

Dendrometrie

Garant předmětu : Doc.Ing.Josef Sequens, Csc.

POUŽITÁ LITERATURA :

Korf, V.: Dendrometrie, Praha 1953
Assman, E.: Waldertragslehre, Mnichov 1961
Prodan, M.: Holzmeslehre, Frankfurt 1965
Korf, V. a kol. : Dendrometrie, Praha 1972
Simon, J.: Dendrometrie (vybrané části) VŠZ Brno 1990
Simon, J., Zach, J. : Dendrometrie (cvičení), VŠZ Brno 1990
Drapela, K., Zach, J.: Dendrometrie (Dendrochronologie), MZLU Brno, 1995
Šmelko, Š.: Dendrometria 2000LF TU Zvolen 2000

NÁPLŇ DISCIPLÍNY:

Nauka pojednává o metodách stanovování kvalitativních a kvantitativních veličin charakterizujících jednotlivé stromy, části stromů i celé porosty.

Zabývá se lesnickými důležitými taxačními veličinami, vzájemnými vztahy mezi nimi a pracovními postupy jejich zjišťování včetně k tomu potřebnými pomůckami a přístroji

Zájmové okruhy disciplíny :

- n popis a vyhodnocení způsobu stanovení objemu poražených stromů a jejich částí
- n metody stanovení objemu stromů neporažených, stojících
- n stanovení porostních zásob za různých předpokladů
- n stanovení věku stromů a porostů, zakmenění porostů a zastoupení dřevin a bonity dřeviny
- n součástí předmětu jsou i metody stanovení růstu a přírůstu porostních veličin

Využití dendrometrických postupů je potřebné pro řešení řady problémů v hospodářské úpravě lesů, ale i v dalších oblastech lesního hospodářství (těžba, pěstování lesů, produkce ochrana lesů a dalších

Dějinný vývoj dendrometrie :

Dřevní **objem byl až do 18 století odhadován okulárně. Dříví** bylo tříděno na **užitkové a palivové**

Počátky stanovení objemu poraženého dříví spadají do druhé poloviny 18. století vzorec pro stanovení objemu surových kmenů a kulatinových výřezů : (Kästner 1758) $V = g_{1/2} \cdot l$

Všeobecně pak tuto metodu zavádí **Huber** 1825

Počátky odhadů porostních zásob též druhá polovina 18. století. V této době i **první konstrukce výškoměrů**

Koncem 18. století i **první náměty na využití fyzikálních metod** pro stanovení kubatury

Velký rozvoj dendrometrických metod pak nastává v 19. století

Výtvarnice (Paulsen 1800) ; **přírůstové procento** (Schneider 1853)

V dalším zpracování byly na podkladě výtvarnic sestaveny **první objemové tabulky** (Cotta 1804). V roce 1898 byly vydány objemové (hmotové) tabulky Grundner - Schwappachovy (Massentafeln)

Nejstarší **růstové tabulky** vydává Paulsen (1787). Růstové tabulky Schwappachovy (Ertrágstafeln)

pro smrk (1902) a borovici (1896), Taxační tabulky (1990), Růstové tabulky ČR (1996)

DENDROMETRICKÉ VELIČINY :

Základní dendrometrické veličiny

Jsou předmětem měření lesa a dřeva a vztahují se buď na **jednotlivé stromy** a jejich části nebo na **soubory stromů - lesní porosty**

Podle toho jaké vlastnosti vyjadřují půjde o veličiny **kvalitativní** (neměřitelné a pouze slovně popisované, např. druh dřeviny) a nebo **kvantitativní** (měřitelné např. tloušťka stromu).

Důležité je znát rozdíl mezi **stromovými** a **porostními veličinami** a též si osvojit jejich **symboly** a **měrné jednotky**, kterými se zkráceně označují a číselně vyjadřují.

Stromové veličiny

se týkají vždy pouze jednoho stromu. Jeho základní rozměry jsou :

- **tloušťka** (**d**, cm)
- **výška** (**h**, m)
- **objem** (**v**, m³),

které jsou dále rozčleněny na jednotlivé části **1-hroubí kmene**, **2-hroubí větví**, **3-nehroubí kmene**, **4-nehroubí větví**. Hroubí stromu je 1 + 2, **nehroubí stromu** je 3 + 4, **objem stromu** je 1 + 2 + 3 + 4.

Podzemní část stromu je tvořena **kořeny** a **pařezem**.

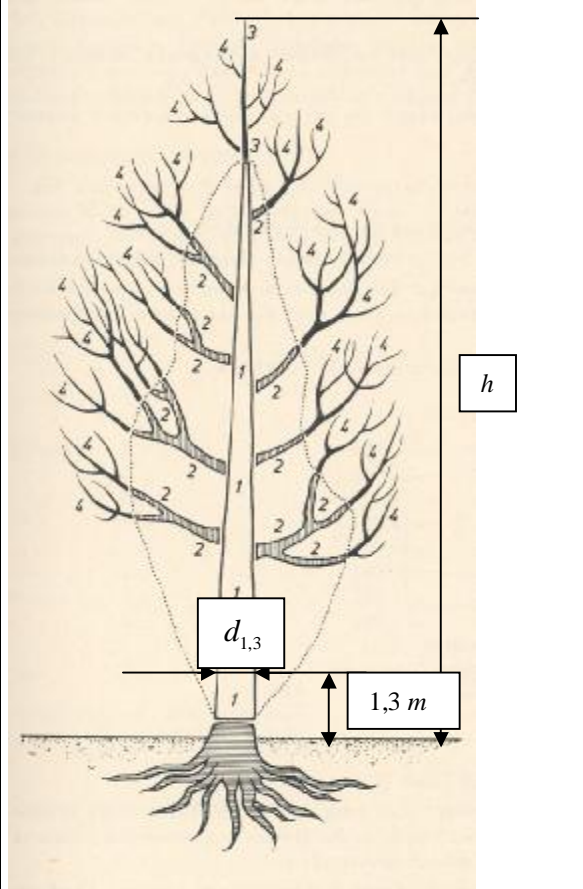
Nadzemní část stromu tvoří kmen a koruna a může být podle rozměrů a použitelnosti definovaná různě.

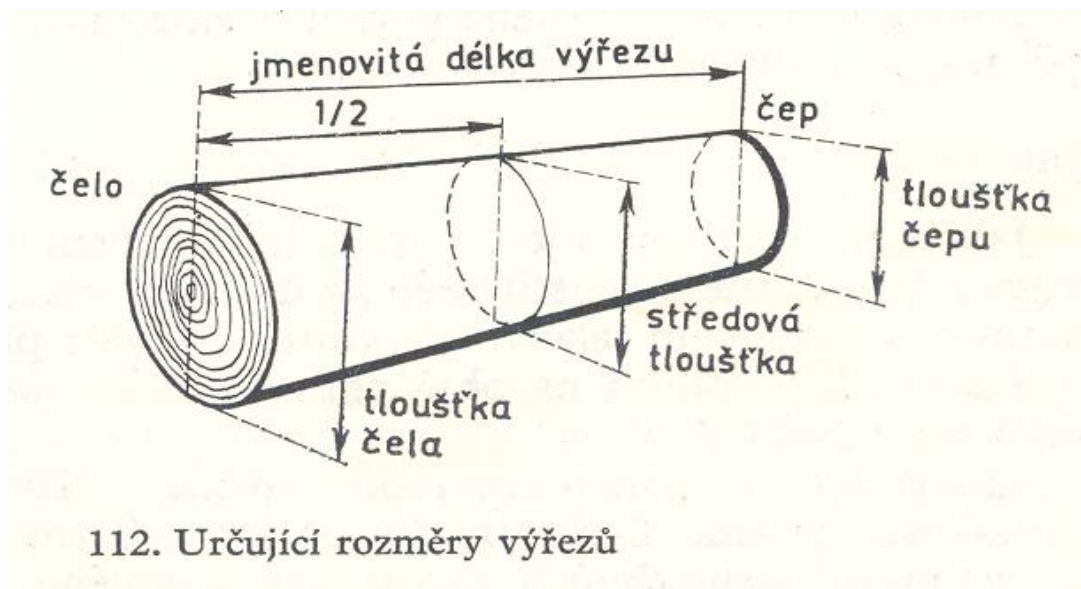
Pro objem se rozlišují tyto jeho druhy:

- **objem stromový** – objem jeho nadzemní části
- **objem kmenový** – objem hlavní osy kmene od pařezu až po vrchol
- **objem větví** – objem primárních (vycházejí z osy kmene) a vedlejších větvích
- **objem hroubí** – je to část stromového objemu, která má na tenčím konci (čepu) tloušťku i s kůrou rovnou a větší než 7 cm; může být tvořena hroubím kmene a hroubím větví
- **objem nehroubí** – ostatní část stromového objemu, která je tlustším konci (oddenku) tenčí než 7 cm a pozůstává z nehroubí kmene a nehroubí větví a někdy se ještě dělí na nehroubí do 3 cm a do 7 cm
- **biomasa (dendromasa)** – je to objem stromový spolu s asimilačními orgány (listí, jehličí)

Všechny druhy objemů se vyjadřují buď **s kůrou (sk)** nebo **bez kůry (b.k.)**

V současné hospodářsko úpravnické praxi u nás se tloušťky stojících stromů měří s kůrou a jejich objem se udává v hroubí bez kůry. také sortimenty surového dříví se měří s kůrou, ale jejich objem se vyjadřuje v hroubí bez kůry.

	<p>Na obrázku je číslem 1 označeno hroubí kmene, číslem 2 hroubí větví, dohromady 1+2 tvoří hroubí. Číslo 3 označuje nehroubí kmene, číslo 4 nehroubí větví, dohromady 3+4 tvoří nehroubí. Objem kmene tvoří čísla 1+3. Objem větví čísla 2+4. Objem nadzemní části stromu je tvořen čísly 1+2+3+4. Objem podzemní části stromu tvoří pařez a kořeny. Hranice mezi hroubím a nehroubím je 7 cm s kůrou včetně. Biomasa (dendromasa) je objem stromu včetně asimilačních orgánů. Symbol h označuje výšku stromu, symbol $d_{1,3}$ označuje výčetní průměr, tedy průměr ve výčetní výšce 1,3 m nad zemí.</p>
<p>Rozlišení hroubí a nehroubí.</p>	



Dalšími důležitými dendrometrickými veličinami stromu jsou :

- **kruhá základna** - (g, m^2)- to je plocha příčného průřezu kmene v určité výšce
- **obvod** příčného průřezu - (C, cm)
- **parametry koruny** - šířka (b, m), délka (l, m)
- **věk** ($t, roky$)
- **přírůst na tloušťce** (i_d, cm), **na výšce** (i_h, m), a na objemu (i_v, m^3)

Porostní veličiny

se týkají vždy většího počtu (souboru) stromů nacházejících se na příslušné jednotce prostorového rozdělení lesa (JPRL) (porost, porostní skupina, etáž) a vztahují se :

- **na celou výměru porostu**
- **na jednotku plochy (1 ha)**
- **na průměrný strom (vzorník)** v porostu

Mezi základní porostní veličiny patří :

- **výměra porostu** (P, ha resp. m^2),
- **počet stromů** (počet jedinců na celé ploše (N, ks) a nebo na 1 ha ($N \cdot ha^{-1}$),
- **kruhá základna** ($G, resp. G \cdot ha^{-1}, m^2$)- součet kruhových základů všech N stromů v porostu,
- **zásoba dřeva** ($V, resp. V \cdot ha^{-1}, m^3$) součet objemů v_i všech N stromů v porostu,
- **střední tloušťka** (d_s, cm), **střední výška** (h_s, m), **objem středního kmene** (v_s, m^3) - průměrná hodnota z tlouštěk, výšek a objemů všech stromů v porostu
- **věk** ($t, roky$) - počet roků od založení porostu,
- **přírůst na zásobě** ($I_v \cdot t^{-1}, m^3$) - změna zásoby za určité období, nejčastěji za 1 rok,
- **bonita** (q) - míra kvality stanoviště vyjádřená produkčním výkonem (nejčastěji střední výškou) dané dřeviny v porostu, např. $q = 32 m$ znamená, že příslušný porost ve standardním věku (obvykle 100 roků) dosáhne průměrnou výšku 32m,
- **zakmenění** (Z v desetinných zlomcích 0,1; 0,2; ... 1,0) míra relativní hustoty porostu, např. $Z = 0,7$ znamená, že stromy využívají disponibilní produkční prostor porostu na 70 % z představy (normy) plného zakmenění 1,0.
- **zastoupení dřevin** (ZD), (%) - relativní podíly, kterými se jednotlivé dřeviny podílejí na celkové redukované (plně zakmeněné) ploše smíšeného porostu, např. sm 65%, bo 35 %,
- **zdravotní stav, poškození porostu** ($Poš$) relativní podíly stromů v jednotlivých stupních poškození koruny nebo kmene stromů (např. defoliace jehličí)
- **tloušťková, kvalitní a sortimentační struktura porostu** - rozdělení počtu stromů v jednotlivých tloušťkových stupních (10, 14, 18 ...cm) a třídách kvality (A,B,C,D), resp. rozdělení objemu stromů v třídách sortimentů (I, II, IIIA, IIIB, V, VI).

MĚŘENÍ VELIČIN :

MĚŘENÍ A JEHO ZPRACOVÁNÍ MÁ TŘI ETAPY :

- 1) příprava měření
- 2) vlastní měření
- 3) zpracování výsledků měření

ROZDĚLENÍ METOD MĚŘENÍ :

- n přímá metoda
- n nepřímá metoda
- n absolutní metoda
- n relativní metoda

ZPRACOVÁNÍ MĚŘENÍ :

Spočívá ve stanovení výsledku a také chyby výsledku

Vyrovňovací počet, který umožňuje z výsledků měření stanovit nejpravděpodobnější hodnotu dané veličiny **se zabývá** :

- 1) vyrovňáním přímých měření stejně přesných
- 2) vyrovňáním přímých měření nesterjně přesných
- 3) vyrovňáním nepřímých měření stejně nebo nesterjně přesných
- 4) vyrovňání zprostředkujících měření
- 5) vyrovňání závislých měření
- 6) určení konstant a empirických vzorců

CHYBY MĚŘENÍ :

- n chyby hrubé
- n chyby systematické
- n chyby nahodilé

Chyby hrubé jsou způsobeny nepozorností měřiče. Poznává se podle toho, že **měření veličiny je v rozporu se skutečnou hodnotou. Tato chyba se musí z výsledku měření vyloučit**

Chyby systematické (nahodilé). Tyto chyby **se dají vhodnými opatřeními buď vyloučit nebo omezit**. Jejich základní vlastností je, že při opakovaných měřeních **nemění své znaménko**.

Mají různý původ chyby věcné (chybně měřící přístroj), chyby osobní (vlastnosti měřiče), chyby stálé (nevhodná měřická metoda) a **jsou proto zapříčiněny** :

- n metodou měření
- n nedodržením měřících předpokladů
- n přístroje ukazují nesprávné hodnoty
- n osobní chyby pozorovatele
- n chyby při zaokrouhlování

Chyby nahodilé .Jejich původ **neznáme a nedokážeme je odstranit**. Jsou to například chyby při čtení na stupnici přístroje. Tyto chyby **mají kladnou a zápornou hodnotu** a vyskytují se stejnou pravděpodobností. **Malé hodnoty nahodilých chyb** se vyskytují častěji než chyby větší.. **Velkým počtem měření se tyto chyby vzájemně vyrovnávají**. Vznikají vlivem blíže neurčitelných procesů a proto je nelze zcela vyloučit.

Skutečná (celková) chyba může tedy obsahovat dvě základní složky - **nahodilou a systematickou složku**

ZAOKROUHLOVÁNÍ VÝSLEDKŮ DENDROMETRICKÝCH MĚŘENÍ :

úkolem je ve výsledku měření stanovit správný počet číslic respektive desetinných míst odpovídající přesnosti jeho zjištění

n platné číslice

n neplatné číslice

Zásadou zaokrouhlování získaných údajů je stanovit správný počet číslic respektive desetinných míst v číselné hodnotě výsledku odpovídající přesnosti měření. Každé číslo má dvě části číslic : Platné číslice, které nejsou ovlivněny chybami měření (při opakovaných měřeních zůstávají stálé) a tzv. neplatné číslice, které se v důsledku chyb při opakovaných měřeních mění. To znamená, že získané výsledky je třeba zaokrouhlovat.

SOUSTAVA MĚŘÍCÍCH JEDNOTEK

Měření znamená srovnávání veličin téhož druhu , z nichž jedna je mírou neboli jednotkou. Veličiny jsou např. délka, objem čas a pod. **Veličiny lze měřit a vzájemně porovnávat jejich velikost pomocí číselných hodnot a jednotek** . Každá veličina a jednotka má svůj rozměr. Výsledek měření se vyjadřuje součinem číselné hodnoty a jednotky Např. $V = 2 \cdot \text{m}^3$

MEZINÁ RODNÍ DENDROMETRICKÁ SYMBOLIKA

Byla schválena na konferenci IUFRO (Mezinárodní svaz lesnických výzkumných organizací) v roce 1959

I. **Všeobecné lesnické symboly**

II. **Symboly vytvořené doplněním všeobecných lesnických symbolů**

III. **Matematicko statistické symboly**

I. VŠEOBECNÉ LESNICKÉ SYMBOLY

Symbol	Název
platný	dřívě
c	u obvod
d	d tloušťka ($d_{1,3}$ ve výši 1,3 m)
f	t výtvarnice
g	k výčetní kruhová základna (ve výši 1,3 m)
h	v výška
i	př přírůst
k	q tvarový kvocient
n	n počet (kmenů, let a pod.)
p	p přírůstové procento
t	t věk
v	o, h objem (dřívě hmota)

DALŠÍ ZNAČKY A SYMBOLY :

r	zakmenění
zast.	zastoupení
RVB	relativní výšková bonita
AVB	absolutní výšková bonita
COP	celková objemová produkce
PMP	průměrný mýtní přírůst
CPP	celkový průměrný přírůst
CBP	celkový běžný přírůst
Hroubí	nadzemní objem kmene od $d_{1,3}$ 7 cm s kůrou (bez pařezové části)

ZÁKLADNÍ DENDROMETRICKÉ VELIČINY, JEJICH SYMBOLY A ROZMĚRY .:

Veličina	Symbol	Rozměr, jednotka
a) stromové veličiny		
- tloušťka	d	cm
- výška	h	m
- kruhová základna (plocha)	g	m ²
- výtvarnice	f	--
- objem	v	m ³
- Věk	t	rok
- přírůst (tloušťkový, objemový)	i (i _d , i _v)	cm . t ⁻¹ , m ³ . t ⁻¹
b) porostní veličiny		
- výměra	P	ha, m ²
- počet stromů	N, (N.ha ⁻¹)	1 (ks)
- kruhová základna	G, (G.ha ⁻¹)	m ²
- zásoba	V, (V.ha ⁻¹)	m ³
- přírůst (na zásobě)	I (I _v , I _v .ha ⁻¹)	m ³ . t ⁻¹
- střední tloušťka	d _s	cm
- střední výška	h _s	m
- kruhová základna středního kmene	g _s	m ²
- objem středního kmene	v _s	m ³
- přírůst středního kmene tloušťkový, objemový	i _d , i _v	cm . t ⁻¹ , m ³ . t ⁻¹

Pracovní symbol d_s , h_s je uvažován jako náhrada pro zvláštní označení (\bar{d} , d_g , d_v , d_w), které je závislé od způsobu stanovení

Stromové veličiny se týkají pouze jednoho stromu. **Podzemní část** tvoří kořeny a pařez.

Nadzemní část (kmen a koruna) může být podle rozměrů a použitelnosti definovaná různě, v následujících objemových jednotkách.:

- **objem stromový** – objem celé nadzemní části stromu,
- **objem kmenový** - objem hlavní osy kmene od pařezu až po vrchol,
- **objem větví- primárních** (vycházejí z osy kmene), **vedlejších** (sekundárních, terciálních apod.)
- **objem hroubí** - část stromového objemu, která má na tenčím konci i s kůrou tloušťku větší než 7 cm . Pozůstává z hroubí větví a hroubí kmene
- **objem nehroubí** – ostatní část stromového objemu, která je tenčí než 7 cm (na tlustším konci), pozůstává z nehroubí kmene a nehroubí větví

- **biomasa (dendromasa) – objem stromový spolu s objeme asimilačních orgánů (listí, jehličí)**

Všechny objemy se vyjadřují buď s kůrou nebo bez kůry. V současné taxační praxi se měří tloušťky stromů s kůrou ale objem se uvádí v **hroubí bez kůry**.

Porostní veličiny se týkají souboru stromů nacházející se na určité ploše a proto se vztahují buď

- **na celou plochu porostu,**
- **na jednotku plochy,** např. 1 ha
- **na průměrný strom (vzorník) v porostu**

ZPŮSOBY ZJIŠŤOVÁNÍ DENDROMETRICKÝCH VELIČIN

- **přímo** (terestricky),
- **nepřímo** (bezkontaktně),
- **výpočtem**
- **odhadem,**
- **převzetím již existujících údajů.**

Přitom se všechny uvedené způsoby se mohou realizovat buď **celoplošně** (na všech jedincích porostu), **nebo výběrem**) pouze na části vybraných jedincích porostu vybraných tak, aby dobře reprezentovaly celý porost).

Přímé (terestrické, pozemní) měření

Je provedeno přímo v bezprostředním kontaktu s objektem zjišťování a to :

- **pozorováním**
- **spočítáním**
- **měřením**
- **nebo vážením**

Pozorování je typické pro kvalitativní znaky. Děje se okulárním posouzením zjišťované vlastnosti a výsledkem je slovní vyjádření (např.druhu dřeviny)

Spočítání se hodí jak pro kvantitativní tak i pro kvalitativní veličiny, např. spočítání stromů patřících do určitého stupně poškození, stanovení počtu letokruhů na příčném průřezu o při stanovení věku a p.

Měření a vážení se týká zpravidla veličin kvantitativních, které při měření dřeva a lesa převládají. Každou kvantitativní dendrometrickou veličinu lze vyjádřit pomocí některé ze základních měřících jednotek (délky – m, cm; plochy- m², ha; objemu- m³;hmotnosti –kg, tuna; času- roky) Přitom platí podmínka že veličina i měřící jednotka musí mít stejný rozměr.

Nepřímé (bezkontaktní) zjišťování

se provede bez přímého kontaktu s objektem zjišťování. Některé veličiny jako výška se prakticky jiným způsobem stanovit nedá. Při jiných veličinách pak tento způsob jejich zjišťování přináší **významnou racionalitu a objektivitu** postupu. Používají se tu nové principy jako je optika, elektronika, laserová a ultrazvuková technika, obrazové záznamy (pozemní, letecké a kosmické) a jejich analýza a zhodnocení pomocí nových informačních technologií (DPZ, GIS, GPS). Na tomto základě byly konstruovány nové dendrometrické přístroje a vyvinuty speciální metody a tento obor se v současnosti dále prudce rozvíjí. Příkladem jsou optické a elektronické průměrky, ultrazvukové dálkoměry a výškoměry, relaskopická metoda a p.

Zjišťování dendrometrických veličin výpočtem je častým postupem získávání údajů při měření lesa a dřeva. Slouží k odvození takových dendrometrických veličin, u kterých by bylo přímé zjišťování velmi obtížné časově a finančně nákladné a někdy dokonce ani prakticky neuskutečnitelné.

Příkladem může být např. stanovení výčetní kruhové základny stromu nebo určení objemu stojícího stromu v z odměřené tloušťky $d_{1,3}$ a výšky vyčíslením matematického modelu (tzv. objemové rovnice), $v = f(d_{1,3}, h)$

nebo odečtením výsledné hodnoty v z tzv. objemových tabulek vyjadřující uvezený vztah ve formě zjednodušených číselných přehledů.

Zjišťování dendrometrických veličin okulárním odhadem

Okulární odhad často nahrazuje přímé i nepřímé zjišťování, resp. výpočet. Je rychlé jednoduché a u zkušených pracovníků i dostatečně kvalifikované. Používá se v případech, kdy se pro zjištění toleruje nižší přesnost (např. při určení zastoupení dřevin a stupně zakmenění v mladších porostech) nebo jako předběžný způsob určení veličin, které se později korigují (zpřesňují) přímým zjišťováním. Důležité je, aby (odhadce) taxátor zvyšoval neustále svojí kvalitu odhadu a to porovnáváním odhadnuté s odměřenou hodnotou stejné dendrometrické veličiny.

Převzetí již existujících údajů

Při řešení některých praktických úloh a pro různé informativní účely často postačí údaje o lese a surovém dříví převzít z již existujících zdrojů, které byly stanoveny v minulosti. Patří sem zejména tyto elaboráty:

- Lesní hospodářské plány (LHP),
- Lesní hospodářské osnovy (LHO)
- Oblastní plány rozvoje lesů (OPRL)
- Inventarizace lesů (IL)
- Výsledky monitoringu zdravotního stavu lesa
- Operativní evidence o surovém dřevě

Přebírané údaje je vždy třeba prověřit z hlediska obsahu, číselné správnosti a úplnosti, zjistit k jaké časové úrovni se vztahují a jakým způsobem byly získané a podle toho **posoudit i míru jejich vypovídací hodnoty a aktuálnosti**.

Celoplošné a výběrové zjišťování porostních veličin

Celoplošné zjišťování

Týká se všech stromových jedinců na celé ploše lesního porostu. Poskytuje prakticky nejvýše dosažitelnou přesnost výsledků a zachytává stejně dobře všechny součásti porostů, i velmi málo zastoupené dřeviny, tloušťkové stupně a vzácné sortimenty a pod.

Nevýhodou jsou vyšší časové a finanční náklady a proto se aplikuje spíše na malých plochách a proředěných porostech.

Výběrové (reprezentativní) zjišťování

Zaměřuje se na určitý relativně malý počet n jednotek (stromů a nebo jejich skupin – zkusných ploch). Na těchto výběrových jednotkách se ze zjištěných údajů odvozují **parametry platné pro celý porost**, tzv. **základní soubor**. Výhodou tohoto postupu je podstatné snížení časových a finančních nákladů, která je tím větší čím se aplikuje na větší výměru porostu. Dále je při této metodě třeba dopředu naplánovat optimální rozsah a způsob výběrového zjišťování odpovídající předem stanovené požadované přesnosti odhadu a po provedeném měření se přesvědčit zda zvolená míra přesnosti se skutečně dosáhla. Nevýhodou je náročnější odborná příprava pracovníků a pečlivější měření příslušných veličin, protože chyby z malého počtu měřených jednotek se při přepočtu na celý porost několika násobně (desetkrát až dvacetkrát) zvětší. Celý postup je založený na matematicko-statistické teorii odhadu a úspěšně se využívá v praxi.

Jednoduchý výběr kvantitativní dendrometrické veličiny

Spočívá .:

- v naplánování potřebného rozsahu výběru
- uskutečnění naplánovaného výběru
- vypočítání statistických charakteristik uskutečněného výběru
- odhadnout μ_y – výpočtem střední chyby odhadu (absolutní s_y a relativní $s_y\%$)

Všeobecné zásady zjišťování dendrometrických veličin

Při jejich zjišťování je třeba dodržet následující zásady .:

- znát definici dané veličiny a specifické vlastnosti měřeného objektu
- zvolit vhodnou metodu (pracovní postup) s ohledem na účel zjišťování
- stanovit rámce požadované přesnosti (přípustné chyby) zjišťování pro výslednou a pro vstupní (prvotní) veličinu
- zvolit vhodné dendrometrické pomůcky a přístroje a před začátkem měřicích prací je ověřit mají-li správnou funkci a nevykazují-li systematické chyby
- stanovit potřebné korekce výsledků měření
- dodržovat předepsaný pracovní postup

TVAROVÉ CHARAKTERISTIKY STROMU

Objem kmene (v) se v dendrometrii definuje všeobecným vztahem

$$V = \frac{P}{4} * d^2 * h * f = g * h * f$$

tedy funkce jeho tloušťky (d), výšky (h) a výtvarnice (f), která zohledňuje jeho tvar

Tvar kmene jeho vlastnosti a způsoby zobrazování

Tvar kmene je třeba z dendrometrického hlediska posuzovat ve dvou rovinách

- **příčném směru**
- **podélném směru**

PŘÍČNÉ PRŮŘEZY KMENEM

Při příčném řezu kmene vzhledem k jeho ose vzniká plocha, která má zpravidla nepravidelný tvar rozdílný od kruhu (oválný nebo eliptický). Je to výsledek rozdílné tvorby tloušťkového přírůstu po obvodu průřezu.

Přesnou skutečnou **plochu průřezu** můžeme přesně určit pouze **planimetrováním** (proužkovou metodou, planimetrem) **nebo digitalizací obrazového záznamu** tomu však musí přecházet smýcení a odebrání kmenových kotoučů.

Pro praktické účely se plocha příčného řezu řeší jako plocha kruhu.

