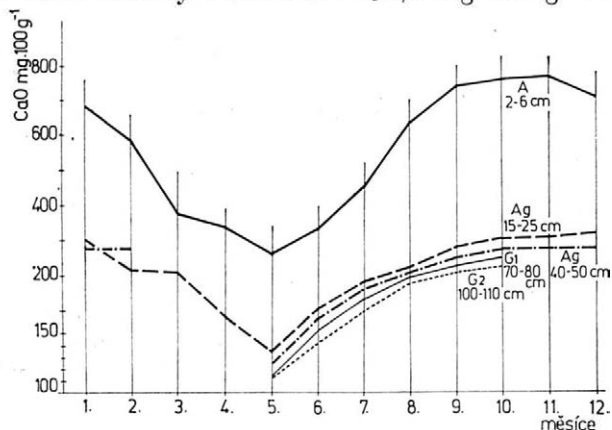
Z přístupných minerálních živin ve výluhu 1 % kyselinou citrónovou bylo zjištěno CaO, K<sub>2</sub>O a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> během let 1970–1972 vždy každý měsíc. U jednotlivých živin byl stanoven obsah a posuzovány tyto hodnoty:

1. celkové rozmezí přístupných živin v jednotlivých vrstvách půdních a v jednotlivých měsících během roku,
2. dynamika změn obsahu živin v jednotlivých ročních obdobích,
3. stratigrafie živin v půdních profilech od shora dolů a difference obsahu živin mezi svrchními vrstvami a spodinami.

## PŘÍSTUPNÝ CaO

Obsah přístupného CaO vykázal zajímavý průběh změn v jednotlivých měsících během roku, které jsou v určité korelaci s vývojem lesního porostu u sond na pokusných plochách ve studované oblasti lužního lesa.

Vrstva povrchového humusu A<sub>0</sub> vykázala nejvyšší obsah přístupného CaO, a to v celkovém rozmezí 609,9–866,1 mg 100 g<sup>-1</sup> (v roce), tedy s dosti značným rozdílem 256,2 mg 100 g<sup>-1</sup>. Horizont A měl celkové roz-



1. Graf roční dynamiky přístupného CaO v semiglejové půdě lužního lesa jižní Moravy. — Graphical representation of annual dynamics of available CaO in semigley soil of lowland forest in southern Moravia

mezí CaO 213,0–387,2 mg 100 g<sup>-1</sup> s rozdílem během roku 174,2 mg 100 g<sup>-1</sup>. V oglejeném horizontu Ag se pohyboval obsah CaO v celkovém rozmezí 71,6–138,5 mg 100 g<sup>-1</sup> (roční difference byla tedy 66,9 mg 100 g<sup>-1</sup>).

Horizonty pohřbené pseudočernozemě obsahovaly CaO v ročním rozmezí 71,9–138,3 mg 100 g<sup>-1</sup> (rozdíl v roce 66,4 mg 100 g<sup>-1</sup>).

Glejový G-horizont měl přístupného CaO v ročním rozmezí 76,10–143,05 mg 100 g<sup>-1</sup>, tedy s celkovou diferencí 76,95 mg 100 g<sup>-1</sup>. Podložní substrát vykazoval obsah CaO v rozmezí 55,5–103,1 mg 100 g<sup>-1</sup> s ročním rozdílem 47,5 mg 100 g<sup>-1</sup>.

Největší rozdíl v obsahu přístupného CaO v průběhu roku byl zjištěn ve vrstvě povrchového humusu A<sub>0</sub> (256,2 mg 100 g<sup>-1</sup>). Ve spodních vrstvách půd se tyto rozdíly během roku zmenšovaly, takže glejový horizont měl diferencí v roce jen 76,9 mg 100 g<sup>-1</sup>.

Klasifikace obsahu přístupného CaO (podle J. Pelíška 1973): horizont A<sub>0</sub> má velmi dobré zásoby přístupného CaO, horizont A rovněž velmi dobré zásoby, horizont Ag vykázal dobré zásoby a glejový horizont G měl střední zásoby CaO.

Obsah přístupného CaO v jednotlivých ročních obdobích:

|                | jaro         | léto        | podzim       | zima         |
|----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| A <sub>0</sub> | 708,1–759,6  | 686,9–735,3 | 841,9–866,1  | 783,7–855,15 |
| A              | 213,0–240,05 | 244,2–283,8 | 336,7–387,20 | 331,1–355,8  |
| Ag             | 123,6–147,6  | 131,7–140,5 | 171,4–188,9  | 150,8–188,5  |
| G              | zatopeno     | 76,1–93,6   | 109,6–143,05 | 100,2–105,25 |

Obsah přístupného CaO v A<sub>0</sub> horizontu vykázal minimum v druhé polovině jara (duben + květen) a v první polovině léta (červen + červenec). V podzimních měsících se objevilo naopak zvýšení této složky. Výrazně se to projevilo zejména v horizontu A, méně pak v horizontu Ag. V jarních měsících a v první polovině léta tu byl zjištěn značný pokles přístupného CaO, v podzimním a zimním období vykázal obsah CaO výrazné zvýšení nebo akumulaci. Méně výrazně to bylo zjištěno i v glejovém horizontu.

Celkově možno říci, že v jarních měsících a v první polovině léta se objevil v těchto půdách pokles přístupného CaO, v podzimních a zimních měsících došlo naopak ke zvýšení obsahu přístupného CaO.

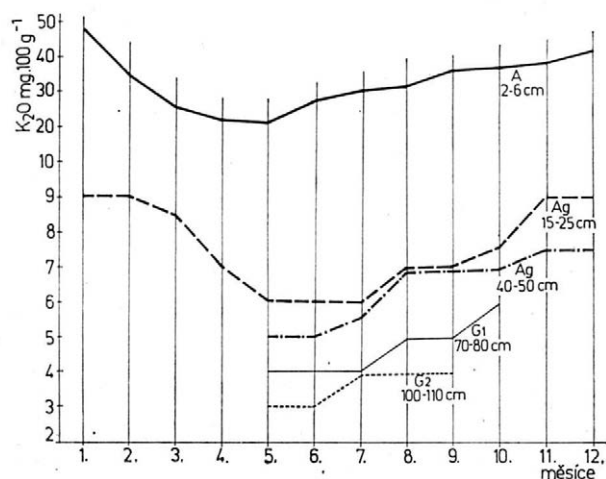
Změny v obsahu přístupného vápníku CaO v těchto semiglejových půdách možno dát do korelace s vývojem, resp. růstem lesního porostu a bylinné vegetace. Jarní a letní pokles přístupného CaO v půdě je asi podmíněn zvýšeným odběrem živin lesním porostem v souvislosti s tvorbou zelené a dřevní hmoty v tomto období.

Celková stratigrafie přístupného CaO je taková, že svrchní půdní vrstvy obsahují nejvíce přístupného CaO a do půdních spodin jeho obsah dosti výrazně klesá.

## PŘÍSTUPNÝ K<sub>2</sub>O

Vrstva povrchového humusu A<sub>0</sub> měla nejvyšší obsah K<sub>2</sub>O v celkovém ročním rozmezí 29,4–63,2 mg 100 g<sup>-1</sup>, tedy s ročním výkyvem 33,8 mg 100 g<sup>-1</sup>. V horizontu A bylo zjištěno celkové roční rozmezí přístupného K<sub>2</sub>O 8,1–13,9 mg 100 g<sup>-1</sup> s ročním výkyvem 5,8 mg 100 g<sup>-1</sup>. V oglejeném horizontu Ag bylo celkové rozmezí K<sub>2</sub>O 1,3–4,5 mg 100 g<sup>-1</sup> s ročním rozdílem 3,2 mg 100 g<sup>-1</sup>. Horizonty pohřbené pseudočernozemě obsahovaly K<sub>2</sub>O v ročním rozmezí 1,2–3,1 mg 100 g<sup>-1</sup> s rozdílem v roce 1,9 mg 100 g<sup>-1</sup>.

Glejový horizont G měl přístupného  $K_2O$  v ročním rozmezí 1,2–3,0 mg 100 g<sup>-1</sup> (rozdíl v roce 1,8 mg). Podložní substrát vykazoval obsah  $K_2O$  v ročním rozmezí 1,9–3,3 mg 100 g<sup>-1</sup> s ročním výkyvem 1,4 mg  $K_2O$ . Maximální výkyvy v obsahu přístupného  $K_2O$  během roku byly ve vrstvě povrchového humusu  $A_0$  33,8 mg 100 g<sup>-1</sup>. Do spodin se tyto roční



2. Graf roční dynamiky přístupného  $K_2O$  v semiglejové půdě lužního lesa jižní Moravy. — Graphical representation of annual dynamics of available  $K_2O$  in semigley soil of lowland forest in southern Moravia

rozdíly značně snižovaly, takže horizont G měl výkyv přístupného  $K_2O$  během roku jen 1,8 mg 100 g<sup>-1</sup>. Klasifikace obsahu přístupného  $K_2O$ : horizont  $A_0$  má velmi dobré zásoby  $K_2O$ , horizont A má střední zásoby a horizonty Ag a G mají jen slabé zásoby této přístupné živiny.

Průměrné obsahy připustného  $K_2O$  v jednotlivých ročních obdobích za období 1970–1972:

|       | jaro      | léto      | podzim    | zima      |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| $A_0$ | 32,4–34,4 | 29,4–34,3 | 42,2–59,1 | 46,6–63,2 |
| A     | 8,1–10,2  | 9,0–10,6  | 10,6–12,7 | 11,9–13,9 |
| Ag    | 1,9–2,3   | 2,3–2,8   | 3,3–3,8   | 4,3–4,5   |
| G     | zatopeno  | 1,2–1,8   | 1,1–2,1   | 2,6–2,8   |

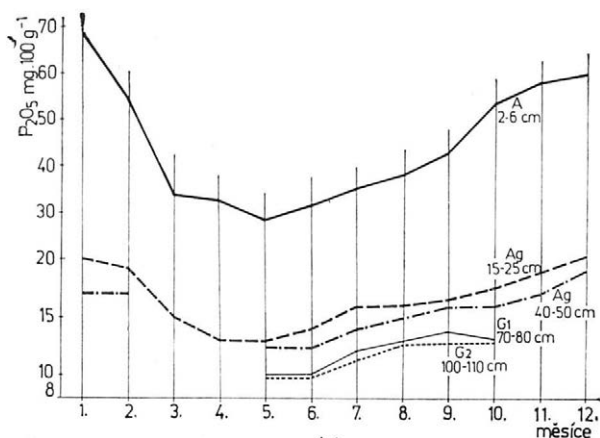
Obsah přístupného  $K_2O$  ve vrstvě povrchového humusu  $A_0$  vykázal nejnižší hodnoty v letních měsících. V podzimních a zejména pak v zimních měsících se objevily zvýšené obsahy této složky. Dosti dobře se to projevilo v podložním horizontu A a dalším horizontu Ag. Mírné rozdíly v jednotlivých ročních obdobích byly zjištěny v glejovém horizontu G.

Celkově možno konstatovat, že v jarních a letních měsících se objevuje v těchto půdách pokles přístupného  $K_2O$ , v podzimním a zejména v zimním období docházelo naopak ke zvýšení, resp. akumulaci přístupného  $K_2O$ .

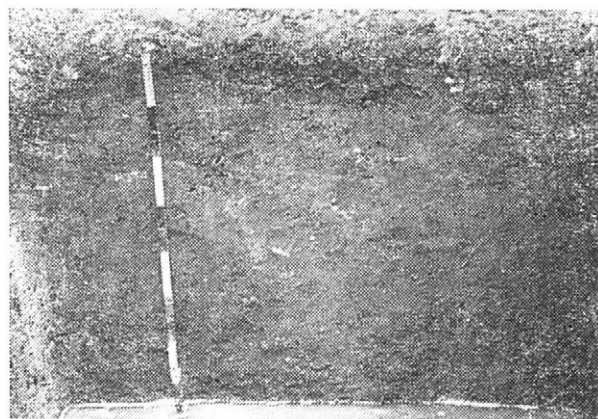
Jarní a letní pokles přístupného  $K_2O$  v těchto semiglejových půdách je hlavně podmíněn zvýšeným odběrem  $K_2O$  (i ostatních živin) lesním porostem a bylinnou vegetací pro tvorbu zelené a dřevní hmoty v těchto ročních obdobích. Celková stratigrafie přístupného  $K_2O$  je taková, že svrchní půdní vrstvy obsahují nejvíce přístupného  $K_2O$  a do půdních spodin se jeho obsah výrazně snižuje.

Také u této živiny byly stanovovány a zhodnocovány stejné hodnoty jako u přístupného  $CaO$  a  $K_2O$ .

Celkové roční rozmezí přístupného  $P_2O_5$  ve vrstvě povrchového humusu bylo zjištěno 14,36–19,79  $mg\ 100\ g^{-1}$  s ročním výkyvem, resp. rozdílem 5,4  $mg\ 100\ g^{-1}$ . V horizontu A bylo celkové roční rozmezí 5,65–8,97  $mg\ 100\ g^{-1}$  a v oglejeném horizontu A mělo roční celkové rozmezí hodnotu 2,32–3,86  $mg\ 100\ g^{-1}$  (výkyv 1,54  $mg\ 100\ g^{-1}$ ). V horizontech pohřbené pseudočernozemě bylo zjištěno celkové roční rozmezí 1,20–3,14  $mg\ 100\ g^{-1}$  s ročním výkyvem 1,94  $mg\ 100\ g^{-1}$ . Glejový horizont vykázal zvýšený obsah přístupného  $P_2O_5$  v celkovém ročním rozmezí 4,26–8,58  $mg\ 100\ g^{-1}$  a roční výkyv činí 4,32  $mg\ 100\ g^{-1}$ . Také podložní substrát měl dosti zvýšený obsah  $P_2O_5$  v ročním rozmezí 3,17–6,01  $mg\ 100\ g^{-1}$ .



3. Graf roční dynamiky přístupného  $P_2O_5$  v semiglejové půdě lužního lesa jižní Moravy. — Graphical representation of annual dynamics of available  $P_2O_5$  in semigley soil of lowland forest in southern Moravia



4. Semiglejová půda na aluviálních sedimentech řeky Dyje, jižní Morava. — Semigley soil on alluvial sediments of the Dyje river, southern Moravia

Největší výkyvy přístupného  $P_2O_5$  byly zjištěny ve vrstvě povrchového surového humusu (5,43  $mg\ 100\ g^{-1}$ ) a pak v glejovém horizontu (4,32  $mg\ 100\ g^{-1}$ ). Ve střední části profilů semiglejových půd jižní Moravy byly roční výkyvy v letech 1970–1972 podstatně nižší.

I. Zrnitostní složení semiglejových půd na pokusných plochách v lužním lese u Lednice na jižní Moravě. — The texture composition of semigley soils on the sample plots in a lowland forest near Lednice in southern Moravia

| Hloubka<br>cm | Horizont | Ø zrn v mm |            |                |               |              |
|---------------|----------|------------|------------|----------------|---------------|--------------|
|               |          | <0,002     | <0,01<br>% | 0,01–0,05<br>% | 0,05–0,1<br>% | 0,1–2,0<br>% |
| 3– 7          | A        | 20–24      | 62–66      | 16–20          | 3–5           | 6–10         |
| 15– 25        | Ag       | 20–24      | 61–65      | 10–14          | 4–6           | 8–12         |
| 35– 45        | Ag       | 18–23      | 63–66      | 14–16          | 5–8           | 8–14         |
| 50– 60        | A f      | 16–20      | 64–68      | 17–20          | 3–6           | 9–14         |
| 70– 80        | A f      | 15–20      | 62–65      | 20–22          | 3–5           | 10–15        |
| 90–100        | G        | 14–18      | 62–64      | 22–24          | 4–6           | 10–16        |
| 110–120       | G + D    | 12–15      | 44–48      | 18–22          | 2–4           | 15–20        |

II. Průměrné obsahy humusu v jednotlivých měsících během roku (z let 1970–1972)  
humus contents in individual months during a year (data from the period 1970–1972)

| Hloubka<br>cm | Horizont       | Leden | Únor  | Březen | Duben | Květen |
|---------------|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 1– 2          | A <sub>0</sub> | 49,7  | 49,95 | 55,1   | 48,2  | 48,15  |
| 3– 7          | A              | 14,3  | 13,32 | 10,07  | 9,53  | 9,54   |
| 15– 25        | Ag             | 3,60  | 3,56  | 3,20   | 3,41  | 3,26   |
| 35– 45        | Ag             | 2,10  | 2,19  | 2,37   | 2,49  | 2,00   |
| 50– 60        | A f            | 1,89  | 1,82  | 1,89   | 1,72  | 1,74   |
| 70– 80        | A f            | 1,63  | 1,63  | —      | —     | —      |
| 100–110       | G              | 0,84  | —     | —      | —     | —      |
| 120–130       | G + D          | —     | —     | —      | —     | —      |

Klasifikace obsahu přístupného P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> v semiglejových půdách: horizont A<sub>0</sub> vykázal střední zásoby P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, horizonty A, Ag a G obsahovaly celkem nízké zásoby této důležité rostlinné minerální živiny v přístupné formě.

Průměrné obsahy přístupného P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> v jednotlivých ročních obdobích za roky 1970–1972:

|                | jaro        | léto        | podzim      | zima        |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| A <sub>0</sub> | 17,53–18,95 | 16,29–18,48 | 14,36–16,38 | 17,50–19,79 |
| A              | 5,75– 6,73  | 5,65– 6,19  | 6,29– 7,62  | 7,59– 8,97  |
| Ag             | 2,38– 2,65  | 2,32– 3,37  | 3,25– 3,86  | 2,86– 3,80  |
| G              | zatopeno    | 4,26– 5,66  | 6,08– 6,83  | 8,39– 8,58  |



Obsah přístupného  $P_2O_5$  ve vrstvě povrchového humusu  $A_0$  se ukázal mírně snížený v podzimních měsících. V ostatních ročních obdobích byl obsah  $P_2O_5$  mírně zvýšený v dosti podrobných, resp. stejných hodnotách.