Variety měřících postupů při stanovení **plochy příčného průřezu kmene** kruhovou základnou :

1. odměření jedné tloušťky v libovolném směru
2. odměření jedné tloušťky ve směru pod 45° úhlem k maximální tloušťce průřezu (Tischendorfův návrh)
3. odměření dvou na sebe kolmých tlouštěk d_1, d_2 v libovolném směru a výpočet kruhu z aritmetického průměru obou
4. odměření maximální d_{\max} a na ní kolmé tloušťky d_k a výpočet plochy podle vzorce pro elipsu

(z geometrického průměru obou tlouštěk) $g_e = \frac{P}{4} * d_{\max} * d_k$

5. odvození plochy z odměřeného obvodu průřezu $g_0 = \frac{C^2}{4 * p}$

Všechny uvedené varianty stanovují plochu průřezu pouze přibližně, protože vždy existuje chyba kruhové základny **zapříčiněná nepravidelností tvarů příčných průřezů stromů.** Skutečnou plochu průřezu uvedené postupy všeobecně nadhodnocují. Jiná situace vzniká při měření většího množství stromů kdy se chyby navzájem vyrovnávají a tedy zmenšují. Pro jeden strom je pro stanovení plochy příčného průřezu s dostatečnou přesností potřeba změřit dvě na sebe kolmé tloušťky. Při větším množství měření na souborech stromů stačí měřit na každém z nich jednu tloušťku, ale směr měření postupně střídat. (Šmelko)

PODÉLNÝ PRŮŘEZ KMENE – morfologická křivka kmene

Ohraničuje povrch kmene stromu v podélném řezu a svojí rotací kolem podélné osy kmene vytváří plášť kmene jako rotačního tělesa. V zapojeném porostu probíhá ve spodní části asi do 1/10 výšky od země vůči ose kmene konvexně, potom až po nasazení koruny konkávně a v horní části po vrchol více méně lineárně. V souvislosti s rozdílným tloušťkovým přírůstem podél kmene se mění také i v průběhu života stromu. Na rozdíl od jehličnanů se kmen u listnáčů v koruně často rozvětluje do více částí. Přesto se vývoj kmene řídí určitými zákonitostmi, které se někteří autoři pokoušeli popsat, vysvětlit a kvalifikovat.

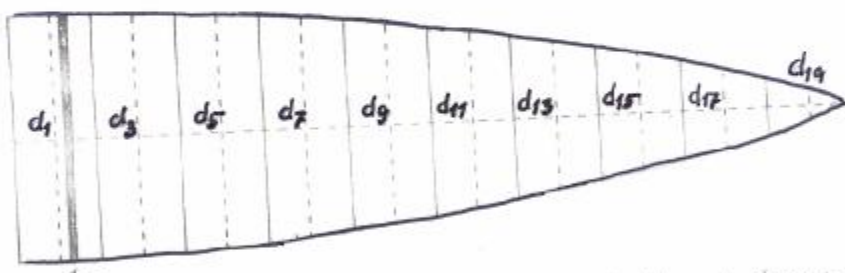
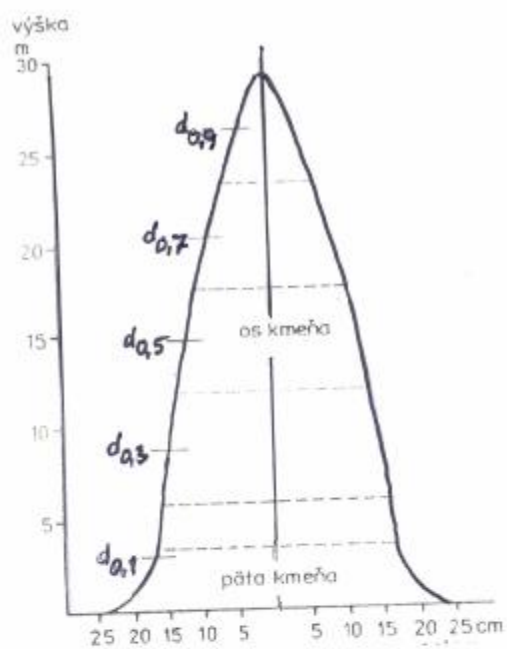
Vznikly tak různé teorie založené na hypotéze, že **kmen plní funkci nosníku**, který musí mít v každé výšce **konstantní odpor proti ohybu**, respektive **vlastní hmotnosti**. Jiní zase tyto mechanické přístupy odmítali a zdůvodňovali tvar kmene a koruny stromu **fyzilogickými příčinami**. Tyto tak zvané **deduktivní přístupy** však nevedly k úspěchu, protože izolovaně a nebo jednostranně preferovaly pouze jednotlivé činitele působící na formování kmene.

Mnohém schůdnější se ukázaly tak zvané **induktivní přístupy založené na přímém měření dendrometrických veličin na kmeni** a na vyhodnocení vzájemných vztahů mezi nimi (**stereometrický princip**).

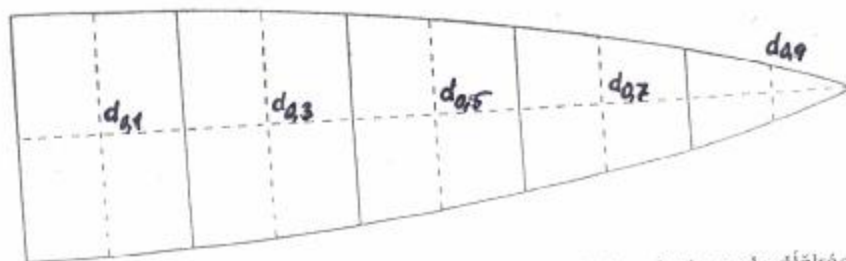
VYJÁDRĚNÍ PODÉLNÉHO TVARU KMENE DENDROMETRICKÝMI CHARAKTERISTIKAMI

Je to celá řada číselných ukazatelů :

- **Kmenové profily**. Charakterizuje podélný tvar kmene v absolutních hodnotách. Udávají pro stromy o určité výčetní tloušťce $d_{1,3}$ a výšce h tloušťky d_i obvykle po 2 m odstupech od paty po vrchol kmene. Představují důležitý podklad pro konstrukci objemových a sortimentačních tabulek. Při velkém počtu měření vyjadřují vlastně průměrný empirický průběh morfologické křivky kmenů pro vyskytující se kombinace $d_{1,3}$ a výšky h dané dřeviny.
- **Tvarové kvocienty** jsou poměrná čísla charakterizující poměry tlouštěk v určitých vzdálenostech od paty stromu d_i k tloušťce výčetní $d_{1,3}$, nebo tloušťce v desetinně délky kmene $d_{0,1}$. (Nepravé a pravé tvarové kvocienty)
- **Tvarové řady** jsou relativní číselné řady vyjadřující hodnoty tlouštěk d_i v různých výškách na kmene v procentech vzhledem k tloušťce ($d_{1,3}$ nebo $d_{0,1}$) zvolené za základ (rovnající se 100%). Udávají vlastně relativní zmenšování tloušťky kmene od paty stromu k vrcholu. Podle zvolené řídicí tloušťky známe dva druhy těchto řad – **nepravé** a **pravé**.



Rozdelenie kmeňa na sekcie o rovnakých absolútnych dĺžkach.



Rozdelenie kmeňa na sekcie o rovnakých relatívnych dĺžkach.

- 1) **Nepravé tvarové řady** udávají tyto poměry tloušťky kmene d_i ve **stejných absolutních měřístích**, např. $i = 1, 3, 5$..m k tloušťce $d_{1,3}$

$$k_i = \frac{d_i}{d_{1,3}} * 100$$

Číselně popisuje průběh celé morfologické křivky. Vzhledem k tomu, že místo měření $d_{1,3}$ je fixní, závisí od výšky (délky) stromu. Kmeny stejného tvaru, ale různé výšky mají odlišné hodnoty nepravé tvarové řady a proto se u takových stromů nehodí na vzájemné porovnání geometrického tvaru.

- 2) **Pravé tvarové řady** udávají poměry tloušťky kmene $d_{0,i}$ ve stejných relativních měřístích $1/n$ (např. v 1/10; 3/10; 5/10.... 9/10) celkové výšky stromu v porovnání k tloušťce v 1/10 výšky ($d_{0,1}$)

$$k_i = \frac{d_{0,i}}{d_{0,1}} * 100 \quad \text{pro } i = 1, 3, 5, 7, 9$$

Charakterizuje všeobecnější geometrický tvar kmene než předchozí řady, protože nezávisí od rozměru stromu. **Kmeny stejného tvaru** i když mají rozdílnou tloušťku $d_{1,3}$ a výšku h , **mají také hodnoty $k_{0,1}$ stejné**. Proto se velmi dobře hodí pro porovnávací účely. Zvláštní význam má zde poměr $k_{0,5}$ (pravým tvarovým kvocientem) který slouží k odhadu pravé výtvárnice $f_{0,1}$.

Pro praktickou potřebu, především pro sortimentační a jiné účely byly vyhotoveny tabulky pravých a nepravých tvarových řad reprezentující průměrné hodnoty většího souboru stromů. Slouží jako modely tvaru kmene stromů, umožňují odhad tlouštěk v různých výškách na kmeni (bez jejich měření) pouze na základě vstupních veličin: druh dřeviny, tloušťka $d_{1,3}$, resp. $d_{0,1}$ a výška stromu h .

- **Sbíhavost kmene** je ukazatelem změny tloušťky pro jednotlivé různě dlouhé části kmene (výřezu). Definována je poměrem

$$SB = \frac{d_1 - d_2}{h_2 - h_1} = \frac{d_1 - d_2}{L} \quad \text{kde } d_1 \text{ a } d_2 \text{ jsou tloušťky odměřené ve}$$

vzdálenosti h_1 a h_2 od paty kmene respektive na tlustším a tenčím konci, výřezu jehož celková délka je L . Udává pokles tloušťky na jednotku (1m) délky kmene nebo jeho části (výřezu). Její rozměr je $\text{cm} \cdot \text{m}^{-1}$.

- **Štíhlostní koeficient** charakterizuje **poměr mezi výškou h a výčetní tloušťkou $d_{1,3}$** stromu.

$$\check{SK} = \frac{h(m)}{D_{1,3}(cm)} \quad \text{hodnota štíhlostní koeficient je zpravidla menší než}$$

1,00 a má rozměr $\text{m} \cdot \text{cm}^{-1}$. Je dobrým a často používaným ukazatelem stability stromu proti ohrožení sněhem, větrem a pod. Čím větší je \check{SK} , tím jsou stromy méně odolné. Jeho velikost závisí hlavně na hustotě porostu (velikosti růstového prostoru, kterým strom disponuje). Velmi úzce štíhlostní koeficient souvisí s tvarem kmene a s velikostí koruny stromu. Jeli rozměr obou uvažovaných veličin h a $d_{1,3}$ vyjádřen ve stejných měrných jednotkách (m) potom se nazývá tato veličina **štíhlostní poměr** ($SP = 30:0,30 = 100$) jeho význam je však stejný.

- **Výtvarnice** je dendrometrická veličina (bezrozměrná), charakterizující **plnodřevnost kmene** stromu. Všeobecně je definována jako poměr skutečného objemu stromu (**v**) k objemu „**ideálního válce**“, který má se stromem společnou kruhovou základnu (**g**) a stejnou výšku (**h**), neboli

$$f = \frac{v}{g * h} = \frac{\text{objem stromu}}{\text{objem ideálního válce}}$$

Tato charakteristika je velmi důležitá pro stanovení objemu stojícího stromu. Představuje vlastně redukční číslo, kterým je třeba pronásobit objem ideálního válce ($p \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 \cdot h$), aby se získal skutečný objem stromu. Podle toho, která kruhová základna **g** se zvolí za srovnávací bázi, rozeznáváme **tři druhy výtvarnic** :

- **absolutní g₀**,
- **pravou g_{0,1}**,
- **a nepravou (výčetní) g_{1,3}**.

V závislosti od toho, v jaké objemové jednotce je vyjádřený skutečný objem stromu, půjde o výtvarnici stromovou, kmenovou, hroubí a to dále ještě s kůrou a bez kůry.

1) **Výtvarnice absolutní (f₀)** vztahuje se na kruhovou základnu **g₀**, která je na patě kmene

$$f_0 = \frac{v}{g_0 * h}$$

Protože kruhová základna ovlivněná kořenovými náběhy je značně nepravidelná a její měření je nepohodlné nemá téměř žádný praktický význam ani použitelnost

2) **Výtvarnice pravá (f_{0,1})**. Ma srovnávací základnu v relativní výšce nejčastěji v 1/10 h, neboli **g_{0,1}**

$$f_{0,1} = \frac{v}{g_{0,1} \cdot h}$$

Původně jí navrhuje Smalian (1837) Podle Hohenádra se dá vyjádřit též přímo pomocí pravých tvarových řad (**k_{0,i}**) :

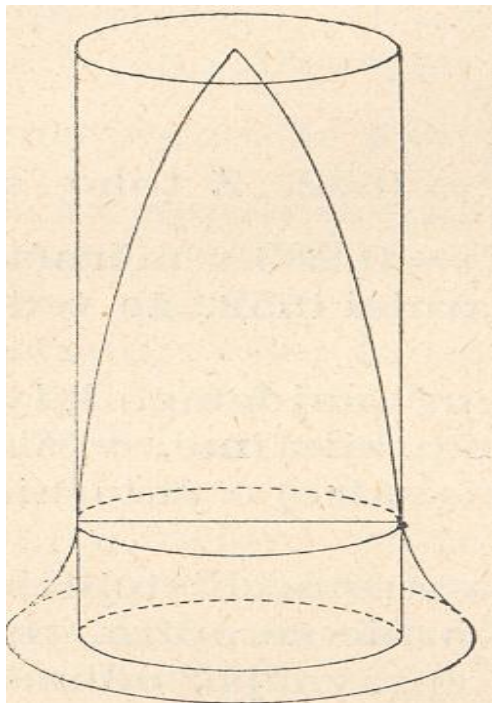
$$f_{0,1} = 0,2(1 + k_{0,3}^2 + k_{0,5}^2 + k_{0,7}^2 + k_{0,9}^2)$$

Velkou těsností korelace má i určení výtvarnice pravé i pomocí prostředního kvocientu **k_{0,5}** například pomocí jednoduchého lineárního vztahu

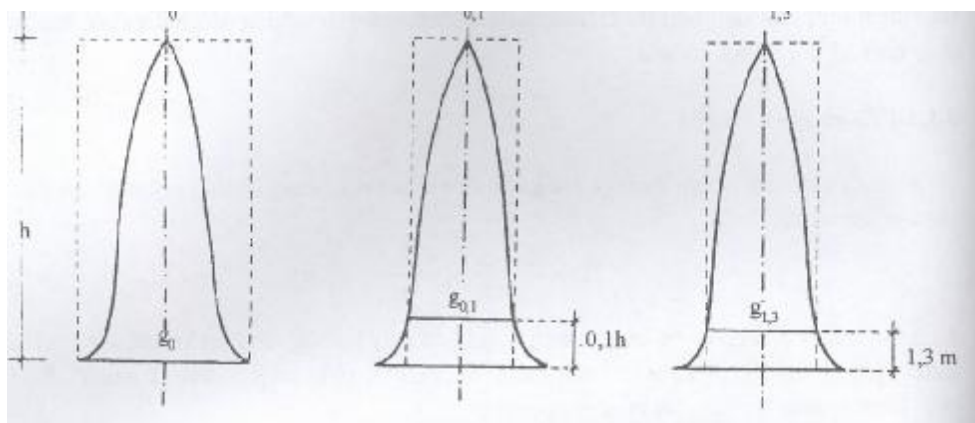
$$f_{0,1} = 0,894k_{0,5} - 0,126$$

Tento výraz podle Prodana (1965) platí v širokém průměru pro všechny dřeviny s průběžným kmenem rostoucího v zapojeném porostu.

Pravá výtvarnice je nejen redukčním číslem, ale svojí hodnotou přímo vyjadřuje i tvar kmene (podle toho dostala i svůj název). Nezávisí od rozměru stromu. Pro praktické určení objemu stromu se nehodí , protože poloha **d_{0,1}** by se musela zjišťovat pro každý jednotlivý strom zvlášť. Podle výšky stromu se pak může nacházet buď velmi nízko (kořenové náběhy) nebo zase velmi vysoko přímo nedostupně. Avšak pro účely vědeckého výzkumu může být užitečná. Je vhodným



Ideální válec



Schema **absolutní, pravé a nepravé** výrvarnice jako poměr objemu ideálního válce a skutečného objemu kmene

ukazatelem tvaru kmene, obvyčejně se tvar s hodnotou $f_{0,1}$ nad 0,52 považuje za tvárný a pod 0,52 za netvárný.

3) **Výtvarnice nepravá ($f_{1,3}$)** vztahuje se na srovnávací kruhovou základnu $g_{1,3}$, která je 1,3 m od země.

$$f_{1,3} = \frac{v}{g_{1,3} * h}$$

Její velikost závisí nejen od tvaru kmene, ale i od výšky stromu. Stromy stejného tvaru, ale rozdílné výšky mají rozdílné hodnoty $f_{1,3}$. Proto jí Pressler (1865) nazývá „nepravou“ Pro praktické potřeby je však nejpoužívanější. Tloušťka $d_{1,3}$ je jednoznačně fixována, lehkou dostupná a přímo měřitelná. Na základě rozsáhlých měření byly odvozeny průměrné $f_{1,3}$ sestavené do tabulek nebo matematických modelů. Hlavní faktory, které ji ovlivňují jsou druh dřeviny, tloušťka $d_{1,3}$, výška h , případně i věk stromu, resp. některý z tvarových kvocientů. Empirickou rovnici uvádí Kunze, která je založena na tvarovém kvocientu k_2 a výšce stromu h a platí pro průměrnou kmenovou výtvarnici $f_{1,3}$ všech hlavních jehličnatých dřevin

$$f_{1,3} = 0,903 * k_{0,5/1,3} - 0,15 + \frac{0,27}{h}$$

Velmi jednoduchý regresní tvar odvodil Kunze pro SM a BO

$$f_{1,3} = k_{0,5/1,3} - c$$

kde c je parametr závislý na výšce h jeho hodnoty se však mění jen velmi málo mění :

pro SM $c = 0,20$ pro $h = 10 - 16$ m	pro BO $c = 0,18$ pro $h = 12 - 15$ m
$c = 0,21$ pro $h = 17 - 29$ m	$c = 0,19$ pro $h = 16 - 19$ m
$c = 0,22$ pro $h = 30 - 45$ m	$c = 0,20$ pro $h = 20 - 34$ m

Mezi pravou a nepravou výtvarnicí existuje vzájemný vztah. Dá se vyjádřit tzv. Hohenádlovým kvocientem kořenového náběhu k_h , který zohledňuje poměr tloušťek $d_{1,3}$ a $d_{0,1}$. Pro stromy o výšce 13 m se obě tloušťky rovnají, takže $k_h = 1,0$ a tedy i $f_{1,3} = f_{0,1}$.
Všeobecně platí

$$; \quad k_h = \frac{d_{1,3}}{d_{0,1}} \quad ; \quad f_{0,1} = f_{1,3} \left[\frac{d_{1,3}}{d_{0,1}} \right]^2 = f_{1,3} * k_h^2 ;$$

Vyplývá z rovnosti

$$v = \frac{p}{4} * d_{0,1}^2 * h * f_{0,1} = \frac{p}{4} * d_{1,3}^2 * h * f_{1,3} \rightarrow f_{0,1} = \frac{\frac{p}{4} * d_{1,3}^2 * h * f_{1,3}}{\frac{p}{4} * d_{0,1}^2 * h} = f_{1,3} * \left[\frac{d_{1,3}}{d_{0,1}} \right]^2$$

STANOVENÍ ROZMĚRU PŘI STEREOMETRICKÉM KUBÍROVÁNÍ SORTIMENTŮ LEŽÍCÍHO KMENE

- měření délek
- měření tloušťek
- určování příčných průřezů

Měření délky

Délka (L) kmene nebo výřezu z kmene je nejkratší vzdálenost mezi čelem a čepem měřená po oblém povrchu kmene, u křivého kusu po délce oblouku nikoli tetivě. **Délka** se měří v metrech ocelovým pásmem (na vidlici, nebo samonavíjecím) nebo metrovkou (laťovým měřítkem).

Nadměrek je povinné zvětšení (přídavek) délky sortimentu surového dříví, který má odběrateli vyrovnat ztrátu zapříčiněnou délkovým sesycháním nebo při příčném přeřezávání. Činí na každý 1 m délky kulatiny 1 cm maximálně však 10 cm.

Zásek (slouží k usměrnění pádu stromu) se uvažuje jeli větší než 5 cm pouze polovinou své délky nejvíce však 5 cm.

Měření tloušťky

Pro stanovení objemu stereometrickými metodami je nutné znát vedle délky také jednu nebo více příčných průřezů. Tyto plochy se vypočítávají jako plochy kruhu, obvykle ze změřené tloušťky.

Tloušťka kmene (d) je kolmá vzdálenost dvou rovnoběžných tečen vedených v protilehlých bodech příčného průřezu kmene. V ideálních kruhových příčných řezech je tloušťka zároveň i **průměrem**. Tloušťka se měří v cm jako úsečka, která prochází geometrickým středem a to kolmo na podélnou osu kmene. K přímému měření tloušťek se používají **průměrky**.

U pokácených stromů se tloušťky surových kmenů a výřezů měří (v kůře nebo bez kůry) kovovými průměrkami v polovině délky u tloušťky do 19 cm jednou rovnoběžně s terénem, při tloušťce větší než 19 cm se měří dvě tloušťky kolmo na sebe a vypočte se průměr. Při údajích větších nebo rovných než 0,5 cm se zaokrouhlením nahoru na celé cm

U tyčoviny (tyčky a tyče) se tloušťka měří 1 m od silného konce (v kůře)

Při kontrolních měření na **skladech kulatiny a výřezů se může někdy měřit tloušťka i na čepu** (tenčí konec kmene nebo kulatinového výřezu).

Měření a stanovení objemu pokácených stromů a jejich částí

Pokácené stromy - výsledný produkt dřevoprodukční funkce lesa. Vznikají v procesu výchovy a obnovy lesních porostů

KUBÍROVÁNÍ KULATINY

Kulatina je společný název pro **okrouhlé sortimenty surového dříví větších délek (dlouhého dříví)**, t.j, surové kmeny a průmyslové výřezy.

Pro jejich **kubírování (stanovení objemu hroubí bez kůry v m³)** a měření vstupních rozměrových veličin vnikla v dendrometrii celá **řada kubírovacích vzorců**.

Jednoduché lesnické kubírovací vzorce .:

V současné době jsou aktuální pouze některé z nich. Umožňují určit objem kulatiny jednoduše, rychle s nižším, ale pro běžnou praxi dostatečným stupněm přesnosti. Požadují odměření **délky kmene** respektive výřezu (**L**) a malého počtu jedné, dvou, max. třech **tloušťek (d)**.

Vzorce jsou známé podle jména původních autorů .:

Huber :
$$v = \frac{p}{4} \cdot d_{1/2}^2 \cdot L = g_{1/2} \cdot L$$

Smalian :
$$v = \frac{p}{4} \cdot \frac{d_0^2 + d_n^2}{2} \cdot L = \frac{g_0 + g_n}{2} \cdot L$$

Newton :
$$v = \frac{p}{4} \cdot \frac{d_0^2 + 4 \cdot d_{1/2}^2 + d_n^2}{6} \cdot L = \frac{g_0 + 4g_{1/2} + g_n}{6} \cdot L$$

vzorce jsou odvozené na podkladě stereometrického principu za předpokladu, že skutečný tvar výřezu je nahrazen jednoduchým rotačním tělesem.

Objem určený podle uvedených vzorců se pouze více či méně přibližuje skutečnému objemu konkrétního výřezu. Vždy je třeba počítat s určitou odchylkou (chybou), jejíž velikost závisí od vlastností vzorce , ale i od přesnosti vstupních veličin (d, L, případně i tloušťky kůry)

Vzorce pro kubírování podle sekci

Umožňují přesnější kubírování hlavně pro vědecké účely. Kubírovaný **kmen** se rozdělí na **stejně dlouhé kratší sekce** a to.:

- **o stejných absolutních délkách** (obyčejně 1 – 2 m) nebo
- **o stejných relativních délkách**)1/20, 1/10, respektive 1/5 celkové délky kmene)
- Objem jednotlivých sekci se stanoví jednoduchou Huberovou, Smalianovou nebo Newtonovou metodou a jejich součtem se získá objem celého kmene, respektive výřezu.

- Nejčastěji se používá Huberova metoda, pro kterou platí tyto základní vztahy:

a) **Huberova metoda pro absolutní délku sekcí :**

$$v = v_1 + \dots + v_{n-1} + v_n$$

$$v = L \cdot (g_1 + g_2 + \dots + g_{n-1}) + v_n$$

$$v = \frac{P}{4} \cdot L \cdot (d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_{n-1}^2) + v_n$$

Ve vzorcích je L délka sekce (na př. 2m), g_i , resp. d_i kruhová základna nebo tloušťka v polovině jednotlivých sekcí a v_n je objem poslední vrcholové sekce který se může určit zvlášť jako kužel ($= 1/3 g_k \cdot h$) kde g_k je základna tohoto kužele.

b) **Huberova metoda pro relativní délku sekcí :**

$$v = 0,2 \cdot L \cdot (g_{0,1} + g_{0,3} + g_{0,5} + g_{0,7} + g_{0,9})$$

$$v = 0,2 \cdot L \cdot \frac{P}{4} (d_{0,1}^2 + d_{0,3}^2 + d_{0,5}^2 + d_{0,7}^2 + d_{0,9}^2)$$

Přitom L je celková délka kmene a $g_{0,i}$, resp. $d_{0,i}$ jsou kruhové základny, resp. tloušťky v středech relativních sekcí. Prvá a poslední sekce se svým tvarem (neiloid, kužel) nejvíce odlišuje od válce proto se kvůli zpřesnění tyto sekce mohou rozdělit na kratší relativní úseky a jejich objemy stanovit zvlášť.

Automatizované způsoby kubírování

Díky rozvoji snímací, registrační a výpočtové techniky existují i specializovaná zařízení umožňující kontinuálně nebo v krátkých délkových úsecích automatizovaně snímat, měřit a zaznamenávat tloušťky po celé délce kmene při jeho pohybu na dopravníku (na pile) nebo v kácecím a odvětvovacím ústrojí harvestorů a následně vypočítat příslušné objemy.

Metody kubírování kulatiny a způsoby měření vstupních veličin používané v běžné lesnické praxi

U nás i v celé Evropě se nejčastěji používá jednoduchá Huberova metoda a metoda vycházející z tloušťky na tenčím konci výřezu (čepu)

a) **Jednoduchá Huberova metoda**

Vlastní zjištění vstupních veličin není jednotné a v každém státě je upravuje příslušné technické normy.

b) **Metoda vycházející z tloušťky na tenčím konci (čepu) a z celkové délky výřezu**

Je určená pro kulatinové výřezy o stejných délkách uložených na hromadách např. na lesních skládkách, manipulačních skladech, nebo dřevo zpracujícím podniku.

URČENÍ TLOUŠŤKY A OBJEMU KŮRY

Obě dvě veličiny je třeba stanovit pro různé dendrometrické a hospodářské účely.

Tloušťka kůry (K) resp. dvojnásobek její radiální hodnoty ($K/2$) úzce souvisí s tloušťkou kmene (d) v příslušném místě a směru měření a je jí možno definovat vztahem

$$K = d_{sk} - d_{bk}$$

Z dendrometrického hlediska je tloušťka kůry stejně jako tloušťka stromu typická náhodná veličina s velkou proměnlivostí. V našich porostních podmínkách (Šmelko1982) kolísá jednak na různých místech po obvodě kmene stejného stromu, ale také mezi stromy.

Samotná tloušťka kůry (K):

- závisí od druhu dřeviny, nejtenčí je u habru a buku (0,3 – 2,0 cm), tlustší je u smrku a jedli (0,6 – 3,5cm) a nejtlustší u dubu, borovice a modřínu
- velmi výrazně ji ovlivňuje tloušťka stromu, s jejímž růstem se K zvětšuje zpravidla lineárně
- mění se také podél kmene stromu a to tak, že se stoupající výškou (měříštěm) na kmeni se sice zmenšuje, ale její relativní poměr K k tloušťce d v dané výšce postupně roste a dosáhne v horní části kmene 1,5-krát větší hodnotu než ve spodní části
- velké rozdíly vykazuje při stejné dřevině a stejné tloušťce stromu i mezi regiony a to i uvnitř jednoho státu
- vliv věku a bonity je slabší, ale existuje tendence, že stromy starší, na horší bonitě (a též severní expozici) mají tloušťku kůry větší

Tloušťka kůry se samozřejmě přenáší i do objemu kmene kde platí zjednodušený vztah :

$$K_{V\%} @ 2K_{D\%} @ 2K_{d\%}$$

neboli relativní podíl kůry na objemu výřezu se rovná přibližně dvojnásobku podílu tloušťky kůry vzhledem k tloušťce výřezu D , resp. d , bez ohledu na délku výřezu

Potvrdilo se také, že $K_{V\%}$ s přibývajícím tloušťkou a výškou stromu klesá, při malých stromech prudčeji při velkých stromech velmi mírně. V literatuře je procento objemu kůry u stromů ze starších porostů přibližně následující .:

HB 6%, BK 7%, SM 10%, JD 11%, BO 14%, DB 16%, MD 19%

V naší současné taxační praxi se na kůru z objemu těžných stromů paušálně odpočítává pro všechny jehličnaté dřeviny 10% ($100/110 = 0,90909$) **a pro listnaté dřeviny 15%** ($100/115 = 0,86956$) viz vyhl.č 84/96Sb.

METODY KUBÍROVÁNÍ TYČOVINY

Tyčovina je sortiment dlouhého užitkového dříví, získaného většinou z probírkového materiálu, který má ve vzdálenosti 1 m od silnějšího konce tloušťku i s kůrou nejvíce 13 cm.

Tyčovina se rozděluje podle této tloušťky dále ještě na:

Tyče (hroubí) tloušťka od 7 – 13 cm a délka do 2 cm na tenčím konci s kůrou

Tyčky (nehroubí) tloušťka od 3 do 6cm a délka až do vrcholu

Podle dřevin se dále třídí na **jehličnatou** a **listnatou** a podle rozměrů (tloušťky a délky) se dále rozděluje **na třídy**. Každá třída je určena svoji tloušťkou a délkou. Pokud jeden rozměr nevyhovuje je sortiment automaticky zařazen do třídy nižší

Kubírování tyčoviny se děje hromadně (po skupinách) pomocí empirických tabulek, které jsou sestaveny pro výpočet objemu 100 nebo 50 kusů tyčí nebo tyček podle jednotlivých tříd.