V podložním horizontu A se objevily nižší hodnoty přístupného  $P_2O_5$  v druhé polovině jarního období a v létě. V podzimních a zejména pak v zimních měsících se obsah  $P_2O_5$  zvýšil. Podobné poměry byly i v horizontech Ag, kde se nalézaly nejnižší hodnoty přístupného  $P_2O_5$ . V glejovém horizontu se objevilo výrazné zvýšení přístupného  $P_2O_5$  se zvyšující se tendencí do zimních měsíců. O dynamice přístupného  $P_2O_5$  během roku možno říci, že se v jarních a letních měsících projevil pokles  $P_2O_5$ , v podzimních a zimních měsících se naopak ukázalo zvýšení přístupného  $P_2O_5$ . Zajímavé je zvýšení obsahu  $P_2O_5$  v glejových horizontech ve spodinách těchto semiglejových půd.

Jarní a letní pokles  $P_2O_5$  v těchto půdách je také asi podmíněn zvýšeným odběrem této živiny lesním porostem a bylinnou vegetací pro tvorbu organické hmoty v těchto ročních obdobích.

v semiglejové půdě v lužním lese u Lednice na jižní Moravě (sonda 1). — Mean in semigley soil of a lowland forest near Lednice in southern Moravia (test pit 1)

| Červen | Červenec | Srpen | Září  | Říjen | Listopad | Prosinec |
|--------|----------|-------|-------|-------|----------|----------|
| 47,3   | 52,5     | 48,2  | 47,35 | 48,65 | 50,8     | 51,6     |
| 11,29  | 12,23    | 12,71 | 12,71 | 12,66 | 13,86    | 15,27    |
| 3,55   | 3,38     | 3,39  | 2,87  | 3,38  | 3,10     | 3,27     |
| 2,51   | 2,02     | 1,93  | 1,89  | 1,98  | 2,54     | 2,36     |
| 1,82   | 1,93     | 1,72  | 1,72  | 1,76  | 1,75     | 1,61     |
| 1,21   | 1,43     | 1,52  | 1,34  | 1,37  | 1,40     | 1,46     |
| 0,85   | 0,72     | 0,71  | 0,71  | 0,69  | 0,64     | 0,63     |
| 1,15   | 0,74     | 1,03  | 0,52  | 0,77  | 0,81     | 0,87     |

## VZÁJEMNÉ POMĚRY PŘÍSTUPNÝCH ŽIVIN A JEJICH DYNAMIKA

Speciální studie byla věnována vzájemným poměrům přístupných živin a jejich změnám během roku. V přístupných živinách vykazoval převážně nejnižší hodnoty  $P_2O_5$ , větší pak  $K_2O$  a nejvyšší pak  $CaO$ . Proto byl obsah přístupného  $P_2O_5$  položen jako hodnota 1, takže pak poměry přístupných živin byly  $P_2O_5 : K_2O : CaO$ . Tyto vzájemné vztahy a jejich roční dynamika byla posuzována vždy pro jednotlivé půdní vrstvy. Pro rámcové hodnocení vzájemných poměrů živin byly použity termíny „užší poměr“ a „širší poměr“. Celková rozmezí vzájemných poměrů uvedených živin jsou obsažena v tabulkách I – VIII.

III. Složení humusu (frakcionace) a jeho změny v roce v semiglejové půdě (sonda č. 1) v lužním lese u Lednice na jižní Moravě. Poměry  $C_1 : C_2$  a  $C_{1f} : C_{1h}$ . — Humus composition (fractionation) and its changes during a year in semigley soil in a lowland forest near Lednice in southern Moravia. Ratios:  $C_1 : C_2$  and  $C_{1f} : C_{1h}$

|                   | Horizont | Únor    | Červen  | Srpen   | Září    | Říjen   | Prosinec | Roční rozmezí     |
|-------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------------|
| $C_1 : C_2$       | $A_0$    | 75 : 25 | 79 : 21 | 75 : 25 | 69 : 31 | 77 : 23 | 78 : 22  | (69–79) : (21–31) |
|                   | A        | 74 : 26 | 69 : 31 | 76 : 24 | 65 : 35 | 74 : 26 | 79 : 21  | (65–79) : (21–35) |
|                   | Ag       | 69 : 31 | 62 : 38 | 78 : 22 | 56 : 44 | 77 : 23 | 64 : 36  | (56–78) : (22–44) |
|                   | Ag       | 65 : 35 | 62 : 38 | 54 : 46 | 57 : 43 | 73 : 27 | 60 : 40  | (54–73) : (27–46) |
|                   | A f      | 45 : 55 | 50 : 50 | 41 : 59 | 35 : 65 | 38 : 62 | 42 : 58  | (35–65) : (35–65) |
|                   | A f      | 18 : 82 | 28 : 72 | 33 : 67 | 19 : 81 | 65 : 35 | 20 : 80  | (18–33) : (67–82) |
|                   | G        | 25 : 75 | 30 : 70 | 32 : 68 | 33 : 67 | 50 : 50 | 29 : 71  | (25–33) : (67–75) |
| $C_{1f} : C_{1h}$ | $A_0$    | 54 : 46 | 58 : 42 | 61 : 39 | 63 : 37 | 60 : 40 | 56 : 44  | (54–63) : (37–46) |
|                   | A        | 52 : 48 | 52 : 48 | 48 : 52 | 52 : 48 | 64 : 36 | 46 : 54  | (48–64) : (37–48) |
|                   | Ag       | 89 : 11 | 83 : 17 | 50 : 50 | 84 : 16 | 86 : 14 | 68 : 32  | (68–89) : (11–32) |
|                   | Ag       | 82 : 18 | 86 : 14 | 82 : 18 | 86 : 14 | 88 : 12 | 83 : 17  | (82–88) : (12–18) |
|                   | A f      | 77 : 23 | 83 : 17 | 89 : 11 | 88 : 12 | 75 : 25 | 81 : 19  | (77–89) : (11–23) |
|                   | A f      | 80 : 20 | 75 : 25 | 67 : 33 | 80 : 20 | 85 : 15 | 80 : 20  | (67–85) : (15–33) |
|                   | G        | 75 : 25 | 80 : 20 | 50 : 50 |         | 100 : — | 78 : 18  | (75–80) : (20+25) |

IV. Složení humusu (frakcionace) a jeho změny v roce v semiglejové půdě v lužním lese u Lednice na jižní Moravě. Poměry  $C_{2f} : C_{2h}$  a  $C_{1f} : C_{2f}$ . — Humus composition (fractionation) and its changes during a year in semigley soil in a lowland forest near Lednice in southern Moravia. Ratios  $C_{2f} : C_{2h}$  and  $C_{1f} : C_{2f}$

|                   | Horizont | Únor    | Červen  | Srpen   | Září    | Říjen   | Prosinec | Roční rozmezí     |
|-------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------------|
| $C_{2f} : C_{2h}$ | $A_0$    | 59 : 41 | 45 : 55 | 29 : 71 | 43 : 57 | 25 : 65 | 30 : 70  | (25–43) : (57–71) |
|                   | A        | 30 : 70 | 25 : 75 | 37 : 63 | 50 : 50 | 36 : 64 | 29 : 71  | (25–36) : (64–75) |
|                   | Ag       | 25 : 75 | 36 : 64 | 50 : 50 | 45 : 55 | 25 : 75 | 25 : 75  | (15–45) : (55–75) |
|                   | Ag       | 17 : 83 | 40 : 60 | 27 : 73 | 18 : 82 | 22 : 78 | 37 : 63  | (17–40) : (60–82) |
|                   | A f      | 47 : 53 | 42 : 58 | 28 : 72 | 14 : 86 | 33 : 67 | 30 : 70  | (14–42) : (58–86) |
|                   | A f      | 33 : 67 | 22 : 78 | 33 : 67 | 20 : 80 | 29 : 71 | 25 : 75  | (20–33) : (67–80) |
|                   | G        | 30 : 70 | 32 : 68 | 25 : 75 | 50 : 50 | 50 : 50 | 30 : 70  | (25–50) : (50–75) |
| $C_{1f} : C_{2f}$ | $A_0$    | 74 : 26 | 83 : 17 | 74 : 26 | 71 : 29 | 76 : 24 | 86 : 14  | (71–84) : (16–29) |
|                   | A        | 83 : 17 | 83 : 17 | 71 : 29 | 65 : 35 | 84 : 16 | 84 : 16  | (65–84) : (16–35) |
|                   | Ag       | 73 : 27 | 78 : 22 | 78 : 22 | 66 : 34 | 77 : 23 | 86 : 14  | (66–86) : (14–34) |
|                   | Ag       | 80 : 20 | 73 : 27 | 83 : 17 | 86 : 14 | 75 : 25 | 82 : 18  | (73–86) : (14–27) |
|                   | A f      | 59 : 41 | 67 : 33 | 89 : 11 | 78 : 22 | 57 : 43 | 72 : 28  | (57–89) : (11–43) |
|                   | A f      | 22 : 78 | 40 : 60 | 50 : 50 | 33 : 67 | 69 : 31 | 42 : 58  | (22–42) : (58–78) |
|                   | G        |         | 35 : 65 | 40 : 60 | 40 : 60 | 33 : 67 | 40 : 60  | (33–40) : (60–67) |

V. Složení humusu (frakcionace) a jeho změny v roce v semiglejové půdě v lužním lese u Lednice na jižní Moravě. Poměry  $C_{1h} : C_{2h}$ ,  $C_{f1} + 2 : C_{h1} + 2$  a  $(C_{f1} + 2 + C_{h1} + 2) : N_z$ . — Humus composition (fractionation) and its changes during a year in semigley soil in a lowland forest near Lednice in southern Moravia. Ratios  $C_{1h} : C_{2h}$ ,  $C_{f1} + 2 : C_{h1} + 2$  and  $(C_{f1} + 2 + C_{h1} + 2) : N_z$

|                                   | Horizont       | Únor    | Červen  | Srpen   | Září    | Říjen   | Prosinec | Roční rozmezí     |
|-----------------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|-------------------|
| $C_{1h} : C_{2h}$                 | A <sub>0</sub> | 77 : 23 | 73 : 27 | 82 : 18 | 64 : 24 | 79 : 21 | 68 : 32  | (64–82) : (18–34) |
|                                   | A              | 66 : 34 | 59 : 41 | 82 : 18 | 63 : 37 | 61 : 39 | 72 : 28  | (61–82) : (18–39) |
|                                   | Ag             | 50 : 50 | 30 : 70 | 78 : 22 | 31 : 69 | 37 : 63 | 62 : 38  | (62–78) : (22–38) |
|                                   | Ag             | 28 : 72 | 30 : 70 | 19 : 81 | 18 : 82 | 40 : 60 | 30 : 70  | (18–40) : (60–82) |
|                                   | A'f            | 27 : 73 | 22 : 78 | 18 : 82 | 18 : 82 | 33 : 67 | 25 : 75  | (18–27) : (73–82) |
|                                   | A''f           | 12 : 88 | 12 : 88 | 20 : 80 | 11 : 89 | 30 : 70 | 20 : 80  | (11–30) : (70–89) |
|                                   | G              | 10 : 80 | 14 : 86 | 25 : 75 | — : 100 | — : 100 | 14 : 86  | (10–25) : (75–90) |
| $C_{f1} + 2 : C_{h1} + 2$         | A <sub>0</sub> | 56 : 44 | 55 : 45 | 63 : 37 | 61 : 39 | 61 : 39 | 54 : 49  | (54–63) : (37–49) |
|                                   | A              | 54 : 46 | 56 : 44 | 51 : 48 | 52 : 48 | 57 : 43 | 58 : 42  | (52–58) : (42–48) |
|                                   | Ag             | 85 : 15 | 65 : 35 | 50 : 50 | 71 : 29 | 83 : 17 | 55 : 45  | (65–85) : (15–35) |
|                                   | Ag             | 59 : 41 | 72 : 28 | 48 : 52 | 56 : 44 | 85 : 15 | 59 : 41  | (59–85) : (15–41) |
|                                   | A'f            | 61 : 39 | 62 : 38 | 41 : 59 | 41 : 59 | 30 : 70 | 56 : 44  | (56–62) : (38–44) |
|                                   | A''f           | 31 : 69 | 38 : 62 | 44 : 59 | 25 : 75 | 20 : 80 | 30 : 70  | (25–44) : (56–75) |
|                                   | G              | 37 : 63 | 31 : 69 | 33 : 67 | 33 : 67 | 25 : 75 | 35 : 65  | (31–37) : (63–69) |
| $(C_{f1} + 2 + C_{h1} + 2) : N_z$ | A <sub>0</sub> | 28 : 72 | 29 : 71 | 16 : 84 | 29 : 71 | 25 : 75 | 32 : 68  | (16–25) : (65–75) |
|                                   | A              | 43 : 57 | 42 : 58 | 42 : 58 | 37 : 63 | 43 : 57 | 42 : 58  | (37–42) : (58–63) |
|                                   | Ag             | 35 : 65 | 37 : 63 | 36 : 64 | 34 : 66 | 34 : 66 | 36 : 64  | (34–37) : (63–66) |
|                                   | Ag             | 34 : 66 | 37 : 63 | 35 : 65 | 28 : 72 | 29 : 71 | 32 : 68  | (28–37) : (63–72) |
|                                   | A'f            | 33 : 67 | 28 : 72 | 27 : 73 | 26 : 74 | 13 : 87 | 25 : 75  | (13–33) : (67–87) |
|                                   | A''f           | 33 : 67 | 18 : 82 | 12 : 88 | 16 : 84 | 26 : 74 | 27 : 73  | (12–33) : (67–88) |
|                                   | G              | 30 : 70 | 20 : 80 | 19 : 81 | 21 : 79 | 12 : 88 | 24 : 76  | (12–30) : (70–88) |

VI. Obsah humusu v kg na ha (1970—1972) v semiglejové půdě na aluviu řeky Dyje in semigley soil on alluvium of the Dyje river in a lowland forest near Lednice

| Hloubka<br>cm | Horizont | Měsíce  |         |        |         |        |
|---------------|----------|---------|---------|--------|---------|--------|
|               |          | 1.      | 2.      | 3.     | 4.      | 5.     |
| 2— 8          | A        | 101 528 | 100 019 | 86 230 | 74 019  | 69 286 |
| 8— 30         | Ag       | 105 481 | 101 158 | 96 547 | 102 311 | 93 953 |
| 30— 50        | Ag       | 71 050  | 69 020  | 75 110 | 57 420  | 66 410 |
| 50— 70        | A'f      | 63 600  | 60 600  | 61 200 | 51 600  | 57 000 |
| 70— 90        | A''f     | 53 504  | 44 992  | —      | —       | —      |
| 90—115        | G        | 34 540  | —       | —      | —       | —      |

Poměry  $P_2O_5 : K_2O$  vykazaly širší rozmezí hlavně v zimním období a ve svrchních horizontech také v podzemních měsících. Užší rozmezí mezi těmito dvěma živinami bylo zjištěno hlavně v jarním a letním období. Možno se domnívat, že jsou tu opět určité korelace s růstovými procesy, a to zejména s tvorbou asimilačních orgánů. Užší poměr je asi indikátorem zvýšeného odběru jedné živiny oproti druhé.

Podobné vzájemné poměry v průběhu roku byly zjištěny také u hodnot  $P_2O_5 : CaO$ . Širší rozmezí bylo ve svrchních vrstvách v podzemních a zimních měsících, užší vztahy pak v jarním a letním období. Také zde možno dát užší poměr do korelace se zvýšeným odběrem přístupného  $CaO$  z půdy

VII. Úplné chemické složení semiglejové půdy (sonda 1) v lužním lese u Lednice na jižní Moravě. — A complete chemical composition of semigley soil (test pit 1) in a lowland forest near Lednice in southern Moravia

| Sloučeniny     | Horizonty a hloubka v cm |             |             |              |               |              |                  |
|----------------|--------------------------|-------------|-------------|--------------|---------------|--------------|------------------|
|                | A<br>3—7                 | Ag<br>15—25 | Ag<br>35—45 | A'f<br>50—60 | A''f<br>70—80 | G<br>100—110 | G + D<br>120—130 |
| $SiO_2$        | 59,07                    | 62,88       | 65,65       | 66,17        | 65,68         | 70,78        | 74,71            |
| $Al_2O_3$      | 12,66                    | 15,35       | 14,49       | 14,30        | 14,68         | 12,83        | 11,57            |
| $Fe_2O_3$      | 4,96                     | 6,35        | 6,17        | 6,02         | 6,20          | 5,70         | 4,08             |
| $TiO_2$        | 0,65                     | 0,77        | 0,77        | 0,76         | 0,76          | 0,63         | 0,45             |
| $MnO$          | 0,07                     | 0,10        | 0,15        | 0,20         | 0,14          | 0,15         | 0,09             |
| $CaO$          | 1,31                     | 1,03        | 0,97        | 1,04         | 1,18          | 0,99         | 0,78             |
| $MgO$          | 1,48                     | 1,79        | 1,51        | 1,47         | 1,67          | 1,41         | 0,97             |
| $K_2O$         | 2,11                     | 2,29        | 2,18        | 2,06         | 1,99          | 2,38         | 2,44             |
| $Na_2O$        | 0,85                     | 0,89        | 1,04        | 1,04         | 0,94          | 1,25         | 1,35             |
| $P_2O_5$       | 0,29                     | 0,21        | 0,14        | 0,11         | 0,09          | 0,09         | 0,14             |
| $SO_3$         | 0,02                     | 0,01        | 0,02        | 0,01         | 0,01          | 0,02         | 0,02             |
| Ztráta žiháním | 16,23                    | 8,04        | 7,11        | 6,57         | 6,44          | 4,02         | 3,42             |
| $H_2O +$       | (4,78)                   | (4,94)      | (4,14)      | (4,35)       | (4,73)        | (3,38)       | (2,44)           |
| $H_2O -$       | (3,29)                   | (3,13)      | (3,52)      | (3,69)       | (4,01)        | (2,66)       | (1,98)           |
| E              | 99,68                    | 99,70       | 100,18      | 99,74        | 99,77         | 100,23       | 100,00           |

| Měsíce  |         |         |        |        |        |        |        |
|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6.      | 7.      | 8.      | 9.     | 10.    | 11.    | 12.    | průměr |
| 78 890  | 89 180  | 90 895  | 93 090 | 76 695 | 87 671 | 94 119 | 86 779 |
| 103 176 | 105 769 | 100 582 | 89 630 | 93 377 | 95 106 | 97 412 | 98 853 |
| 74 530  | 71 630  | 64 380  | 63 220 | 64 380 | 56 550 | 73 370 | 67 280 |
| 61 800  | 61 800  | 59 400  | 56 100 | 59 400 | 57 900 | 54 000 | 58 800 |
| 45 296  | 47 120  | 48 640  | 44 080 | 45 296 | 45 600 | 46 816 | 46 816 |
| 37 288  | 32 185  | 32 185  | 38 465 | 28 653 | 26 690 | 30 223 | 32 578 |

porostem v jarním a letním období. Ve spodinách půd byly vzájemné poměry těchto živin během roku dosti vyrovnané.

Získané výsledky ukazují, že na dynamiku uvedených přístupných živin v těchto půdách lužních lesů má značný vliv odběr živin porostem. Mimoto možno uvažovat také proces humifikace, koloběh živin a vliv podzemních vod s druhotným přínosem živin.

#### VZÁJEMNÉ POMĚRY SUMY PŘÍSTUPNÝCH ŽIVIN A OKAMŽITÉ PŮDNÍ VLHKOSTI

Roční dynamika vzájemných vztahů mezi přístupnými živinami a momentní vlhkostí má značný význam pedogenetický a zejména pak význam ekologický z hlediska výživy lesních porostů.



5. Jarní aspekt lužního lesa s povrchovou záplavou v oblasti jižní Moravy, Lednice. — The spring aspect of lowland forest with surface flood in the area of southern Moravia, Lednice

6. Letní aspekt lužního lesa v plném vegetačním rozvoji v oblasti jižní Moravy, Lednice. — The summer aspect of lowland forest in its full vegetation development in the area of southern Moravia, Lednice

VIII. Obsah  $P_2O_5$  (mg 100 g<sup>-1</sup>) ve vodním výluhu během roku v semiglejové půdě extract during a year in semigley soil in a lowland forest near Lednice in southern

| Hloubka<br>cm | Horizont       | Leden | Únor | Březen | Duben | Květen |
|---------------|----------------|-------|------|--------|-------|--------|
| 1— 2          | A <sub>0</sub> | 0,80  | 0,90 | 0,70   | 0,60  | 0,50   |
| 2— 8          | A              | 0,70  | 0,60 | 0,30   | 0,20  | 0,10   |
| 15— 25        | Ag             | 0,08  | 0,06 | 0,03   | 0,02  | 0,02   |
| 35— 45        | Ag             | 0,02  | 0,02 | 0,02   | 0,03  | 0,02   |
| 50— 70        | A'f            | 0,02  | 0,02 | 0,02   | —     | 0,01   |
| 80— 90        | A'f            | 0,02  | 0,01 | 0,01   | —     | 0,01   |
| 100—110       | G              | 0,01  | 0,01 | —      | —     | —      |
| 115—125       | G + D          | 0,01  | 0,01 | —      | —     | —      |

Nejužší poměry byly tu zjištěny v letních a podzimních měsících, nejširší poměry pak na jaře a v zimě. V profilech od shora dolů byly nejužší vztahy ve svrchních půdních vrstvách (horizonty A), nejširší pak v podložních oglejených horizontech Ag a do bazálních glejových horizontů se tyto poměry opět zužovaly.

Změny vzájemných poměrů přístupných živin a okamžité půdní vlhkosti ukazují také na změny v koncentracích vodních (půdních) roztoků v profilech během roku. V povrchových půdních vrstvách jsou změny v koncentracích půdních roztoků během roku největší, ve spodinách vykazují jen menší změny. Možno říci, že tyto vzájemné vztahy přístupných živin a okamžité půdní vlhkosti a jejich dynamika je ovlivňována zejména výškou hladiny podzemní vody, povrchovými záplavami, odběrem lesním porostem a půdní vegetací a rovněž i výparem.

## REŽIM MINERÁLNÍCH ŽIVIN VE VODNÍM VÝLUHU

Poznání režimu minerálních živin ve vodním výluhu z půdy má zejména význam ekologický, neboť jde o živiny, které může lesní porost a půdní vegetace okamžitě přijmout. U těchto vodorozpustných živin byla studována zejména tato problematika:

1. obsah vodorozpustných živin  $CaO + K_2O + P_2O_5$  a jejich dynamika během roku,
2. vzájemné poměry jednotlivých živin a jejich dynamika během ročního období.

### VODOROZPUSTNÝ $CaO$

Svrchní vrstva povrchového humusu měla největší množství tohoto  $CaO$  v rozmezí 16,8–25,4 mg 100 g<sup>-1</sup>. V jarních a letních měsících jsou zde zvýšené obsahy, v období podzimu a zimy naopak dochází k poklesu. Horizont A obsahoval  $CaO$  během roku v rozmezí 4,0–7,9 mg 100 g<sup>-1</sup>.



| Červen | Červenec | Srpen | Září | Říjen | Listopad | Prosinec |
|--------|----------|-------|------|-------|----------|----------|
| 0,40   | 0,30     | 0,30  | 0,40 | 0,60  | 0,80     | 0,80     |
| 0,03   | 0,07     | 0,06  | 0,08 | 0,10  | 0,30     | 0,40     |
| 0,02   | 0,01     | 0,02  | 0,03 | 0,04  | 0,06     | 0,09     |
| 0,01   | 0,01     | 0,02  | 0,02 | 0,02  | 0,02     | 0,03     |
| 0,02   | 0,02     | 0,02  | 0,03 | 0,04  | 0,08     | 0,02     |
| 0,02   | 0,02     | 0,02  | 0,01 | 0,02  | 0,02     | 0,02     |
| —      | —        | 0,01  | 0,01 | 0,01  | 0,02     | 0,02     |
| —      | —        | —     | 0,02 | 0,01  | 0,02     | 0,01     |

V jarním a letním období byly zjištěny nižší obsahy (4–5,9 mg 100 g<sup>-1</sup>), mírné zvýšení bylo na podzim a v zimě (5,1–7,9 mg 100 g<sup>-1</sup>). Oglejený horizont Ag obsahoval ve svrchní části 1,9–2,9 mg 100 g<sup>-1</sup>, ve spodní části 1,6–3,0 mg 100 g<sup>-1</sup>. Oproti nadložnímu horizontu A je tu snížení obsahu CaO s malými výkyvy během roku. Podložní vrstva pohřbené pseudočernozemě vykazala podstatné zvýšení obsahu vodorozpustného CaO, a to v rozmezí 5,6–9,4 mg 100 g<sup>-1</sup>. Bazální horizont G obsahoval mírně snížené obsahy vodorozpustného CaO v rozmezí 4,0–6,2 mg 100 g<sup>-1</sup> a s malými výkyvy během roku.

Podle stratigrafie tohoto profilu CaO měl horizont A<sub>0</sub> maximální obsahy tohoto CaO a podložní minerální vrstvy ho obsahovaly jen asi 1/4–1/5 tohoto množství.

#### VODOROZPUSTNÝ K<sub>2</sub>O

Tento K<sub>2</sub>O je obsažen v největším množství ve vrstvě povrchového humusu, v podložních minerálních horizontech byl zjištěn jen v malých kvantech. Povrchový horizont A<sub>0</sub> obsahoval vodorozpustného K<sub>2</sub>O 5,0–11,3 mg 100 g<sup>-1</sup>. Největší množství bylo zde zjištěno v období podzimním, zimním a jarním, nejméně pak v období letním. Horizont A obsahoval K<sub>2</sub>O jen 0,2–0,8 mg 100 g<sup>-1</sup>, horizont Ag 0,02–0,1 mg 100 g<sup>-1</sup> a horizonty Af a G jen 0,02–0,05 mg 100 g<sup>-1</sup>. Výrazně zde ubývá vodorozpustný K<sub>2</sub>O od svrchních vrstev do spodin (vliv humusu a celkové cykličnosti této živiny ve svrchních půdních vrstvách).

#### VODOROZPUSTNÝ P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Vodorozpustný P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, resp. vodorozpustné fosfáty, byly zjištěny v těchto semiglejových půdách jen v malých množstvích.

Nejvíce tohoto P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bylo v horizontu A<sub>0</sub>, a to v rozmezí 0,3–0,9 mg 100 g<sup>-1</sup> s výraznější roční dynamikou změn. Maximum P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bylo v období

podzim + zima (jaro v rozmezí 0,5–0,9 mg 100 g<sup>-1</sup>, minimum pak v létě 0,3–0,4 mg 100 g<sup>-1</sup>). Horizont A obsahoval tohoto P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,3–0,7 s maximum v zimě 0,4–0,7 a s minimum v létě 0,03–0,07 mg 100 g<sup>-1</sup>. Horizont Ag obsahoval jen 0,01–0,09 mg 100 g<sup>-1</sup>, horizont Af 0,01–0,08 a glejový horizont jen 0,01–0,02 mg 100 g<sup>-1</sup>.

Vodorozpustný P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> má výraznou stratigrafii s maximálními obsahy ve svrchních vrstvách a s rychlým ubýváním do spodu. Během roku jsou pak nejmenší obsahy P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> hlavně v letních měsících (zvýšený odběr vegetací).

#### VZÁJEMNÉ POMĚRY VODOROZPUSTNÝCH ŽIVIN

Vzájemné poměry P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O bylo možno opět vyjádřit ve formě širokého nebo úzkého vztahu.

V horizontu A byl široký poměr těchto živin na jaře (1 : 21–25) a úzký poměr v období podzimu a zimy (1 : 2, 2–5, 7).

V oglejeném horizontu Ag byl nalezen široký poměr pro období jarní a zimní (1 : 8–12,7) a úzký pro léto a podzim (1 : 1,8–2,6). V podloží horizontech Af a G převládaly úzké poměry (1 : 1, 6–5). Mnohem širší poměry byly pak nalezeny ve vztazích P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : CaO. V horizontu A byl zjištěn maximální poměr vodorozpustného P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : CaO pro období jarní a letní (1 : 132–193), užší poměr pak pro podzim a zimu (1 : 97–122). V horizontu Ag se objevil maximální poměr těchto vodorozpustných živin rovněž pro jarní a letní měsíce v rozmezí 1 : 134–137 a dosti úzký vztah pro podzim 1 : 72–112. V glejovém horizontu byly zjištěny dosti široké vztahy, a to 1 : 233–297.

Celkově možno říci, že poměry vodorozpustných živin P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : CaO se do spodin semiglejových půd jižní Moravy výrazně zvyšují.

#### ZÁVĚR

Studie obsahuje výsledky vědeckovýzkumných prací o dynamice živin v semiglejových půdách v lužních lesích jižní Moravy v letech 1970–1972. Výzkumný objekt s pokusnými plochami na jižní Moravě je v nadmořské výšce 170 m na dolním toku řeky Dyje. Roční množství srážek je 524 mm a roční teplotní průměr 9,0 °C. Semiglejové půdy na aluviálních náplavech řeky Dyje jsou jílovité s obsahem jílu 60–68 %, mocnost je 100–120 cm a v podloží je štěrková terasa.

Reakce pH–H<sub>2</sub>O svrchních vrstev je převážně neutrální (pH 6,4–6,9), spodiny jsou neutrální až mírně alkalické (pH–H<sub>2</sub>O 7,1–7,7). Obsah humusu je ve svrchních vrstvách 10–15 % a ve spodinách 1,8–3,6 %.

U přístupných živin CaO + K<sub>2</sub>O + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (výluh 1 % kyselinou citrónovou) byl studován celkový stav živin a jeho dynamika, vzájemné poměry přístupných živin, vzájemné vztahy přístupných živin a celkové momentní půdní vlhkosti.

Obsah přístupného CaO je nejvyšší ve svrchních půdních vrstvách a do spodin ubývá. Roční dynamika CaO vykazuje pokles obsahu přístupného CaO v jarních měsících a počátkem léta a zvýšení CaO na podzim a v zimě. Obsah přístupného K<sub>2</sub>O a P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> má shodnou dynamiku s obsahy

CaO. Jarní a letní poklesy obsahů živin jsou podmíněny zvýšeným odběrem vegetací.

Vzájemné vztahy celkové sumy přístupných živin a okamžité půdní vlhkosti ukazují, že úzké vztahy jsou v letních a podzimních měsících a širší vztahy na jaře a v zimě.

U režimu minerálních živin ve vodním výluhu byl studován jejich obsah a dynamika během roku a vzájemné poměry jednotlivých živin ( $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5$ ) během roku. Zvýšené obsahy vodorozpustných živin byly zjištěny v jarních a letních měsících. Svrchní půdní vrstvy vykazovaly vždy maximální obsahy těchto živin, půdní spodiny naopak minimální.

Výsledky z let 1970–1972 ukazují na výraznou dynamiku přístupných a vodorozpustných minerálních živin ( $\text{Ca} + \text{K} + \text{P}$ ) během roku a tyto změny možno dát do korelací s ročním cyklem vývoje lesního porostu a půdní vegetace.

Došlo dne 26. 5. 1975

## Literatura

1. BERTA, J.: Waldgesellschaften und Bodenverhältnisse in der Theistiefebene. Bratislava SAV, 1970
2. JURKO, A.: Pôdne-ekologické pomery a lesné spoločenstvá Podunajskej nížiny. SAV, Bratislava 1958
3. MEZERA, A.: Lesy a lesní rostlinná spoločenstva Dolnomoravského úvalu a jihozápadních výběžků Bílých Karpat. Lesnická práce, 1944, č. 23, s. 206–218
4. MEZERA, A. — SAMEK, V.: Lužní lesy na pooderských nivách. Přírodověd. sborník Ostravského kraje, Opava, 1954, č. 15
5. PELÍŠEK, J.: Půdy lužních lesů jižní Moravy. Československý les 1948, Praha, č. 15/16
6. PELÍŠEK, J.: Půdy lužních dubin dolního Pomoraví. Lesnická práce 1949, č. 4/5
7. PELÍŠEK, J.: Stanovištní půdní typy v lužních lesích Slovenského Podunají. Čs. les, Praha 1951, č. 22
8. PELÍŠEK, J.: Charakteristika půd lužních lesů slovenského Podunají Sborník čs. akad. zeměd., Praha 1952
9. PELÍŠEK, J.: K charakteristice půd lužních lesů východního Slovenska. Lesnický časopis SAV, Bratislava 1959, č. 1
10. PELÍŠEK, J.: Lesnické půdoznalství, Praha 1964
11. PELÍŠEK, J.: An ecological Research of Soil Environment conducted in the Lowland Forest Region near Lednice, South Moravia, in 1968–69. Productivity of terrestrial ecosystems production processes, Rep No 1, Praha 1970, str. 23–26

## Динамика питательных веществ в почвах пойменных лесов южной Моравии

Настоящая работа содержит результаты научного исследования о динамике питательных веществ в полуглеевых почвах пойменных лесов южной Моравии в период 1970–1972 годов. Исследуемые опытные участки находятся на высоте 170 м над уровнем моря в нижнем течении реки Дые. Годовая сумма осадков составляет 524 мм и среднегодовая температура  $9,0^{\circ}\text{C}$ . Полуглеевые почвы на аллювиальных наносах реки Дые носят илистый характер и содержание ила в них составляет 60–68 %, мощность почвенного слоя равна 100–120 см, а почвенной подошве щебневая терраса.

Реакция  $\text{pH}-\text{H}_2\text{O}$  верхних слоев преимущественно нейтральная ( $\text{pH}$  6,4–6,9), грунт нейтральный и даже умеренно щелочной ( $\text{pH}-\text{H}_2\text{O}$  7,1–7,7). В верхних слоях содержится 10–15 % гумуса, а в грунте 1,8–3,6 %.

У доступных питательных веществ  $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5$  (экстракт 1 % лимонной кислоты) изучались их общее состояние и динамика, взаимоотношения доступных питательных веществ и общая моментальная влажность почвы.

Наивысшее содержание  $\text{CaO}$  было в верхних почвенных слоях, по направлению вглубь грунта оно понижалось. Годовая динамика  $\text{CaO}$  указывает на снижение содержания  $\text{CaO}$  в весенние месяцы и в начале лета и на повышение содержания  $\text{CaO}$  осенью и зимой.

Содержание доступных  $K_2O$  и  $P_2O_5$  имеет одинаковую динамику и одинаковое содержание  $CaO$ . Весеннее и летнее снижение содержания питательных веществ обусловлено повышенным их потреблением самими растениями.

Взаимоотношение общей суммы доступных питательных веществ и моментальной почвенной влажности показывают на более тесные отношения в летние и осенние месяцы и на более широкие весной и зимой.

У режима минеральных питательных веществ в водном экстракте изучались их содержание и динамика в течение года и изучались взаимоотношения отдельных питательных веществ ( $CaO + K_2O + P_2O_5$ ) в течение года. Повышенное содержание водорастворимых питательных веществ было установлено в весенние и летние месяцы. Верхние почвенные слои всегда показывают максимальное содержание данных питательных веществ, тогда как подпочвенная подошва, наоборот, минимальное.

Результаты за период 1970—1972 годов показывают отчетливую динамику доступных и водорастворимых минеральных питательных веществ ( $Ca + K + P$ ) в течение года и эти данные можно привести во взаимозависимость с годичным циклом развития лесного насаждения и почвенной вегетации.

## Dynamics of Nutrients in Soils of Floodplain Forests in South Moravia

This paper presents the results of studies made in 1970—1972 on the dynamics of nutrients in semigley soils of floodplain forests in South Moravia. The research object with experimental plots is situated on the lower Dyje river; its altitude is 170 m, and the mean precipitation and temperature are 524 mm and 9.0 °C, respectively. The semigley soils on alluvial sediments are of a clayey character (clay content 60 to 68 %) and they are 100 to 120 cm. deep. Beneath them there is a gravel terrace.

The surface layers show a predominantly neutral pH- $H_2O$  (6.4 to 6.9), the parent material is neutral to slightly alkaline (pH- $H_2O$  7.1 to 7.7). The humus content in surface layers and subsoil horizons is 10 to 15 and 1.8 to 3.6 %, respectively.