KUBÍROVÁNÍ NEHROUBÍ A VĚTVÍ

Nehroubí je tenké dříví z kmene a z větví listnatých a jehličnatých stromů **o tloušťce s kůrou do 7 cm** na odenku (spodní části výřezu). Podle tloušťky se může dále ještě členit na tlustší nehroubí (od 3 – 7 cm) a tenčí (do 1 – 3 cm)

V praxi se v lesním hospodářství se objem nehroubí zpravidla určuje z empirických tabulek odvozených výzkumem na podkladě údajů ze smýcených vzorníků pomocí některé z fyzikálních metod.

Pro naše poměry lze údaje o objemu nehroubí (resp. objemu větví) jednotlivých druhů dřevin stanovit jako **rozdíl objemu stromového a kmenového z objemových tabulek**, které mají tyto jednotky odvozené. (Korsuň, Hubač-Šebík, Hubač-Čermák).

KUBÍROVÁNÍ ROVNANÉHO DŘÍVÍ

Rovnaným dřívím rozumíme ty části stromu, které zůstanou po jeho rozřezání a ukládají se do prostorových metrů. Měrnou jednotkou pro rovnané dříví je **prostorový metr (prm)**, který má rozměr 1x1x1 m.

Pro přepočet prm na m³ se používá převodní číslo. Pevodní číslo je bezrozměrné číslo, menší než 1, které udává objem dřevní suroviny (m³) v 1 prostorovém metru

Velikost převodního čísla závisí:

- dřevině; čím je kůra (borka) tlustší, tím je objem dřeva v prm menší
- tloušťky kusů a jejich počtu v prm
- tvaru kusů – čím jsou tvarově nepravidelnější tím je př.č. menší
- délky kusů – čím jsou kratší tím lépe se dají urovnat
- způsobu uložení do prm- dobře uložené kusy mají větší objem
- sdružení metrů do hrání (např. 5 m dlouhých a 2 m vysokých) sdružené mají př.č. větší

Převodní čísla se dají určit : **stereometricky, xylometricky** nebo speciálními pro tento účel vyvinutými postupy (Bitterlichova metoda, fotografická metoda, metoda objemové hmotnosti dřeva)

V běžné lesnické praxi se nejčastěji používají **průměrné hodnoty převodních čísel** pro jednotlivé druhy rovnaného dříví, které mají většinou celostátní platnost (Obalil 1936-1949) v ČTN.

DENDROMASA STROMŮ A JEJÍ STANOVENÍ.

Dendromasa, resp. biomasa představuje celkovou biologickou produkci stromů, který podle Younga 1978 zahrnuje tyto **hlavní podzemní a nadzemní komponenty** : kořeny (členěné na tenké, střední a tlusté), pařez, kmen, větve (tlusté a tenké- nehroubí), vršek, kůra a listí, resp. jehličí.

Informace o jejím množství nabývá stále větší význam v souvislosti s potřebou stanovit komplexní produkci lesních ekosystémů a jejím efektivním využitím jako významný zdroj obnovitelné suroviny a energie.

Metodu stanovení dendromasy lze charakterizovat metodickými kroky .:

- výběr a zmýcení vzorníku jako reprezentanta přesně definovaného souboru stromů
- zjištění objemu stereometricky pravidelných komponentů (kmen, větve s kůrou a bez kůry) a čerstvé hmotnosti (váhy) všech komponentů dendromasy
- odebrání vzorků z kořenů, dřeva, kůry a listové zeleně, jejich vysušení a stanovení hmotnosti sušiny
- přepočet údajů ze vzorků na celý vzorník a vyjádření jednotlivých komponentů a celé dendromasy stromu v hmotnosti (váhových) jednotkách sušiny

PRAMENY CHYB A DOSAŽITELNÁ PŘESNOST MĚŘENÍ A KUBÍROVÁNÍ POKÁCENÝCH STROMŮ

Nejdůležitější část stromů – celý surový kmen nebo kulatinové výřezy z něj se nejčastěji kubírují jednoduchou Huberovou metodou, která vyjadřuje objem dřeva v m³ bez kůry. Vstupními veličinami jsou délka výřezu (L) a tloušťka výřezu v polovině stanovená buď bez kůry (d) a nebo s kůrou (D) zmenšená o dvojnásobnou tloušťku kůry (K). Přesnost určení objemu vyplývá v podstatě ze tří základních faktorů:

- **přesnost samotného kubírovacího vzorce**
- **přesnost určení vstupních veličin**
- **vlastnosti kubírovaného dřeva**

Přesnost samotného Huberova kubírovacího vzorce tzv. Teoretická se dá odvodit z rozboru morfologických křivek vyjadřujících tvar základních rotačních těles a charakterizují je tyto chyby pro.:

- válec.....0%
- kvadratický paraboloid0%
- kužel.....-25%
- neiloid.....-50%

Chyby v určení vstupních veličin – tloušťky d (m_d%) a délky L (m_L %) výřezu se přenáší na chybu objemu v (m_v %)

$$m_v \% = \sqrt{4 \cdot m_d \%^2 + m_L \%^2}$$

Chybné stanovení tloušťky výřezu se v určení objemu odráží čtyřikrát silněji než jeho délky. Také rozdílnost plochy příčného průřezu od kruhu jak to zjednodušeně předpokládá použitý vzorec se projeví nepřesností stanovení objemu.

Z dosavadního výzkumu vyplývá, že při použití Huberovy metody je třeba v širokém průměru počítat s následujícími chybami v určení objemu výřezů surového dřeva (Prodan 1965).:

- náhodné měřické chyby±0,5%
- chyba z nepravidelnosti obvodu příčného průřezu..... ±1,0%
- chyba z odchylky příčného průřezu od kruhu..... ±0,2%

chyba z rozdílné sbíhavosti kmene

- u výřezu ze střední části kmene..... $\pm 1,0\%$
- u výřezů z oddenku..... - 4%
- u výřezu z horní (vrškové) části kmene..... + 5%

Při kubírování většího počtu kusů surového dřeva se chyby se střídavým znaménkem navzájem vyrovnávají

Pokusy při počtu 5000 ks potvrdily velikost celkové chyby v rozpětí od - 0,8% do - 1,6%

To znamená, že **Huberova metoda má tendenci skutečný objem dřeva kulatinových výřezů podhodnocovat v průměru o 1 až 1,5%.** Naopak **při kubírování celého kmene stromu je skutečný objem nadhodnocován.**

Další **chyby vznikají při zaokrouhlování naměřených hodnot tloušťek.** Zaokrouhlování podle principu „na střed“ je teoreticky správné a v globále se výsledek ani nenadhodnocuje ani nepodhodnocuje. Při zaokrouhlování „dolu“, neboli na nejbližší dolní centimetr vzniká jednoznačně záporná chyba v určení kruhové základny (ploše příčného průřezu) a tím i v určení celého objemu výřezu. Chyba je vždy záporná a nemění se ani při velkém množství kubírovaných jedinců :

Tloušťka d (cm)	10	20	30	40	50	60	100
Chyba m_v %	-10,2	-7,6	-5,1	-3,8	-3,0	-2,5	-1,5

Závěr .: Při zaokrouhlování tloušťek výřezů dolu se skutečný objem dřeva podhodnocuje průměrně o - 6,6 %, přitom zaokrouhlování způsobuje chybu -5%, a vlastní kubírovací metoda -1,6%.

Posuzování přesnosti Huberova vzorce pomocí hodnoty pravého tvarového kvocientu

$$k_{0,5/0,1L} = \frac{d_{0,5L}}{d_{0,1L}}$$

Hodnoty tohoto kvocientu se pohybují v určitém rozpětí .:

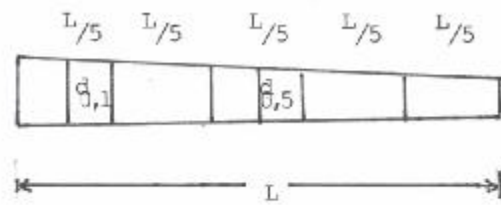
$$0,760 \quad \text{Ð} \quad k_{0,5/0,1L} \quad \text{Ð} \quad 0,800$$

Podle hodnoty kvocientu

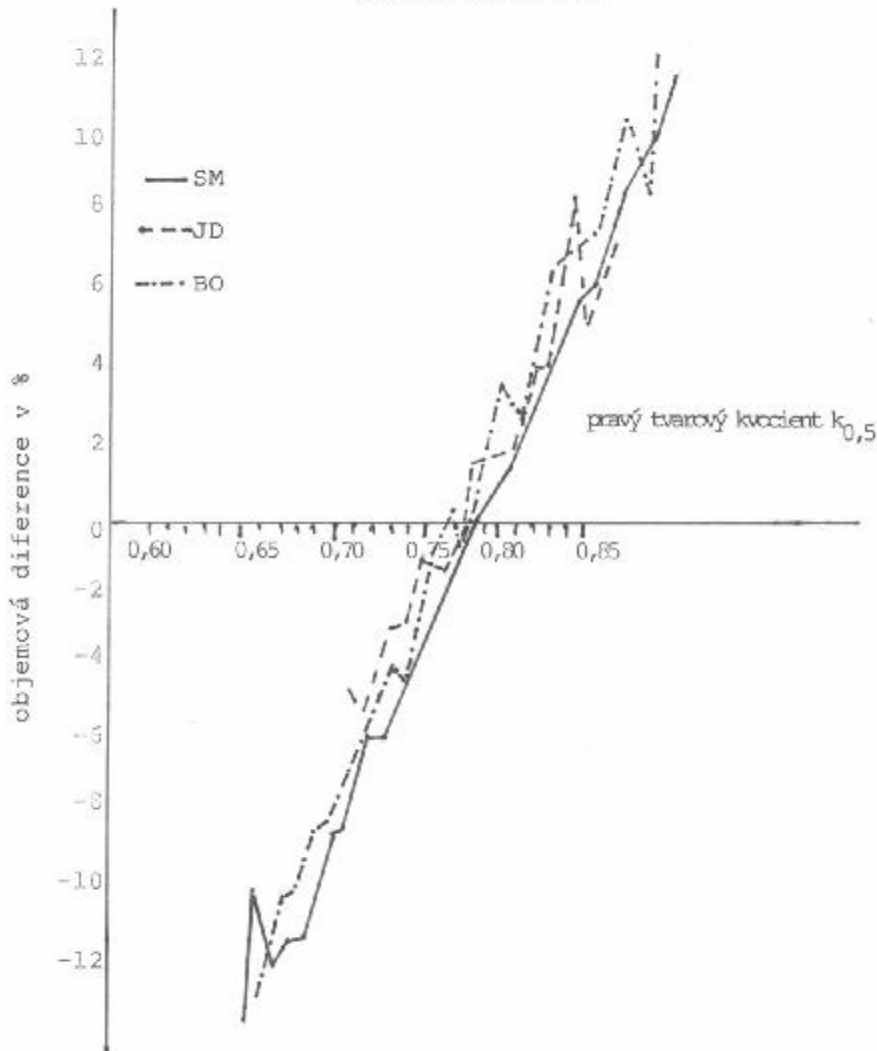
dává Huberův vzorec výsledek : **záporný** **přesný** **kladná**

Závěry .:

- 1) **Huberův vzorec** je platí všeobecně pro válec a paraboloid.
- 2) **Kmeny plnodřevné** – jsou kubírovány s kladnou chybou (vyšší)
- 3) **Kmeny spádové** – jsou kubírovány s negativní chybou (nižší)
- 4) **Čím je kmen delší** – tím je chyba objemu spíše negativní
- 5) **Se stářím se** – chyba zmenšuje
- 6) **Čím více se kubíruje najednou kmenů** – tím více se chyby vyrovnávají



obr. Rozdělení kmene na 5 sekcí podle Hohenadla



obr. Průběh hodnot pravého tvarového kvocientu

$$k_{0,5} = \frac{d_{0,5}}{d_{0,1}}$$

KUBÍROVACÍ TABULKY - tabulky pro krychlení surového dříví :

Praktickým uplatněním Huberova vzorce při kubírování surových kmenů a výřezů z nich jsou kubírovací tabulky.

Udávají **objem kulatiny (v) v m³ bez kůry** pro délku kmene nebo výřezu (L)

- a pro středovou tloušťku ($d_{1/2L}$) buď v kůře, pak musí být sestaveny **pro každou dřevinu zvlášť (zohledňuje se rozdílná tloušťka kůry)**,
- nebo **pro středovou tloušťku $d_{1/2L}$ měřenou bez kůry** pak to jsou jedny **univerzální kubírovací tabulky**,
- a nebo vycházejí z tloušťky měřené na tenčím konci výřezu (čepu) a na jejím základě empiricky stanovené kubírovací tabulky

Přesnost tabulek : buď na **0,01 m³** a nebo **0,1 m³**

Tabulky pro krychlení surového dříví v 0,01 m³ b.k.

Výřezy se měří v **délce 3 m až 20 m, tloušťka** měřená v kůře 10 až 69 cm pro dřeviny SM, BO, DB, BK

Tabulky pro krychlení surového dříví udávající objem v 0,1 m³ (bez kůry) (Teplické - Šimánek / Gross)

I. Tabulky objemu kulatiny podle středové tloušťky, která je měřená bez kůry

- 1) A délka 5 – 25 m ; tloušťka 10 – 30 cm
B délka 5 – 25 m ; tloušťka 30 – 50 cm
- 2) A délka 5 – 13 m ; tloušťka 50 – 90 cm

II. Tabulky objemu výřezu podle čepové tloušťky měřené bez kůry

(délka 2 až 10 m, čepová tloušťka 10 až 50 cm,)

III. Tabulky podle objemu kulatiny podle středové tloušťky měřené s kůrou :

pro délku v rozmezí 5 – 25 m a tloušťku 10 – 50 cm

- SM, (JD)
- BO, (MD, DG, VJ)
délka 3 – 23 m ; tloušťka 10 – 50 cm
- BK , (JV, HB, JŘ, LP, OS, platan, švestka, hrušeň, jabloň)
- DB, (DUB Cér, JLM, JS, AK, BŘ, Jírovec, OL, OŘ, VR)

Převodní čísla pro stanovení objemu rovnaného dříví (m³ b.k.)

Vlákninové dříví	Jehličnaté			Listnaté		
	smrk, jedle			borovice	buk	měkké
Stupeň odkornění	kulače	štěpiny	kuláčky			
Neodkorněné	0,66	0,64	0,54	0,63	0,59	0,57
Odkorněné do hněda	0,73	0,68	0,63	0,70	0,62	0,67
Odkorněné do běla	0,77	0,71	0,66	0,73	0,63	0,70

Palivové dříví	Jehličnaté		Listnaté
	Stupeň odkornění		
Neodkorněné	0,64		0,54
Odkorněné do hněda	0,66		0,60

*h. HÜL 21
57*

TABULKY PRO KRYCHLENÍ
SUROVÉHO DŘÍVÍ
v desetinách (0,1)m³

2. upravené vydání

Vydal Ústav pro hospodářskou úpravu lesů
Brandýs nad Labem

Tisk: ÚHÜL – pobočka výroby a služeb – 1990
č. p. 164/90

TABULKY PRO KRYCHLENÍ SUROVÉHO DRVLÍ

v desetinách /0,1/ m³

2. upravené vydání

Sestavil: Ing. Milošav Šimánek, CSc.

Obsah: I. Tabulky objemu kulatiny podle středové tloušťky měřené bez kůry

1. A délka 5 až 25 m, tloušťka 10 až 30 cm

B délka 5 až 25 m, tloušťka 30 až 50 cm

2. A délka 5 až 13 m, tloušťka 50 až 90 cm

II. Tabulky objemu výřezů podle čepové tloušťky měřené bez kůry

2. B délka 2 až 10 m, tloušťka 10 až 50 cm

III. Tabulka objemu kulatiny podle středové tloušťky měřené s kůrou

3. A SMRK délka 5 až 25 m, tloušťka 10 až 30 cm

B SMRK délka 5 až 25 m, tloušťka 30 až 50 cm

4. A BOROVICE délka 5 až 25 m, tloušťka 10 až 30 cm

B BOROVICE délka 5 až 25 m, tloušťka 30 až 50 cm

5. A BUK délka 3 až 23 m, tloušťka 10 až 30 cm

B BUK délka 3 až 23 m, tloušťka 30 až 50 cm

6. A DUB délka 3 až 23 m, tloušťka 10 až 30 cm

B DUB délka 3 až 23 m, tloušťka 30 až 50 cm

7. A SMRK délka 5 až 13 m, tloušťka 50 až 70 cm, BOROVICE-ODDENKY-3-11 m, 40-60 cm

B BUK, DUB délka 5 až 13 m, tloušťka 50 až 70 cm

IV. Tabulky objemu jehličnatých a listnatých tyček a tyčí podle tloušťky měřené s kůrou 1 m od oddenku v setinách /0,01/ m³

8. A Hmotový obsah tyček a tyčí podle tříd na 1 kus

B Hmotový obsah tyček a tyčí podle tříd pro množství 1 až 50 kusů

TABULKY OBJEMU KULATINY V DESETINÁCH /0,1/ m³

tab. 1A

d m	střední tloušťka měřená bez kůry cm																														d m
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30										
5	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	
6	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	9	
7	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8	9	10	10	
8	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	11
9	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	12
10	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	8	8	9	9	10	11	12	13	13
11	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	13	14
12	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	13	14
13	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	9	9	10	11	12	13	14	15
14	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	11	12	13	14	15
15	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	11	12	13	14	15	16
16	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
17	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
18	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
19	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
20	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
21	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
22	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
23	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
24	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14
25	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14

Pozn. 0 = 0,05 m³

2. vydání

© Ing. M. Šimánek, CSc. 1990

FYZIKÁLNÍ ZPŮSOBY STANOVENÍ OBJEMU DŘÍVÍ

Vedle uvedeného stereometrického způsobu kubírování sortimentů se pro tento účel využívají i **fyzikální zákonitosti**

Způsob :

- **xvlotrický** (Měří se po ponoření tělesa množství tělesem vytlačené vody (1 litr = 1 dm³))
- **hydrostatický** (princip Archimedova zákona. Dřevo zvážím ponořené do vody a na vzduchu a z rozdílu obou vah se stanoví množství vytlačené vody)
- **vážení** (základní veličinou zde je hmotnost. Údaje o váze dřeva jsou dostatečně přesné a objektivní)

Základem metody stanovení objemu dřeva vážením je **měrná hmotnost měřeného dřeva S** (nebo r_w) a **skutečná hmotnost dřeva (M)**

Objem se vypočítá ze vztahu :

$$v = \frac{M}{r_w}$$

K výpočtu se používá měrná hmotnost dřeva buď absolutně suchého nebo dříví přirozeně proschlého (w= 0% ; w=12-15%)

Hustota je hmotnost jednotkového objemu

Udává se v jednotkách : kg/ m³ ; nebo g/ cm³ vždy závisí od vlhkosti dřeva

Hustota je podílem hmotnosti a objemu dřeva

$$r_w = \frac{m_w}{v_w}$$

kde

ρ_w - je hustota při určité vlhkosti (w)

m_w - hmotnost zkušební tělesa v kg při určité vlhkosti (w)

V_w - objem zkušební tělesa v m³

Pro potřeby výzkumu se většinou počítá s hustotou **absolutně suchého dřeva** při nulové vlhkosti (r_0)

V praxi nejčastěji potřebujeme znát hustotu dřeva při vlhkosti 12 % nebo 15% - **přirozená vlhkost** (r_{12} ; r_{15})

Hustota dřeva podle dřevin značně kolísá v rozpětí balsa $\rho_0 = 130 \text{ kg/ m}^3$, naopak u **guajaku** $\rho_0 = 1230 \text{ kg/ m}^3$. U **našich dřevin** je hustota v rozmezí $\rho_0 = (410 - 790 \text{ kg/ m}^3$

Přibližná hustota některých našich dřevin :

Orientační velikost čísel redukční hustoty některých dřevin při nulové vlhkosti $r_{w(0)}$ v kg/m³

SM = 420 ; BO = 435 ; BK = 575 ; DB = 595 ; HB = 620 ; BŘ = 515 ; OS = 420

Určení objemu dřeva pomocí jeho hmotnosti. Základem metody je údaj o hmotnosti stanovený vážením.

Předpokladem využití této metody je známá objemová váha dřevní hmoty. Problematickým pro použití hmotnosti je kolísající obsah vlhkosti v dřevní surovině. Z těchto důvodů tato váha není konstantní, ale závisí od :

- dřeviny
- stupně vyschnutí
- části stromu, ze kterého vzorek pochází
- stanoviště
- roční době

Předností této metody :

- 1) Vážení poskytuje přesnější výsledky
- 3) Údaje o váze jsou zcela objektivní
- 4) **Metoda je použitelná nezávisle na dřevině a její úpravě**
Průběh vysoušení smrkového dříví
Průběh vysychání pokácených kmenů

Příklad stanovení objemu atro systémem (při nulové vlhkosti)

- 1) Stanoví se hmotnost nákladu (např. 20 tun)
 - 2) Odebere se průměrný vzorek pilin (minimálně 100 gramů)
 - 3) V laboratoři se stanoví % relativní vlhkosti odebraného vzorku (40 % vlhkosti dává 60 % sušiny)
 - 4) Tímto procentem stanovené sušiny se redukuje hmotnost nákladu (20 tun x 0,60 = 12 tun sušiny)
 - 5) Z tabulky redukční hmotnosti dříví pro danou dřevinu například smrk ($\rho_0 = 420 \text{ kg/ m}^3$)
 - 6) $V = 12 \text{ tun} : 0,42 = 28,57 \text{ m}^3$
- (**ATRO SYSTÉM**, Paskov od r. 1981)

Stanovení objemu lutro systémem (při přirozené vlhkosti)
(**LUTRO SYSTÉM**, Štětí od r. 1997)

Stanovení hmotnosti SM/JD vlákninového dříví během roku přechází rozsáhlé laboratorní **zjišťování kolísání přirozené vlhkosti během roku** (Kolísání indexu hmotnosti během roku). Objem dřeva se zjišťuje podle předchozího rozsáhlým měřením empiricky stanovené



*Výškoměr **Vertex III**, aktivní odrazka k tomuto přístroji a výsuvná lať, výškoměr **Blume Leiss** a jeho dálkoměrná lať, Výškoměr **Haglof**, výškoměr **Silva** s dálkoměrnou latí a výškoměr **Christen***

MĚŘENÍ A URČENÍ OBJEMU STOJÍCÍHO STROMU

Změření potřebných veličin a stanovení objemu je zde mnohem obtížnější. Přímou lze měřit pouze dostupnou část kmene do výše cca 2 m a ostatní veličiny pouze nepřímou (bezkontaktním) měřením nebo pomocí regresních vztahů a matematických modelů

Objem stromu

je dřevní objem, který strom dosáhl jako výsledek svého růstového procesu. Základními veličinami, které vytvářejí objem je **výčetní tloušťka kmene $d_{1,3}$** , **výška stromu h** a **tvár kmene**, který vyjadřuje **nepravá výtvarnice $f_{1,3}$** .

Pro objem stromu platí všeobecný vztah :

$$v = g_{1,3} \cdot h \cdot f_{1,3} = \frac{P}{4} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h \cdot f_{1,3}$$

tloušťka a výška kmene se dá poměrně dobře a dostatečně přesně vyjádřit, ale obtížné je podchytit konkrétní tvar kmene stromu.

METODICKÉ POSTUPY STANOVENÍ OBJEMU KMENE

Měření tloušťky a výšky stromu

Tloušťka a výška jsou významné dendrometrické veličiny, ale také základními vstupními veličinami pro odvození objemu stojících stromů.

Tloušťka stromu

Nejdůležitější tloušťkou na stojícím stromě je **tloušťka výčetní $d_{1,3}$** , definovaná celosvětově jako tloušťka ve výšce 1,3 m nad zemí, ve sklonitém terénu na svahu měřená z horní strany stromu. K jejímu odměření jsou používány běžné **průměrky** nebo **obvodová pásma** doplněna případně s **p stupnicí**. **Tloušťky d_i ve vyšších částech (měřístích) na kmeni** k přímému měření nedostupné se stanovují speciálními přístroji **dendrometry**, **zrcadlovým relaskopem** nebo **telereleaskopem**.

Tloušťky na stojícím stromě se měří vždy v kůře.

Výška stromu

Výška stromu h , nebo **výška h_i** je veličina přímo nezměřitelná a stanovují se pomocí **výškoměrů**. Jejich přesnost je od ¼ m až po 0,1 m podle typu výškoměru. Výšku pak uvádíme zaokrouhlenou na 1 m

Na stromě rozeznáváme :

výšku pravou – vzdálenost dvou rovin kolmých k ose stromu vedených vrškem a patou stromu

výšku svislou – vzdálenost dvou rovnoběžných rovin vedených vrškem a patou stromu Na stromě, který je většinou od svislice nakloněn proto měříme zpravidla výšku svislou

Výškoměry jsou založené :

- **na trigonometrickém principu** (stejnolehlost pravoúhlých trojúhelníků) Výškoměr **BLUME – LEISS** (německý) ; **SILVA** (švédský), **SUUNTO** (finský) ; elektronický výškoměr **VERTEX** (švédský) nebo **výškoměr HAGLOF HEC** (švédský)
- **nebo na geometrickém principu** (podobnost obecných trojúhelníků). Výškoměr **CHRISTENŮV**

Postup měření výšek

- a) u výškoměrů první skupiny (založených na **podobnosti pravoúhlých trojúhelníků** s výjimkou elektronického Vertexu a Haglofu HEC je třeba.:
- stanovit potřebnou odstupovou vzdálenost měřiče od stromu (pomocí dálkoměrné latě nebo pásma)
 - vlastní odměření výšky stromu spočívá v zaměření přístroje postupně na vršek a patu stromu a oba úseky výšky stromu na odpovídající stupnici přístroje se sečtou.

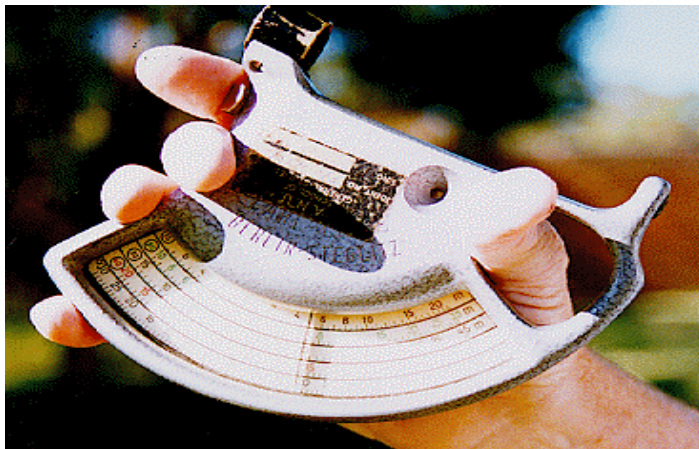
Elektronický výškoměr Vertex měří výšku s větší přesností z libovolné vzdálenosti od stromu pomocí aktivní odrazky, kterou si přístroj stanoví vodorovnou odstupovou vzdálenost od měřeného stromu.

- b) postup při měření výškoměrem založeném na **stejnolehlosti obecných trojúhelníků** (CHRISTEN) .:

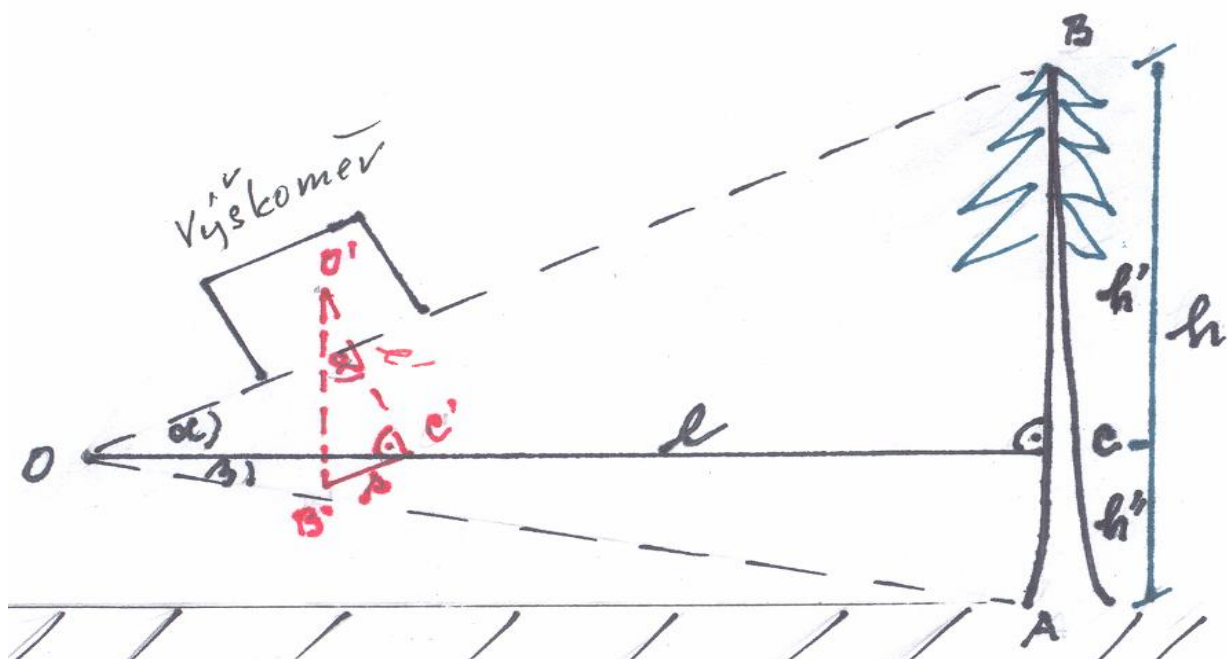
Je to pravítko z lehkého kovu a nebo umělé hmoty s výřezem zpravidla 30 cm ve kterém je zobrazena výškoměrná stupnice odpovídající záměrné lati, zpravidla 4 m dlouhé, která se staví ke kmeni stromu. Stupnice se hyperbolicky zhušťuje což způsobuje sníženou přesnost odčítání výšek u stromů nad 20 m. Výškoměr je držěn ve svislé poloze a to tak, aby pata a špička stromu byla přesně ve výřezu pravítka a vršek latí na stupnicí pravítka udává celkovou výšku stromu.