As to the available nutrients  $CaO + K_2O + P_2O_5$  (1 % citric acid eluate), the total content and dynamics of nutrients, the ratio of available nutrients, and their relationships to the total soil moisture content were investigated.

The highest content of available  $CaO$  was found in the surface soil layers with a decreasing gradient towards the parent material. The annual dynamics of  $CaO$  showed a decrease during the spring months and in early summer followed by an increase in autumn and winter. Contents of available  $K_2O$ s and  $P_2O_5$ s showed similar dynamics. Spring and summer declines were due to increased uptakes by vegetation.

Relationships between the total sum of available nutrients and the effective soil moisture indicate close dependences in summer and autumn months and wider ones in spring and winter.

As far as the régime of mineral nutrients in water eluate is concerned, their contents and dynamics as well as their ratios ( $CaO + K_2O + P_2O_5$ ) during a year were studied. Increased contents of water-soluble nutrients were found during the spring and summer and summer months. The surface soil layers showed the maximum values, the parent material the minimum ones.

The results obtained in 1970—1972 indicate a marked dynamics of available and water-soluble mineral nutrients ( $Ca + K + P$ ) within a year; these changes are correlated with the annual cycle of the forest stand and soil vegetation development.

## Nährstoffdynamik in den Böden der Auenwälder Südmährens

Die vorliegende Studie beinhaltet Ergebnisse der in den Jahren 1970—1972 durchgeführten Forschungsarbeiten über Nährstoffdynamik der Semigleyböden in den Auenwäldern Südmährens. Das Untersuchungsobjekt mit Versuchsflächen befindet sich in Südmähren in Höhenlage von 170 m ü. NN am Unterlauf des Flusses Dyje. Durchschnittliche Jahresniederschläge betragen 524 mm und die durchschnittliche Jahrestemperatur 9,0 °C. Die Semigleyböden auf den Alluvialanschwemmungen des Flusses Dyje sind eines Toncharakters mit dem Tongehalt von 60—68 %, die Mächtigkeit beträgt 100—120 cm und in Untergrund ist eine Schotterterrasse.

Die pH- $H_2O$ -Reaktion der oberen Schichten ist vorwiegend neutral (pH 6,4—6,9), die Unterböden sind neutral bis mäßig alkalisch (pH- $H_2O$  von 7,1—7,7). Der Humusgehalt in den oberen Schichten beträgt von 10—15 % und in den Unterböden von 1,8—3,6 %.

Bei den aufnehmbaren Nährstoffen  $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5$  (Auszug mit 1% Zitronensäure) wurde der Gesamtzustand der Nährstoffe und deren Dynamik, die wechselseitigen Verhältnisse aufnehmbarer Nährstoffe und die wechselseitigen Verhältnisse aufnehmbarer Nährstoffe und der gesamten momentanen Bodenfeuchtigkeit studiert.

Der Gehalt an aufnehmbarem  $\text{CaO}$  ist am höchsten in den oberen Bodenschichten und nimmt in der Richtung gegen Unterböden ab. Die jährliche  $\text{CaO}$ -Dynamik weist ein Absinken des Gehaltes an aufnehmbarem  $\text{CaO}$  während der Frühjahrsmonate und Anfang Sommer und eine  $\text{CaO}$ -Zunahme im Herbst und im Winter auf. Der Gehalt an aufnehmbarem  $\text{K}_2\text{O}$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$  weist eine übereinstimmende Dynamik mit den  $\text{CaO}$ -Gehalten auf. Die Frühjahrs- und Sommerabnahmen der Nährstoffgehalte werden durch einen erhöhten Nährstoffentzug durch die Vegetation bedingt.

Die wechselseitigen Verhältnisse der Gesamtsumme aufnehmbarer Nährstoffe und der momentanen Bodenfeuchtigkeit zeigen, daß engere Verhältnisse in den Sommer- und Herbstmonaten und breitere Verhältnisse im Frühjahr und im Winter bestehen.

Bei dem Regime der Mineralnährstoffe im Wasseraufzug wurde deren Gehalt und Dynamik während des Jahres und die wechselseitigen Verhältnisse einzelner Nährstoffe ( $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5$ ) während des Jahres studiert. Erhöhte Gehalte an wasserlöslichen Nährstoffen wurden in den Frühjahrs- und Sommermonaten ermittelt. Die oberen Bodenschichten wiesen immer die Maximalgehalte an diesen Nährstoffen auf, die unteren Bodenschichten dagegen die Minimalgehalte.

Die Ergebnisse von den Jahren 1970—1972 weisen auf eine ausgeprägte Dynamik der aufnehmbaren und wasserlöslichen Mineralnährstoffe ( $\text{Ca} + \text{K} + \text{P}$ ) während des Jahres hin und man kann diese Änderungen in eine Korrelation mit dem Jahreszyklus der Entwicklung des Waldbestandes und der Bodenvegetation geben.

### **Dynamique des matières nutritives dans les sols des forêts fluviales de la Moravie méridionale**

L'étude comprend les résultats des travaux de recherche scientifique, relative à la dynamique des matières nutritives dans les sols pseudogley des forêts fluviales de la Moravie méridionale au cours des années 1970—1972. Le terrain de recherche, comprenant les parcelles d'expérience en Moravie méridionale, se trouve à une altitude de 170 mètres, sur le cours inférieur de la rivière de Dyje. Le volume annuel de précipitations est de 524 mm et la moyenne annuelle des températures de 9,0 °C. Les sols pseudogley sur les dépôts alluvionnaires de la rivière de Dyje sont argileux, comprenant 60—68 p. 100 d'argile, leur puissance étant de 100—200 cm et dans le sous-sol on trouve une terrasse à gravier.

La réaction  $\text{pH-H}_2\text{O}$  des couches superficielles est pour la plupart neutre ( $\text{pH}$  6,4–6,9), les sous-sols étant neutres ou même faiblement alcalins ( $\text{pH-H}_2\text{O}$  7,1–7,7). La teneur en humus est de 10—15 p. 100 dans les couches superficielles et de 1,8—3,6 p. 100 dans les sous-sols.

En ce qui concerne les matières nutritives disponibles  $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5$  (extrait à l'aide de l'acide citrique à 1 p. 100), on a étudié général des matières nutritives et leur dynamique, les rapports réciproques des matières nutritives disponibles et aussi les rapports réciproques des matières disponibles et de l'humidité de sol totale momentanée.

La teneur en  $\text{CaO}$  disponible est la plus élevée dans les couches superficielles de sol, diminuant dans la direction du sous-sol. La dynamique annuelle de  $\text{CaO}$  accuse une diminution de la teneur en  $\text{CaO}$  disponible aux mois de printemps et au début de l'été et l'augmentation de  $\text{CaO}$  en automne et en hiver. La teneur en  $\text{K}_2\text{O}$  et  $\text{P}_2\text{O}_5$  accuse une dynamique identique à celle des teneurs en  $\text{CaO}$ . Les fléchissements de printemps et d'été des teneurs en matières nutritives sont conditionnés par absorption accrue de ces dernières par la végétation.

Les rapports réciproques entre la somme totale des matières nutritives disponibles et l'humidité de sol instantanée montrent que les rapports étroits existent aux mois d'été et d'automne et les rapports plus larges au printemps et en hiver.

En ce qui concerne le régime des matières nutritives minérales dans l'extrait aqueux, on a étudié leurs teneur et dynamique au cours de l'année et les rapports réciproques entre les matières nutritives particulières ( $\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5$ ) au cours de l'année. Au cours des mois de printemps et d'été on a constaté des teneurs accrues en matières nutritives solubles en eau. Les couches de sol superficielles accusaient

toujours les teneurs maxima en ces matières nutritives et les sous-sol au contraire les teneurs minima.

Les résultats obtenus au cours des années 1970—1972 montrent qu'il existe au cours de l'année une dynamique expressive des matières nutritives minérales (Ca + K + P) disponibles et solubles en eau et que ces changements peuvent être mis en corrélation avec le cycle annuel de développement du peuplement forestier et de la végétation de sol.

---

*Adresa autora:*

Prof. Dr. Ing. Josef Pelíšek, DrSc. lesnická fakulta VŠZ, Brno

---



## OBSAH

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Vincent G.: Semenné plantáže, jejich poslání, rozloha, kvetení a plodnost | 1  |
| Vyskot M.: Smíšený porost a jeho vývoj při rozdílné fytotechnice          | 17 |
| Průša E.: Prales Bílá Opava                                               | 37 |
| Pelíšek J.: Dynamika živin v půdách lužních lesů jižní Moravy             | 57 |

## Příloha

## Matematické metody v lesnictví

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| Korf V.: Úvodem k matematické příloze | 1 |
| Zach J.: Vybrané statě z algebry      | 3 |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Винцент Г.: Семенные плантации, их назначение, площадь, цветение и пло-<br>доносность | 13 |
| Выскот М.: Смешанное насаждение и его развитие при различной фито-<br>технике         | 32 |
| Прůša Э.: Девственный лес Била Опава                                                  | 55 |
| Пелишек Й.: Динамика питательных веществ в почвах пойменных лесов<br>южной Моравии    | 71 |

## Приложение

## Математические методы в лесоводстве

|                                                          |   |
|----------------------------------------------------------|---|
| Корф В.: В качестве введения в математическое приложение | 1 |
| Зач Й.: Избранные статьи по алгебре                      | 3 |

## CONTENTS

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vincent G.: Seed Orchards, their Mission, Flowering and Fructification                | 14 |
| Vyskot M.: Mixed Stand and its Development in Applying Different Phy-<br>totechniques | 33 |
| Průša E.: Virgin Forest Bílá Opava                                                    | 55 |
| Pelíšek J.: Dynamics of Nutrients in Soils of Floodplain Forests in South<br>Moravia  | 72 |

## Supplements

## Mathematic Methods in Forestry

|                                                |   |
|------------------------------------------------|---|
| Korf V.: Introducing the Mathematic Supplement | 1 |
| Zach J.: Selected passages from algebra        | 3 |

## INHALT

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vincent G.: Die Samenplantagen, deren Sendung, Flächenausmaß, Blüte<br>und Fruchtbarkeit | 14 |
| Vyskot M.: Der Mischbestand und seine Entwicklung bei unterschiedlicher<br>Phytotechnik  | 34 |
| Průša E.: Der Urwald Bílá Opava                                                          | 55 |
| Pelíšek J.: Nährstoffdynamik in den Böden der Auenwälder Süd-<br>mährens                 | 72 |

## Anlage

## Mathematische Methoden in der Forstwirtschaft

|                                               |   |
|-----------------------------------------------|---|
| Korf V.: Sinleitung der mathematischen Anlage | 1 |
| Zach J.: Ausgewählte Kapitel aus Algebra      | 3 |

## TABLE DES MATIÈRES

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Vincent G.: Plantations issues de graines, leur destination, étendue, flo-<br>raison et fécondité             | 15 |
| Vyskot M.: Peuplement mélangé et son développement lorsqu'on applique<br>une phytotechnique différente        | 35 |
| Průša E.: Forêt vierge Bílá Opava                                                                             | 55 |
| Pelíšek J.: Dynamique des matières nutritives dans les sols des forêts<br>fluviales de la Moravie méridionale | 73 |

## Annexe

## Méthodes mathématiques en sylviculture

|                                             |   |
|---------------------------------------------|---|
| Korf V.: Préambule de l'annexe mathématique | 1 |
| Zach J.: Passages choisis de l'algèbre      | 3 |

je tematicky zaměřeno na úkoly současné ochrany lesů:

Martínek V.: Stav ochrany lesů v ČSSR a nejbližší úkoly

Švestka M.: Vliv teploty na účinnost biopřípravků *Bacillus thuringiensis* Berl.

Kudler M., Lysenko O.: Výsledky bakteriálních testů na píďalku tmavoskvrnkáče (*Bupalus piniarius* L.)

Novák V., Sehnal F.: Testy a pokusy s použitím juvenoidů v boji proti klikorohu borovému (*Hylobius abietis* L.) a lýkožroutu smrkovému (*Ips typographus* L.) v ochraně lesů

Šrot M.: Některé nové poznatky o zakládání sesterského pokolení lýkožrouta modřínového (*Ips cembrae* Heer.) v ČSR

Jančařík V.: Červená hniloba jehličnanů v mladých kulturách borovice lesní

Černý A.: Biologie poprašky smrkové (*Coniophora piceae* sp. nov.), její hospodářských význam a rozšíření v ČSSR

Uroševič B.: Bakteriální rakovina jasanu, olivy a oleandru

Kudela M.: Vliv ošetření kořenů *Agricolem* na ujímavost a růst sazenic lesních dřevin

Stolín M.: Odolnostný potenciál porastov, ukazovateľ stupňa ich ohrozenosti hmyzími škodcami

Lesnictví č. 2/1976 stojí 12,— Kčs. Objednávky přijímá

**Ústav vědeckotechnických informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2**

**Poštovní novinová služba, Jindřišská 14, 110 00 Praha 1**

# MATEMATICKÉ METODY V LESNICTVÍ

J. Zach: Vybrané statě z algebry

PŘÍLOHA LESNICTVÍ 22 (XLIX), 1976, ČÍSLO I

---

## ÚVODEM K MATEMATICKÉ PŘÍLOZE

Redakční rada vědeckého časopisu Lesnictví se usnesla postupně vydávat přílohu obsahující vybrané kapitoly ze současné matematiky. Motivací tohoto rozhodnutí je obecně uznávaný velký význam matematiky a matematických metod, které postupně pronikají do všech vědních oborů a jsou úspěšně využívány. Matematické metody jsou dnes aplikovány při řešení náročných problémů zejména technických, ekonomických, ale i biologických. Dá se s jistotou očekávat, že jejich využívání ve prospěch lidské společnosti bude ještě daleko širší. Již dnes jsme svědky toho, že matematické metody pronikly i tam, kde se to dříve zdaleka nepředpokládalo. Stále naléhavěji přicházejí z praxe nové podněty, které vyžadují propracování abstraktní matematické teorie, jejíž konkrétní modely jsou pak prakticky uplatňovány.

To bezesporu vede k požadavkům teoretického rozvoje výuky této disciplíny a jejího přizpůsobení potřebám vědeckotechnického rozvoje. Výuka matematiky se skutečně tomuto dnešnímu a budoucímu požadavku přizpůsobuje, a to již na středních školách. Do výuky jsou zařazovány kapitoly moderní matematiky, které se rozvinuly zejména v posledních desetiletích, jako je např. teorie množin, matic apod. Uvedené skutečnosti také vyžadují doplnění matematického vzdělání i pracovníků jednotlivých oborů ve výzkumu i v praxi.

Také v lesnictví, zejména po druhé světové válce, nabyly některé matematické metody zvláštního významu a jsou dnes úspěšně aplikovány nejen ve výzkumu, ale i v praxi. Jde tu především o jejich aplikaci v lesnické biometrii, technice a ekonomice. Matematické metody pronikají postupně i do oborů, které dosud řešily své problémy více nebo méně popisně. Dnes je nám jasno, že matematické metody jsou nevyhnutelným nástrojem pro vyjadřování a zobecňování nejen přírodních zákonitostí, ale že jsou pomocníkem i při zkoumání společenského života. Matematika, která vznikla při abstraktním řešení kvantitativních vztahů, se tak stává důležitým nástrojem pro technické, ekonomické a další využití.

Při naší vědeckovýzkumné práci docházíme k tomu, že řešením určitých problémů pomocí matematických metod se nám otvírají cesty k novým problémům. Matematika a její metody budou tedy vždy spolehlivým nástrojem, jehož využití ve všech oborech lidské činnosti, včetně lesnictví, bude stále naléhavější a rozsáhlejší.

Sestavení obsahu této matematické přílohy z širokého rozsahu dnešní matematiky není snadné. V příloze mají být obsaženy doplňující potřebné informace pro matematické vzdělání. Příloha má být pomocníkem při

řešení lesnických problémů, kde aplikace matematických metod je základním předpokladem. K tomu přistupuje závažná okolnost, že celý vybraný obsah je nutno podat ve zhuštěné a přitom srozumitelné formě. Proto také jsme zpracováním přílohy pověřili především pedagogické pracovníky, kteří vyučují matematiku na lesnických fakultách a mají v tomto směru zkušenosti. Byla to pro ně náročná práce a jsme jim vděční za to, že se tohoto úkolu ujali. Vlastní studium matematiky je obtížné, zejména některých kapitol, a vyžaduje plného soustředění, aby i abstraktní pojmy se staly srozumitelné a byl pochopen jejich plný význam. Některé vybrané kapitoly jsou v tomto směru náročnější, jiné obsahují poznatky, jež jsou v lesnickém výzkumu již řadu roků využívány. Ucelený obsahový výběr vyžaduje, aby i tyto kapitoly byly do přílohy zařazeny (např. matematicko-statistické metody). Poslední, jistě velmi zajímavá kapitola bude obsahovat problémy dnešní výpočetní techniky a její využití. Na závěr jednotlivých kapitol najde čtenář hlavní literaturu, kterou je možno využít k širší informaci.

Na základě konzultací s matematiky, kteří se sepsání přílohy ujali, a s výzkumnými pracovníky jsme sestavili osnovu matematické přílohy tak, aby požadovaný cíl byl splněn. Vybraný obsah je tak začleněn do 11 kapitol, které ve svém souboru tvoří ucelený encyklopedický přehled matematiky pro pracovníky v lesnickém výzkumu i praxi.

Pro informaci čtenářů uvádíme osnovu celé přílohy, podle níž bude autorský kolektiv vybranou látku postupně zpracovávat:

## Úvod

### Kapitola I – Vybrané statě z algebry:

matematická logika, množiny, množina reálných čísel, zobrazení, množina komplexních čísel;

lineární algebra (vektory, matice, determinanty, soustava lineárních rovnic).

### Kapitola II – Vybrané statě z analytické geometrie v rovině a prostoru

### Kapitola III – Vybrané statě z teorie křivek:

klasifikace křivek, algebraické křivky, kuželosečky, transcendentní křivky.

### Kapitola IV – Křivky vývoje, růstové funkce.

### Kapitola V – Diferenciální počet funkcí jedné a více proměnných.

### Kapitola VI – Integrální počet funkcí jedné a více proměnných.

### Kapitola VII – Elementární metody řešení diferenciálních rovnic: diferenciální rovnice prvního řádu a metody řešení;

diferenciální rovnice vyšších řádů, lineární diferenciální systémy.