Výškoměry lze také měřit sklon terénu

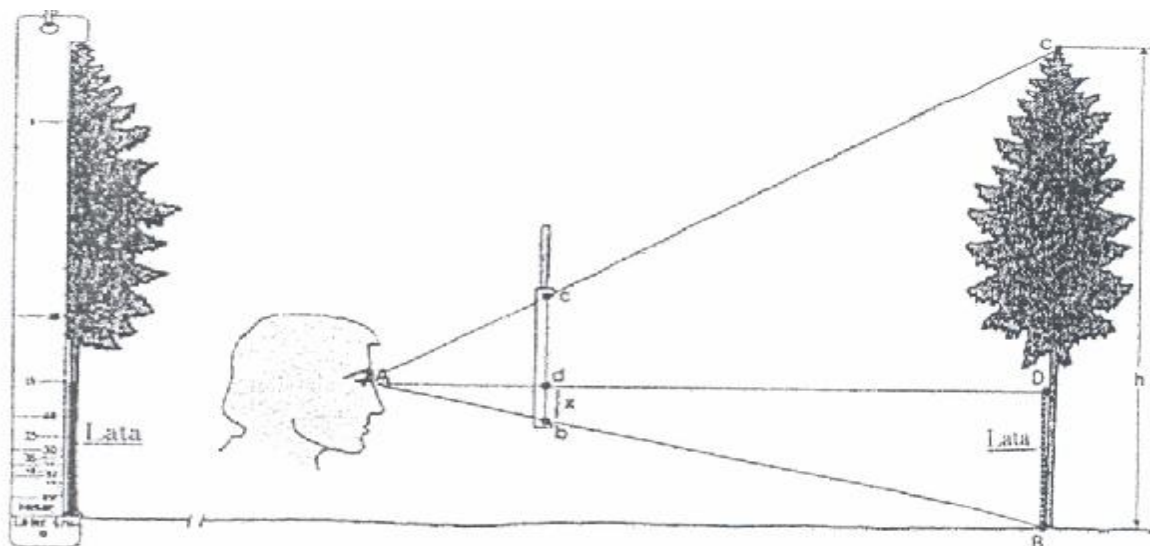
Sklon se stanoví na sklonoměrné stupnici výškoměru (BlumeLeiss, Silva) nebo přímo na displeji elektronického výškoměru , a to ze středu stanoviště směrem po spádnicí a proti spádnicí. Zaměřujeme se na strom do výšky kde by se nacházelo oko měřiče , kdyby vedle tohoto stromu stál. Z obou hodnot se vypočítá průměr a zapíše do poznámek. Z těchto hodnot se potom vypočítá průměrný sklon porostu. Sklon se měří ve stupních. Pokud je na sklonoměru pouze stupnice v procentech, převádí se na stupně podle vztahu : $\text{tg } \alpha^{\circ} * 100 = \%$



Výškoměry Silva, Blume Leiss a elektronické výškoměry Haglof HEC a Vertex III



Princip podobnosti pravoúhlých trojúhelníků . Základní rovnice pro stanovení dílčí výšky stromu $h' = l \cdot \operatorname{tg} \alpha$; Výška $h = h' + h''$;
 h' = odvěsna pravoúhlého trojúhelníka; l = vodorovná odstupová vzdálenost (odvěsna pravoúhlého trojúhelníka); s = výškový údaj na odpovídající stupnici přístroje (podle odstupové vzdálenosti)



Měření výšky výškoměrem založeným na stejnoolehlosti obecných trojúhelníků (Christen)



*Měření výšky elektronickým výškoměrem **Vertex III**, jeho **aktivní odrazka** umístěná na kmeni a měření výšky elektronickým výškoměrem **Haglof HEC***

URČENÍ OBJEMU STOJÍCÍHO STROMU

Metody je možno rozdělit na přesné, méně přesné až po okulární odhad.

a) Metody založené na zachycení individuální morfologické křivky stojícího stromu

Odměřované tloušťky d_i jsou v pravidelných výškových odstupech h_i ,

- absolutních např.: 1, 3, 5...resp. 2, 6, 4...m
- nebo relativních např. 0,1h, 0,3h...0,9h

podél celého kmene stromu pomocí speciálního přístroje umožňujícího **měřit tloušťky na kmeni v nedostupných měřístích** (dendrometry, nebo telereleaskopem) a **objem** pak vypočítat **podobně jako při kubírování kulatiny Huberovou metodou podle sekci**

Nedostatkem metody je její časová náročnost a obtížnost dodržet pravidelnost odstupů h_i v korunové části stromu pro špatnou viditelnost kmene.

b) Metoda založená na měření Presslerovy úměrné výšky

Pressler ji navrhl již v roce 1865 a v novější době byla oživena Bitterlichem (1984) v souvislosti s relaskopickou technikou relativního měření. **Úměrný bod** je definován jako místo na kmeni stromu, kde **tloušťka** jeho příčného průřezu **se rovná polovici tloušťky stromu ve výšce 1,3 m**. Vzdálenost tohoto úměrného bodu od předpokládaného pařezového řezu se nazývá **úměrná výška stromu**.

Objem kmene se rozloží na dvě části.

- Prvá část v_1 nad úrovní tloušťky $d_{1,3}$ je dána vzorcem

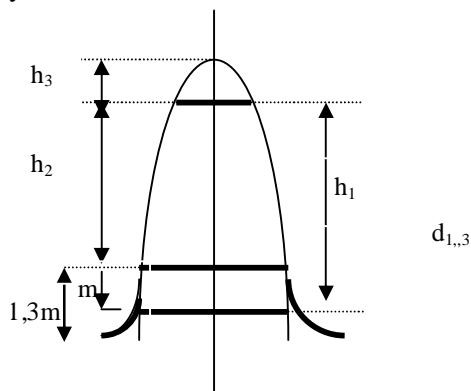
$$v_1 = \frac{2}{3} \cdot g_{1,3} \cdot h_2,$$

který platí přibližně pro všechny základní rotační tělesa.

- Druhá část reprezentuje objem oddenku (při zanedbání objemu připadajícího na kořenové náběhy) a rovná se

$$v_2 = g_{1,3} \cdot m$$

kde m je vzdálenost (1,3-0,2) = 1,1m od řezu na pařezu (odhadovaná výška pařezu 0,2 m) po výčetní výšku 1,3 m.



Protože $h_2 = h_1 - m$ objem celého kmene se stanoví ze vztahu

$$v = v_1 + v_2 = \frac{2}{3} \cdot g_{1,3} (h_1 - m) + g_{1,3} \cdot m = \frac{2}{3} \cdot g_{1,3} \cdot \left[h_1 + \frac{m}{2} \right]$$

Přitom poslední výraz bez $g_{1,3} \frac{2}{3} \left(h_1 + \frac{m}{2} \right)$ je vlastně nepravá výtvarnicová výška ($h \cdot f_{1,3}$)

Výhodou metody je, že určuje objem každého stromu individuálně a v současnosti se dá např. použitím zrcadlového relaskopu nebo Tele-relaskopu stanovit poměrně jednoduše a dostatečně objektivně.

c) Metoda výtvarnic a výtvarnicových výšek

Vychází ze známého vztahu pro objem stromu

$$v = \frac{P}{4} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h \cdot f_{1,3} \quad \text{resp.} \quad v = \frac{P}{4} \cdot d_{0,1}^2 \cdot h \cdot f_{0,1}$$

Kde $f_{1,3}$ je nepravá a $f_{0,1}$ je pravá výtvarnice a výtvarnicová výška je definována jako násobek výšky a výtvarnice : $h \cdot f_{1,3}$ resp. $h \cdot f_{0,1}$. **Tloušťka $d_{1,3}$, resp $d_{0,1}$ a výška h stromu se stanoví měřením a za příslušnou výtvarnici, resp. výtvarnicovou výšku se dosadí průměrná hodnota stanovená z empirické regresní rovnice jako funkce jiné vhodné veličiny, která se na stromě dá jednoduše a objektivně stanovit. Obyčejně je to tloušťka $d_{1,3}$ a výška h stromu resp. i veličiny související s tvarem (sbíhavostí) kmene. **Koeficienty těchto regresních vztahů se odvodí vždy přímým zjištěním výtvarnice $f_{1,3}$ resp. $f_{0,1}$ a odměřením dalších vzpomenutých veličin na velkém množství zmýcených vzorníků takže tyto nereprezentují individuální tvarové poměry pro jednotlivé stromy, ale široký průměr stromů o určité tloušťce a výšce na daném území nebo růstové oblasti, pro které byly regresní funkce odvozené. Metoda má svou výhodu v tom, že když se podaří dobře vyjádřit např. výtvarnici $f_{1,3}$ regresní funkcí získá se zároveň i matematické vyjádření pro objem stromu****

$$v = \frac{P}{4} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h \cdot F(d_{1,3}; h)$$

d) Metoda objemových rovnic a objemových tabulek

Je to metoda v praxi nejpoužívanější. Vyjadřuje objem stromu jako funkci jedné až třech jednoduše měřitelných veličin charakterizujících rozměry nebo i tvar stromu. Po metodické stránce se příslušná regresní rovnice (objemová funkce) odvozuje na podkladě údajů o objemu a dalších uvažovaných veličinách na velkém počtu pokácených vzorníků. Výsledný objem neudává individuální objem konkrétního stromu, ale průměrnou (nejpravděpodobnější) hodnoty objemu.

Podle vstupních veličin můžeme rozlišit v podstatě tři základní **typy objemových funkcí, resp. objemových tabulek**:

- **jednoargumentové objemové rovnice a tabulky**, které vyjadřují objem v pouze v závislosti od tloušťky stromu $d_{1,3}$

$$v = f(d_{1,3})$$

Jsou nejjednodušší (nazývají se též “tarify“) a použitelné jsou pouze v lokálních podmínkách a pro menší stanovištně homogenní území. Jejich přesnost vyjádřená pro jeden strom je okolo ± 15 až 25%. Svého času se používaly ve Švýcarsku a Francii na kontrolu produkce, neboli sledování objemu stromů ve výběrných lesích. Zvláštností přitom bylo, že objem se nevyjadřoval v m^3 , ale v jednotkách „Silve“ (sv).

- **dvojargumentové objemové tabulky** vyjadřují objem v jako funkci dvou základních rozměrových veličin stromu, tloušťky $d_{1,3}$ a výšky h

$$v = f(d_{1,3}, h)$$

Jsou nejčastěji používanou metodou stanovení objemu stojícího stromu. Mají širší regionální platnost a podchycují skutečný objem stromu s prakticky postačující přesností, se střední chybou $\pm 7 - 12\%$.

- **tříargumentové objemové rovnice a tabulky** vyjadřují objem v v závislosti nejen od tloušťky $d_{1,3}$ a výšky h , ale i od další veličiny X , která podchycuje rozdílnost v tvarech kmene stromů

$$v = f(d_{1,3}, h, X)$$

Hodí se pro větší územní celky, kde jsou rozdíly ve tvaru kmene při stejných tloušťkách a výškách stromů způsobené např. rozdíly v nadmořské výšce nebo zeměpisné šířce. Jako vhodná třetí vstupní veličina X se v Evropských poměrech používá:

- tloušťka d_7 měřená ve výšce 7 m od země (Fínsko, Švýcarsko)
- tloušťka $d_{,30}$ měřená v relativní výšce 30% z celkové výšky stromu h (Rakousko)
- tvarový kvocient $k = d_{0,5} / d_{1,3}$, zavedený v Rusku
- výška nasazení koruny h_k (Švédsko) Zavedení třetí vstupní veličiny se střední chybou určení objemu podstatně zmenší a to na $\pm 4-6\%$.

Přesto, že objemové tabulky mají mít všeobecnou platnost pro větší územní celky a často na dobu několik desetiletí, je potřebné prověřovat jejich správnost a dosažitelnou přesnost (na pokusném souboru vzorníků)

e) Metoda okulárního odhadu objemů stojících stromů

Určení objemu stojícího stromu okulárním odhadem je obtížné a málo přesné. Vyžaduje dlouholetou zkušenost podloženou porovnáním odhadů s odměřeným objemem stromů po jejich zmýcení.

- **Objektivní pomůckou zlepšení odhadů** je v dendrometrii dobře známý tzv. **Denzinův vzorec** (1929), podle kterého je objem hroubý v v m^3 dán jednoduchým vztahem

$$v(m^3) = \frac{d_{1,3}^2}{1000}, \text{ kde } (d_{1,3} \text{ je v cm})$$

Přesně platí pro stromy s výtvarnicovou výškou $f_{1,3}, h = 12,74$ m. Všeobecně se však dá použít pro jehličnany a listnáče když mají tzv. „normální výšku“ 25 – 26 m. Pro každý metr plus nebo minus odchylky od této hodnoty je třeba objem podle vzorce zmenšit nebo zvětšit o 3%.

Pro možnost dalšího zpřesnění odhadu doporučuje autor i diferencované normální výšky a korekce podle jednotlivých druhů dřevin, které platí pro

	BO	SM	JD	BK a DB		
a to	pro h =		30	26	25	26
	+1 m	+3%	+3%	+3%	+5%	
	-1 m	-3%	-4%	-4%	-5%	

- Dalším odhadním vzorcem je vzorec **Sokolovského** ($d_{1,3}$ v m) :

$$SM \quad v = d_{1,3}^2 * \left(\frac{h}{3} + 1\right); \quad \text{pro výšky 18 – 36 m}$$

$$JD \quad v = d_{1,3}^2 * \left(\frac{h}{3} + 1,5\right);$$

$$BO \quad v = d_{1,3}^2 * \left(\frac{h}{3} + 0,25\right); \quad \text{pro výšky 15 – 27 m}$$

ZJIŠŤOVÁNÍ VELIČIN CHARAKTERIZUJÍCÍCH STAV A VÝVOJ LESNÍCH POROSTŮ

LESNÍ POROST

je přirozené společenstvo stromů, které mají na celé ploše přibližně stejný charakter, který je daný:

- růstovými podmínkami (bonitou)
- dřevinným složením

Zároveň je to označení pro **základní jednotku rozdělení lesa** známou v naší hospodářsko úpravnické praxi jako **dílec**, a nebo **porostní skupina**.

Porost může být **stejnorodý (monokultura)** jeli tvořen pouze jednou dřevinou a nebo **různorodý (smíšený)** jeli tvořen větším počtem dřevin.

Podle věku může být porost **stejnověký** založený stromy přibližně stejného věku a nebo **nestejnověký** založený stromy různého věku.

Podle vertikálního uspořádání porostní struktury mluvíme o porostu **jednovrstevném (jednoetážovém)**, stromy jsou na ploše porostu uspořádány v jedné vrstvě (výšce) a nebo se jedná o porost **dvoj**, nebo **vícevrstevný** nad sebou (**dvojetážový**, nebo **více etážový**).

Nejvyšší stupeň různorodosti, různověkosti a více vrstevnatosti představuje pak **výběrný les** a přirozený **přírodní les** kde se na ploše jednoho porostu vyskytují všechna vývojová stadia a dimenze stromů zpravidla většího počtu dřevin v jednotlivém nebo hloučkovitém smíšení.

Každá z uvedených kategorií lesních porostů má řadu typických vlastností. Z nich nejdůležitější jsou :

- **vnitřní struktura** – dřevinná, věková, tloušťková a výšková
- **dřevinná skladba** – její množství a také dřevinné, dimenzionální, kvalitativní a sortimentační složení
- a **změny (vývoj) těchto veličin v čase**

Pro zjišťování veličin charakterizujících stav a vývoj lesních porostů je známý velký počet metodických postupů. Ucelený systém těchto metod umožňuje pak pro každý konkrétní porost zvolit nejvhodnější způsob zjišťování v závislosti od hospodářské důležitosti porostu a požadované přesnosti výsledku.

Všeobecně platí zásada, že měření má být tím přesnější čím je porost starší a hodnotově a hospodářsky významnější. U metod se s podobnou přesností se upřednostňuje ta která je ekonomicky výhodnější.

STANOVENÍ CHARAKTERISTIK VNITŘNÍ STRUKTURY POROSTU

Obraz vnitřní struktury porostu získáme rozčleněním celého porostního souboru stromů podle zvoleného třídícího znaku.

Zastoupení dřevin, zakmenění a věk porostu

Prvé dvě veličiny spolu úzce souvisí jak je vidět z jejich dendrometrické definice, třetí informuje o tom v jakém vývojovém stadiu se porost nachází.

1. ZAKMENĚNÍ POROSTU

Je relativní mírou hustoty porostu. Udává stupeň využití produkčního prostoru stromy.

Je to desetinásobek poměru :

- redukované a skutečné plochy porostní skupiny nebo etáže zaokrouhlený na celé číslo
- nebo poměr skutečné a tabulkové porostní zásoby nebo výčetní kruhové základny

Hodnota zakmenění 10 odpovídá plné tabulkové zásobě nebo výčetní kruhové základně taxačních nebo růstových tabulek.

V praxi je zjišťováno **zakmenění** venkovním šetřením obvykle buď

- kvalifikovaným odhadem,
- zkrácenou relaskopickou metodou,
- relaskopickou metodou,
- nebo průměrkováním naplno.

Dendrometricky je definováno jako poměr skutečné hodnoty porostní veličiny (počtu stromů N_{SK} , kruhové základny G_{SK} , a nebo zásoby V_{SK}) **na 1 ha k normované hodnotě stejné porostní veličiny** (počtu stromů N_{TT} , kruhové základny G_{TT} , a nebo zásoby V_{TT}) v taxačních tabulkách (podle střední porostní tloušťky a výšky dřeviny).

Tyto **tabulkové údaje** slouží jako **míra plného zakmenění**, neboli výpočet skutečného zakmenění se děje porovnáním skutečných porostních hodnot s tímto tabulkovým normálem.

Výpočet zakmenění

Provede se pouze v těch **porostech**, ve kterých byl **stav lesa zjištěn přímým měřením**, např. **průměrkováním naplno** nebo **některou z reprezentativních metod** takže jsou k dispozici skutečné údaje o všech potřebných porostních veličinách.

Ve smíšených porostech je třeba zakmenění vypočítat samostatně **pro každou dřevinu** a výsledky sečíst.

Výpočet lze provést dvěma postupy :

- **prvý postup** (hektarové údaje zásoby nebo kruhové základny dřeviny) navazuje přímo na dříve uvedenou definici zakmenění a **vychází ze skutečných hektarových hodnot** porostních veličin a **hodnot tabulkových** (Taxační tabulky).

$$r_N = \frac{N_{SK}(ha)}{N_{TT}}, \quad r_G = \frac{G_{SK}(ha)}{G_{TT}}, \quad r_V = \frac{V_{SK}(ha)}{V_{TT}}$$

- **druhá varianta** (redukováná plocha dřeviny) vychází z **celkové skutečné zásoby porostu**. Stanoví se z podílu skutečné zásoby na celé ploše porostu V_s s tabulkovou zásobou V_{TT} nalezenou v Taxačních tabulkách.

$$P_{red} = \frac{V_{SK}}{V_{TT}}$$

a zakmenění se určuje **jako podíl redukováné plochy (P_{red}) a celé výměry porostu (P)**.

a zakmenění porostu tímto postupem je $r_V = \frac{P_{red}}{P}$

Redukovaná holina je potom doplněk do celé výměry neboli rozdíl ($P - P_{red}$)

Výsledek obou postupů výpočtu je stejný.

Pod pojmem **redukováná plocha** se tu rozumí ta část plochy porostu, která by byla obsazena stromy při plném zakmenění.

Plné zakmenění, které má hodnotu 10 charakterizuje takový stav porostu, kdy stromy plně využívají růstový prostor (podle modelu daných tabulek). **Nižší zakmenění** např. 8 znamená, že porost je řidší a produkční prostor využívá pouze na 80%.

V lesnické praxi se z uvedených definicí používá pouze zakmenění ρ_G podle kruhové základny a nebo ρ_V podle zásoby porostu. Oba postupy poskytují velmi blízké výsledky. Zakmenění ρ_N podle počtu stromů je méně vhodné, protože nezohledňuje rozměry stromů.

Odhad zakmenění

Provede se **na základě okulárního posouzení hustoty porostu podle mezer v korunách stromů**. Pokud do existujících mezer na každých 10 stromů je možno doplnit za předpokladu jejich normálního vývoje další 1, 2, ... stromy, je stupeň zakmenění přibližně 0,9, 0,8, ... atd. Jako pomůcka může sloužit vztah, který navrhl Vaník (1981) :

$$Zakm = \frac{m}{m+k}$$

kde m – je počet posuzovaných stromů na stanovišti (např. 10)

k - je počet stromů, které je třeba doplnit na stav plného zakmenění

Odhad se v naší hospodářsko úpravnické praxi provede ve všech porostech. **V předmýtních porostech** slouží jako podklad pro určení zásoby metodou Taxačních tabulek, **v mýtních porostech** slouží na kontrolu výsledků přímého měření (porovnáním odhadnutého zakmenění s vypočítaným).

Parciální plocha etáže

V praxi se setkáváme s **porosty** nebo porostními skupinami **složitější vertikálního členění** kdy se na stejné ploše nachází dřeviny **rozdílného věkového a vývojového stadia**. **Tyto části porostu (porostní skupiny) se nazývají etáže**. Číselné označení etáží vyjadřuje věkový stupeň jako je tomu u označení porostních skupin.

Parciální plocha etáže je vyjádřena **podílem jednotlivé etáže na ploše porostní skupiny** tak , **aby součet parciálních ploch všech etáží se rovnal skutečné ploše porostní skupiny**.

Například porostní skupina 13/1 se skládá ze dvou etáží a má plochu 2,48 ha.

Etáž 13 – mýtní kmenovina má zakmenění 8.

Etáž 1 – přirozená obnova má vzhledem k ploše porostní skupiny zakmenění 6. Součet zakmenění těchto etáží jen 14.

Výpočet parciální plochy se provede následovně :

$$\text{Zakm. } 8 + \text{zakm. } 6 = 14$$

$$2,48 : 14 = 0,1771$$

parciální plocha etáže 13 : $0,1771 * 8 = 1,4768$ ha – po zaokrouhlení, tj. 1,42 ha

parciální plocha etáže 2b : $0,1771 * 6 = 1,0626$ ha – po zaokrouhlení, tj. 1,06 ha

Součet obou parciálních ploch obou etáží **tvorí plochu porostní skupiny** : $1,42 + 1,06 = 2,48$ ha.

Skutečná plocha etáže

se uvádí v ha na dvě desetinná místa a vystihuje reálný venkovní stav. Je to plocha , na které se etáž skutečně (fyzicky) vyskytuje v době vyhotovení LHP. Údaj je zjišťován venkovním šetřením.

Při určování a hodnocení stupně **zakmenění** v porostu je patrné, že tato hodnota **velmi závisí od použitých tabulek ke kterým se jako k normě (modelu) skutečný stav porostu přirovnává**.

V našich poměrech se od roku 1990 používají pro tento účel Taxační tabulky.

Použití tabulek

1. Tabulky slouží ke zjištění mezních charakteristik hlavních, odrušeného i potrubného porostu.
2. K určení skutečné výšky je zapotřebí výška a tloušťka středního kmenu z záměření. K příslušné výšce a tloušťce nalezena v tabulkách získá tabulkovou. Skutečná výška = výška tabulková z záměření.
3. Záměření součtu (okružně odhadujeme, nebo vypočítáme ze skutečné kruhové měřičky na ha, případně počtu kmenů) na ha.
Záměření = skutečná kruhová měřička/ha, kruhová měřička nebo záměření = součt. počet kmenů na ha/ha, počet kmenů.
4. Výšce odčtené z tabulek jsou svislé na upraveném odhadu střední výšky a střední tloušťky. Střední výška a střední tloušťka se určuje jako aritmetický průměr nejméně z pěti, okružně odhadem vybraných, středních kmenů.
5. Tabulek lze použít i pro ostatní dřeviny:

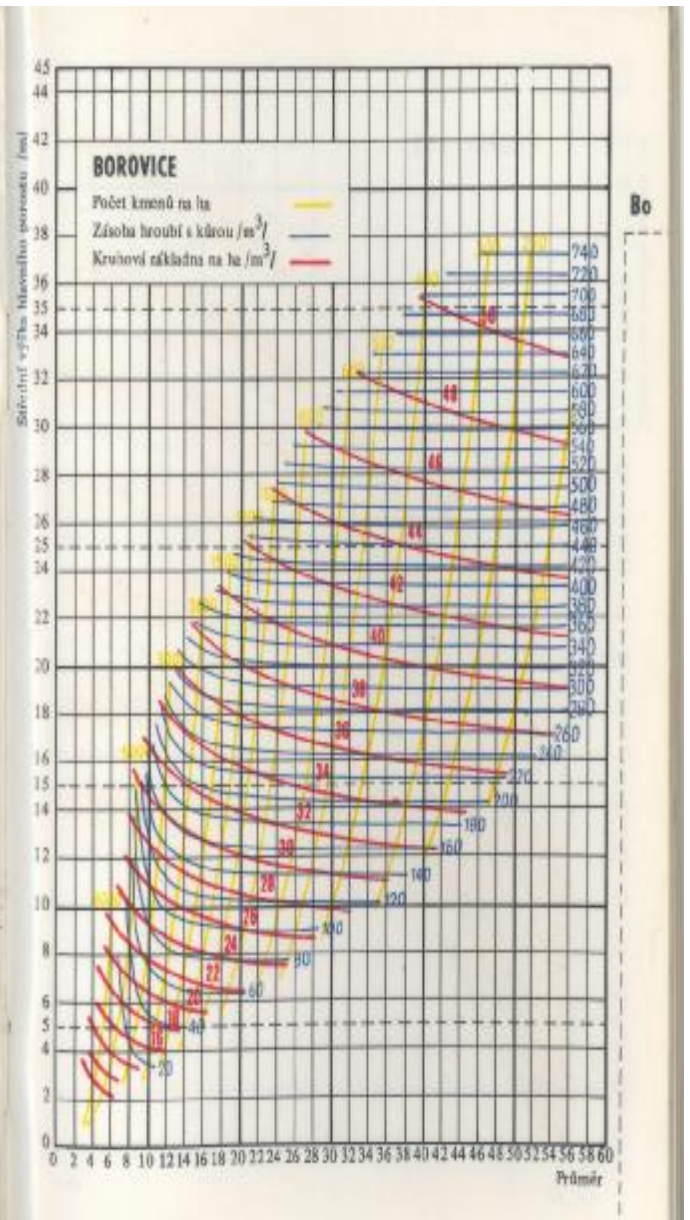
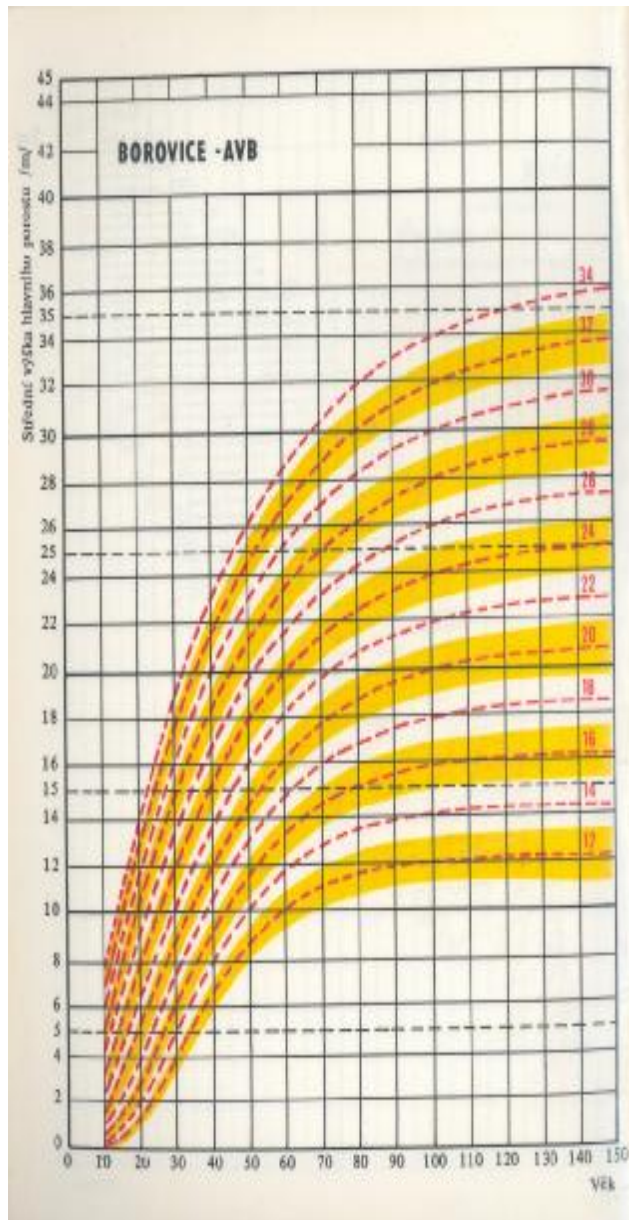
SM, SM', SM", SM3, SM4, SM5	- Smrk
BL, BL', BL", BL3, BL4, BL5	- Březovice
JH, JH', JH", JH3, JH4, JH5	- Jedle
OL, OL', OL", OL3, OL4, OL5, OL6, OL7, OL8, OL9, OL10, OL11, OL12, OL13, OL14, OL15, OL16, OL17, OL18, OL19, OL20	- Dub
TR, TR', TR", TR3, TR4, TR5, TR6, TR7, TR8, TR9, TR10, TR11, TR12, TR13, TR14, TR15, TR16, TR17, TR18, TR19, TR20	- Buk
SA	- Jasan
TR	- Bříza
OL2, OL3	- Ořeš
OS, OS', OS", OS3, OS4, OS5, OS6, OS7, OS8, OS9, OS10, OS11, OS12, OS13, OS14, OS15, OS16, OS17, OS18, OS19, OS20	- Topol
6. Tabulky nemají růstový charakter. Absolutní výšková hodnota značí výšku stejné vzdálenosti absolutního porostu.