### Kapitola VIII – Nomografie, grafická analýza, interpolace, extrapolace.

### Kapitola IX – Počet pravděpodobnosti a matematická statistika, aplikace v lesnictví.

### Kapitola X – Základy vyrovnávacího počtu, metoda nejmenších čtverců.

### Kapitola XI – Využití samočinných počítačů v lesnictví.

*Prof. Dr. Ing. Václav Korf, DrSc.*

Pojem matematická logika má dva smysly. Je to

1. logika, která používá k vlastnímu rozvíjení matematických metod;
2. logika používaná v matematice.

Cílem následujícího textu bude stručně uvést jednoduché základní pojmy matematické logiky používané v deduktivní metodě výstavby matematických disciplín.

## KONSTANTY A PROMĚNNÉ

Konstanta je pojem stálého, neměnného, předem definovaného významu.

Příklad 1. „1“, „jedna“, „číslo“, „součet“, „+“, „množina“ atd.

Proměnná je zpravidla jednoduchý symbol, který se vědomě používá místo konstant, jež lze místo proměnné dosazovat. Nejčastěji se za symbol proměnné používá písmen. Samy o sobě nemají tyto symboly, na rozdíl od konstant, nějaký význam. Nabývají jej až po doplnění souhrnem konstant, které lze za symbol dosadit.

Příklad 2.  $x + y = 5$  nemá význam dokud neřekneme, že  $x, y$  jsou reálná (přirozená, celá) čísla.

## NÁZVOVÉ A VÝROKOVÉ FORMY. VÝROK

Názvové formy (též označovací, deskriptivní) jsou výrazy obsahující proměnné, z nichž lze dosazením získat název objektu.

Příklad 3.  $(x + 1) \cdot (x - 1)$ , kde  $x$  je reálné číslo. Město  $N$ , kde  $N$  je jméno obce v ČR.

Výrok je sdělení (oznamovací věta), u něhož nastane právě jedna ze dvou možností: buď je pravdivé, nebo je nepravdivé. Každému výroku můžeme přiřadit pravdivostní hodnotu.

| Příklad 4. | výrok      | pravdivostní hodnota | symbol  |
|------------|------------|----------------------|---------|
|            | $-5 < 1$   | pravda               | $p$ (1) |
|            | $2^2 = -4$ | nepravda             | $n$ (0) |

Výroková forma je výraz, který obsahuje proměnné a stane se výrokem, nahradíme-li tyto proměnné konstantami.

Příklad 5. Město  $Y$  má 12 tisíc obyvatel.  $(x - 2)^2 = 0$ . Osoba  $MN$  slaví narozeniny.

## OPERACE S VÝROKY. PRAVDIVOSTNÍ TABULKY

Z jednoduchých výroků můžeme určitými operacemi získat výrok nový (složený). K vytváření složených výroků používáme termínů logické povahy, tzv. výrokotvorných částic. Budeme se zabývat pouze takovými operacemi, při kterých pravdivostní hodnota složeného výroku závisí pouze na pravdivostních hodnotách výchozích výroků. Tyto operace se tedy zavádějí jako funkce, tzv. výrokotvorné funktoři, pravdivostních hodnot. Zapisujeme je ve formě tabulek. Hovoříme potom o pravdivostních tabulkách.

Negace je jednoargumentový funktoř. Pravdivostní hodnota nového výroku závisí pouze na jedné pravdivostní hodnotě.

Označme původní výrok  $X$ , negovaný výrok  $\neg X$ .

| $X$ | $\neg X$ | Funktoř negace. Takto zavedený funktoř plně odpovídá reálné situaci: opak pravdy je nepravda, opak nepravdy je pravda (tabulka I). |
|-----|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $p$ | $n$      |                                                                                                                                    |
| $n$ | $p$      |                                                                                                                                    |

Poznámka 1. Teoreticky lze zavést čtyři jednoargumentové funktoři se dvěma pravdivostními hodnotami. Kromě již uvedeného negace to jsou funktoři uvedené v tabulce II. Tyto funktoři se mohou uplatnit ve speciálních teoriích. My se budeme v tomto i v následujících podobných případech zabývat pouze těmi funktoři, které jsou v souladu s běžnou praxí.

V běžném jazyce je základním logickým termínem pro tvoření negace slovo „ne“, které se obvykle umísťuje u slovesa. Pokud je chceme umístit na počátek výroku, musíme použít výrazu „není pravda, že...“, v matematice častěji „neplatí, že...“.

Příklad 6. Výrok: „Mám ostrý nůž.“ Negace: „Nemám ostrý nůž.“ Výrok: „Vltava neprotéká Prahou.“ Negace: „Není pravda, že Vltava neprotéká Prahou.“ Dva zápory u slovesa dávají kladný smysl. Můžeme říci: „Vltava protéká Prahou.“

Konjunkce je dvouargumentový funktor. Pravdivostní hodnota nového výroku závisí na pravdivostních hodnotách dvou výroků.

Logický termín ... „a“, „a zároveň“.

Symbol ...  $\wedge$  (&)

Funktor (tabulka III). Výroky  $X$ ,  $Y$  nazýváme členy konjunkce  $X \wedge Y$ .

Tabulka II.

| $X$ | $*X$ |
|-----|------|
| p   | p    |
| n   | n    |

| $X$ | $\Delta X$ |
|-----|------------|
| p   | p          |
| n   | p          |

| $X$ | $(.)X$ |
|-----|--------|
| p   | n      |
| n   | n      |

Tabulka III.

| $X$ | $Y$ | $X \wedge Y$ |
|-----|-----|--------------|
| p   | p   | p            |
| p   | n   | n            |
| n   | p   | n            |
| n   | n   | n            |

Disjunkce je dvouargumentový funktor.

Logický termín ... „nebo“.

Symbol ...  $\vee$

Funktor (tabulka IV). Výroky  $X$ ,  $Y$  nazýváme členy disjunkce.

Poznámka 2. Disjunkce je nepravdivá jenom tehdy, když oba členy disjunkce jsou zároveň nepravdivé. Spojku „nebo“ chápeme v nevylučujícím smyslu.

Implikace je dvouargumentový funktor.

Logický termín ... „jestliže..., pak...“.

Symbol ...  $\Rightarrow$  ( $\supset$ ).

Funktor (tabulka V). Výrok  $X$  nazýváme antecedent, výrok  $Y$  konsekvent.

Tabulka IV.

| $Y$ | $X$ | $X \vee Y$ |
|-----|-----|------------|
| p   | p   | p          |
| p   | n   | p          |
| n   | p   | p          |
| n   | n   | n          |

Tabulka V.

| $X$ | $Y$ | $X \Rightarrow Y$ |
|-----|-----|-------------------|
| p   | p   | p                 |
| p   | n   | n                 |
| n   | p   | p                 |
| n   | n   | p                 |

Poznámka 3. Implikace je nepravdivá jenom tehdy když pravda implikuje nepravdu.

Poznámka 4. Nesprávně se často používá u implikace termínu „z..., plyne...“. Obsahově se výroky nesmějí uvádět do příčinné souvislosti.

Ekvivalence je dvouargumentový funktor.

Logický termín ... „...tehdy a jen tehdy, když...“.

Symbol ...  $\Leftrightarrow$  ( $\equiv$ ).

Funktor (tabulka VI). Výroky  $X$ ,  $Y$  jsou členy ekvivalence.

Poznámka 5. Ekvivalence je pravdivá tehdy a jen tehdy, mají-li oba výroky do ní vstupující stejnou pravdivostní hodnotu.



Pro práci s výroky je účelné zapsat všechny funktory do jedné tabulky (tabulka VII). Pomocí tabulky můžeme vyšetřit pravdivostní hodnoty výroků, které jsou složeny z jednoduchých výroků spojených logickými termíny. V logice se nazývají formule výrokové logiky. Jejich strukturu určují závorky.

Tabulka VI.

| X | Y | $X \Leftrightarrow Y$ |
|---|---|-----------------------|
| p | p | p                     |
| p | n | n                     |
| n | p | n                     |
| n | n | p                     |

Tabulka VII.

| X | Y | $\neg X$ | $X \wedge Y$ | $X \vee Y$ | $X \Rightarrow Y$ | $X \Leftrightarrow Y$ |
|---|---|----------|--------------|------------|-------------------|-----------------------|
| p | p | n        | p            | p          | p                 | p                     |
| p | n | n        | n            | p          | n                 | n                     |
| n | p | p        | n            | p          | p                 | n                     |
| n | n | p        | n            | n          | p                 | p                     |

Příklad 7. Pravdivostní tabulka formule  $((\neg A) \vee B) \Rightarrow C$ . Příslušné hodnoty najdeme postupně v tabulkách negace, disjunkce a implikace (tabulka VIII).

Poznámka 6. Každá tabulka musí obsahovat všechny možné kombinace pravdivostních hodnot jednoduchých výroků. To nám zajistí způsob zápisu použitý v předcházejícím příkladě. V prvním sloupci změníme pravdivostní hodnoty v polovině, ve druhém ve čtvrtinách, ve třetím v osminách, obecně v  $i$ -tém sloupci v  $\frac{1}{2^i}$ . Počet řádků je dán vztahem  $2^k$ , kde  $k$  je počet jednoduchých výroků.

Tabulka VIII.

| A | B | C | $\neg A$ | $(\neg A) \vee B$ | $((\neg A) \vee B) \Rightarrow C$ |
|---|---|---|----------|-------------------|-----------------------------------|
| p | p | p | n        | p                 | p                                 |
| p | p | n | n        | p                 | n                                 |
| p | n | p | n        | n                 | p                                 |
| p | n | n | n        | n                 | p                                 |
| n | p | p | p        | p                 | p                                 |
| n | p | n | p        | p                 | n                                 |
| n | n | p | p        | p                 | p                                 |
| n | n | n | p        | p                 | n                                 |

Formule výrokové logiky se dají dělit vyčerpávajícím způsobem na tři druhy podle toho, jaké funkce pravdivostních hodnot představují.

Tautologie jsou formule, které nabývají pouze pravdivostních hodnot „p“.

Příklad 8. Formule  $X \Rightarrow (Y \Rightarrow X)$  je tautologie výrokové logiky. Pravdivostní tabulka je uvedena v tabulce IX. Tautologie můžeme pokládat za logické zákony. Jsou to pozor-

Tabulka IX.

| Y | X | $Y \Rightarrow X$ | $X \Rightarrow (Y \Rightarrow X)$ |
|---|---|-------------------|-----------------------------------|
| p | p | p                 | p                                 |
| p | n | n                 | p                                 |
| n | p | p                 | p                                 |
| n | n | p                 | p                                 |

hodné výsledky logiky. Logika v nich odkryla typ formulí, jejichž pravdivost není závislá na obsahu výroků, ale je zajištěna jejich formou.

Využití: 1. Tautologie tvaru logických ekvivalencí slouží k transformacím formulí. 2. Tautologie jsou nutné při vyvozování důsledků. Korektní důsledky můžeme vyvodit jen tehdy, můžeme-li se opřít o tautologickou formuli.

Kontradikce jsou negací tautologie. Nabývají pouze pravdivostní hodnoty „n“.

Příklad 9. Formule  $(X \Leftrightarrow Y) \Leftrightarrow (X \Leftrightarrow (\neg Y))$  je kontradikce. Pravdivostní tabulka je v tabulce X.

Tabulka X.

| X | Y | $\neg Y$ | $X \Leftrightarrow Y$ | $X \Leftrightarrow \neg Y$ | $(X \Leftrightarrow Y) \Leftrightarrow (X \Leftrightarrow (\neg Y))$ |
|---|---|----------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| p | p | n        | p                     | n                          | n                                                                    |
| p | n | p        | n                     | p                          | n                                                                    |
| n | p | n        | n                     | p                          | n                                                                    |
| n | n | p        | p                     | n                          | n                                                                    |

V žádném logickém systému nesmí být vyvoditelná kontradikce, protože by bylo možno vyvodit jako důsledek jakoukoliv formuli. V běžném životě se kontradikce objevují v nařízeních poměrně často. Nejsou na první pohled patrné.

Důsledek. Termínu důsledek užíváme tam, kde jde o vyvození pevně formulovaných myšlenek z jiných myšlenek korektní logickou cestou. Výrokově logický důsledek je jistá formule  $F$  vyvozená z jiných formulí  $F_1, F_2, \dots, F_n$ . Formule  $F$  je důsledkem premis  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , jestliže formule  $(F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n) \Rightarrow F (+)$  je tautologií výrokové logiky.

Důsledek  $F$  vyvozujeme ze situace, která nastala, tj.  $(F_1 \wedge F_2 \wedge \dots \wedge F_n)$  je pravdivá formule.

Protože  $(+)$  je tautologií výrokové logiky nabývá vždy hodnoty „p“. Má tvar implikace, z jejíhož funktoru plyne, že nutně  $F$  musí nabývat hodnoty „p“. Logika tak přímo zaručuje pravdivost formule  $F$ , kterou nemusíme zvlášť zkoumat.

Pokud známe pouze částečně premisy může logika pouze ukázat, kde je třeba premisy doplnit, aby formule byla skutečně důsledkem premis.

Příklad 10. Popíšeme běžný praktický případ. Empiricky je ověřeno, tvrzení: „Jestliže se s JMP zacházelo bezohledně, pracuje JMP s poruchami.“ Zjistili jsme, že JMP pracuje s poruchami. Ptáme se: „Je práce JMP s poruchami důsledkem bezohledného zacházení?“

Tabulka XI.

| X | Y | $X \Rightarrow Y$ | $(X \Rightarrow Y) \wedge Y$ | $((X \Rightarrow Y) \wedge Y) \Rightarrow X$ |
|---|---|-------------------|------------------------------|----------------------------------------------|
| p | p | p                 | p                            | p                                            |
| p | n | n                 | n                            | p                                            |
| n | p | p                 | p                            | n                                            |
| n | n | p                 | n                            | p                                            |

Modelujme situaci formulí  $((A \Rightarrow B) \wedge B) \Rightarrow A$ . Protože formule musí být tautologií výrokové logiky, nelze ji vázat pouze na výroky  $A, B$ , které jsou podle zadání pravdivé. Formulí přepíšeme s použitím obecných výroků  $X, Y$  a sestavíme tabulku XI. Z tabulky zjistíme, že formule není tautologií. Nelze tedy obvinít někoho, že s JMP bezohledně zacházel, zjistíme-li jenom to, že JMP pracuje s poruchami.

Pro praxi jsou poznatky výrokové logiky sestaveny do tabulek. Používá se tabulek tautologií, logických ekvivalencí atd.

## OPERACE S VÝROKOVÝMI FORMAMI

Podobně jako výroky můžeme spojovat i výrokové formy a tvořit jejich konjunkce, disjunkce, implikace, negace a ekvivalence. Všimněme si podrobněji implikace  $V_1 \Rightarrow V_2$ , kde  $V_1, V_2$  jsou jednoduché výrokové formy. Jestliže  $V_1 \Rightarrow V_2$  platí, říkáme, že  $V_1$  je postačující podmínka,  $V_2$  je nutná podmínka. V ekvivalenci  $V_1 \Leftrightarrow V_2$  je  $V_1$  i  $V_2$  nutnou a postačující podmínkou.

## LOGICKÁ VÝSTAVBA MATEMATIKY

Axiomy jsou základní výroky o pojmech a jejich vztazích, které pokládáme za pravdivé. Axiomy zpravidla seskupujeme do určitého systému, ve kterém mají být axiomy na sobě nezávislé, tj. žádný z nich nesmí být odvoditelný z ostatních axiomů systému. Systém axiomů nesmí obsahovat spor. Chceme-li výsledků získaných v některém oboru matematiky používat v praxi, je třeba volit systém axiomů tak, aby vystihoval reálnou situaci.

Definice zavádí nové pojmy pomocí výroků určujících jejich podstatné charakteristické vlastnosti. Používá se v nich již dříve zavedených pojmů, které mají funkci zkratk.

Věty jsou pravdivé výroky o matematických objektech studovaných v daném oboru a vztazích mezi nimi. Každá věta je důsledkem axiomů stejného oboru, i když při jejich důkazu používáme již dříve dokázaných vět. První věty byly dokázány pouze pomocí axiomů. Pravdivost vět není obvykle přímo evidentní a je proto nutno ji v rámci teorie jasným a logicky přesvědčivým způsobem prokázat.

Převážná většina matematických vět je formulována jako implikace. Antecedent takové implikace nazýváme předpokladem a konsekvent závěrem příslušné matematické věty.

Jestliže formálně zaměníme ve větě  $A \Rightarrow B$  předpoklad a závěr, dostaneme větu  $B \Rightarrow A$ , kterou nazýváme věta obrácená k dané větě. Věta obrácená je někdy správná, někdy nesprávná.

Kromě vět formulovaných jako implikace používá matematika vět formulovaných jako ekvivalence.

Při formulaci vět jsme vždy vedeni snahou o nejúspornější a přitom nejsrozumitelnější vyjádření. Základní tvary vět jsou často parafrázovány, tj. uváděny v různých podobách.

Důkaz je logické odvození určitého pravdivého výroku — věty. Nejčastěji se používá důkaz přímý, důkaz nepřímý, důkaz matematickou indukcí.

## MNOŽINY

### MNOŽINA

Množinou rozumíme v matematice souhrn (soubor, skupinu) všech věcí daných vlastností. Jednotlivou věc, která má danou vlastnost, nazveme prvkem množiny.

Příklad 1. Číslo 7 je prvkem množiny přirozených čísel. Požadovanou vlastností je, aby věc byla číslo celé, kladné.

V uváděném příkladě jsme hovořili hned o číslu. Předpokládali jsme splnění vlastnosti „býti číslem“. Pracovali jsme s prvkem množiny čísel, která plní funkci množiny základní.

**Příklad 2.** Množina listnatých stromů v porostu. Modelujeme tak určitou reálnou situaci. Prvkem této množiny bude věc, která splňuje v první řadě vlastnost „býti stromem“. Množina stromů je množina základní.