TAXAČNÍ TABULKY

OHŮL-Brandýs n.L.

VŮHLM - Zbraslav Strnady

Platnost od 1.1.1990



2. ZASTOUPENÍ DŘEVIN

Dřevina

uvádí se dřeviny zastoupené v porostní skupině nebo etáži na 1 % plochy a více. Označují se zkratkami podle přílohy vyhlášky č. 84/96Sb.. Údaj je zjišťován venkovním šetřením

Zastoupení dřevin

Vyjadřuje **procentický podíl jednotlivých dřevin v porostu**. prakticky se také zastoupení určuje buď

- výpočtem
- nebo odhadem

Výpočet zastoupení

všeobecně se určuje jako % podíl, kterým se dřevina (j) svojí redukovanou plochou (P_{redj}) t.j. plochou odpovídající plnému zakmenění podílí na celkové redukované ploše porostu (P_{red}).

$$Zast(j) = \frac{P_{red,j}}{P_{red}} * 100$$

Stejnou hodnotu zastoupení lze stanovit i z dílčích zakmenění jednotlivých dřevin ρ_{Gj} nebo ρ_{Vj} vztažené k zakmenění celkovému a to takto .:

$$Zast(j) = \frac{r_{G,j}}{r_G} * 100, \text{ resp. } \frac{r_{V,j}}{r_V} * 100$$

Výpočet zastoupení dřevin se dá provést pouze tehdy , jestliže G , respektive V byly získány přímým měřením a pak se postupuje podle dříve uvedených vzorců

Okulární odhad zastoupení

Používá se tehdy, když nejsou k dispozici přímým měřením zjištěné údaje G , respektive V . Procentický podíl dřevin se určuje na více místech v porostu a stanoví se jeho průměrná hodnota. Jako pomůcka mohou sloužit **odhadnuté podíly ploch korunových projekcí dřevin** v celém porostu. Orientačně se dají použít i **odhadnuté podíly G_j/G , nebo V_j/V** . Odhad G_j/G se velmi zobjektivní **relaskopováním několika stanovišek v porostu** (alespoň 1-2 na 1ha). Třeba si však uvědomit, že plochové zastoupení dřevin se liší od takto stanovených podílů hlavně v těch porostech, které jsou složeny ze dřevin s rozdílnou produktivností a rozdílnou bonitou. **Dřevina, která má ve smíšeném porostu vyšší produktivnost a lepší bonitu, má zastoupení podle G , nebo V vždy vyšší než je zastoupení plochové a naopak**. Odhadovat zastoupení podle počtu stromů N_j/N je nejméně vhodné a často může dát úplně zkreslené výsledky.

3. KORUNOVÝ ZÁPOJ

Je definovaný jako podíl plochy korunových projekcí stromu k výměře porostní skupiny. Vyjadřuje se v procentech.

Zjišťuje se těmito způsoby :

- **terestricky** – okulárním odhadem přímo při pochůzce v porostní skupině.
- **pomocí leteckého snímku,**

kde se používají dvě varianty.:

- okulární odhad,
- nebo použitím čtvercové bodové sítě na průsvitce aplikované zpravidla na zkusných ploškách v různých částech porostu. Stupeň korunového zápoje se potom rovná podílu počtu bodů, které padly na koruny stromů k celkovému počtu bodů, které přísluší rozměrům zvolené plošky.

Protože při určování zápoje se nezohledňují vzájemné překryvy korun, je výsledek spíše ukazatelem zaclonění plochy porostem než skutečným parametrem hustoty porostu. Přesto má tato veličina velký význam v pěstování a ekologii lesa a také jako pomocná veličina při fotogrammetrických terestrických metodách inventarizace lesa

Zápoj je vzájemný dotyk a prolínání větví stromů.

Zápoj je podstatný znak pro hodnocení pěstebního stavu porostu a celého ekosystému. Z tohoto pohledu se může zápoj klasifikovat jako **přehoustlý, dokonalý, uvolněný, dočasně** nebo **trvale přerušovaný**.

Rozlišuje se :

zápoj horizontální – koruny zaujímají více méně stejnou část porostního prostoru a tvoří zřetelně vylišenou vrstvu.

zápoj stupňovitý (diagonální) – vrcholy korun jsou ve vertikálním směru uspořádány tak nepravidelně, že není možné odlišit jakékoli korunové vrstvy; je typický pro výběrný les.

zápoj vertikální – koruny se vzájemně dotýkají a prostupují ve svislé rovině.

4. VĚK

Věk stromu

Představuje počet roků od vzniku stromu až po dobu zjišťování věku.

Na stojícím stromu lze věk stanovit dvěma způsoby :

- **spočítáním přeslenů**
- **spočítáním ročních letokruhů na odebraném vývrtnu**

Spočítáním přeslenů – přichází v úvahu pouze pro smrk, jedli a borovici, které přesleny každoročně vytvářejí a to pouze v mladším věku (do 20 – 30 roků), protože později spodní přesleny odumírají a odpadávají. toto stanovení věku je velmi přesné. K počtu přeslenů od vrcholu až po zem je však nutno vždy přidat ještě počet roků (1 – 2), po kterých byl nasazen první přeslen, respektive počet let potřebných k tomu, aby strom dosáhl výšky k nespodnějšímu přeslenu.

Spočítáním ročních letokruhů na vývrtu odebraném ze stromu ve výčetní výšce (1,3m) pomocí Presslerova nebozezu. Vývrt musí zasahovat až do dřevě stromu, na kterém se pak dá dobře přímo v lese okulárně nebo za pomoci lupy spočítat počet letokruhů v dané výšce stromu. K tomuto počtu je dále třeba přidat v závislosti od druhu dřeviny a růstových podmínek počet letokruhů, které strom potřeboval k růstu do výšky 1,3m (obvykle je to 5 – 12 roků)

Věk porostu

Je dán věkem jednotlivých stromů, které porost vytvářejí.

Věk se dá stanovit :

- převzetím
- odvozením
- spočítáním

Převzetím z už existujících dostupných pramenů – z evidence o založení porostu a nebo z lesního hospodářského plánu (LHP a LHO) po její aktualizaci.

Odvozením z věku zjištěného na menším počtu stromů po ploše porostu a to :

- **Spočítáním** ročních kruhů na čerstvých pařezech po těžbě a k získanému výsledku se připočte 2 – 5 roků, které strom potřeboval než dorostl do výšky pařezu.
- **Nebo navrtáním stromových vzorníků** v různých částech porostu v prsní výšce s připočtením odpovídajícího počtu letokruhů podle dřeviny a stanoviště.

Přitom je potřebné dodržet tyto všeobecné zásady :

- prověřit správnost přebíraných údajů kontrolním zjištěním přímo v porostu
- počet stromů pro přímé zjišťování věku je třeba zvolit v počtu minimálně 5 – 7 pro každou dřevinu
- vlastní stanovení věku pomocí přeslenů, pařezů a vývrtů orientovat na střední kmeny porostu

Věk jednotlivých stromů není ani ve **stejnověkém porostu** jednotný, ale vždy v určité míře kolísá. z těchto důvodů se věk porostu stanoví jako průměr z příslušného věkového rozpětí jednotlivých stromů a nebo složek porostu (s výjimkou mlazín do 10 roků a rychle rostoucích dřevin) se zaokrouhluje na 5 roků.

V nestejnověkých porostech s věkovými rozdíly většími než 20 roků se udává rozpětí věku v jednotlivých částech a průměrný věk ve formě zlomku, např. 65-90/70.

Ve smíšených porostech je třeba věk stanovit pro každou dřevinu zvlášť. (jako průměr věku dřevin vážený jejich zastoupením.

Ve **výběrných porostech** a v **přírodních lesích** kde se zpravidla vyskytují stromy velmi rozdílného věku , pojem věku ztrácí praktický význam a nahrazuje se časem potřebným a k dosažení tloušťky mýtní zralosti.

Věkové stupně a třídy

Při sestavování sumárních přehledů se porosty podle věku zařazují do **věkových stupňů** a **věkových tříd** . Váží se na konkrétní zjištěné věky porostů. **Věkové stupně mají 10 letý interval** a označují se **arabskými číslicemi**, **věkové třídy mají 20-letý interval** a označují se **římskými číslicemi** :

Věkový stupeň	Rozpětí věku	Věková třída	Rozpětí věku
1	1 – 10	I	1 - 20
2	11 – 20	II	21 - 40
3	21 - 30	III	41 - 60
.	.	.	.
.	.	.	.

5. VÝVOJOVÁ STADIA POROSTU

Vedle věku se na charakterizování **přirozených vývojových stadií porostů** používají i tzv. **růstové stupně** (1 – 9):

zmlazení, nárosty, mlazina, tyčkovina, tyčovina, tenká, střední a silná kmenovina), které jsou **definované** v 1. a 2. růstového stupně **střední výškou**, v ostatních stupních **střední tloušťkou**.

Růstové stupně

0 – holiny

1 – zmlazení a kultury do výšky 0,50 m

2 – nárosty a kultury o výšce 0,51- 1,0 m

3 – mlaziny do 5 cm tloušťky středního kmene

4 – tyčkoviny, tloušťka středního kmene 6 – 12 cm

5 – tyčoviny, tloušťka středního kmene 13 – 19 cm

6 – slabá kmenovina, tloušťka středního kmene 20 – 27 cm

7 – střední kmenovina, tloušťka středního kmene 28 – 35 cm

8 – silná kmenovina, tloušťka středního kmene 36 – 46 cm

9 – velmi silná kmenovina , tloušťka středního kmene od 44 cm výše

6. ŠTÍHLOSTNÍ KOEFICIENT (ŠTÍHLOSTNÍ POMĚR)

poměr výšky stromu a jeho výčetní tloušťky. (výška v m, tloušťka v cm - **štíhlostní koeficient**; výška v m, tloušťka v m - **štíhlostní poměr**) .

Je to další charakteristika tvaru kmene.Vyjadřuje štíhlost, popřípadě spádnost kmene.

Je to stěžejní parametr při posuzování odolnosti stromu nebo porostu proti sněhovému závěsu.

Hodnota štíhlostního koeficientu se může záměrně ovlivňovat **metodami výchovy** regulací tloušťkového přírůstu úpravou porostní výchovy – **silou výchovného zásahu**. V ohrožených smrkových tyčkovinách a tyčovinách by mělo být dosaženo cílové hodnoty aspoň 0,9 až 0,8. Nižší hodnota přispívá k odolnosti proti zlomu větrem. Kriterium odolnosti podle **š.k.** se využívá např. v modelech výchovy. Závisí na dřevině, stanovišti a na věku (s věkem klesá, protože se zpomaluje výškový růst). Čím je jeho hodnota větší tím je strom plnodřevnější.
Stanovení veličiny : $(j = h/d_{1,3} \cdot 100$

Příklad $h = 30 \text{ m}$, $d_{1,3} = 30 \text{ cm}$,

Štíhlostní koeficient $\varphi = 30/0,30 \cdot 100 = 1,0$; štíhlostní poměr $= 30/0,30 = 100$

7. TLOUŠŤKOVÁ STRUKTURA POROSTU

Tloušťková struktura

je nejdůležitějším znakem vnitřní struktury lesního porostu.

Získá se tzv. **vyprůměrkováním porostu a rozdělením stromů podle** jejich tloušťky $d_{1,3}$ do předem definovaných **tloušťkových stupňů** a tím vznikne tabulka tloušťkových četností. středovým hodnotám jednotlivých tloušťkových stupňů d_1, d_2, \dots, d_k jsou přiřazeny zodpovídající počty stromů n_1, n_2, \dots, n_k . jehož grafickým zobrazením je **frekvenční polygon** resp. frekvenční křivka tlouštěk.

Tato křivka má zákonitý průběh typický pro jednotlivé porostní struktury.

Ve stejnověkových porostech je zpravidla **jednovrcholová**, (největší počet stromů se vyskytuje v některém z prostředních tloušťkových stupňů a od něho na obě strany četnosti postupně klesají) levostranně nesouměrná

V různověkových, výběrných porostech je **jednostranně klesající** – hyperbolického průběhu (největší počet stromů se vyskytuje v nejtenčím tloušťkovém stupni a od něho četnosti směrem k větším tloušťkám klesají)

Celé rozdělení tlouštěk lze popsat statistickými nebo dendrometrickými charakteristikami a matematickými modely.

Statistické charakteristiky tloušťkové struktury porostu

Opisuje celé rozdělení tloušťkových četností třemi číselnými charakteristikami, kterými jsou :

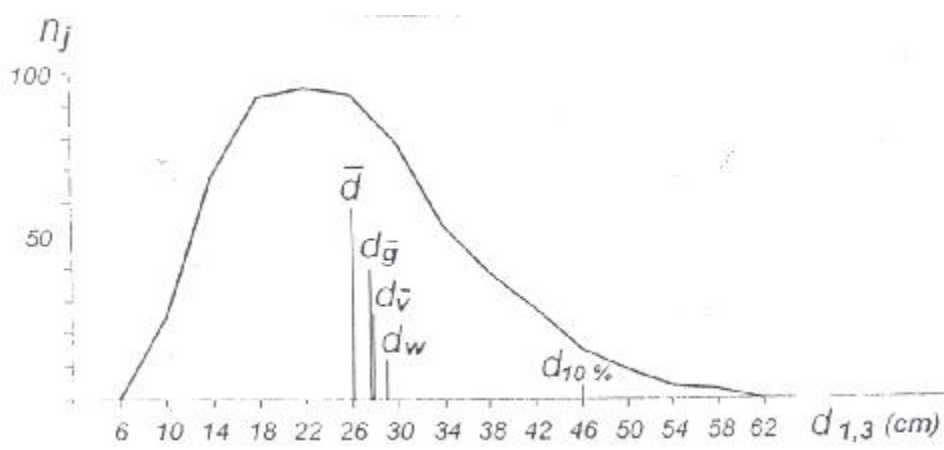
aritmetický průměr \bar{d} , směrodatnou odchylka s_d a variační koeficient $s_d\%$

Při měření lesa a dřeva se namísto aritmetického průměru tlouštěk \bar{d} , upřednostňuje dendrometricky definované charakteristiky, které tloušťky stromů neuvažují lineárně, ale váží se na jejich druhou mocninu, a nebo přímo na objem stromů. Jsou to různé druhy střední a horní tloušťky.

d _{1,3} v cm	Dřeviny																												n _j	b _k		n _i			
	sm																													b _k	n _i				
10																														2	5				
14																														6	8	11			2
18																														9	3	10			3
22																														9	6	17	1		6
26																														9	4	17	11		9
30																														7	9	17	1	1	13
34																														5	3	17	11	1	2
38																														3	9	17	11	1	2
42																														2	8	17	11		10
46																														1	5	17			5
50																														9	11				3
54																														4	11				2
58																														3	11				3
62																														1					1
66																														0					2
70																														1					1
74																																			
78																																			
82																																			
86																																			
90																																			
Spolu:																													606			83			

Dřeviny																																			
d _{1,3}	sm						d _{1,3}	bk						d _{1,3}	výšky						d _{1,3}	výšky													
	výšky							výšky							výšky																				
25	20						36	22																											
26	23	24					37	24																											
27	25	23	22				38	25																											
28	25	17	25				39	23	26																										
29	19	17	25				40	24																											
30	30	26					41	27																											
31	27	28					42																												

Průměrkovací zápisník



Polygon četnosti se zákresem středních a horních porostních tloušťek

Střední tloušťka porostu

Se může v porostu :

- odhadnout
- vypočítat

Odhad střední tloušťky

se v porostu provede buď skutečným visuálním odhadem stromu jehož tloušťku považujeme za střední a to v různých místech po ploše porostu. Nebo mám toto rozhodnutí v daném místě porostu usnadní změření maximální a minimální tloušťky okolních stromů a za odhad střední tloušťky považujeme průměr obou údajů

Střední tloušťka porostu stanovená výpočtem

Základní charakteristika tloušťkové vyspělosti ve statistice je **aritmetický průměr tlouštěk** \bar{d} . V lesnické praxi se však používá střední hodnota tloušťky stanovená jiným způsobem. Je to tloušťka, která **reprezentuje kruhovou základnu nebo objem všech dřevin** nebo celého porostu.

- **Střední tloušťka z kruhové základny d_g**
 - je to tloušťka, která má průměrnou kruhovou základnu \bar{g} . K jejímu stanovení je třeba nejprve vypočítat kruhovou základnu G celého porostu N stromů a dále stanovit její průměrnou hodnotu $\bar{g} = \frac{G}{N}$ a k této pak d_g podle vzorce

tento výpočet lze zjednodušit a to dvojnásobným způsobem :

$$a) d_g = \sqrt{\frac{\sum n_j \cdot d_j^2}{\sum_{j=1}^k n_j}}$$
$$b) d_g = \sqrt{\bar{d}^2 + s_d^2}$$

Střední tloušťka d_g zohledňuje tloušťky jednotlivých stromů druhou mocninu jejich hodnot a tak podchycuje nejen jejich velikost, ale jejich variabilitou. Používá se v mnohých krajinách Evropy jako základní veličina v dendrometrických tabulkách a modelech v lesnické praxi.

- **Střední tloušťka odpovídající objemu středního kmene d_v**

- je to tloušťka stromu, který má v porostu průměrný objem \bar{v} , nebo, který reprezentuje objem všech stromů v porostu. K jeho stanovení je třeba znát celkovou zásobu V a počet stromů N :

$$\bar{v} = \frac{V}{N} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j \cdot v_j}{\sum_{j=1}^k n_j}$$

Podkladové údaje se vypočítají z počtu stromů n_j a objem v_j příslušející k jednotlivým tloušťkovým stupňům d_j . Tloušťka d_v odpovídající vypočtenému střednímu objemu \bar{v} se odvodí z údajů v_j („objem jednotlivě“) a jejich lineární interpolací.

- **Weiseho střední tloušťka d_w**

Je to **přibližná hodnota (odhad) střední tloušťky d_g** , respektive d_v .

Navržena byla německým lesníkem Weisem v roce 1888 a slouží k určení střední tloušťky porostu v případě, že ji chceme určit ještě před výpočtem zásoby a k dispozici tak jsou pouze údaje o tloušťkových četnostech stromů z průměrkování. Weiseho pravidlo zní : tloušťku d_w porostu resp. dřeviny má strom, který leží ve vzdálenosti 60% z celkového počtu stromů počítaje od nejtenčích. Pravidlo bylo dále ještě zpřesňováno podle tvaru polygonu četností.

Prakticky se d_w určí z rozdělení počtu stromů po tloušťkových stupních v průměrkovacím zápisníku jako tloušťka $d_{1,3}$ připadající na strom, který má pořadové číslo udané příslušným Weiseho procentem.

Postup výpočtu :

- Stanovení souhrnné četnosti tloušťky Weiseho odhadu (pořadového čísla)

$$N_w = N \cdot \frac{W\%}{100}$$

- Podle této součtové četnosti N_w se stanoví tloušťkový stupeň ve kterém se bude odhadovaná tloušťka d_w nacházet
- K horní hranici předchozího tloušťkového stupně se při počítání odpovídající část tloušťkového intervalu ve kterém jsou tloušťkové stupně vytvořeny (zpravidla je to interval 4 cm) a to tak že tento interval je redukován podílem kde v čitateli je rozdíl mezi úhrnným počtem četností Weiseho procenta a úhrnným počtem četností až do předchozího tloušťkového stupně a ve jmenovateli je četnost stromů v tloušťkovém stupni Weiseho procenta.

Mezi uvedenými tloušťkami platí všeobecný vztah

$$d^- \angle d_g \angle d_v \begin{matrix} \leq \\ \geq \end{matrix} d_w$$

Horní tloušťka porostu

Representuje tloušťkovou vypělost nejtlustších stromů v porostu. Je méně než střední tloušťka citlivá k tzv. mechanickému (počtářskému) posunu v důsledku výchovných zásahů.

V praxi se prosadily dva druhy horní výšky : z relativního počtu a nebo absolutního počtu nejtlustších stromů $h_{10\%}$, $h_{20\%}$, h_{100} , h_{200} .

Vypočítat se může buď jako aritmetický průměr tlouštěk ze souboru těchto nejtlustších stromů.

(\bar{d} , d_g , d_v) a nebo 95% -ný kvantil rozdělení tlouštěk v celém porostu kde je hodnota horní tloušťky vypočítána podobně jako Weiseho procentem pro 95 % strom.

Jednoduchý odhad tloušťky $d_{10\%}$

Šmelko (2003) při odhadu této tloušťky vychází z maximální tloušťky skupiny 10 – 20 stromů na různých místech v porostu a takto stanovená \bar{d}_{\max} jako průměrná hodnota se blíží hodnotě $d_{10\%}$.

Matematické modely tloušťkové struktury porostu

Vyjadřuje všeobecnou zákonitost rozdělení tloušťkových četností stromů v porostu v grafické, tabulkové a nebo matematické formě. Tyto modely jsou zkonstruovány na základě velkého množství měřených porostů v různých růstových podmínkách zvláště podle jednotlivých druhů dřevin a v závislosti na věku, bonitě, střední tloušťky, způsobu založení a výchovy porostu

Modely tloušťkové struktury mají praktický význam při rozčleňování počtu stromů a zásoby porostu určené vcelku (relaskopickou metodou nebo metodou taxačních nebo růstových tabulek) do tloušťkových stupňů nebo tříd. Hlavní význam má toto řešení v modelování a prognózování růstu lesa.

8. VÝŠKOVÁ STRUKTURA POROSTU

Výšková struktura porostu

je analogii tloušťkové porostní struktury . Charakterizuje vertikální výstavbu porostu. Předpokládá měření výšek h_j , které se však děje (s výjimkou trvalých výzkumných ploch) vždy pouze výběrným způsobem (nikoli celoplošně) na menším počtu stromů v porostu a dále jejich následné zpracování - rozřídění a odvození příslušných statistických a dendrometrických charakteristik.

Statistické charakteristiky a matematické modely rozdělení výšek stromů v porostu

Rozdělení výšek stromu po jejich zatřídění do výškových stupňů je u stejnověkových porostů výrazně pravostranně asymetrické.

Mezi výškami a tloušťkami stromů existuje **poměrně těsná korelace** (s indexem korelace I_{hd} okolo 0,7), a proto je účelné výšky stromů roztřídit (stratifikovat) podle tloušťky do tloušťkových stupňů d_j .

Potvrzují to **modely výškové struktury porostů**, které sestavil Halaj (1978). Z těchto modelů vyplývají všeobecné poznatky.:

- se zvětšující se střední výškou (a též se zvětšujícím se věkem a zlepšující se bonitou) posouvá se poloha křivek výškových četností po ose výšek doprava, křivky se stávají více pravostranně nesouměrné, zvyšuje se jejich variační rozpětí a zmenšuje se vrcholová četnost výšek. Uvedená zákonitost je výraznější u dřevin snášející zastínění.
- Variabilita stromových výšek je 2 až 3-krát menší než variabilita tlouštěk.

Výšková křivka porostu (stadiální výškový grafikon)

Vyjadřuje bezčasovou **závislost mezi výškou h a tloušťkou $d_{1,3}$, stromů v porostu v určitém stadiu (věku) jeho vývoje**, pro každou dřevinu zvlášť, a to v tabelární nebo grafické formě

podle vztahu $\hat{h} = f(d_{1,3})$

Jestliže v systému pravouhlých souřadnic vyneseme odměřené výšky nad příslušné tloušťky (tloušťkové stupně) d_j , vznikne bodové pole, které má typický průběh a **dá se vyrovnat plynulou křivkou**, která má tyto vlastnosti.:

- **začíná v bodě 1,3 m**
- **stále stoupá zpočátku strměji a později pozvolněji**
- **a při vysokých tloušťkách se asymptoticky přibližuje maximální hodnotě výšky**

Z takto stanovené **výškové křivky (výškového grafikonu)** se mohou určit nejpravděpodobnější

(vyrovnané) hodnoty výšky stromů \hat{h} odpovídající libovolně zvolenému $d_{1,3}$.

Vyrovnané výškové křivky se mohou vytvářet :

- **graficko počtářským vyrovnáním**
- nebo **matematickým vyrovnáním**

Graficko - početní vyrovnání

Je jednoduché a rychlé. Z naměřených hodnot výšek v určitém tloušťkovém stupni se vypočítají aritmetické průměry \bar{h}_j a ty se vynesou do milimetrového papíru na středové hodnoty tloušťkových stupňů d_j a vyrovnají se okulárně v závislosti od $d_{1,3}$ nejlépe přilehající křivkou podle principu nejmenších čtverců a přihlíží se i na počet změřených výšek v jednotlivých tloušťkových stupních.

V upraveném Korfově logaritmickém papíře se tato **nelineární závislost jeví jako přímka**.

d_j cm	n_j	$n_j \cdot d_j$	$n_j \cdot d_j^2$	Súčty n_i	g_{s_i} m ³	$n_j \cdot g_{s_j}$ m ³	v_j m ³ (JOK 414)	$n_j \cdot v_j$ m ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	25	250	2 500	25	0,008	0,200	0,04	1,00
14	68	952	13 328	93	0,015	1,020	0,11	7,48
18	93	1674	30 132	186	0,025	2,325	0,21	19,53
22	96	2112	46 464	282	0,038	3,648	0,36	34,56
26	94	2444	63 544	376	0,053	4,982	0,53	49,82
30	79	2370	71 100	455	0,071	5,609	0,75	59,25
34	53	1802	61 268	508	0,091	4,823	0,99	52,47
38	39	1482	56 316	547	0,113	4,407	1,26	49,14
42	28	1176	49 392	575	0,139	3,892	1,56	43,68
46	15	690	31 740	590	0,166	2,490	1,87	28,05
50	9	450	22 500		0,196	1,764	2,20	19,80
54	4	216	11 664		0,229	0,916	2,54	10,16
58	3	174	10 092		0,264	0,792	2,90	8,70
?	606	15792	470 040			36,868		383,64

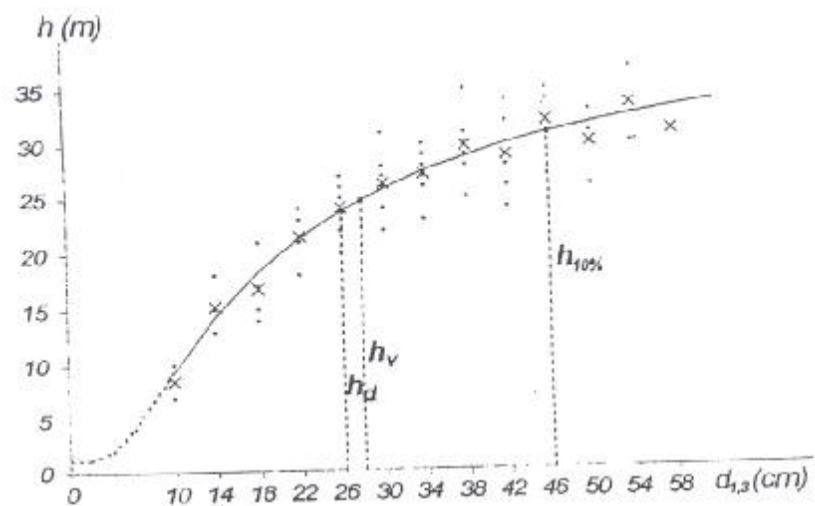
$\bar{d} = \frac{15\,792}{606} = 26,06 \text{ cm}; \quad s_d = \sqrt{\frac{470\,040 - 26,06 \cdot 15\,792}{606 - 1}} = \pm 9,83 \text{ cm}; \quad s_{d\%} = \frac{9,83}{26,06} \cdot 100 = 37,7 \%$

n_j

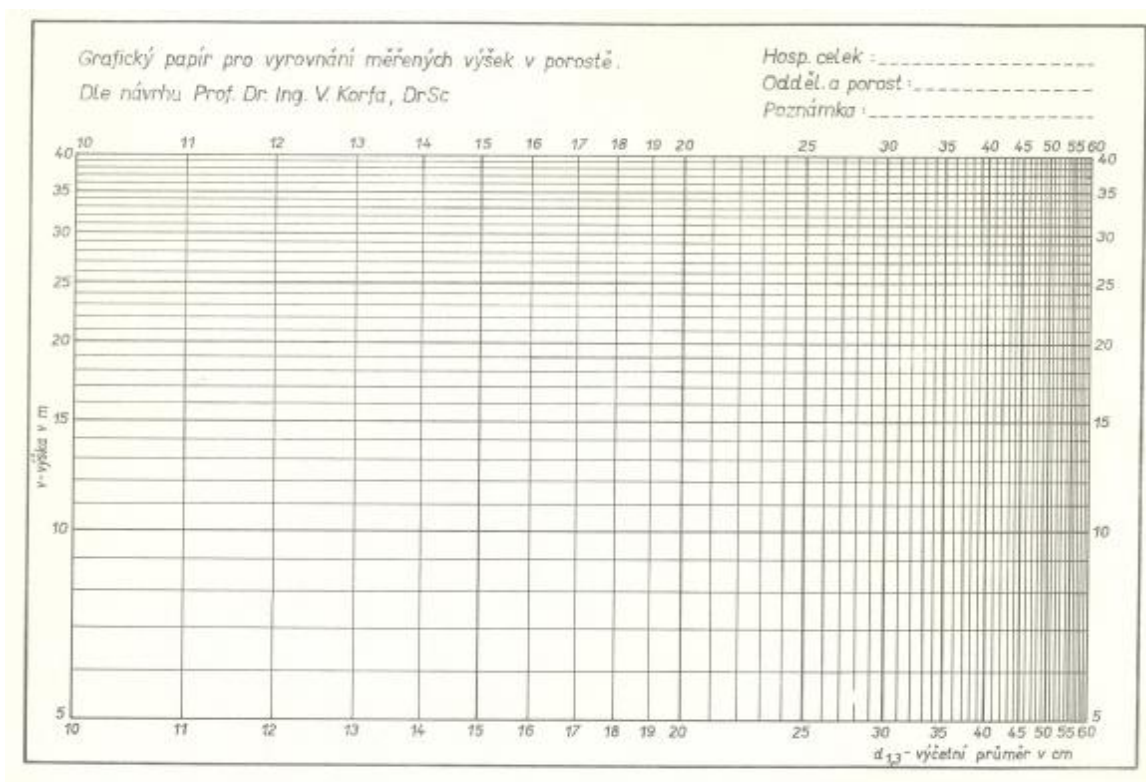
Tabulka s údajmi potrebnými pro výpočet porostních tlouštěk

d_j (cm)	h_i (m)	\bar{h} (m)	\hat{h}_j (m)			Diferencie \hat{h}_j	
			a	b	c	(a-b)	(c-b)
10	7, 10	8,5	10,0	9,4	12,0	+0,6	+2,0
14	15, 13, 18	15,3	14,1	14,3	15,2	-0,2	+1,1
18	21, 14, 15, 17	16,8	17,8	18,2	19,2	-0,4	+1,4
22	18, 24, 21, 23	21,5	21,1	21,3	21,9	-0,2	+0,8
26	22, 20, 26, 25, 27	24,0	24,0	23,7	24,1	+0,3	+0,1
30	26, 31, 22, 27, 25, 24	26,3	26,3	25,7	25,8	+0,6	-0,5
34	30, 27, 23, 26, 29, 28	27,2	27,8	27,4	27,2	+0,4	-0,6
38	25, 29, 28, 35, 31, 30	29,7	29,0	28,7	28,1	+0,1	-0,9
42	28, 26, 32, 34, 24	28,8	30,0	29,9	28,7	-0,1	-1,3
46	35, 27, 32, 34	32,0	30,9	30,9	29,2	0,0	-1,7
50	33, 26, 31	30,0	31,6	31,7	29,4	-0,1	-2,2
54	37, 30	33,5	32,0	32,5	29,6	-0,5	-2,4
58	31	31,0	32,4	33,2	29,7	-0,8	-2,7
$n = 51$					$\bar{c} =$	-0,01 m	-0,5 m
$\bar{h} = 25,3 \text{ m}$, $s_h = 6,68 \text{ m}$, $s_h\% = 26,3 \%$					$s_c =$	$\pm 0,42 \text{ m}$	$\pm 1,5 \text{ m}$

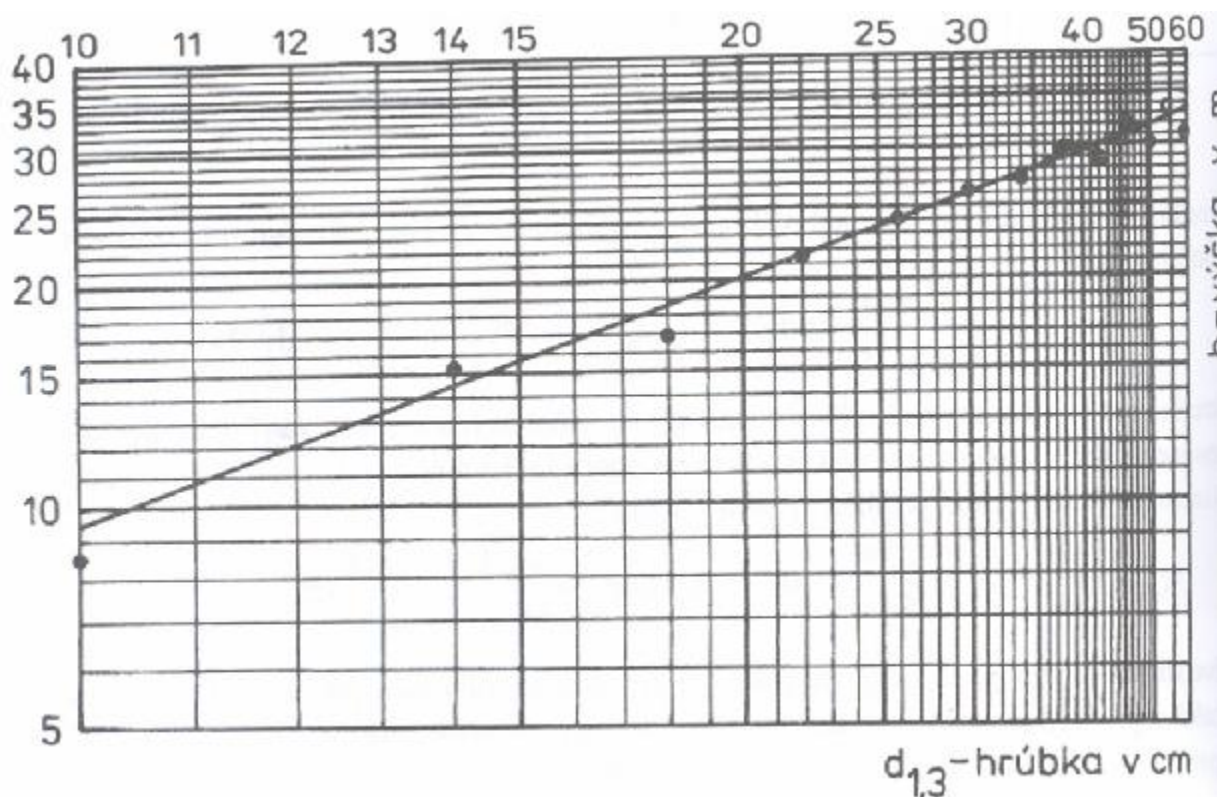
Tabulka s údajmi změřených stromových výšek v porostu pro tvorbu výškového grafikonu a jejich vyrovnaných hodnot graficko-početně, analyticky a podle křivky JHK



Výškový grafikon vyrovnaných bezčasových závislostí výšky na tloušťce v daném porostu



Korfův grafický papír pro lineární vyrovnání závislosti výšky na tloušťce (Výškového grafikonu)



Lineární vyrovnání závislosti výšky na tloušťce

Matematické vyrovnání

je pracnější, ale objektivní a úplně jednoznačné. Spočívá v matematicko- statistickém výpočtu regresní rovnice která matematicky vyjadřuje vztah $\hat{h} = f(d_{1,3})$. Velmi důležité je zde volba vhodného typu vyrovnávající funkce, pro kterou se vypočtou její parametry buď v počítači (v excelu) nebo kapesním kalkulátoru. Při výpočtu je zde možno vycházet ze všech jednotlivě naměřených hodnot.

Obojím způsobem se získá výběrová výšková křivka platná pro daný soubor stromů a může se proto více méně odlišovat od výškové křivky celého souboru (porostu).

Na matematické vyrovnání se dá použít osvědčená tzv. Michajlova funkce ve tvaru

$$\hat{h} = a \cdot e^{\frac{b}{d_{1,3}}} + 1,3$$

Střední a horní výška porostu

Střední výška

Je dendrometrickou charakteristikou výškové vyspělosti porostu (dřeviny) a **udává výšku** takového **stromu**, který má **průměrnou tloušťku**, **kruhovou základnu** a **nebo objem souboru všech stromů**. Zpravidla se pro příslušnou tloušťku v porostu určí z výškové křivky buď přímým **odečtením z grafu**, a **nebo výpočtem** z její regresní rovnice pro danou porostní tloušťku.

Mluvíme tak o střední výšce h_d , h_g , h_v , h_w , odpovídající aritmeticky průměrné tloušťce \bar{d} z průměrné kruhové základny d_g , tloušťka z průměrného objemu d_v , a tloušťka stanovená přibližně podle Weiseho pravidla d_w .

Horní výška

Odpovídá průměrné tloušťce určitého relativního, resp. absolutního počtu nejtlustších stromů v porostu $h_{10\%}$, $h_{20\%}$, h_{100} , h_{200} . Tato výška je tzv. biometricky definována.

Vedle toho existuje také tzv. biologicky definovaná horní výška h_I , h_{I+2} . Vztahuje na soubor nadúrovňových a úrovňových stromů. mezi uvedenými středními a horními výškami platí vzájemný vztah (Šmelko 2003):

$$h_d < h_g < h_v \leq h_w < h_{10\%} \leq h_{I+2} < h_I$$

V naší hospodářsko úpravnické praxi se používá střední výška h_g , h_v , h_w a horní výška $h_{10\%}$.

Systém jednotných výškových křivek

Výšková křivka porostu (pro každou dřevinu zvlášť) má tak výrazné biologické a biometrické vlastnosti, že se dá velmi dobře zevšeobecnit a modelovat.

S věkem porostu mění zákonitě svojí polohu a tvar – u stejnověkého porostu se vlivem výškového a tloušťkového přírůstu postupně se posouvá nahoru a současně prodlužuje směrem k větším tloušťkám a stává se plošší.

V konkrétním porostu ji ovlivňují různé činitele (stanoviště, vnitřní výstavba, způsob obhospodařování a další) všechny se však dají komplexně zhodnotit dvěma porostními veličinami – střední tloušťkou a střední výškou.

Na základu těchto poznatků vznikly ve světě různé grafické, tabulkové a matematické modely tzv. jednotných výškových křivek (JHK), které umožňují nahradit skutečnou výškovou křivku dřeviny modelovou výškovou křivkou.

U nás sestavil grafický systém JHK v roce 1955 Halaj a to na podkladě měření 7400 porostů. Jsou uspořádány zvlášť pro každou dřevinu a v rámci ní dále ještě podle tloušťkových skupin definovaných rozpětím střední tloušťky d_g .

. Každá tloušťková skupina obsahuje samostatnou soustavu (10 – 25) JHK, které jsou uspořádány nad sebou a průběžně číslovány odspodu nahoru pomocí trojčísla, např. 4.14 :prvá číslice označuje tloušťkovou skupinu, druhé dvojčíslí pak pořadí JHK.

Pro konkrétní porost se grafickém systému vybere ta křivka JHK, která leží nejbliže k bodu určeném souřadnicemi : odměřená střední tloušťka d_g a střední výška h_g .

Potřebný rozsah a způsob měření výšek pro konstrukci výškové křivky a pro určení střední a horní výšky porostu

- Pro konstrukci křivky výškového grafikonu porostu (dřeviny) se může potřebný rozsah měření stanovit podle základního statistického vzorce $n = 4 \cdot \left(\frac{S_y \%}{E \%} \right)^2$ a bude

záviset od variability výšek stromů v daném porostu s_{hd} %, která kolísá v rozpětí od 5 až 15% a od zvolené požadované přesnosti E %, která je obvykle ± 2 až 3%. Všeobecně stačí odměřit výšku a tloušťku 30 – 100 stromů nejvíce v prostředních tloušťkových stupních (5 – 7 měření) kde je soustředěno až 60% zásoby.

- **Pro určení střední výšky porostu (dřeviny)** v případech kdy se nesestavuje celá výšková křivka se výšky měří pouze na stromech okolo střední tloušťky d_s v rozmezí ± 1 až 3 cm pro každou dřevinu v počtu 10 – 25. Přitom tloušťka středního kmen se identifikuje některým z dříve uvedených způsobů.
- **Při určování horní výšky porostu (dřeviny)** není-li známá celá výšková křivka je možné použít celkem tři způsoby (Šmelko 2003) :
 - **odměřit výšku 10 - 15 horních kmenů**, které mají tloušťku d (určenou součtem četností jako 95% -ní kvantil) nebo jednoduše těch stromů, které v různých místech porostu nejtlustší,
 - **přidat k stanovené střední výšce h_s přírážku**, která podle Halaje a Řeháka (1979) činí v závislosti od h_s (10 – 40 m) tyto průměrné hodnoty podle bonity dřeviny :
SM 3,4 – 2,8 m; JD 3,4 – 2,6 m; BK 2,8 – 2,0 m; DB 1,9 – 2,0 m
 - **odečíst resp. vypočítat horní výšku $h_{10\%}$, z příslušné modelové JHK pro hodnotu horní tloušťky $d_{10\%}$.**

Stromy k měření výšek je třeba vybírat vždy po celé ploše porostu, aby co nejlépe reprezentovaly skutečnou proměnlivost. neměří se netypické výšky v okrajích porostů a stromy s vrcholovými zlomy.

9. BONITA

Je produkční schopnost porostu podmíněná působením všech činitelů prostředí (půdy, klimatu) a vegetace (dřevinným složením).

Bonitu lze posuzovat

- přímo **u porostu** podle jeho produkce a **u půdy** podle obsahu živin
- a nebo **nepřímo** vytvářením srovnávacích stupňů. **podle bonitačních ukazatelů**

Bonita stanoviště

vyjadřuje **produkční schopnost růstového prostředí** (půdy a klimatu) vyplývá z jakosti a polohy půdy a z jejího vlivu na trvalou produkci porostu

Bonita dřeviny v porostu

představuje **růstovou schopnost dřeviny** podmíněnou **produkční schopností stanoviště a hospodářským stavem porostu**. Je vyjádřena velikostí přírůstu dřeviny nebo množstvím vyprodukované ho dřevního objemu v určitém věku porostu.

V hospodářské úpravě lesů se při bonitaci vychází ze současného stavu porostu (podle věku a dřeviny) se usuzuje na současný stav stanoviště.

Skutečná **produkční zdatnost v daném časovém období** však může být odlišná od vyšetřovaného stavu. Stávající druhová skladba porostu totiž nemusí odpovídat danému stanovišti, protože porost mohl být založen nevhodným způsobem , pochází z osiva nevhodné provenience, byl nesprávně vychováván , tvořen dřevinami vzájemně se nesnášejícími a někdy se jakost půdy v průběhu vývoje porostu zhorší do té míry, že příští porost již nedosáhne hodnoty dnešního porostu.

Hlavním bonitačním ukazatelem v naší taxační praxi je věk dřeviny a její střední porostní výška a někdy i horní porostní výška .

K posouzení bonity se zpravidla užívá srovnávací stupnice, **bonitní vějíř** vyrovnaných růstových výškových křivek který je rozdělen na určitý počet **bonitních tříd** nebo **stupňů**. Do nich se **dřevina** zařadí svým **věkem** a **střední porostní výškou**.

Od roku 1990 se u nás používá bonitní výškový vějíř Taxačních tabulek (TT 1990).

Bonitování je úkon při němž se pomocí střední porostní výšky, věku dřeviny se po zařazení porostu do příslušného bonitního stupně stanoví **bonita dřeviny v bonitním vějíři**.

Bonitní vějíř je tvořeným odstupňovanými výškovými růstovými křivkami zpravidla podle jejich hodnoty výšky, kterou dosahují ve 100 letech (AVB – absolutní bonitní vějíř v současných Taxačních tabulkách nebo Růstových tabulkách)

Bonita absolutní (AVB)

bonitní mírou je výška porostu (dřeviny) v tak zvaném standardním věku. Za standardní je zvolen věk 100 let. Absolutní bonita se označuje hodnotou střední porostní výšky, kterou mají lesní porosty v době vyhotovení LHP na stejném stanovišti jako porosty 100 leté (např. 24, 26, 28 ..). Údaj je stanoven ze zjištěné střední porostní výšky, věku a stanoviště.

Bonita relativní (RVB)

vyjadřuje také produkční schopnost dřeviny na daném stanovišti. Odvozuje se však pro každou zastoupenou dřevinu samostatně na základě střední porostní výšky a věku zařazením do intervalově vymezeného, číselně označeného bonitního stupně (např. 1. – 9. bonitní stupeň). Údaj je stanovován dle zjištěné AVB pomocí převodní tabulky IS LH Min.zem. počítačovým zpracováním taxačních dat. Hodnoty relativní bonity slouží zejména při výpočtech náhrad a oceňování podle příslušných předpisů.

V mladých porostech nebývá zpravidla porostní výška spolehlivým kritériem pro bonitaci a bonitují se proto podle sousedních starších porostů

STANOVENÍ DŘEVNÍ ZÁSOBY POROSTU

Dřevní zásoba porostu představuje **objem všech stromů tvořících porost**.

Stanovujeme **celkovou zásobu**, ale pro účely v lesnictví a navazujících odvětvích i **její členění podle dřevin a tloušťkových stupňů**.

Metody vhodné na její určení a běžně používané v naší hospodářsko-úpravnické praxi se člení na.:

- **metodu celoplošného průměrkování**
- **metodu zkusných ploch**
- **metodu taxačních a růstových tabulek**
- **a různé varianty odhadu**

1. METODA CELOPLOŠNÉHO PRŮMĚRKOVÁNÍ

Poskytuje **nejpodrobnější údaje o stavu porostu**, ale je velmi **časově a tedy i finančně náročná**. Její využití se proto omezuje pouze na **hospodářsky nejvýznamnější porosty v mýtném věku**, s výměrou **do 3 ha**, **řídce a velmi rozrůzněné**, kde by jiné metody neposkytovaly dostatečnou přesnost.

Stanovit zásobu touto metodou představuje tři na sebe navazující operace .:

- **měření tlouštěk**
- **měření výšek**
- **a výpočet zásoby**

Měření tlouštěk

Měření tlouštěk $d_{1,3}$ po celé ploše porostu nebo porostní skupiny se nazývá **průměrkováním**.

Týká se všech stromů v porostu (proto se nazývá **celoplošným** nebo průměrkováním **naplno**).

Odměřené tloušťky se zároveň zařazují do **tloušťkových stupňů**, které jsou u nás 4 centimetrové, **se středními hodnotami 10, 14, 18, ...90 a ohrazením 8,1 – 12; 12,1 – 16; atd.** (v zahraničí se používají 2, 4 a nebo 5 cm intervaly).

Průměrkování provádí zpravidla 3 – 4 členná **pracovní skupina**, při průměrkování se postupuje v pásech o šířce 5 – 15 m (podle hustoty porostu) šikmo vedle sebe, na svahu vždy od spodu na horu, aby byly jednotlivé **stromy měřeny ze svahu** nikoli po svahu.

Tloušťky se měří **taxační průměrkou** (s měřítkem upraveným podle tloušťkových stupňů) při **dodržování zásad měření** (měřičtě výčetní výška 1,3 m, měřit kolmo na osu stromu). Každý odměřený strom se z důvodu kontroly označí křídou, měřič změřenou tloušťku hlásí v dohodnutém pořadí) druh dřeviny a potom tloušťku, např. smrk 22), **zapisovatel** výsledky

zaznamenává do průměrkovacího zápisníku **čárkovací metodou po 5** (čtyři svislé a pátou přes ně šikmo), zvláště **podle dřevin do** odpovídajících **tloušťkových stupňů**.

Spočítáním počtu stromů po tloušťkových stupních se získá přehled o **tloušťkové struktuře v celém porostu**.

Měření výšek

Děje se i při celoplošném průměrkování (s výjimkou měření na trvalých výzkumných plochách) **na menším výběrovém souboru stromů** a závisí od stavu a vnitřní struktury porostu.

Platí zde zásada .:

- **V nestejnověkých porostech a při méně zastoupených dřevinách**, které vykazují klesající nebo nepravidelné rozdělení tloušťkových četností je třeba výšky měřit (po 3 až 5) pro všechny tloušťkové stupně a pro závislost výšek **h** na tloušťkách **d_{1,3}** zkonstruovat výškovou křivku dřeviny
- **Ve stejnověkých porostech a u dřevin s vyšším zastoupením** (s jednovrcholovým rozdělením tloušťkových četností) je třeba upřednostnit modelovou výškovou křivku vybranou ze systému **JHK**. Pro tento účel se nejprve z výsledků celoplošného průměrkování určí střední tloušťka **d_g** resp. **d_w** Výpočtem nebo odhadem podle Weiseho pravidla) a potom se pro tuto tloušťku v rozpětí ± 3 cm v jejím nejbližším okolí odměří výška na 10 až 25 stromech podle velikosti porostu.

VÝPOČET ZÁSObY POROSTU

Metody výpočtu zásoby průměrkovaných porostů

Můžeme dělit na metody :

- **přímé**
- **nepřímé**

Potřebné údaje pro **přímé metody stanovení porostní zásoby** mohou být získány :

- **měřením na celé ploše porostu**
- **nebo na (výběrných) zkusných plochách**

Metodické postupy stanovení porostní zásoby, které navazují **na přímé měření tlouštěk a výšek stromů** v porostu jsou:

- 1) **Metoda objemových tabulek**
- 2) **Metoda jednotných výškových a objemových křivek**
- 3) **Vzorníkové metody**

Při všech těchto metodách se zásoba **V** stanoví na základě jednotného stavu $V = \sum_{j=1}^k n_j \cdot v_j$

Kde n_j – počet stromů v tloušťkových stupních d_j získaný buď průměrkováním naplno nebo na zkusných plochách

V_j - objem jednoho stromu v tloušťkových stupních v m^3

j - pořadí tloušťkových stupňů



K HUL
26

HMOTOVÉ TABULKY ÚLT

Obsah:

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Smrk | (všechny věkové třídy) - Bauer 1890 |
| 2. Jedle | (41 - 80 let) - Schuberg 1891
(81 - 120) -
(120 + let)
(120 + dodatková tabulka) |
| 3. Borovice | (41 - 80 let) - Schwappach 1890
(81 + let) |
| 4. Modřín | (všechny věkové třídy) - Schiffl 1905 |
| 20. Dub | (všechny věkové třídy) - Schwappach 1905 |
| 21. Buk | (všechny věkové třídy) - Horn 1898 |
| 22. Habr | (všechny věkové třídy) - Krüdener - Orlov - Korsuň |
| 26. Jasan | (všechny věkové třídy) - Krüdener - Orlov - Korsuň |
| 30. Akát | (všechny věkové třídy) - Fekete - Korsuň |
| 31. Bříza | (všechny věkové třídy) - Grundner 1922 |
| 51. Olše | (všechny věkové třídy) - Schwappach 1902 |

Hmotové tabulky jsou nezbytnou pomůckou při vyhotovení lesních hospodářských plánů a inventarisace lesů. Dosud používané Grundner-Schwappachovy hmotové tabulky jsou rozebrány a bylo tedy třeba s urychlením opatřit náhradu, aby bylo umožněno splnit úkoly 5 LP závodů pro úpravu lesního hospodaření.

Z materiálu hmotových tabulek německých výzkumných ústavů (z nichž byly také odvozeny hmotové tabulky Grundner-Schwappachovy) byly proto v ÚLT (Ústředí lesnicko-technické, nyní Lesprojekt) v Brandýse n. L., podle zlepšovacího návrhu Ing. Dr. Jaroslava Řeháka, sestaveny tyto upravené tabulky. Doplnkem zlepšených tabulek jsou hmotové tabulky pro akát (Fekete-Korsuň), jasan (Krüdener-Orlov-Korsuň) a habr (Krüdener-Orlov-Korsuň), které u nás dosud nebyly vydány tiskem. Byly graficky vyrovnány a extrapolovány z materiálu, dodaného státními výzkumnými ústavy v Brně.

Na rozdíl od původních tabulek, které mají uvedeny hmoty s nestejným počtem desetinných míst (2–3), mají upravené tabulky všechny údaje jednotně na dvě desetinná místa. Nové tabulky jsou u všech dřevin přezkoušeny a doplněny nejen početně, ale také graficky, čímž se odstraňuje mnoho závažných chyb v původních tabulkách, vzniklých z početního vyrovnání ve sloupcích a řadách. Upravené tabulky jsou přehledněji uspořádány a přizpůsobeny tiskopisům Lesprojektu pro výpočet hmot porostů, extrapolovány do hloubky i do šířky a doplněny některými údaji, které v původních tabulkách nejsou obsaženy (kruhové plochy, faktor výtvarnicové výška $\times \pi/4$ a j.)

Tabulky jsou uspořádány tak, že ve sloupcích jsou seřazeny jednotlivé průměry počínaje 10 cm, odstupňovaně po dvou cm. Tloušťkové třídy ve smyslu vyhlášky o inventarisaci lesů (3021/1948 Ú. l.) jsou odděleny širšími mezerami, intervaly mezi jednotlivými řádkami a rozestavení tloušťkových tříd odpovídá úpravě „Zápisníku pro výpočet hmot“ - Lesprojekt-23/1952. Výšky jsou uspořádány v řadách, takže vyhledání hmoty se provede tím způsobem, že okraj manuálu pro výpočet hmot se přiloží ke sloupci příslušné výšky a hmotový údaj je v tabulce ve stejné řádce jako v manuálu, do níž se (ve sloupci „hmoty jednotlivě“) údaj запиše.

Všechny tabulky mají jednotně dvě desetinná místa; stačí tedy do manuálu vpisovati čísla bez ohledu na desetinnou čárku (na př.: 4, 14, 85, 167, 315). Při vynásobení počtem kmenů lze zaokrouhlovati o jedno další místo (na desetiny plm). Ve sloupci „Hmoty celkem“ v součtech pro tloušťkové třídy i úhrnem se oddělí poslední místo desetinnou čárkou. Výsledný údaj pro dřevinu a porost při dalším výpočtu se pak zaokrouhluje na celé plm.

Extrapolace do šířky (t. j. do scházejících výšek) se provede buď připočtením intervalu sousedních údajů k poslednímu, nebo tak, že poslední hmotu příslušného řádku dělíme odpovídající výškou (z podílu dostáváme hodnotu kruhové plochy \times výtvarnice) a získaný údaj násobíme výškou pro hledaný kmen. Extrapolace do hloubky (t. j. do scházejících průměrů) se provede buď obvyklým způsobem jako součin příslušné výtvarnicové výšky (uvedené v 2. řádku od spodu) a kruhové plochy (údaje přes 90 cm lze najít v dodatkové tabulce pro jedli přes 120 let stáří); nebo jednodušeji tak, že faktor výtvarnicové výška $\times \pi/4$ uvedený v posledním řádku, se vynásobí dvojnásobnou průměru (d^2).

U smrku, modřinu, dubu, buku a ostatních listnáčů se zavádí pouze jedna tabulka pro všechny věkové třídy; jenom pro borovici se ponechávají dvě věkové třídy, pro jedli tři. Ke třetí tabulce pro jedli, t. j. pro stáří přes 120 let, se připojuje dodatková tabulka pro průměry 90–120 cm.

Používání těchto tabulek pro obnovu lesních hospodářských plánů a inventarisaci lesa podle nařízení min. zemědělství 3021/48 Ú. l. bylo projednáno s odborem VI. ministerstva zemědělství.

Obsah	str.
Smrk (pro všechny věkové třídy)	1
Jedle (stáří 41 - 80); platí i pro duglasku)	2
Jedle (stáří 81 - 120); platí i pro duglasku)	3
Jedle (stáří přes 120 let; platí i pro duglasku)	4
Jedle - dodatková tabulka D _{1,3} od 90 do 120 cm (stáří přes 120 let); platí i pro duglasku	5
Borovice (pro stáří 41 - 80 let)	6
Borovice (pro stáří přes 80 let)	7
Modřín (pro všechny věkové třídy)	8
Dub (pro všechny věkové třídy)	9
Buk platí i pro LP a JV (pro všechny věkové třídy)	10
Habr (pro všechny věkové třídy)	11
Jasan (pro všechny věkové třídy)	12
Akát (pro všechny věkové třídy)	13
Bříza platí i pro JŘ a VR (pro všechny věkové třídy)	14
Olše (pro všechny věkové třídy)	15

ÚHÚL Brandýs nad Labem

Borovice

Hmoty hrubé pro stáří 41--80

stáří	v ý š k y																																			hrubé množství																											
13	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	st. (třída)																																
10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05																	10	0,0079																													
11	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10																	11	0,0113																												
14	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13																	14	0,0154																												
16	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20													16	0,0201																														
18	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27												18	0,0254																														
20	0,08	0,10	0,11	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,20	0,22	0,23	0,24	0,26	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,33	0,35											20	0,0314																														
22	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22	0,23	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,33	0,35	0,36	0,38	0,39	0,41	0,43	0,44										22	0,0380																														
24	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,33	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,43	0,45	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55									24	0,0472																														
26		0,16	0,19	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,64	0,66								26	0,0531																														
28			0,22	0,24	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51	0,54	0,56	0,59	0,61	0,64	0,67	0,69	0,72	0,74	0,77	0,80							28	0,0616																														
30				0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,44	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71	0,74	0,77	0,80	0,83	0,86	0,89	0,92	0,95						30	0,0707																														
32					0,35	0,39	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,60	0,64	0,67	0,71	0,74	0,78	0,81	0,84	0,88	0,91	0,95	0,98	1,02	1,05	1,09	1,13					32	0,0804																														
34						0,44	0,49	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,00	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,24	1,28	1,33				34	0,0909																														
36							0,49	0,54	0,58	0,63	0,67	0,72	0,76	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,02	1,07	1,12	1,16	1,21	1,25	1,29	1,34	1,38	1,43	1,48	1,52	36	0,1019																															
38								0,59	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,19	1,24	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49	1,54	1,59	1,64	1,69	1,74	38	0,1124																														
40									0,72	0,77	0,83	0,89	0,94	0,99	1,03	1,10	1,16	1,22	1,28	1,32	1,38	1,43	1,48	1,54	1,59	1,65	1,70	1,76	1,81	1,86	1,92	40	0,1257																														
42										0,85	0,91	0,97	1,03	1,09	1,15	1,21	1,28	1,34	1,41	1,46	1,52	1,58	1,64	1,70	1,76	1,82	1,88	1,94	2,00	2,06	2,12	42	0,1385																														
44											1,00	1,06	1,13	1,20	1,27	1,33	1,40	1,47	1,53	1,60	1,67	1,73	1,80	1,87	1,93	2,00	2,07	2,13	2,20	2,26	2,33	44	0,1521																														
46												1,16	1,24	1,31	1,38	1,46	1,53	1,60	1,67	1,75	1,82	1,89	1,97	2,04	2,10	2,18	2,26	2,33	2,40	2,48	2,55	46	0,1662																														
48													1,32	1,39	1,47	1,54	1,62	1,70	1,77	1,85	1,93	2,01	2,09	2,16	2,24	2,32	2,40	2,48	2,56	2,64	48	0,1810																															
50														1,48	1,56	1,64	1,72	1,81	1,89	1,98	2,07	2,15	2,24	2,32	2,41	2,50	2,58	2,67	2,76	2,84	2,93	3,02	50	0,1963																													
6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35																																																															
hrubé množství																																				2,86	2,47	2,91	3,23	3,79	4,21	4,67	5,11	5,55	6,09	6,61	7,15	7,67	8,21	8,75	9,29	9,83	10,37	10,91	11,45	11,99	12,53	13,07	13,61	14,15	14,69	15,23	
hrubé množství																																				5,52	5,87	6,21	6,56	6,90	7,25	7,59	7,94	8,29	8,63	8,98	9,32	9,67	10,01	10,36	10,70	11,05	11,40	11,74	12,09	12,43	12,78	13,12	13,47	13,81	14,16	14,50	14,85

V. pla. hr. s k. na plo. podle hmotových tabulek Selwagpartaerých pro oblast Jižního Německa, vydání z r. 1890

Zásadní rozdíl mezi jednotlivými metodami je v tom, jakým způsobem se určují objemy jednotlivých stromů v_j

Výpočet zásoby se tvoří pro každou dřevinu jednotlivě, součtem se získá údaj pro celý porost. Výsledek se vyjadřuje buď v m^3 pro celou výměru porostu nebo se přepočte na 1 ha. V naší hospodářsko úpravnické praxi se zásoba určuje v objemové jednotce hroubí bez kůry.