Množiny budeme značit velkým písmenem. Prvky množin budeme značit malým písmenem. Je-li věc  $a$  prvkem množiny  $M$ , píšeme  $a \in M$ . Není-li věc  $a$  prvkem množiny  $N$ , píšeme  $a \notin N$ .

Pro zápis množin používáme dvou způsobů:

1. Každý prvek zapíšeme právě jednou do složené závorky. Říkáme, že jsme množinu zapsali výčtem prvků.

**Příklad 3.**  $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ .

2. Do složené závorky napíšeme výrokovou formu, která vyjadřuje požadovanou vlastnost.

**Příklad 4.**  $A = \{\text{všechna přirozená čísla menší než } 6\}$ . Použijeme-li vhodné předem dohodnuté symboly, dostaneme symbolický zápis.

**Příklad 5.** Buď  $N$  množina přirozených čísel.  $A = \{x \in N; x < 6\}$ . Množinu tvoří ty prvky základní množiny, které splňují výrokovou formu dané množiny, tj. mění ji po dosažení v pravdivý výrok.

Prázdná množina je množina, která neobsahuje žádný prvek. Neexistuje žádné  $x$  z množiny základní, pro které výroková forma platí. Symbol prázdné množiny je  $\emptyset$ ,  $\{\}$ .

Neprázdná množina je množina, která obsahuje alespoň jeden prvek. Je pro ni charakteristické, že ... existuje alespoň jedno  $x$  ... Symbolicky zapisujeme  $\exists x \in Z$ . Zápis  $\exists x \in Z; V(x)$  čteme: „existuje alespoň jedno  $x$  ze základní množiny  $Z$ , pro které platí výroková forma  $V(x)$ “. Tento výrok nazýváme výrok existenční.

Celá množina je charakterizována rčením „...pro všechna  $x$  platí...“. Píšeme  $\forall x \in Z$ . Zápis  $\forall x \in Z; V(x)$  čteme: „pro všechna  $x$  ze základní množiny  $Z$  platí výroková forma  $V(x)$ “. Tento výrok nazýváme výrok obecný.

Pamatujme, že  $\exists$  se nazývá existenční kvantifikátor,  $\forall$  se nazývá obecný kvantifikátor.

V matematice často používáme negace výroku s kvantifikátorem. Negaci provádíme formálně podle tohoto schématu:

- |          |                                                              |                          |             |
|----------|--------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------|
| 1. krok: | existenční                                                   | kvantifikátor se nahradí | obecným     |
|          | obecný                                                       |                          | existenčním |
| 2. krok: | místo výrokové formy $V(x)$ píšeme její negaci $\neg V(x)$ . |                          |             |

**Příklad 6.** Výrok  $A$ : V porostu jsou všechny stromy ve věku 40–50 let. Negace výroku  $A$ : V porostu je alespoň jeden strom, který není ve věku 40–50 let.

Je velmi žádoucí naučit se zapisovat vhodně výroky podle již dohodnuté formy. Zapišeme  $A$ :  $\forall x \in P; x$  je ve věku 40–50 let. —  $A$ :  $\exists x \in P; x$  není ve věku 40–50 let.  $P$  je množina všech stromů v porostu.

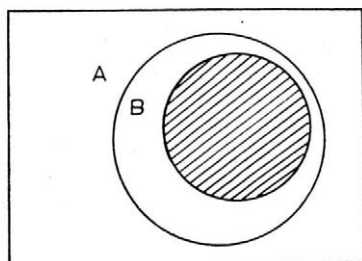
**Příklad 7.** Existuje alespoň jedno přirozené číslo  $n$ , pro které platí  $n^2 = 2^n$ . Provedeme negaci.

Zápis výroku  $B$ :  $\exists n \in N; n^2 = 2^n$ . —  $B$ :  $\forall n \in N; n^2 \neq 2^n$ .

Negace výroku: Pro všechna přirozená čísla  $n$  platí  $n^2 \neq 2^n$ .

V tomto odstavci použijeme aparátu, který jsme zavedli v předchozích odstavcích. Pro pochopení zaváděných pojmů je výhodné grafické znázornění, které se výhodně použije i při řešení úloh. Dohodneme se, že základní množinu budeme znázorňovat obdélníkem, množiny vytvořené z vybraných prvků základní množiny uzavřenou křivkou, tzv. plotem, uvnitř obdélníka.

Část množiny — podmnožina. Píšeme:  $B \subset A$ ;  $A \supset B$ . Čteme: Množina  $B$  je podmnožinou (částí) množiny  $A$  (obr. 1).



**Definice 1.** Množina  $B$  je podmnožinou množiny  $A$  tehdy a jen tehdy, když pro každé  $x$  ze základní množiny  $Z$  platí: Je-li  $x$  prvkem množiny  $B$ , potom je také  $x$  prvkem množiny  $A$ . Symbolický zápis definice:  $B \subset A \Leftrightarrow \forall x \in Z; x \in B \Rightarrow x \in A$ .

Poznámka 1. Znak  $\subset$  se nazývá znak inkluze.

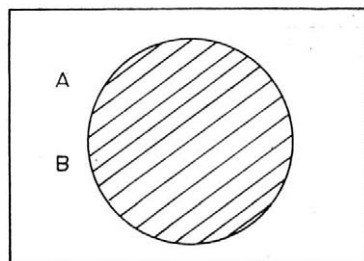
Poznámka 2. Podle definice platí  $A \subset A$ ,  $\emptyset \subset A$ .

Poznámka 3. Množiny  $\emptyset$ ,  $A$  se nazývají nevlastní podmnožiny množiny  $A$ . Všechny ostatní podmnožiny se nazývají vlastní.

**Příklad 8.**  $\{3, 2, 5\} \subset \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

**Příklad 9.** Množina  $A$  stromů v porostu ve věku 40—50 let. Množina  $B$  listnatých stromů v porostu ve věku 40—50 let.

Rovnost dvou množin. Píšeme:  $A = B$ . Čteme: Množina  $A$  se rovná množině  $B$  (obr. 2).



**Definice 2.** Množina  $A$  se rovná množině  $B$ , právě když množina  $A$  je částí množiny  $B$  a zároveň množina  $B$  je částí množiny  $A$ .

Symbolický zápis definice:  $A = B \Leftrightarrow A \subset B \wedge B \subset A$ .

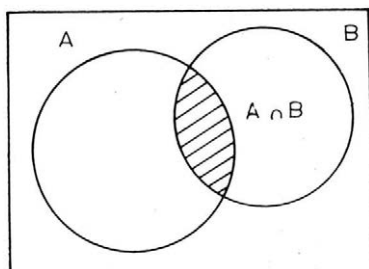
Poznámka 4. Dvě množiny jsou si rovny, obsahují-li stejné prvky.

Poznámka 5. Jestliže si množiny nejsou rovny říkáme, že jsou různé a píšeme  $A \neq B$ .

Příklad 10.  $\{-1, 2\} = \{x \in R; x^2 - x - 2 = 0\}$ ,  $R$  je množina reálných čísel.

Příklad 11.  $\{2, 4, 6, 8\} = \{x \in R; x \text{ je sudé číslo menší než } 10\}$ .

Průnik dvou množin. Píšeme:  $A \cap B$ . Čteme: Průnik množin  $A, B$ .  $A$  průnik  $B$  (obr. 3).



Definice 3. Průnik množin  $A$  a  $B$  je množina  $C$  všech prvků, které patří do množiny  $A$  a zároveň do množiny  $B$ .

Symbolický zápis definice:  $C = A \cap B = \{x \in Z; x \in A \wedge x \in B\}$ .

Poznámka 6. Průnik množin je definován pomocí konjunkce. Napovídá to podobnost značek  $\cap, \wedge$ .

Poznámka 7. Jestliže je  $A \cap B = \emptyset$ , nazývají se množiny  $A, B$  disjunktní.

Poznámka 8. Jestliže je  $A \cap B \neq \emptyset$ , nazývají se množiny  $A, B$  incidentní.

Příklad 12.  $A = \{-1, 2, 3, 4, 5\}$ ,  $B = \{x \in R; x^2 - x - 2 = 0\}$ ,  $A \subset B = \{-1, 2\}$ .

Sjednocení dvou množin. Píšeme:  $A \cup B$ . Čteme: Sjednocení množin  $A$  a  $B$ .  $A$  sjednoceno s  $B$  (obr. 4).

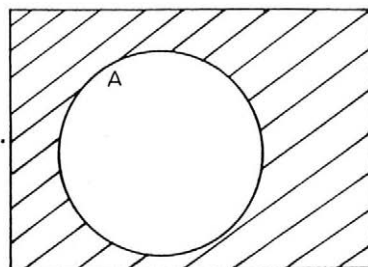
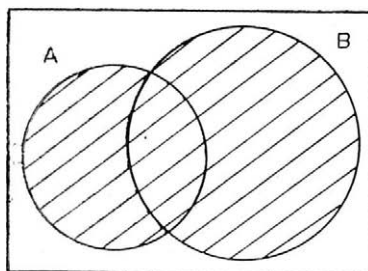
Definice 4. Sjednocení množin  $A$  a  $B$  je množina všech prvků, které patří alespoň do jedné z množin  $A, B$ .

Symbolický zápis definice:  $A \cup B = \{x \in Z; x \in A \vee x \in B\}$ .

Poznámka 9. Sjednocení je definováno pomocí disjunkce. Odtud podobnost značek  $\cup, \vee$ .

Příklad 13.  $A = \{1, 2, 3\}$ ,  $B = \{2, 3, 4, 5, 6\}$ ,  $A \cup B = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ .

Doplňek množiny. Píšeme:  $A'$ . Čteme: Doplněk množiny  $A$  v základní množině (obr. 5).



Definice 5. Doplněk množiny  $A$  v základní množině je množina všech prvků základní množiny, které nejsou prvky množiny  $A$ .

Symbolický zápis definice:  $A' = \{x \in Z; x \notin A\}$ .



Příklad 14.  $Z = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ ,  $A = \{2, 4, 6, 8\}$ ,  $A' = \{1, 3, 5, 7, 9\}$ .

Na závěr uvedeme některé vztahy důležité pro teorii i praxi. Platí:

$$A \cup A' = Z, Z' = \emptyset, A \cap A' = \emptyset, A \subset (A \cup B), B \subset (A \cup B).$$

## KARTÉZSKÝ SOUČIN

**Definice 6.** Mějme dvě libovolné množiny  $M, N$ . Množinu, která obsahuje všechny uspořádané dvojice  $[a, b]$ , kde  $a \in M$ ,  $b \in N$  a žádné jiné prvky nemá, nazýváme kartézským součinem množin  $M, N$  a značíme  $M \times N$ .

Uspořádanou dvojici můžeme pro naše účely zavést jako dvojici, v níž záleží na pořadí prvků. Znamená to, že obecně je  $[a, b] \neq [b, a]$ , pouze v případě  $a = b$  je  $[a, b] = [b, a]$ .

Příklad 15. Nechť  $M = \{a, b, c\}$ ,  $N = \{1, 2, 3\}$ .

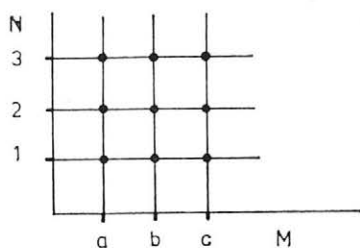
$$\text{Potom } M \times N = \{[a, 1], [a, 2], [a, 3], [b, 1], [b, 2], [b, 3], [c, 1], [c, 2], [c, 3]\}.$$

$$N \times M = \{[1, a], [2, a], [3, a], [1, b], [2, b], [3, b], [1, c], [2, c], [3, c]\}.$$

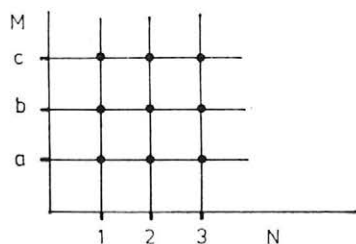
Je zřejmé, že obecně  $M \times N \neq N \times M$ .

Kartézský součin dvou množin můžeme dobře graficky znázornit. Množiny znázorníme na dvou zpravidla kolmých osách, kartézský součin je znázorněn body v rovině.

Příklad 16. Grafické znázornění příkladu 15 (obr. 6, 7).

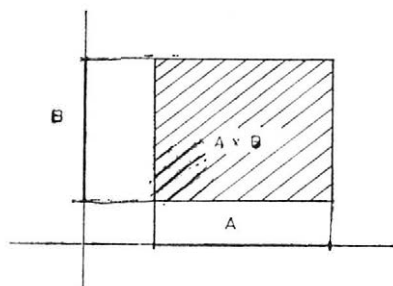


obr. 6



obr. 7

Příklad 17. Grafické znázornění obecných množin  $A, B$  a  $A \times B$  (obr. 8).



obr. 8

Víme, že množiny  $M, N$  tvoříme z prvků základní množiny. Je  $M \subset Z$ ,  $N \subset Z$  a platí  $M \times N \subset Z \times Z$ . Kartézský součin jako množinu zapíšeme symbolicky  $M \times N = \{[x, y] \in Z \times Z; x \in M \wedge y \in N\}$ . Každá množina je určena jako obor pravdivosti výrokové formy.  $M = \{x \in Z; V(x)\}$ ,  $N = \{y \in Z; V(y)\}$ ,  $M \times N = \{[x, y] \in Z \times$

$\times Z; V(x) \wedge V(y)$ ). Konjunkci výrokových forem o jedné proměnné můžeme psát jako výrokovou formu o dvou proměnných. Můžeme psát  $M \times N = \{[x, y] \in Z \times Z; V(x, y)\}$ .

Pojem kartézský součin lze rozšířit na libovolný počet množin. Máme-li libovolné množiny  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , jejich kartézským součinem je např.  $A_1 \times A_2 \times \dots \times A_n$ . V případě, že  $A_1 = A_2 = \dots = A_n = A$ , používáme zápisu  $A^n$  a hovoříme o kartézské mocnině. Prvky kartézského součinu  $n$  množin jsou uspořádané  $n$ -tice.

## BINÁRNÍ RELACE

**Definice 7.** Mějme libovolné množiny  $M, N$ . Každou podmnožinu kartézského součinu  $M \times N$  budeme nazývat binární relace (stručně relace) mezi množinou  $M$  a množinou  $N$ . Jestliže je  $M = N$  budeme hovořit o relaci v  $M$ .

**Příklad 18.**  $A = \{a, b, c\}, B = \{m, n, p\}, T = \{[a, m], [b, n], [b, p], [c, n], [c, p]\}$ .  $T$  je binární relace mezi množinami  $A$  a  $B$ .

**Poznámka 10.** Velmi často se pro zápis relace používá zápisu, který symbolizuje, že prvek první množiny je v relaci s prvkem druhé množiny. V příkladě 18 můžeme psát  $aTm, bTn, bTp, cTn, cTp$ . Konkretizujeme relaci  $T$  jako relaci rovnoběžnosti se znakem  $\parallel$ . Množiny  $A, B$  nechť jsou množiny přímk v prostoru. Relaci  $T$  potom tvoří dvojice rovnoběžných přímek a píšeme  $a \parallel m, b \parallel n, b \parallel p, c \parallel n, c \parallel p$ .

**Poznámka 11.** Pojem binární relace lze zobecnit na  $n$ -místnou ( $n$ -nární) relaci, která je podmnožinou kartézského součinu  $n$  množin.

Kartézský součin a  $n$ -místné relace jsou základem pro definování mnoha dalších pojmů. Do binárních relací patří např. zobrazení (shodnost, podobnost), funkce atd. Příklady relací najdeme v běžném životě (např. manžel — manželka, zaměstnanec — funkce, majitel — automobil atd.). V dalších kapitolách se seznámíte v nutné míře s některými takovými relacemi a jejich vlastnostmi. Všechny další poznatky budou vycházet z dosud podaného logicko-množinového základu.

## MNOŽINA REÁLNÝCH ČÍSEL

Základním pojmem, se kterým se v matematice setkáváme, je pojem reálného čísla. Tento pojem pokládáme za prvotní. Nebudeme jej definovat.

**Definice 1.** Množina, která obsahuje všechna reálná čísla, se nazývá množina reálných čísel a značí  $R$ .

**Poznámka 1.** Množina  $R$  je číselná množina. Číselné množiny graficky znázorňujeme množinami bodů. Číslo přiřadíme právě jeden bod a naopak. Znázorněním množiny  $R$  je přímka.

### PODMNOŽINY MNOŽINY $R$

$N \dots$  množina přirozených čísel; znázorňuje ji stupnice na kladné polopřímce.

$Z \dots$  množina celých čísel; znázorňuje ji stupnice na přímce.

$Q \dots$  množina racionálních čísel; znázorňuje ji ne celá přímka.

$Q' \dots$  množina iracionálních čísel; znázorňuje ji ne celá přímka.

**Poznámka 2.** Racionální číslo je číslo tvaru  $\frac{p}{q}$ , kde  $p \in Z, q \in N$ . Každé racionální číslo lze vyjádřit buď konečným desetinným zlomkem nebo nekonečným periodickým desetinným zlomkem.

**Poznámka 3.** Iracionální číslo lze vyjádřit nekonečným neperiodickým desetinným rozvojem (např.  $\sqrt{2}$ ). Každé iracionální číslo lze s libovolnou přesností aproximovat racionálním číslem.

Platí  $N \subset Z \subset Q \subset R, Q \cap Q' = \emptyset, Q \cup Q' = R$ .

Relace uspořádání ( $\leq$ )

Věta 1. Pro každé  $a, b \in R$  platí právě jeden ze vztahů  $a < b$ ,  $a = b$ ,  $a > b$ .

Uvedené uspořádání se nazývá přirozené (podle velikosti). Zápis  $a < b$  čteme  $a$  je menší než  $b$ , zápis  $b > a$  čteme  $b$  je větší než  $a$ . V obou případech hovoříme o nerovnosti. V případě  $a = b$  hovoříme o rovnosti reálných čísel.

Poznámka 4. Důležitou vlastností uspořádání je tzv. tranzitivnost. Její zápis  $\forall a, b, c \in R; (a < b \wedge b < c) \Rightarrow a < c$ .

Poznámka 5. Uspořádání je doumístná relace. Trojmístné relace nazýváme častěji operace.