1) Metoda objemových tabulek

Je aplikována tehdy, když jsou vedle četností stromu k dispozici i údaje o výškách stromů h_j ve všech vyskytujících se tloušťkových stupních d_j

V tabulkách je objem jednotlivých stromů (v) udáván jako funkce dvou vstupních veličin : tloušťky $d_{1,3}$ a výšky (h).

Praktický postup je následující.:

1. z průměrkovacího zápisníku se převezmou **stromové četnosti n_j podle tloušťkových stupňů d_j**
2. z naměřených výšek h_j po tloušťkových stupních d_j se **sestrojí výšková stadiální křivka** bezčasové závislosti na tloušťce některou z dříve uvedených metod (**graficko početně, pomocí logaritmického papíru** nebo **matematickým vyrovnaním**). Pro středové hodnoty

tloušťkových stupňů d_j se z grafu odečítají , resp. vypočítají **vyrovnané výšky \hat{h}_j zaokrouhlené na celý metr**

3. v objemových tabulkách pro danou dřevinu se pro kombinaci hodnot d_j a \hat{h}_j vyhledají odpovídající **hodnoty objemů pro jeden strom (v_j)**
4. Součinem $n_j \cdot v_j$ se získají objemy všech stromů v tloušťkových stupních a jejich součtem

$$\sum_1^k n_j \cdot v_j \text{ celková zásoba dřeviny (porostu).}$$

Metoda klasických objemových tabulek se používá v praxi u nás a ve většině států Evropy. Umožňuje relativně velmi přesně určit zásobu dřevin a porostů i s jejím ročleněním do tloušťkových stupňů. Chyba vlastního výpočtu (z náhrzení skutečného objemu stromů tabulkovým údajem), protože jde zpravidla o větší soubory stromů , nepřekročí hranici $\pm 1\%$ (při 68 % pravděpodobnosti Šmelko 2000). Metoda je vhodná pro stejnověké a nestejnověké (výběrné) porosty. Vyžaduje však měření velkého počtu výšek a konstrukci úplného výškového grafikonu. Z těchto důvodů (jsou-li splněné potřebné podmínky) je často nahrazována časově méně náročnou , i když méně přesnou metodou JHK a JOK.

2) Metoda jednotných objemových křivek (JOK)

Metoda využívající tabulky jednotných výškových a objemových křivek (Tab. JHK a JOK)

Princip metody

Metoda je výsledkem snah o racionalizaci klasické metody objemových tabulek a přináší redukci počtu měřených výšek a celkové zjednodušení výpočtových prací.

Základem je systém jednotných výškových křivek (JHK). Je to ucelená soustava schématických (Standardizovaných) křivek, které modelují očekávaný průběh výškových křivek dřevin v příslušné růstové oblasti a umožňuje pro konkrétní porost vybrat z nich jednu a použít jí jako náhradu za skutečnou výškovou křivku dřeviny. **Výběr modelové křivky** ze systému se uskutečňuje pomocí přímo zjištěné hodnoty střední porostní veličiny (střední výšky, střední tloušťky, věku, bonity apod.) podle které byly JHK v systému při jeho konstrukci rozčleněny. Na systém JHK **bezprostředně navazuje systém schématických jednotných objemových křivek (JOK)**, který udává objemy jednotlivých stromů pro všechny tloušťkové stupně d_j a jim odpovídající výšky \hat{h}_j převzaté ze systému JHK.

Oba systémy jsou zkonstruovány zpravidla empiricky na podkladě velkého množství měřených výškových křivek v různých porostních podmínkách. Zpracovány byly ve formě grafů, tabulek nebo matematických modelů.

Platí výhradně pouze pro stejnověké porosty, modelují výškové a objemové křivky v určitém věkovém stadiu porostu a při opakovaných inventarizacích se musí příslušná křivka ze systému vybrat vždy znovu.

Systémy JHK a JVK vyvinuté na Slovensku a používané v také ČR zpracoval Halaj (1955) na základě průzkumu výškových křivek 7400 porostů ze všech oblastí Slovenska a pro některé dřeviny i z oblasti Čech a Moravy.

Zjistil, že největší vliv na průběh a tvar výškového grafu mají: dřevina, střední tloušťka d_g a střední výška h_g porostu.

Vliv dalších zvažovaných činitelů (věku, bonity, vegetační oblasti) se při stejné d_g a h_g ukázal jako velmi malý a prakticky zanedbatelný.

Proto se rozhodl sestavit systém JHK a JOK pro všechny druhy dřevin (smrk, modřín, jedle, borovice, buk, javor, dub habr, jasan jilm, bříza, osika, topol, olše) **na základě pouze těchto dvou vstupních veličin d_g a h_g .**

Výsledkem tohoto řešení jsou tři výstupy:

a) Grafický systém JHK

Sestavený zvláště pro každou dřevinu resp. příbuzné dvojice dřevin (BK a JV), (JS a JLM) a v rámci nich d_g

Počet tloušťkových skupin závisí od síly vlivu střední tloušťky na tvar výškových křivek a není jednotný (kolísá mezi 2 až 6)

Každá tloušťková skupina obsahuje samostatnou soustavu JHK, které jsou uspořádány nad sebou a průběžně očíslovány odspodu nahoru pomocí trojčísla (např. 4.14) Prvé číslo označuje tloušťkovou skupinu, druhé dvojčíslí pořadí JHK.

Křivky jsou od sebe vzdálené v prostřední části asi 1 m a jejich strmost se s rostoucí střední tloušťkou porostu postupně zvětšuje. Vznikly grafickým vyrovnáním a zahuštěním průměrných výškových křivek pokusných porostů pro příslušné kombinace h_g a d_g .

Podle vyskytujícího se rozpětí je i počet JHK rozdílný (11 až 24) podle vyskytujícího se rozpětí výšek dřevin.



ČESKÁ ZEMĚ
Lesnictví
Katedra lesní správy
165 21 Praha 6 - Suchbátův
ÚHÚL
21

Tabulky pro stanovení hmot porostů podle jednotných hmotových křivek

Obsah:

- 1. Smrk
Modřín** (grafikon pro stanovení čísla JHK samostatný,
tabulky JHK společně se smrkem)
- 2. Jedle**
- 3. Borovice**
- 4. Dub**
- 5. Buk**
- 6. Javor** (grafikon i tabulky JHK společně s bukem)
- 7. Jasan**
- 8. Jilm** (grafikon i tabulky JHK společně s jasanem)
- 9. Bříza**
- 10. Osika**
- 11. Olše**
- 11. Topol**

Vytiskl ÚHÚL Brandýs nad Labem

Postup při výpočtu hmot porostů podle JHK.

- 1/ Z venku naměřených výšek a průměrů se vypočítá aritmetický střední průměr a výška /průměr s přesností na mm a výška na dm/.
- 2/ Do hlavičky tiskopisu pro výpočet hmot porostů /tiskopis ÚHÚL-23-1959/ se запиše k příslušné dřevině vypočítaný aritmetický střední průměr a výška a číselné označení JHK, které se k tomuto průměru a výšce vyhledá v grafikonu pro stanovení čísla JHK.
Každá JHK je označena trojmístným číslem, kde první číslo znamená pořadové číslo tloušťkové skupiny a druhá dvě pořadové číslo výškové křivky. Tloušťkové skupiny jsou od sebe odděleny v grafikonu pro číselné označení JHK dvojitými svislými čarami.
- 3/ Pro dřevinu se v tabulkách JHK podle čísla křivky vyhledají k příslušným tloušťkovým stupňům hmoty stromů jednotlivě a запиší se do tiskopisu pro výpočet hmot.
- 4/ Hmoty jednotlivých stromů se vynásobí počtem kmenů v příslušných tloušťkových stupních.
- 5/ Proveďte se součet hmot a počtu kmenů tloušťkových stupňů dřeviny podle tloušťkových tříd a celkem.
- 6/ Vypočítá se hmota středního kmene dřeviny a odečte se k ní odpovídající střední výška a průměr.
Takto zjištěná střední výška a průměr nemusí přesně souhlasit s vypočtenou aritmetickou střední výškou a průměrem, podle kterých bylo vyhledáno číslo JHK.
- 7/ Výsledné údaje se přepíší do tabulky pro výpočet taxačních prvků porostu.
- 8/ U porostů etažových se zjišťují čísla JHK a počítají hmoty pro každou etaž samostatně.

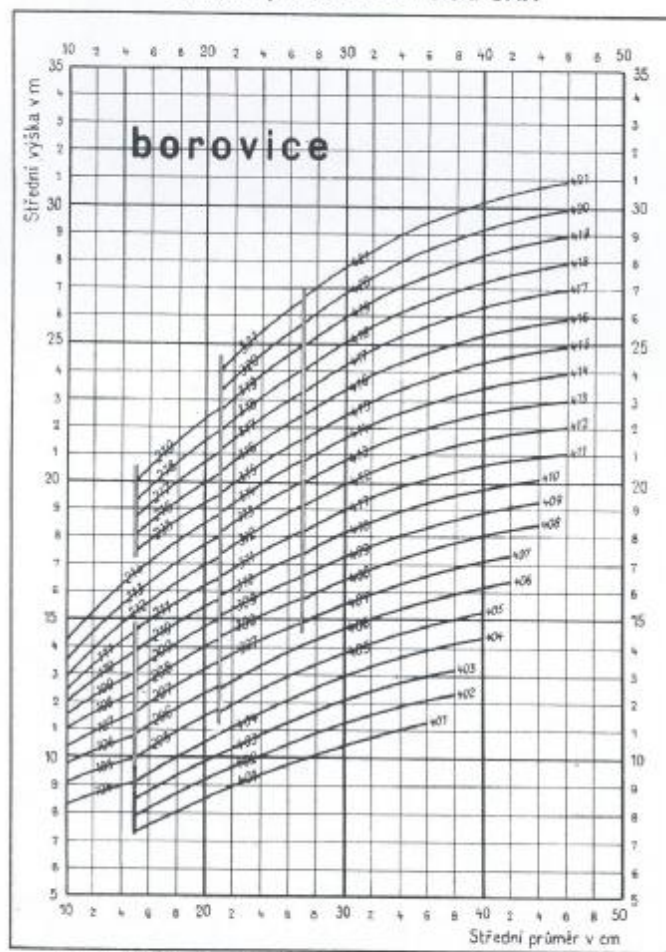
Tabulky JHK jsou odvozené z jednotných výškových křivek dřevin a klasických hmotových tabulek. Jestliže se v porostě vyskytnou stromy silnějších průměrů než je poslední údaj u příslušné JHK dřeviny, zjistí se jejich hmoty pomocí kruhové plochy a výtvarnicové výšky. V tabulkách jsou uvedeny kruhové plochy jednotlivých tloušťkových stupňů a výtvarnicové výšky vypočítané z hmoty a kruhové plochy nejvyššího, v tabulkách se dosud nacházejícího tloušťkového stupně. Na př. pro borovici u JHK s číselným označením 4,09 vyskytuje se průměr 74 cm. Poslední údaj u této JHK je pro průměr 70 cm s hmotou $h = 4,04$ plm. Kruhová plocha $k_{70} = 0,3848 \text{ m}^2$, $k_{74} = 0,4301 \text{ m}^2$.
Výtvarnicová výška při průměru 70 cm je $4,04$ plm; $0,3848 \text{ m}^2 = 10,50$.
Hmota při průměru 74 cm je $0,4301 \text{ m}^2 \times 10,50 = 4,52$ plm.

Metodu JHK není možno použít:

- a/ u porostů velmi nestejnověkých typů lesa výběrného,
- b/ u porostů v nichž těžbou byly vybrány jenom některé tloušťkové stupně,
- c/ u porostů extrémních, kde střední průměr a střední výška dřeviny by přesehovály rozsah těchto tabulek.

Ústav pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem

Grafikon pro stanovení čísla JHK



Podle tabulek jednotných hmotových klivek Dr. Inž. Malajec z r. 1952

Výška stĺpce Pomer CE	Číslo křiv																
	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12	
1	10	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
	14	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10
	-																
2	18	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.13	0.14	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18
	22	0.18	0.19	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27	0.29	0.22	0.23	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31
	26		0.28	0.30	0.32	0.35	0.37	0.39	0.41	0.33	0.35	0.37	0.38	0.40	0.42	0.44	0.45
	-																
	30					0.50	0.53	0.56	0.47	0.49	0.51	0.54	0.56	0.58	0.61	0.63	
	34						0.69	0.73	0.62	0.65	0.68	0.71	0.73	0.76	0.79	0.82	
3	38								0.79	0.83	0.87	0.90	0.94	0.97	1.01	1.04	
	42								1.00	1.04	1.08	1.13	1.17	1.21	1.25	1.29	
	-																
	46												1.40	1.44	1.50	1.55	
	50																
	54																
	58																
4	62																
	66																
	70																
	74																
	78																
křivky		1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09	2.10	2.11	2.12
Výška výchka		4.74	5.27	5.65	6.03	6.59	7.07	7.60	8.04	7.22	7.51	7.80	8.16	8.42	8.66	9.03	9.33

Výška stĺpce Pomer CE	Číslo křiv																
	3.14	3.15	3.16	3.17	3.18	3.19	3.20	3.21	4.01	4.02	4.03	4.04	4.05	4.06	4.07	4.08	
1	10	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	
	14	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	0.13	0.13	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07	0.07	0.07	
	-																
2	18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.25	0.09	0.10	0.11	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15
	22	0.33	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	0.24	0.26
	26	0.50	0.52	0.54	0.56	0.57	0.58	0.60	0.62	0.26	0.28	0.30	0.31	0.33	0.35	0.38	0.39
	-																
	30	0.70	0.73	0.75	0.78	0.80	0.83	0.85	0.87	0.38	0.41	0.43	0.46	0.48	0.51	0.54	0.56
	34	0.94	0.96	0.99	1.02	1.06	1.08	1.12	1.15	0.52	0.55	0.58	0.62	0.66	0.69	0.73	0.76
3	38	1.19	1.22	1.26	1.30	1.33	1.37	1.41	1.45	0.68	0.72	0.76	0.81	0.86	0.90	0.94	0.98
	42	1.49	1.53	1.57	1.62	1.66	1.70	1.76	1.80	0.91	0.95	0.99	1.04	1.09	1.15	1.20	1.25
	-																
	46	1.79	1.84	1.90	1.96	2.00	2.06	2.11	2.17	1.14	1.19	1.24	1.29	1.35	1.40	1.46	1.52
	50	2.14	2.20	2.26	2.33	2.38	2.45	2.52	2.59	1.38	1.44	1.49	1.56	1.62	1.69	1.75	1.82
	54	2.51	2.59	2.67	2.75	2.81	2.89	2.97	3.05				1.88	1.96	2.03	2.09	2.16
	58	2.93	3.01	3.10	3.20	3.27	3.36	3.44	3.55					2.34	2.42	2.48	2.56
	62														2.82	2.89	2.98
	66															3.42	3.52
	70																
	74																
	78																
Číslo křivky		3.14	3.15	3.16	3.17	3.18	3.19	3.20	3.21	4.01	4.02	4.03	4.04	4.05	4.06	4.07	4.08
Výška výchka		11.09	11.39	11.73	12.11	12.38	12.72	13.02	13.44	7.03	7.34	7.59	8.21	8.86	9.34	10.00	10.29

OHÚL-34 d-1959

Borovice

k y													Číslo řádku v tabulce	Kruhové plochy	
2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	3.07	3.08	3.09	3.10	3.11	3.12			3.13
0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	10	0,0079
0.11	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.07	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	14	0,0154
0.19	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.15	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.19	18	0,0254
0.32	0.33	0.34	0.36	0.37	0.38	0.39	0.25	0.26	0.28	0.29	0.30	0.31	0.32	22	0,0380
0.47	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.57	0.37	0.39	0.41	0.43	0.45	0.47	0.49	26	0,0531
0.65	0.67	0.69	0.71	0.73	0.76	0.79	0.53	0.56	0.58	0.61	0.63	0.66	0.68	30	0,0707
0.85	0.87	0.90	0.93	0.96	0.99	1.03	0.72	0.74	0.77	0.81	0.84	0.87	0.90	34	0,0908
1.07	1.11	1.14	1.18	1.22	1.26	1.30	0.92	0.96	0.99	1.04	1.07	1.11	1.16	38	0,1134
1.33	1.38	1.42	1.47	1.52	1.57	1.63	1.16	1.20	1.25	1.29	1.34	1.39	1.44	42	0,1385
1.61	1.67	1.71	1.77	1.83	1.90	1.96	1.39	1.45	1.50	1.56	1.63	1.68	1.74	46	0,1662
							1.67	1.73	1.78	1.86	1.94	2.02	2.08	50	0,1963
							2.00	2.07	2.12	2.20	2.29	2.36	2.44	54	0,2290
							2.38	2.46	2.52	2.60	2.67	2.75	2.84	58	0,2642
														62	0,3019
														66	0,3421
														70	0,3848
														74	0,4301
														78	0,4778
2.13	2.14	2.15	2.16	2.17	2.18	2.19	3.07	3.08	3.09	3.10	3.11	3.12	3.13	Číslo křivky	
9.69	10.05	10.29	10.65	11.01	11.43	11.79	9.01	9.31	9.54	9.84	10.11	10.41	10.75	Výtvar. výška	

k y													Číslo řádku v tabulce	Kruhové plochy	
4.09	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14	4.15	4.16	4.17	4.18	4.19	4.20	4.21			
0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	10	0,0079	
0.08	0.08	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.12	14	0,0154	
0.16	0.16	0.17	0.18	0.19	0.19	0.20	0.20	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	18	0,0254	
0.27	0.29	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37	0.38	0.39	0.40	0.41	22	0,0380	
0.41	0.43	0.45	0.47	0.48	0.50	0.51	0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.62	26	0,0531	
0.59	0.62	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.76	0.79	0.81	0.83	0.85	0.88	30	0,0707	
0.79	0.82	0.85	0.89	0.92	0.96	0.99	1.02	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17	34	0,0908	
1.02	1.06	1.10	1.15	1.19	1.23	1.27	1.31	1.35	1.39	1.42	1.46	1.50	38	0,1134	
1.30	1.35	1.39	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.84	1.90	42	0,1385	
1.58	1.64	1.70	1.77	1.82	1.89	1.95	2.01	2.08	2.12	2.18	2.25	2.31	46	0,1662	
1.90	1.98	2.05	2.12	2.20	2.27	2.34	2.41	2.48	2.55	2.62	2.68	2.75	50	0,1963	
2.25	2.33	2.42	2.50	2.59	2.68	2.77	2.85	2.94	3.02	3.10	3.18	3.25	54	0,2290	
2.63	2.72	2.81	2.91	3.01	3.13	3.23	3.33	3.42	3.51	3.60	3.69	3.77	58	0,2642	
3.06	3.15	3.25	3.36	3.47	3.61	3.72	3.84	3.95	4.05	4.15	4.25	4.34	62	0,3019	
3.61	3.70	3.79	3.89	4.00	4.13	4.26	4.40	4.53	4.64	4.74	4.85	4.96	66	0,3421	
4.04	4.15	4.26	4.37	4.49	4.63	4.79	4.94	5.09	5.23	5.34	5.45	5.58	70	0,3848	
		4.77	4.89	5.03	5.18	5.35	5.52	5.69	5.84	5.97	6.10	6.24	74	0,4301	
				5.58	5.77	5.96	6.14	6.32	6.49	6.63	6.79	6.95	78	0,4778	
4.09	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14	4.15	4.16	4.17	4.18	4.19	4.20	4.21	-	Číslo křivky	
10.50	10.78	11.09	11.37	11.68	12.08	12.47	12.85	13.23	13.58	13.88	14.21	14.55	-	Výtvar. výška	

b) Zatřídovací grafikon

Je pomocnou konstrukcí a slouží na zjednodušení výběru odpovídající výškové křivky ze systému JVK pro konkrétní hodnotu d_g a h_g , neboli pro určení čísla JHK. Jsou tu pro jednu dřevinu narysovány středové části všech tloušťkových skupin.

c) Tabulky JOK (tabulky jednotných objemových křivek)

Slouží pro vlastní výpočet zásoby porostu. Jsou sestaveny do tabulek zvláště pro každou dřevinu a očíslovány jsou identicky jako JHK. Uvedené objemy byly odvozené z dvojargumentových objemových tabulek pro daný tloušťkový stupeň a vyrovnanou výšku..

Grafický systém JHK a JOK má vlastnosti tzv. diskrétního systému a nemění se ve směru výšek a tloušťek plynule (spojitě) To odstraňuje jeho matematické vyjádření. **Matematický model slovenského systému JHK a JOK** odvodil Šmelko 1987.

Postup určení zásoby porostu metodou JHK

Metoda se široce používá v praxi při stanovení zásoby stejnověkých průměrkovaných porostů Vlastní pracovní postup může být dvojitý **klasický** nebo **automatizovaný** .:

• klasický (neautomatizovaný) pracovní postup .:

- 1) **Vyprůměruje se porost** naplno nebo na zkusných plochách a stanoví počty stromů podobně jako u metody objemových tabulek
- 2) **Urcí se střední porostní tloušťka dřevin.** Využije se k tomu rozdělení četností n_j podle tloušťkových stupňů a následně se stanoví buď přibližná tloušťka d_w pomocí Weiseho procenta nebo přesná tloušťka d_g výpočtem
- 3) **Určení střední výšky dřevin.** Proveďte se odměřením výšky menšího počtu stromů v okolí střední tloušťky pro sousední v rozmezí 1,2 a 3 cm. (9 – 22) podle velikosti porostu. Naměřené údaje tloušťky d_i a h_i je možné zpracovat dvojitým způsobem .:
 - **vypočítat z nich průměry** a to na 0,1 cm a 0,1 m
 - druhou možností je **zkrácený výškový grafikon**
- 4) **Určení čísla JOK** V zatřídovacím grafikonu pro příslušnou dřevinu , tak, že se vybere JHK , která leží nejbližší k bodu o souřadnicích d_g a h_g
- 5) **Výpočet zásoby.** Z tabulek JOK se pro určené číslo JHK převezmou objemy v_j pro příslušné tloušťkové stupně a zapíše se do výpočetního zápisníku. Celkové objemy v tloušťkových stupních se vyčíslí již známým způsobem.

• automatizovaný pracovní postup

Je jednoduchý. Přebírá údaje o rozdělení tloušťkových četností, o střední tloušťce a střední výšce dřevin z výsledků měření podle bodů 1 – 3. Další výpočty jsou však již plně automatizované na počítači podle připraveného programu. Podkladem jsou matematické modely JHK a objemových tabulek.

Zhodnocení metody cel plošného průměrkování a metody JOK (Šmelko 2000)

- Prakticky **dosažitelná přesnost metody** je $\pm 5\%$ při 95 % spolehlivosti
- **Pracovní náklady** jsou však značné (vyprůměrkování 1 ha lesa s počtem 200 – 1000 stromů vyžaduje 60 až 100 minut)
- **Metoda JOK** v porovnání s metodou objemových tabulek má výhodu v tom, že **potřebuje měřit** asi o polovinu **méně výšek**, **nevyžaduje konstrukci výškové křivky a zdlouhavé vyhledávání tabulkových hodnot** v_j , čímž se ušetří cca 15% terénních a kancelářských prací (Šmelko 2003)
- **Nevýhodou je nižší přesnost určení zásoby** způsobená **náhradou skutečné výškové křivky modelovou JHK** a to se projeví na celkové zásobě střední chybou okolo $\pm 1,5$ až $2,5\%$. V prostřích tloušťkových stupních jsou difference malé a v okrajových podstatně větší, ale protože mají opačná znaménka tak se navzájem vyrovnávají.

Objemové tabulky a tabulky JOK se dají vyjádřit také matematickými funkcemi a pak se dá celý výpočet zásoby zautomatizovat.

Pro praktickou potřebu je přesnost metody JOK plně postačující. Ztráta přesnosti vůči metodě objemových tabulek je kompenzována její jednoduchostí a hospodárností.

d) Hospodárnost metody JOK

Vyplývá z těchto skutečností.:

- potřebný počet změřených výšek se redukuje na polovinu
- úplně odpadá konstrukce výškové křivky a odčítání (výpočet) vyrovnaných výšek pro jednotlivé tloušťkové stupně
- odpadá zdlouhavé vyhledávání objemů „jednotlivě“ z objemových tabulek (jednoduše se opíše z příslušného sloupce JOK)

Celková úspora všech terénních a kancelářských prací činí podle Halaje cca 15 % času potřebného pro metodu objemových tabulek.

e) Podmínky použití metody JOK

Metoda je použitelná **ve stejnorodých a smíšených porostech** pokud vykazují výrazně jednovrcholové rozdělení tlouštěk stromů podle tloušťkových stupních. Upotřebitelná by byla i v etážových porostech, ale za podmínky, že se každá etáž řeší zvlášť.

Nepoužívá se .:

- pro porosty výrazně nestejnověké (výběrné), které mají extrémně klesající tvar rozdělení tloušťkových četností
- pro porosty, ve kterých byla provedena těžba nerovnoměrně podle tloušťky a plochy (nepravidelně)
- pro porosty jejichž střední tloušťka a střední výška přesahuje rozsah systému JVK.

a) Metóda objemových tabuliek					b) Metóda JOK $d_x = 28,2 \text{ cm}, h_x = 25,4 \text{ m}, \text{JOK } 4.14$				Diferencie c % $\frac{b-a}{a} \cdot 100$	
Hrúbka d_j (cm)	Počet stromov n_j	Výška h_j (m)	Objem (m ³)		Hrúbka d_j (cm)	Počet stromov n_j	Objem (m ³)		z objemu hrúbk. stupňa	z celkového objemu dreveny
			jedn. v_j	celkom $n_j \cdot v_j$			jedn. v_j	celkom $n_j \cdot v_j$		
10	25	9	0,03	0,8	10	25	0,04	1,0	+25,0	+0,1
14	68	14	0,09	6,1	14	68	0,11	7,5	+22,9	+0,4
18	93	18	0,20	18,6	18	93	0,21	19,5	+4,8	+0,2
22	96	21	0,34	32,6	22	96	0,36	34,6	+6,1	+0,5
26	94	24	0,53	49,8	26	94	0,53	49,8	0,0	0,0
30	79	26	0,76	60,0	30	79	0,75	59,2	-1,3	-0,2
34	53	27	0,99	52,5	34	53	0,99	52,5	0,0	0,0
38	39	29	1,32	51,5	38	39	1,26	49,1	-4,7	-0,6
42	28	30	1,64	45,9	42	28	1,56	43,7	-4,8	-0,6
46	15	31	2,01	30,1	46	15	1,87	28,1	-6,6	-0,5
50	9	32	2,42	21,8	50	9	2,20	19,8	-9,2	-0,5
54	4	32	2,79	11,2	54	4	2,54	10,2	-8,9	-0,3
58	3	33	3,29	9,9	58	3	2,90	8,7	12,1	-0,3
Spolu:	606		390,8		Spolu:	606	383,7			
			Diferencia (b - a) = -7,1 m ³ (= -1,8 %)			m _e % =			±11,5	±0,40

Porovnaní výsledků stanovení porostní zásoby smrkového porostu metodou objemových tabulek a metodou tabulek JHK a JOK (Šmelko 2000)

3) Vzorníkové metody

Princip a teoretické zásady

Vzorníkové metody určujú zásobu celého porostu pomocí jedného alebo niekoľkých takových stromů – vzorníků, ktoré svými vlastnosťami jsou průměrnými představiteli buď všech stromů, nebo určitých skupin stromů v porostu a to podle $d_{1,3}$ výšky h , kruhové základny $g_{1,3}$ výtvarnice $f_{1,3}$ a tím i objemu (zásoby) v .

Patří k nejstarším dendrometrickým metodám a používaly se ještě předtím než byly zkonstruovány první objemové, případně růstové tabulky. Vyhledané vzorníky se zpravidla zmýtily a kubovaly přesně podle sekcí.