## Operace sčítání

Věta 2. Ke každým dvěma reálným číslům  $a, b$  existuje reálné číslo  $c$  tak, že platí  $a + b = c$ .

Symbolicky  $\forall a, b \in R \exists c \in R; a + b = c$ .

Vlastnosti operace sčítání:

komutativnost  $\dots \forall a, b \in R$  platí  $a + b = b + a$ ,  
 asociativnost  $\dots \forall a, b, c \in R$  platí  $a + (b + c) = (a + b) + c$ ,  
 existence neutrálního prvku  $\dots \forall a \in R$  platí  $a + 0 = 0 + a = a$ ,  
 existence opačného prvku  $\dots \forall a \in R \exists -a \in R; a + (-a) = (-a) + a = 0$ .

Poznámka 6. Existence neutrálního a opačného prvku dovoluje reálná čísla odčítat. Odčítání není základní operací.

## Operace násobení

Věta 3. Ke každým dvěma reálným číslům  $a, b$  existuje reálné číslo  $c$  tak, že platí  $a \cdot b = c$ .

Symbolicky  $\forall a, b \in R \exists c \in R; a \cdot b = c$ .

Vlastnosti operace násobení:

komutativnost  $\dots \forall a, b \in R$  platí  $a \cdot b = b \cdot a$ ,  
 asociativnost  $\dots \forall a, b, c \in R$  platí  $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$ ,  
 existence neutrálního prvku  $\dots \forall a \in R$  platí  $a \cdot 1 = 1 \cdot a = a$ ,  
 existence inverzního prvku  $\dots \forall a \in R, a \neq 0$  platí  $a \cdot a^{-1} = a^{-1} \cdot a = 1$ .

Poznámka 7. Existence neutrálního a inverzního prvku vzhledem k operaci násobení dovoluje reálná čísla dělit. Dělení není základní operací.

Poznámka 8. Kromě uvedených operací lze reálná čísla umocňovat. Na základě definovaných operací není možno libovolně odmocňovat.

## INTERVALY

Definice 1. Buď  $a, b \in R$ . Je-li  $a < b$  pak množinu  $I = \{x \in R; [a < x] \wedge [x < b]\}$  budeme značit symbolem  $(a, b)$  a nazývat zleva i zprava otevřený interval od  $a$  do  $b$ .

Poznámka 9. Místo zápisu  $[a < x] \wedge [x < b]$  píšeme častěji  $a < x < b$ .

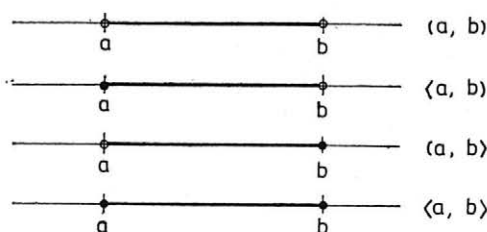
Definice 3. Množinu  $\{a\} \cup (a, b)$  označíme symbolem  $\langle a, b \rangle$  a nazveme zleva uzavřeným zprava otevřeným intervalem od  $a$  do  $b$ . Množinu  $(a, b) \cup \{b\}$  označíme symbolem  $(a, b]$  a nazveme zleva otevřeným zprava uzavřeným intervalem od  $a$  do  $b$ .

Množinu  $\{a\} \cup (a, b) \cup \{b\}$  označíme symbolem  $[a, b]$  a nazveme uzavřeným intervalem od  $a$  do  $b$ .

Poznámka 10. V množinovém zápisu je

$$\begin{aligned} \langle a, b \rangle &= \{x \in R; a \leq x < b\}, \\ (a, b] &= \{x \in R; a < x \leq b\}, \\ [a, b] &= \{x \in R; a \leq x \leq b\}. \end{aligned}$$

Intervaly jsou číselné množiny. Graficky je znázorňujeme jako části přímky. Prázdný kroužek znamená, že bod do intervalu nepatří (obr. 9).



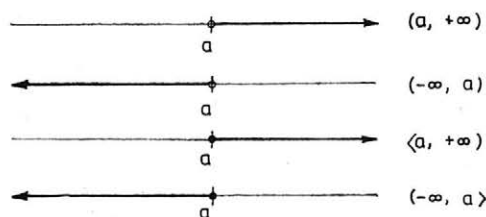
obr. 9

Poznámka 11. Intervaly zavedené v definicích 2 a 3 jsou omezené číselné množiny.

Definice 4. Buď  $a \in \mathbb{R}$ ; množinu  $\mathcal{I} = \{x \in \mathbb{R}; a < x\}$  budeme značit symbolem  $(a, +\infty)$  a nazývat zleva otevřeným zprava neomezeným intervalem od  $a$  do  $+\infty$ . Množinu  $\mathcal{I} = \{x \in \mathbb{R}; x < a\}$  budeme značit symbolem  $(-\infty, a)$  a nazývat zleva neomezeným zprava otevřeným intervalem od  $-\infty$  do  $a$ .

Definice 5. Množinu  $\{a\} \cup (a, +\infty)$  označíme symbolem  $[a, +\infty)$  a nazveme zleva uzavřeným zprava neomezeným intervalem od  $a$  do  $+\infty$ . Množinu  $(-\infty, a) \cup \{a\}$  označíme symbolem  $(-\infty, a]$  a nazveme zleva neomezeným, zprava uzavřeným intervalem od  $-\infty$  do  $a$ .

Grafické znázornění neomezených intervalů je na obr. 10.



## ABSOLUTNÍ HODNOTA REÁLNÉHO ČÍSLA

Absolutní hodnotu reálného čísla  $a$  značíme  $|a|$ .

Definice 6.  $|a| = a$  je-li  $a > 0$   
 $|a| = a$  je-li  $a = 0$   
 $|a| = -a$  je-li  $a < 0$

Příklad 1.  $|7| = 7$ ;  $|-2| = 2$ .

Poznámka 12. Absolutní hodnotu reálného čísla můžeme definovat jako maximální číslo z dvojice opačných čísel. Píšeme  $|a| = \max(a, -a)$ .

Příklad 2.  $|7| = \max(7, -7) = 7$ ;  $|-2| = \max(-2, 2) = 2$ .

Z definice absolutní hodnoty přímo plyne:

- $\forall a \in \mathbb{R}; |a| = |-a|$
- $\forall a \in \mathbb{R}; a \leq |a|$
- $\forall a \in \mathbb{R}; a \neq 0; |a| > 0$
- $\forall a \in \mathbb{R}; a \geq 0; |a| = a$   
 $\forall a \in \mathbb{R}; a \leq 0; |a| = -a$

Příklad 3. Určime  $|3x - 10|$  pro  $x \in \mathbb{R}$ .

Řešení. Je-li 1.  $3x - 10 \geq 0$  je  $|3x - 10| = 3x - 10$ ,  
2.  $3x - 10 \leq 0$  je  $|3x - 10| = -3x + 10$ .

## MOCNINA A ODMOCNINA REÁLNĚHO ČÍSLA

Definice 7. (Mocnina s celým exponentem.)

1.  $\forall a \in \mathbb{R}$  je  $a^0 = 1$

2.  $\forall a \in \mathbb{R} \wedge \forall n \in \mathbb{Z}^+$  je  $a^n = a^{n-1} \cdot a$

3.  $\forall a \in \mathbb{R} - \{0\} \wedge \forall m \in \mathbb{Z}^-$  je  $a^m = (a^{-m})^{-1}$ .

Číslo  $a$  se nazývá základ, čísla  $m, n$  exponenty mocniny.  $\mathbb{Z}^+$  je množina celých kladných čísel,  $\mathbb{Z}^-$  je množina celých záporných čísel.

Příklad 4.  $4^3 = 4 \cdot 4 \cdot 4 = 64$ ,  $4^{-3} = (4^3)^{-1} = \frac{1}{64}$ .

Věta 4. Ke každému  $a \in (0, \infty)$  a ke každému  $n$  přirozenému existuje jedno  $x \in (0, \infty)$  pro které platí  $x^n = a$ .

Definice 8. Reálné číslo  $x$ , které je jediným kladným řešením rovnice  $x^n = a$ , nazýváme

$n$ -tou odmocninou čísla  $a$ . Píšeme  $\sqrt[n]{a}$

Poznámka 13. Věta 4. mluví výhradně o kladném řešení rovnice  $x^n = a$ , kde  $a > 0$ , a zaručuje jeho jednoznačnost. Odmocnina v množině reálných čísel existuje obecně pouze tehdy, je-li základ kladné číslo a je vždy kladná.

Věta 5. Pro každé reálné číslo  $a < 0$  a přirozené  $n$  platí:

1. Je-li  $n$  liché, pak jediným řešením rovnice  $x^n = a$  je reálné číslo  $x = -\sqrt[n]{-a}$ .

2. Je-li  $n$  sudé, pak rovnice  $x^n = a$  nemá řešení v množině reálných čísel.

Definice 9. Pro každé reálné číslo  $a < 0$  a přirozené  $n$  liché definujeme  $\sqrt[n]{a} = -\sqrt[n]{-a}$ .

Je-li  $n$  sudé nemá symbol  $\sqrt[n]{a}$  smysl.

Příklad 5.  $\sqrt[3]{27} = 3$ ;  $\sqrt[3]{9} = 3$ ;  $\sqrt{-9}$  neexistuje,

$$\sqrt[3]{-27} = -\sqrt[3]{27} = -3;$$

$\sqrt{(3x - 10)}$  existuje, je-li  $3x - 10 \geq 0$ , tj.

$$\text{je-li } x \geq \frac{10}{3}.$$

$\sqrt[n]{(3x - 10)}$  pro  $n$  liché pro každé reálné  $x$ ,

$$\text{pro } n \text{ sudé pro } x \geq \frac{10}{3}.$$

Definice 10. (Mocnina s lomeným exponentem.) Pro každé  $a \in (0, \infty)$  a každé  $q = \frac{k}{n} \in \mathbb{Q}$  je  $a^q = \sqrt[n]{a^k}$ .

Poznámka 14. Podle definice 10. můžeme odmocninu převést na mocninu s lomeným exponentem. To nám ve většině případů ulehčí počítání s odmocninami.

Věta 6. (Počítání s mocninami.) Jsou-li  $a, b \in (0, \infty)$  a  $r, s \in \mathbb{Q}$  platí:

1.  $a^r \cdot a^s = a^{r+s}$

2.  $(a^r)^s = a^{r \cdot s}$

3.  $(a \cdot b)^r = a^r \cdot b^r$

4.  $a^r : a^s = a^{r-s}$

Příklad 6. Provedte  $\sqrt{(3\sqrt[3]{a} \cdot 4\sqrt[4]{a^3})^4}$ .

Řešení. Musí být  $a \geq 0$ . S použitím věty 6. píšeme

$$\sqrt{(3\sqrt[3]{a} \cdot 4\sqrt[4]{a^3})^4} = a^{(\frac{1}{3} + \frac{3}{4}) \cdot 4 \cdot \frac{1}{2}} = a^{\frac{13}{6}} = a^2 \sqrt[6]{a}.$$

## Okolí bodu

Mějme libovolné  $b \in R$  a  $\delta \in R$ ,  $\delta > 0$ . Okolí bodu  $b$  (přesněji  $\delta$ -okolí bodu  $b$ ) je otevřený interval  $(b - \delta, b + \delta)$ . Číslo  $b$  nazýváme středem okolí, číslo  $\delta$  poloměrem okolí.

Levé okolí bodu  $b$  je interval  $(b - \delta, b)$ .

Pravé okolí bodu  $b$  je interval  $(b, b + \delta)$ .

Okolí bodu  $+\infty$  je interval  $(d, +\infty)$ , kde  $d \in R$  libovolné.

Okolí bodu  $-\infty$  je interval  $(-\infty, d)$ , kde  $d \in R$  libovolné.

## Hromadný bod množiny

Bod  $b$  nazýváme hromadným bodem množiny  $M \subset R$ , jestliže v každém okolí tohoto bodu leží nekonečně mnoho bodů množiny  $M$ . Přitom bod  $b$  může, ale nemusí být prvkem množiny  $M$ .

Příklad 7. Buď  $M = (-1, 2)$ . Hromadným bodem množiny  $M$  je každé  $x \in (-1, 2)$ . V každém okolí bodů  $x \in (-1, 2)$ , v pravém okolí bodu  $-1$  a levém okolí bodu  $2$  leží nekonečně mnoho reálných čísel, která jsou zároveň prvky množiny  $M$ .

Příklad 8. Hromadným bodem množiny  $N = \{1, 2, 3, 4, \dots\}$  je bod  $+\infty$ . Hromadným bodem množiny  $P = \{-2, -4, -6, \dots\}$  je bod  $-\infty$ .

## Prvky největší a nejmenší, maximální a minimální

Buď  $M \subset R$ . Množina  $M$  s relací uspořádání je uspořádaná množina. (Uspořádání chápeme ve smyslu „býti před“.)

Číslo  $k \in M$  se nazývá největší (nejmenší) prvek uspořádané množiny  $M$ , jestliže  $\forall x \in M$  je  $x \leq k$  ( $x \geq k$ ).

Číslo  $m \in M$  se nazývá maximální (minimální) prvek uspořádané množiny  $M$ , jestliže  $\forall x \in M$ , pro která  $x \leq m$  ( $x \geq m$ ), platí  $x = m$ . (Prvek  $m \in M$  se nazývá maximální prvek, jestliže neexistuje prvek  $x \in M$  s vlastností  $x > m$ .)

Poznámka 15. Minimálních, resp. maximálních, prvků může být libovolný počet. Nejmenší, resp. největší, prvek může být pouze jeden.

Věta 7. Má-li uspořádaná množina největší (nejmenší) prvek, pak tento prvek je maximální (minimální) a žádné jiné maximální (minimální) prvky tato množina nemá.

## Ohraničená množina

Mějme množinu  $M \subset R$  s relací uspořádání. Číslo  $h \in R$  se nazývá horní (dolní) závora množiny  $M$ , jestliže pro všechna  $x \in M$  platí  $x \leq h$  ( $x \geq h$ ). Množina  $M$  se nazývá shora (zdola) ohraničená, jestliže má alespoň jednu horní (dolní) závora. Množina  $M$  se nazývá ohraničená, je-li ohraničená shora i zdola.

Příklad 8. Množina přirozených čísel je ohraničená zdola.

Množina celých čísel záporných je ohraničená shora.

Množina  $I = (6, 12)$  je ohraničená. Horními závory množiny  $I$  jsou všechna reálná čísla  $K \geq 12$ , dolními závory množiny  $I$  jsou všechna reálná čísla  $k \leq 6$ .

## Supremum a infimum množiny

Supremum množiny  $M$ , symbol  $\sup M$ , je nejmenší horní závora množiny  $M$ . Infimum množiny  $M$ , symbol  $\inf M$ , je největší dolní závora množiny  $M$ .

## ZOBRAZENÍ

Definice 1. Nechť  $T$  je libovolná relace mezi libovolnými množinami  $A$  a  $B$ . Relaci  $T$  nazveme zobrazení z množiny  $A$  do množiny  $B$ , právě když ke každému  $x \in A$  existuje



nejvýše jedno  $y \in B$  takové, že  $[x, y] \in T$ . Je-li  $A = B$  hovoříme o zobrazení v množině  $A, (B)$ .

Příklad 1. Mějme relaci  $T = \{[x, y] \in A \times B; x \text{ je manžel } y\}$ , kde  $A$  je množina všech mužů ČSSR,  $B$  je množina všech žen ČSSR. Relace  $T$  je zobrazení. Každý muž je buď ženat s jedinou ženou, nebo je svobodný.

Příklad 2. Žáci ve třídě psali písemnou zkoušku. Každá práce byla oklasifikována jednou známku z klasifikační stupnice. Uspořádaná dvojice [žák, známka] je prvkem relace, která je zobrazením.

Definice 2. Necht  $S$  je libovolná relace mezi množinami  $A$  a  $B$ . Relaci  $\bar{S}$  mezi množinami  $B$  a  $A$  nazveme inverzní relací k  $S$ , právě když platí  $\forall x \in A \wedge \forall y \in B; [x, y] \in S \Leftrightarrow [y, x] \in \bar{S}$ .

Příklad 3. Relace  $T$  určená v příkladě 1. má inverzní relaci  $\bar{T} = \{[y, x] \in B \times A; x \text{ je manžel } y\}$ . Zatímco relace  $T$  měla prvky [muž, žena], má relace  $\bar{T}$  prvky [žena, muž]. Inverzní relace k relaci příkladu 2. má prvky [známka, žák].

Definice 3. Zobrazení  $T$  z  $A$  do  $B$  nazveme prosté zobrazení z  $A$  do  $B$ , právě když pro každé dva prvky  $[x_1, y_1], [x_2, y_2]$  relace  $T$ , pro které  $x_1 \neq x_2$ , je také  $y_1 \neq y_2$ .

Symbolicky:  $T$  je prosté právě když  $\forall [x_1, y_1], [x_2, y_2] \in T; x_1 \neq x_2 \Rightarrow y_1 \neq y_2$ .

Poznámka 1. Prostá zobrazení jsou taková, která při invertování přejdou opět v zobrazení.

Příklad 4. Relace  $T$  příkladu 1. je prosté zobrazení. Relace určená v příkladě 2. není prosté zobrazení.

Poznámka 2. Necht libovolná relace  $F$  má za své prvky uspořádané dvojice  $(x, y)$ , kde  $x \in A \wedge y \in B$ . Utvořme dvě množiny:

$O_1(F) = \{x \in A; \exists y \in B \text{ tak, že } (x, y) \in F\}$ ,

$O_2(F) = \{y \in B; \exists x \in A \text{ tak, že } (x, y) \in F\}$ .

Množinu  $O_1(F)$  nazveme první obor relace  $F$ , množinu  $O_2(F)$  nazveme druhý obor relace  $F$ .

Poznámka 3. Buď  $F$  zobrazení z  $A$  do  $B$ . Je-li

$O_1(F) = A$  hovoříme o zobrazení  $A$  (celé) do  $B$ ,

$O_2(F) = B$  hovoříme o zobrazení z  $A$  na  $B$ ,

$O_1(F) = A \wedge O_2(F) = B$  hovoříme o zobrazení  $A$  na  $B$ .

Definice 4. Každé zobrazení v množině reálných čísel nazveme reálná funkce jedné reálné proměnné.

Poznámka 4. Funkci jsme zavedli jako množinu. Lze na ni aplikovat všechny známé množinové operace.

## MNOŽINA KOMPLEXNÍCH ČÍSEL

Definice 1. Komplexním číslem nazveme uspořádanou dvojici reálných čísel  $(a_1, a_2)$ . Číslo  $a_1 \in R$  nazveme reálnou složkou, číslo  $a_2 \in R$  nazveme imaginární složkou komplexního čísla. Množinu všech komplexních čísel budeme značit  $C$ .

Poznámka 1. Podle definice můžeme psát  $C = R \times R$ .

Definice 2. Dvě komplexní čísla  $a = (a_1, a_2)$ ,  $b = (b_1, b_2)$  jsou si rovna právě tehdy, když  $a_1 = b_1$  a zároveň  $a_2 = b_2$ . Píšeme  $a = b$ .

Definice 3. Na množině komplexních čísel definujeme operace sčítání a násobení vztahy

$$a + b = (a_1, a_2) + (b_1, b_2) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2),$$

$$a \cdot b = (a_1, a_2) \cdot (b_1, b_2) = (a_1 b_1 - a_2 b_2, a_1 b_2 + a_2 b_1).$$

Z definice 3. přímo plyne, že sčítání a odčítání čísel tvaru  $(a_1, 0)$ ,  $(b_1, 0)$  vede k číslům téhož tvaru.

$$(a_1, 0) + (b_1, 0) = (a_1 + b_1, 0),$$

$$(a_1, 0) \cdot (b_1, 0) = (a_1 b_1, 0).$$

Počítá se s nimi jako s čísly reálnými. Proto je s čísly reálnými ztotožníme a píšeme  $(a_1, 0) = a_1$ .

Číslo tvaru  $(0, a_2)$ ,  $(0, b_2)$ , pro která je  $(0, a_2) + (0, b_2) = (0, a_2 + b_2)$ ,  $(0, a_2) \cdot (0, b_2) = (-a_2 b_2, 0)$ , nazveme čísla ryze imaginární. Přitom číslo  $(0, 1)$ , pro které je  $(0, 1) \cdot (0, 1) = (-1, 0)$  nazveme imaginární jednotkou a označíme  $i$ . Píšeme  $(0, 1) = i$ .

Násobíme-li reálné číslo imaginární jednotkou dostaneme ryze imaginární číslo  $(a, 0) \cdot (0, 1) = (0, a)$  nebo  $a \cdot i$ .

Rozepíšeme nyní komplexní číslo s použitím dosud známých poznatků:  $(a_1, a_2) = (a_1, 0) + (0, a_2) = a_1 + a_2 i$ .

Dostali jsme nové jednoznačné vyjádření komplexního čísla. Zápisu  $a = a_1 + a_2 i$  říkáme algebraický tvar komplexního čísla. S komplexními čísly v algebraickém tvaru počítáme podle pravidel počítání s dvojčleny. Přitom používáme vztahu  $i^2 = -1$ .

Vlastnosti operace násobení a sčítání:

1. Komutativnost  $\forall a, b \in C$  platí  $a + b = b + a$ ,  $a \cdot b = b \cdot a$ .
2. Asociativnost  $\forall a, b, c \in C$  platí  $a + (b + c) = (a + b) + c$ ,  $a \cdot (b \cdot c) = (a \cdot b) \cdot c$ .
3. Existence neutrálního prvku vzhledem ke sčítání  $\forall a \in C, \exists o \in C; a + o = a$ . Je  $o = 0 + 0i$ .  
Existence neutrálního prvku vzhledem k násobení  $\forall a \in C, \exists e \in C; a \cdot e = a$ . Je  $e = 1 + 0i$ .
4. Existuje opačný prvek  $\forall a \in C, \exists -a \in C; a + (-a) = o$ . Je  $-a = -a_1 - a_2 i$ .  
Existuje inverzní prvek  $\forall a \in C, a \neq 0, \exists a^{-1} \in C; a \cdot a^{-1} = e$ .

$$\text{Je } a^{-1} = \frac{a_1}{a_1^2 + a_2^2} - \frac{a_2}{a_1^2 + a_2^2} i.$$

5. Distributivnost  $\forall a, b, c \in C$  platí  $a \cdot (b + c) = a \cdot b + a \cdot c$ .

## ZOBRAZENÍ KOMPLEXNÍCH ČÍSEL

Protože  $C = R \times R$ , je každé komplexní číslo  $a$  zobrazeno jako bod v kartézském grafu. V praxi, zvláště technické, se s výhodou používá k zobrazení komplexního čísla vektoru v základní poloze (obr. 11).

V obr. 11 je již naznačeno, jak lze zapsat komplexní číslo v tzv. goniometrickém tvaru, který má též bohaté využití. Píšeme

$$a = |a|(\cos \alpha + i \sin \alpha),$$

kde  $|a| = \sqrt{a_1^2 + a_2^2}$  je absolutní hodnota (modul) komplexního čísla,  $\alpha$  je úhel, který svírá vektor komplexního čísla s osou  $x$ .

Převedení komplexního čísla z algebraického tvaru na goniometrický tvar se provede výpočtem veličin  $|a|$ ,  $\alpha$  ze vztahů  $a_1 = |a| \cos \alpha$ ,  $a_2 = |a| \sin \alpha$ .

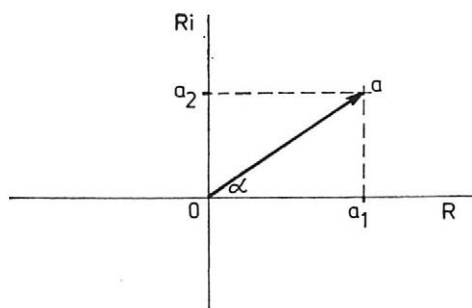
Příklad 1. Převědeme číslo  $a = 2 - 2i$  na goniometrický tvar.

$$\text{Vypočteme } |a| = \sqrt{4 + 4} = 2\sqrt{2},$$

$$-2 = 2\sqrt{2} \sin \alpha; 2 = 2\sqrt{2} \cos \alpha \Rightarrow \alpha = \frac{7}{4} \pi = 315^\circ.$$

$$\text{Závěr } a = 2\sqrt{2} (\cos 315^\circ + i \sin 315^\circ).$$

Převedení komplexního čísla z goniometrického tvaru na algebraický se provede vyčíslením goniometrické funkce daného úhlu.



obr. 11

Příklad 2. Na algebraický tvar převedeme číslo  $a = 2 \left( \cos \frac{\pi}{3} + i \sin \frac{\pi}{3} \right)$ .

Platí  $\cos \frac{\pi}{3} = \frac{1}{2}$ ,  $\sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$ .

Potom  $a = 2 \cdot \left( \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{2} i \right) = 1 + i\sqrt{3}$ .

#### POČÍTÁNÍ S KOMPLEXNÍMI ČÍSLY

Všechny operace provedeme pro oba uvedené tvary a graficky. Při grafickém provedení předpokládáme základní znalosti z planimetrie.

Rovnost komplexních čísel  $a, b$  nastane tehdy a jen tehdy, když  $a_1 = b_1 \wedge a_2 = b_2$ ,  
 $|a| = |b| \wedge a = \beta$ .

Opačné číslo k číslu  $a$  má tvar  $-a = -a_1 - a_2i$ ,  $-a = |a| (-\cos a - i \sin a)$ .

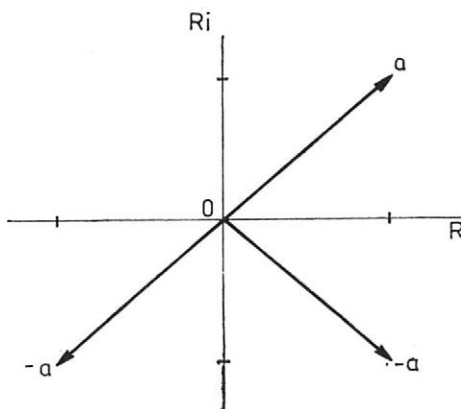
Číslo komplexně sdružené k číslu  $a$  je číslo  $\bar{a}$  tvaru  $\bar{a} = a_1 - a_2i$ .

Platí  $a + \bar{a} = 2a_1$  ... součet kompl. sdružených čísel je reálné číslo.

$a - \bar{a} = 2a_2i$  ... rozdíl kompl. sdružených čísel je ryze imaginární číslo.

$a \cdot \bar{a} = a_1^2 + a_2^2$  ... součin kompl. sdružených čísel je roven čtverci absolutní hodnoty čísla  $a$ .

Grafické zobrazení čísla opačného k číslu  $a$  a komplexně sdružených čísel  $a, \bar{a}$  je na obr. 12.



### Součet a rozdíl komplexních čísel $a, b$

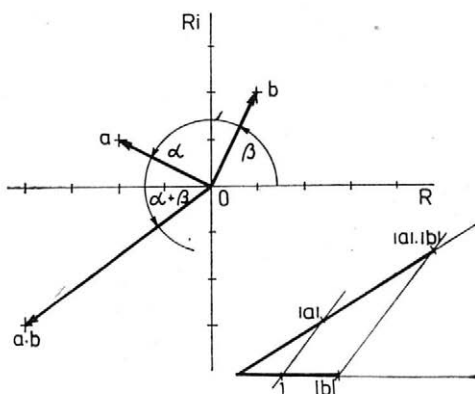
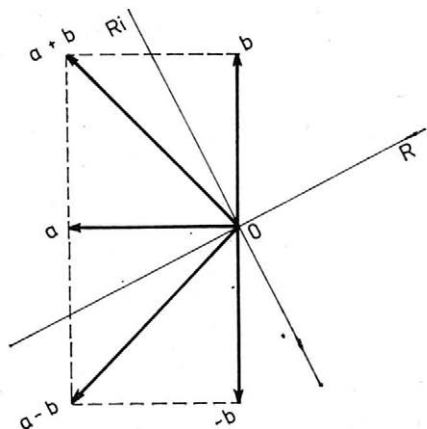
$$a + b = a_1 + b_1 + (a_2 + b_2)i, \\ = |a| \cos \alpha + |b| \cos \beta + i(|a| \sin \alpha + |b| \sin \beta).$$

Příklad 3.  $a = -2 + i$ ,  $b = 1 + 2i$ ;  $a + b = -1 + 3i$ ,  $a - b = -3 - i$  (obr. 13).

### Součin komplexních čísel $a, b$

$$a \cdot b = a_1 b_1 - a_2 b_2 + i(a_1 b_2 + a_2 b_1), \\ = |a||b|(\cos(\alpha + \beta) + i \sin(\alpha + \beta)).$$

Při grafickém násobení využíváme goniometrického tvaru. Graficky sečteme úhly a vynásobíme úsečky, jejichž velikost je rovna absolutní hodnotě komplexních čísel (obr. 14).



Příklad 4.  $a = -2 + i$ ,  $b = 1 + 2i$ ;  $a \cdot b = (-2 + i) \cdot (1 + 2i) = -2 + i - 4i + 2i^2 = -4 - 3i$ .

### Podíl komplexních čísel $a, b$

$\frac{a}{b}$  je definováno pro  $b \neq 0$ , tj.  $b_1 \neq 0$ ,  $b_2 \neq 0$ .

$$\frac{a}{b} = \frac{a}{b} \cdot \frac{\bar{b}}{\bar{b}} = \frac{a_1 b_1 + a_2 b_2 + i(a_2 b_1 - a_1 b_2)}{b_1^2 + b_2^2}, \\ = \frac{|a|}{|b|} (\cos(\alpha - \beta) + i \sin(\alpha - \beta)).$$

Při grafickém dělení využíváme goniometrického tvaru. Graficky odečteme úhly a dělíme úsečky, jejichž velikost je rovna absolutní hodnotě komplexních čísel (obr. 15).

Příklad 5.  $a = -2 + i$ ,  $b = 1 + 2i$ ;  $\frac{a}{b} = \frac{-2 + i}{1 + 2i} \cdot \frac{1 - 2i}{1 - 2i} = i$ .

### Mocnina komplexního čísla $a$

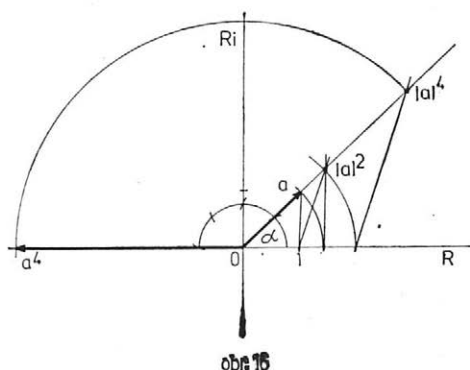
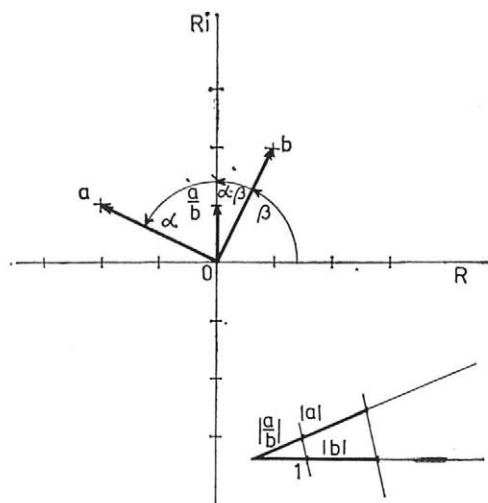
$a^n = (a_1 + a_2 i)^n = a_1 + \binom{n}{1} a_1^{n-1} \cdot a_2 i + \binom{n}{2} a_1^{n-2} \cdot a_2^2 i^2 + \dots + \binom{n}{n} a_2^n i^n$ , podle binomické věty.

$$a^n = [|a| (\cos \alpha + i \sin \alpha)]^n = |a|^n (\cos n\alpha + i \sin n\alpha).$$

Poznámka 2. Pro výpočet mocniny je výhodné používat goniometrického tvaru komplexního čísla. Výpočet podle binomické věty je pracný.

Příklad 6. Je dáno  $a = 1 + i$ . Je třeba vypočítat  $a^4$ .

Při výpočtu převedeme komplexní číslo  $a$  na goniometrický tvar,  $a = \sqrt{2} \cdot \left( \cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{4} \right)$ . Potom  $a^4 = 4 \cdot (\cos \pi + i \sin \pi)$ , po zpětném převedení na algebraický tvar  $a^4 = -4$  (obr. 16).



obr. 16

Poznámka 3. Z goniometrického tvaru mocniny komplexního čísla plyne po vydělení číslem  $|a|^n$  důležitý vztah, známý jako Moivrova (Moárova) věta:  
 $(\cos \alpha + i \sin \alpha)^n = (\cos n\alpha + i \sin n\alpha)$ .

### Odmocnina komplexního čísla $a$

Počítá se pouze v goniometrickém tvaru.

$$\sqrt[n]{a} = \sqrt[n]{|a|} \left( \cos \frac{\alpha + 2k\pi}{n} + i \sin \frac{\alpha + 2k\pi}{n} \right), \text{ kde } k = 0, 1, \dots, n-1.$$

Víme, že  $n$ -tá odmocnina čísla  $a$  je takové číslo  $x$ , pro které platí  $x^n = a$ . Tuto podmínku splňují všechna čísla uvedeného vztahu, protože goniometrické funkce  $\cos$  a  $\sin$  jsou periodické s periodou  $2\pi$ . Komplexní číslo má obecně  $n$  odmocnin.

Příklad 7. Vypočítáme  $\sqrt[3]{1 + i}$ .

Převedeme na goniometrický tvar,  $1 + i = \sqrt{2} \left( \cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{4} \right)$ .

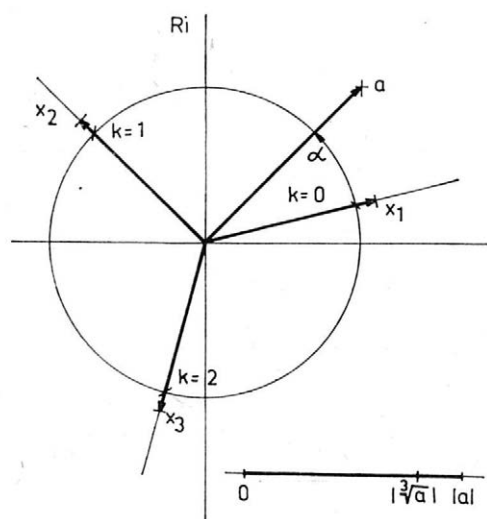
Podle vzorce počítáme

$$x_1 = \sqrt[6]{2} \left( \cos \left( \frac{\pi}{12} + i \sin \frac{\pi}{12} \right) \right) = \sqrt[6]{2} (\cos 15^\circ + i \sin 15^\circ),$$

$$x_2 = \sqrt[6]{2} \left( \cos \left( \frac{\pi}{12} + \frac{2\pi}{3} \right) + i \sin \left( \frac{\pi}{12} + \frac{2\pi}{3} \right) \right) = \sqrt[6]{2} (\cos 135^\circ + i \sin 135^\circ),$$

$$x_3 = \sqrt[6]{2} \left( \cos \left( \frac{\pi}{12} + \frac{4\pi}{3} \right) + i \sin \left( \frac{\pi}{12} + \frac{4\pi}{3} \right) \right) = \sqrt[6]{2} (\cos 255^\circ + i \sin 255^\circ).$$

Základem grafického odmocňování je dělení úhlu  $2\pi$  na  $n$  stejných dílů. Z počátku souřadnic opíšeme kružnici o poloměru 1 a na jejím obvodu vyznačíme oblouky  $\frac{\alpha}{n}, \frac{\alpha}{n} + \frac{2\pi}{n}, \dots, \frac{\alpha}{n} + \frac{2k\pi}{n}$ , kde  $k = 0, 1, \dots, n-1$ . Na spojnici počátku a těchto bodů



naneseme příslušné odmocniny absolutní hodnoty komplexního čísla. Příslušné vektory v základní poloze určují hledané odmocniny (obr. 17).

---

Adresa autora:

RNDr. Jan Zach, lesnická fakulta VŠZ, Brno

---