Protože mezi objemem a kruhovou základnou existuje velmi těsná korelační závislost, **výběr vzorníků** se uskutečňuje **podle** průměrné kruhové základny porostu \bar{g} a jí odpovídající **střední tloušťky** d_g . Přitom se předpokládá, že strom s průměrnou kruhovou základnou je současně též středním objemovým kmenem a že pro zásobu V souboru N stromů, pro jejichž průměrný objem

$$\bar{v} \text{ platí } V = N \cdot \bar{v}$$

Ve vývoji vzorníkových metod vznikly podle toho pro jaké soubory stromů se vzorníky vybírají dvě základní kategorie :

- **metoda porostního vzorníku**
- **a více variant metod skupinových vzorníků**

• **Metoda porostního vzorníku**

Výběr vzorníků se zde soustřeďuje na střední kmen porostu. Porost se vyprůměruje a vypočítá se střední tloušťka d_g a přesně k ní se v porostu vyhledá jeden nebo lépe více vzorníků. Přihlíží se přitom k tomu aby vzorníky reprezentovaly celý porost z hlediska výšky a tvaru kmenů. Pro každý vybraný vzorník se změní základní rozměry a stanoví co nejpřesněji jeho objem. Může se to provést dvojím způsobem :

- **na smýcených vzornících** klasickým způsobem (metodou sekci)
- nebo **na stojících vzornících** novějšími způsoby (nepřímé měření ,telereleaskop)

Zásoba se potom určí podle vzorce $V = N \cdot v$, resp. $V = N \cdot \bar{v} = N \frac{\sum_i^m v_i}{m}$

Kde N je počet vyprůměrkovaných stromů v porostu a (v) , resp. (\bar{v}) je objem jednoho resp. průměrný objem více (m) vzorníků.

Ve smíšeném porostu se celý postup musí provést pro každou dřevinu samostatně.

Popsaná metoda není vhodná pro praktické využití stanovení zásoby porostu protože **dnes jsou k dispozici dostatečně přesné a efektivnější metody**. Velmi dobře může být tato metoda upotřebitelná v případech, když půjde o stanovení zásoby takové dřeviny (např. introdukované) pro kterou nemáme domácí objemové tabulky, nebo půjde o růst v extrémních ekologických podmínkách.

• **Metody skupinových vzorníků**

Tuto kategorii tvoří metody , které rozdělují vzorníky v rámci celkového rozpětí tlouštěk stromů v porostu na menší předem definované skupiny. Vznikali v 19 století. Přesnost výsledku je tím větší čím menší je skupina stromů, kterou mají vzorníky reprezentovat. Uvedeny jsou tři varianty známé pod jmény jejich autorů.

a) **Drautova metoda**

Rozděluje vzorníky na jednotlivé tloušťkové stupně d_j úměrně k počtům stromů n_j v těchto stupních. Doporučuje se volit 2 –5% vzorníků z celkového počtu stromů v porostu. Rozhodneme-li se např. pro 15 vzorníků, největší počet z nich se přidělí těm kde početnost n_j největší. Pro takto stanovené vzorníky se z výškového grafu (nebo z JHK) odečítají tloušťkám d_j odpovídající výšky h_j a vzorníky s těmito rozměry se vyhledají v porostu a určí se jejich objem. Označíme-li objem všech vzorníků v_{vz} a součet kruhových základů vzorníků g_{vz} a z výsledku průměrkování vypočteme kruhovou základnu porostu G , získáme zásobu porostu V z úměry

$$V = v_{vz} \cdot \frac{G}{g_{vz}}$$

b) Urichova metoda

Rozděluje vzorníky na skupiny tloušťkových stupňů, kde každá má **stejný počet stromů**. Např. porost má celkový počet stromů N a rozhodli jsme se v něm vytvořit $k = 5$ skupin se stejným počtem stromů. Pomocí součtových počtů n_j stromů v tloušťkových stupních počínaje od nejtenčího vymezíme tloušťkové rozpětí $d_{1,3}$ těchto 5 skupin a pro každou skupinu přidělíme stejný počet vzorníků např. po 3. Reprezentanty pro každou skupinu budou vzorníky, jejichž rozměr bude d_g a h_g přičemž d_g se odvodí z celkové kruhové základny v tloušťkovém skupině (g) a h_g se odečte z výškového grafikonu (nebo z JHK) pro příslušné d_g . Zásoba V v jednotlivých skupinách stejně jako v předchozím případě podle uváděné úměry.

Součtem se získá zásoba se získá zásoba celého porostu. Výhodou této metody je, že důsledněji rozděluje vzorníky na jednotlivé tloušťkové stupně. U Drautovy metody se narušovala konstantní úměrnost vůči četnostem n_j celého porostu.

c) Hartigova metoda

Rozděluje vzorníky na takové skupiny tloušťkových stupňů, které mají **stejně velkou výčetní kruhovou základnu**. Rozhodneme-li se např. pro $k = 5$ skupin, kruhová základna každé skupiny bude G/k a každé přidělíme stejný počet vzorníků, např. po 3. Tloušťkové rozpětí skupin vymezíme postupnými součty kruhové základny ($n_j \cdot g_j$) v tloušťkových stupních dokud nedosáhneme potřebnou hodnotu G/k . V hraničních tloušťkových stupních provedeme interpolaci (část $n_j \cdot g_j$ přiřčleníme k předcházejícímu a část k následujícímu tloušťkovému stupni). Rozměry vzorníků pro jednotlivé skupiny stanovíme stejně jako při Urichově metodě, a zásobu určíme také obdobně. Výhodou Hartigovy metody jsou počty vzorníků úměrné kruhové základně a tedy i zásobě skupin bez ohledu na to zda jde o tlusté nebo tenké stromy. Proto by výsledky při stejném celkovém počtu vzorníků měly být přesnější. Ode všech třech metod skupinových vzorníků lze očekávat vyšší celkovou přesnost a navíc i informace o zásobě v různých tloušťkových kategoriích.

Zhodnocení metody

Metoda vzorníková patří mezi nejstarší metody stanovení porostní zásoby. V běžné současné praxi se tyto metody nepoužívají, ale užitečné mohou být **ve výzkumu** a v případech kdy je třeba relativně přesně stanovit **nejen zásobu**, určitého souboru stromů ale i **přírůstek, sortimenty**, komponenty nadzemní dendromasy nebo dalších dendrometrických veličin.

4 METODA ZKUSNÝCH PLOCH

Zásoba porostu se zjišťuje (na rozdíl od měření na celé ploše) měřením na určité menší výběrové části stromů nacházející se na zkusných plochách rozmístěných po porostu tak, aby po všech stránkách reprezentovaly celý porost a to nejen jeho zásobu, ale i dřevinou a tloušťkovou strukturu.

Tato měření vyžadují proto o mnoho méně času než průměrkování naplno.

Výsledky získané na zkusných (výběrových plochách) se přepočítají na 1 ha a nebo celý porost

podle vztahu $V_{ha^{-1}} = \frac{V_{skp}}{\sum P}$; $V = \frac{P}{\sum P} \cdot V_{skp}$

Kde

V - zásoba celého porostu

$V_{ha^{-1}}$ - zásoba porostu na 1ha

P - výměra celého porostu (v ha)

$\sum p$ - výměra zkusných ploch (v ha) – plocha výběru

Podobně je možno počítat i údaje jiných veličin – počet stromů, zásobu dřevin, tloušťkových stupňů aj.

Základním problémem je u metody zkusných ploch **určení hlavních vytyčovacích údajů .:**

- **minimálního počtu,**
- **velikosti**
- **a rozmístění zkusných ploch v porostu.** Tento problém se snažíme řešit nikoli subjektivní volbou, ale objektivním odvozením pomocí matematicko statistických metod.

Subjektivní volba je nevýhodná, protože rozsah měření se často volí zbytečně velký nebo naopak příliš malý a také vtom, že dosažitelná přesnost měření není známá a může být výběr zatížen subjektivními vlivy. Tento způsob byl běžný v minulosti.

Objektivní matematicko-statistické vytyčovací údaje zkusných ploch odstraňuje všechny uvedené nevýhody subjektivního odhadu. Výběr zde odpovídá konkrétní porostní struktuře a požadované přesnosti výsledku.

U některých metod dovoluje výpočet (kontrolu) dosažené přesnosti (relaskopická metoda).

Matematicko statistické metody zkusných ploch se začaly používat od roku 1920 ve skandinávských zemích a od té doby prošla velkým vývojem.

V bývalé ČSR byla do praxe zavedena oficiálně v roce 1961

.Alternativy matematicko statistické inventarizace lesů je možno rozdělit do dvou hlavních skupin :

- **velkoplošná**
- **a maloplošná inventarizace.**

Rozlišovacím znakem mezi nimi je velikost základní prostorové jednotky, pro kterou se údaje zjišťují.

Pro **velkoplošnou inventarizaci** je to plocha celého státu, regionu, kraje, lesního podniku a apod. výměře několik tisíc ha.

Při **maloplošné inventarizaci** je objektem zájmu naopak jednotlivý porost, porostní skupina a proto se nazývá také porostní inventarizace.

Také zde se v plné míře dají uplatnit výhody reprezentativní metody, ale počet a výměra zkusných ploch je vzhledem k výměře inventarizovaného porostu relativně větší (řádově připadá 2-5 zkusných ploch na 1 ha) a řeší se pro každý porost individuálně což je metodicky náročné.

U nás se v praxi nejčastěji používají

- **relaskopické zkusné plochy,**
- **kruhové zkusné plochy**
- **a pásové zkusné plochy**

U obou posledních měření je spočítání stromů spojeno s výběrovým měřením tloušťek.

Každá z nich má svoje zvláštní dendrometrické vlastnosti, ale všechny mají společný biometrický základ.

Metody byly důkladně zpracovány na Slovensku (Šmelko 2000, 2003).

Matematicko – statistické základy reprezentativních ploch

Teoretický základ reprezentativních metod tvoří teorie náhodného výběru a odhadu statistických charakteristik základního souboru pomocí charakteristik výběru. Tato statistická teorie pro praktickou aplikaci na zjišťování zásoby porostu zkusnými plochami nabývá novou obsahovou náplň.

Základní pojmy a vzorce pro plánování potřebného rozsahu výběru.

a) Potřebný minimální počet zkusných ploch (rozsah výběru) se určí podle vzorce

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma_x^2}{\Delta_x^2}$$

kde : $\sigma_x\%$ - variační koeficient charakterizující relativní variabilitu (rozrůzněnost) zásoby x_i po ploše porostu

$\Delta_x\%$ - přípustná chyba, resp. požadovaná přesnost určení zásoby porostu ($v\%$) u nás je předepsána $\Delta_x\% = \pm 10\%$

t_α - koeficient spolehlivosti zaručující, že skutečná chyba odhadu nepřekročí rámeček $\Delta_x\%$ se zvolenou pravděpodobností $P = \%$. Při stanovení zásoby porostu se všeobecně používá spolehlivost $p = 95\%$ (nespolehlivost $\alpha = 5\%$) pro kterou je $t_{0,05} \cong 2,0$ pro malý výběr.

b) Intenzita výběru (procento zkusných ploch)

$$i\% = \frac{n \cdot p}{P} \cdot 100 = \frac{\sum p_i}{p} \cdot 100$$

kde : $\sum p_i$ – úhrná výměra všech n zkusných ploch (v ha) jsou-li stejně velké $\sum p_i = n \cdot p$

P – výměra porostu (v ha)

Ze vzorců je vidět, že potřebný počet zkusných ploch stoupá úměrně s rostoucí variabilitou (rozdílností) zásoby po ploše a se zvětšující se požadovanou přesností výsledku. **Nezávisí od výměry porostu (porostní skupiny)** ; v porostech se stejnou zásobovou rozdílností je třeba změřit stejný počet zkusných ploch bez ohledu na velikost porostu.. Proto metoda zkusných ploch je tím hospodárnější čím je porost větší a homogennější.

Nejdůležitější veličinou pro odvození potřebného rozsahu měření je **variační koeficient zásoby** $s_x - \%$ který jediný předem ve vzorci neznáme. (Ostatní veličiny jsou známe nebo se mohou libovolně zvolit).

Proto se musí odhadnout a to .:

- podle předběžně vykonaného výběru menšího počtu ploch
- podle dosavadních výsledků měření v podobných porostech(z empirické tabulky
- nebo nomogramů) na základě znaků, které rozdílnost zásoby přímo ovlivňují a dají se snadno okulárně posoudit (smíšení dřevin, tloušťková variabilita, hustota stromů a p.)
- Dobrou pomůckou přitom je letecký snímek.
- Chceme- li variační koeficient $\sigma_x - \%$ a tím i potřebný počet měření zmenšit , doporučuje se všechny plochy , které zvyšují variabilitu zásoby (holiny, kultury, kotlíky, a p.) z plochy porostu vyloučit a provést tak zvanou **stratifikaci porostu**

c) Zásady rozmístění zkusných ploch po ploše porostu

Počet zkusných ploch n nejlépe naplňuje **systematický výběr** podle pravidelného schématu (sítě) po ploše porostu, který může být

- **rovnoměrný** – jsou-li odstupové vzdálenosti mezi zkusnými plochami v obou směrech stejné (čtvercová síť $s \times s$)

$$s(m) = 100 \cdot \sqrt{\frac{P(ha)}{n}}$$

- **nerovnoměrný** - jsou-li odstupové vzdálenosti mezi zkusnými plochami v jednom směru větší (podle obdelníkové sítě $s_1 \times s_2$)

$$s_1(m) = 10000 \cdot \frac{P(ha)}{n \cdot s_2}$$

Systematický výběr, který pokrývá zkusnými plochami celý základní soubor dává přesnější výsledek než výběr náhodný a také se v terénu lehčeji uskutečňuje. Z hlediska objektivnosti je důležité, aby se zkusná plocha založila v porostu přesně v místě určeném odstupovou vzdáleností s i když padne do řídicí partie nebo na holinu.

Kruhové zkusné plochy

Metodiku jejich použití vypracovali Halaj (1960) a Šmelko (1968)

Stanovení hlavních vytyčovacích údajů kruhových zkusných ploch

Jsou to : **velikost, počet, intenzita a odstupová vzdálenost** zkusných ploch. U nás se kalkulace těchto údajů děje individuálně pro každý porost před vlastním měřením na základě znaků jeho struktury. Metodika je založená na rozsáhlých výzkumech Halaje a Šmelka (1960, 1968).

Kalkulace hlavních vytyčovacích údajů :

- **Velikost kruhu (p)** (1,2,3,5 a nebo 10 arů) volí se optimální velikost podle počtu stromů na 1ha, (nebo podle střední porostní tloušťky) tak, aby se na ploše kruhu nacházelo minimálně 15 – 25 stromů .
- **Počet kruhů (n)** se stanoví podle stupně zásobové rozrůzněnosti a zvolené přesnosti ..
- **Ostupová vzdálenost mezi kruhy (s)** je dána počtem ploch a velikostí porostu.
- **Intenzita výběru (i%)** je vypočítána z poměru plochy výběru a celkové plochy porostu.

Potřebné údaje se dají stanovit přímo v nomogramu

Kruhové plochy mají velmi dobré dendrometrické a matematické vlastnosti :

- dají se přesně v terénu vytýčit,
- při stejné výměře mají ve srovnání s čtvercovými nebo obdelníkovými kratší obvod a tím i méně hraničních stromů

protože jsou nejčastěji používány kruhy menší výměry (1 – 10 arů), v porostu se jich vytyčuje velké množství což má výhodu :

1. přesnějšího vystižení rozdílů ve struktuře porostů
 2. pro výpočet přesnosti a stanovení potřebného rozsahu a intenzity výběru je možno aplikovat matematicko-statistické metody
 3. vhodnou změnou velikosti a hustoty zkusných ploch je možné přispůsobit intenzitu výběru konkrétní struktuře jednotlivých dílčích ploch v porostu neboli vytvořit stratifikovaný výběr
- nevýhodou je obtížné vytyčování zvláště větších kruhů ve strmých svazích

a) Velikost zkusných ploch je účelné používat kruhy různých velikostí (1 – 10 arů) podle hustoty porostu tak, aby se **na kruhu** nacházelo **15 – 25 stromů**. Takové **kruhy jsou optimální** , protože zaručují při minimální spotřebě času na vytyčování největší přesnost výsledku. Geometrická výměra optimálního kruhu se určí podle vztahu

$$P = \frac{\text{Optimální počet stromů na kruhu}}{\text{Počet stromů na 1 ha}}$$

Pro běžnou praxi se doporučuje **5 typizovaných velikostí kruhů** v závislosti na průměrném počtu stromů na 1 ha :

Velikost kruhu	Ploměr kruhu (v m)	N. Ha ⁻¹
1 ar (100 m ²)	5,64	1500+
2 ary (200 m ²)	7,98	800 – 1500
3 ary (300 m ²)	9,77	500 – 800
5 arů (500 m ²)	12,62	300 – 500
10 arů (1000 m ²)	17,84	do 300

Počet zkusných ploch (n)

V návaznosti na základní teorii výběrových metod se určí podle známého statistického vzorce

$$n = \frac{t_a^2 \cdot v_x \%^2}{\Delta_x \%^2}$$

na základě variačního koeficientu zásoby a zvolené (požadované) přesnosti a spolehlivosti zjištění zásoby.

Stupeň zásobové rozrůzněnosti vyjadřuje relativní míru variability (homogenity, resp. nehomogenity) zásoby po ploše porostu.

Odhadne se podle proměnlivosti všech činitelů, kteří ovlivňují kolísání zásoby na různých místech v porostu (proměnlivost smíšení dřevin, zakmenění a tloušťkové vyspělosti porostu). Nejvhodnější se ukázal tzv. kombinovaný snímko-terestrický způsob odhadu, který se nejprve tvoří podle proměnlivosti prvků struktury porostu na leteckém snímku (pod stereoskopem) a potom se následně zpřesní při pochůzce porostem.

Jednotlivé stupně zásobové rozrůzněnosti lze charakterizovat :

Stupeň 1- (velmi malá rozrůzněnost) označuje malé kolísání zásoby po ploše porostu.přitom ,ale může jít jak o porost stejnorodý tak smíšený, mladý nebo starý, stejnověký nebo nestejnověký, plně zapojený nebo rovnoměrně prosvětlený. Patří sem porosty s rovnoměrným zakmeněním, rovnoměrným smíšením dřevin a stejnou střední tloušťkou po celé ploše porostu, ale též nestejnověké porosty s rovnoměrnou po celé ploše porostu se střídající tloušťkovou a výškovou diferenciací.

Stupeň 3 – (velmi velká rozrůzněnost) označuje velmi velké kolísání zásoby porostu.Patří sem porosty kde se velmi nepravidelně střídají husté partie s řídkými, zastoupené dřeviny tvoří po ploše nepravidelně se rozmístěné skupiny, nebo se nachází pouze v některých částech porostu, tloušťkově vyspělé části se střídají s tenkými, starší s mladšími, po ploše se vyskytují velké bonitní rozdíly a p.

Stupeň 2 - představuje střed mezi stupni 1 a 3.

Pro optimální 20 – stromové kruhové plochy a předepsanou přesnost $\pm 10\%$ je možné v porostních poměrech počítat s průměrnými hodnotami variačních koeficientů zásoby a následujícím počtem zkusných kruhových ploch (Šmelko 1968,1989).:

Stupeň rozrůzněnosti zásoby	1 (malý)	2(střední)	3(velký)
Variační koeficient zásoby $\sigma_x\%$	18	30	42
Potřebný počet kruhových ploch n	15	36	70

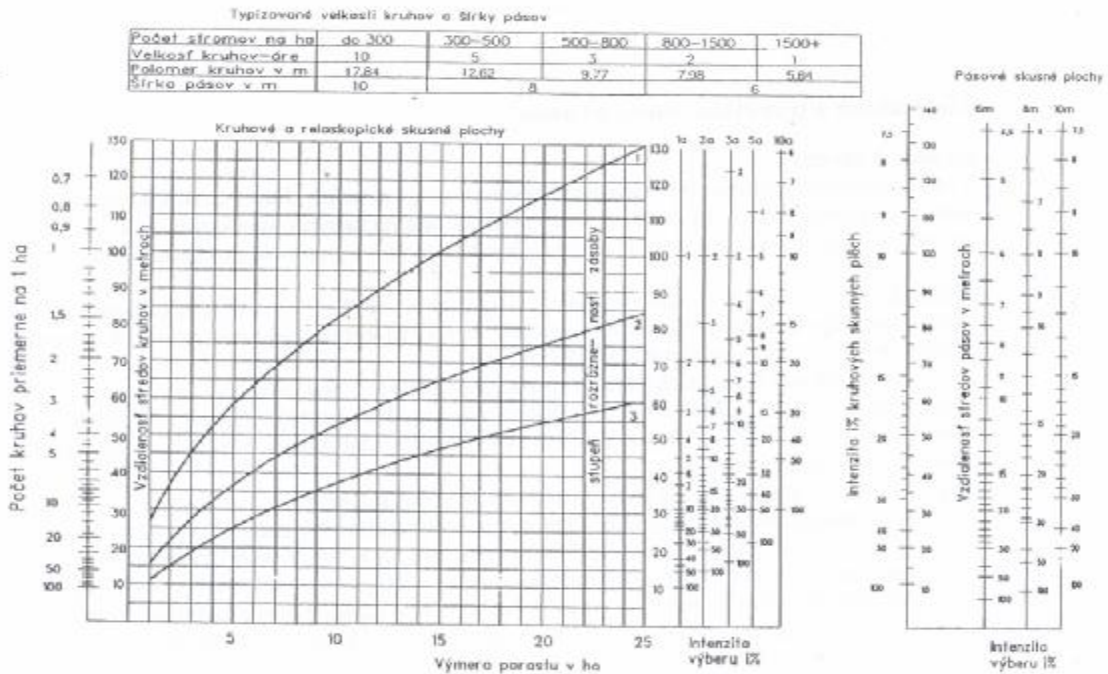
Jeli známá **velikost (p)**, **počet (n)** zkusných ploch a **výměra porostu (P)** potom se další vytyčovací údaje - **intenzita výběru (i%)** a **odstupová vzdálenost** zkusných ploch (**s**) určí již velmi jednoduše podle vzorců.

Vypočítaná intenzita výběru je zároveň i **vhodnou mírou použití kruhových zkusných ploch** v porovnání s celoplošným průměrkováním, kdyby neměla překročit hranici 25 – 30 % protože náklady na jejich měření by již byly příliš vysoké a přesnost výsledku nižší.

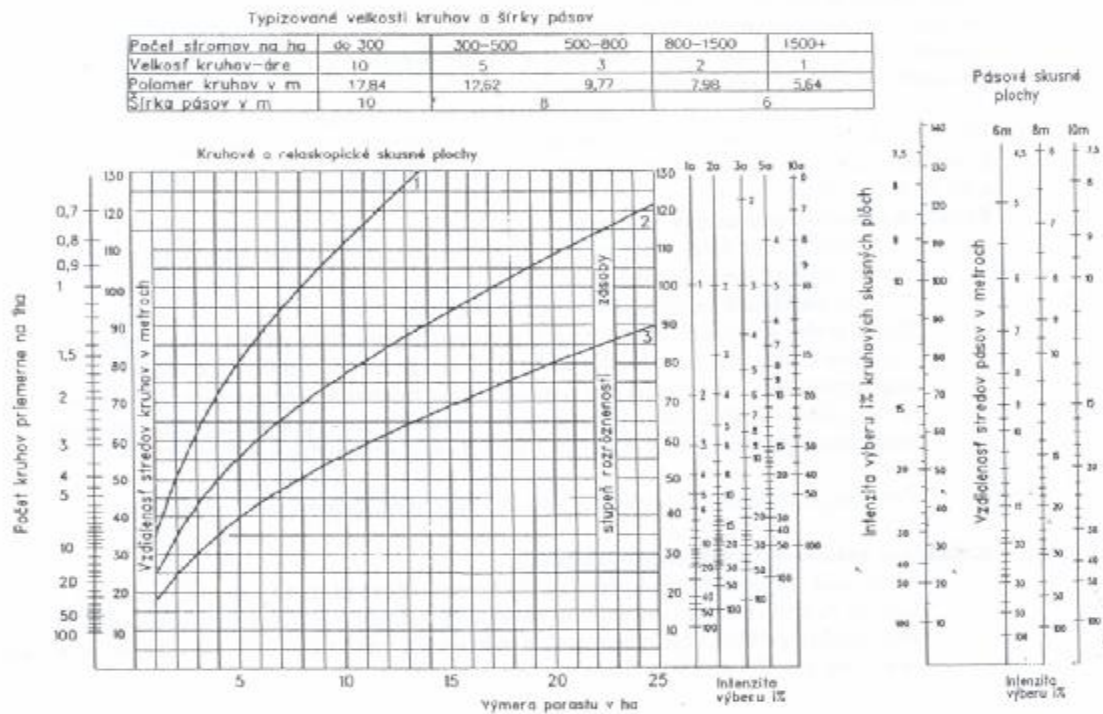
Vedle popsaného počítařského postupu kalkulací vytyčovacích parametrů kruhových zkusných ploch byl pro potřeby hospodářsko- úpravnické praxe vypracován i **zjednodušený způsob ve formě nomogramu**. Ten umožňuje na základě známé výměry porostu a stupně rozrůznění zásoby přímo bez výpočtů odečíst všechny potřebné optimální vytyčovací údaje zkusných ploch pro požadovanou přesnost inventarizace.

Kalkulace s použitím nomogramu .:

- v tabulce v záhlaví se podle počtu stromových jedinců (buď podle střední porostní tloušťky nebo jako průměr terénního zjištění na několika plochách 20*20 m)se zvolí velikost kruhu
- v levé části nomogramu se proti výměře porostu (P) a zvoleného stupně rozrůznění odečte odstupová vzdálenost (s) a průměrný počet kruhů na 1 ha (k výpočtu celkového počtu ploch na celé ploše porostu
- na stupnici vpravo se pro zvolenou velikost kruhu zároveň odečte i intenzita výběru (i%)



Obr. 4.07 Nomogram na určenie základných vyčísľovacích údajov kruhových, relaskopických a pásových skusných plôch pre požadovanú pre $\Delta x\% = \pm 10\%$ a spoľahlivosť 95 % (Šmelko 1989)



Obr. 4.08 Nomogram na určenie základných vyčísľovacích údajov kruhových, relaskopických a pásových skusných plôch pre požadovanú pre $\Delta x\% = \pm 15\%$ a spoľahlivosť 95 % (Šmelko 1989)

Šmelkuv univerzální nomogram pro přesnost stanovení porostní zásoby $\Delta x\% = \pm 10\%$ a $\pm 15\%$

Kalkulace s použitím nomogramu

Kruhové plochy

Vedle početního postupu můžeme pro kalkulaci vytyčovací charakteristik kruhových zkusných ploch ~~početně~~ využít jednodušší způsob pomocí univerzálního nomogramu vypracovaného pro účely hospodářsko úpravnické praxe Šmelkem 1989 a pro požadovanou přesnost 10 % a nebo 15 %.

Příklad : pro porost, který má výměru $P = 6,00$ ha a věk 70 let je třeba vykalkulovat :
optimální plán kruhových zkusných ploch. Požadovaná přesnost zjištění zásoby je $X = \pm 15$ % při spolehlivosti 95 %.

- **předodhad taxačních veličin porostu** potřebných pro kalkulaci :

V různých částech porostu se založí 6 stanovišek (na 1 ha jedno) a na každém se na odkrované ploše 20×20 m odhadne počet stromů, zastoupení dřevin a střední tloušťka d_s . Údaje z ploch se zprůměrují.

Odvozen tak byl počet stromů $N/ha = 620$ a odhadnut stupeň rozrůzněnosti 2.

- **v nomogramu** se v tabulce typizované velikosti kruhu stanoví pro 620 stromů na 1 ha velikost kruhu 3 ary (0,03 ha) a pro 6,00 ha a stupeň rozrůzněnosti 2 se na stupnici v levém okraji nomogramu odečte odstupová vzdálenost $s = 60$ m a zároveň průměrný počet kruhů na 1 ha 2,9. Nebo-li minimální počet ploch bude $n = 2,9 \times 6 = 18$ a na stupnici vpravo se pro 3-arové typizované kruhové plochy odečte intenzita výběru 9,0 %.

Kalkulace pásových zkusných ploch.

Podle ha počtu stromů se volí proměnlivá šířka pásu v závislosti od hustoty porostu (počtu stromů na 1 ha) Viz tabulka typizovaných velikostí kruhů a šíří pásů na nomogramu.

Intenzita pásových zkusných ploch (i %) se určuje nepřímo pomocí intenzity vykalkulované pro kruhové zkusné plochy ze vztahu

$$i \% \text{ kruhů} = i \% \text{ 10 m širokých pásů}$$

Pro jednoduché a rychlé stanovení potřebných vytyčovacích údajů pásových zkusných ploch je možné opět využít nomogramů pro požadovanou přesnost stanovení zásoby $\pm 10\%$ a $\pm 15\%$ a 95 % spolehlivost.

Praktický postup pro stejný porost :

- počet stromů na 1 ha a stupeň zásobové rozrůzněnosti se určí předodhadem stejně jako u kruhových zkusných ploch
- Vlastní kalkulace se tvoří přímo v nomogramu :
Podle počtu stromů 620 na 1 ha se zvolí typizovaná šířka pásů $\bar{s} = 8$ m, příslušná velikost kruhu je pro tento případ 3 ary. Pro výměru $P = 6,00$ ha a stupeň zásobové rozrůzněnosti 2 se odečítá pro 3 arové kruhy intenzita výběru $i \% = 9$ %. Podle $i \% = 9$ % kruhových ploch se z dvojstupnice vpravo v nomogramu odečítá odstupová vzdálenost středů pásů $s = 111$ m a pro úplnost i intenzita 8 m pásu 7,2 % ($= 08 \times 9$ %).
Protože je intenzita výběru větší než 7,5 % je použití pásů ještě odůvodněné.

Kalkulace relaskopických zkusných ploch :

V případě, že požadovaná přesnost zjišťování zásob porostu je ± 10 % a nebo ± 15 % (při 95 % spolehlivosti) se mohou parametry měření odečítat z nomogramu.

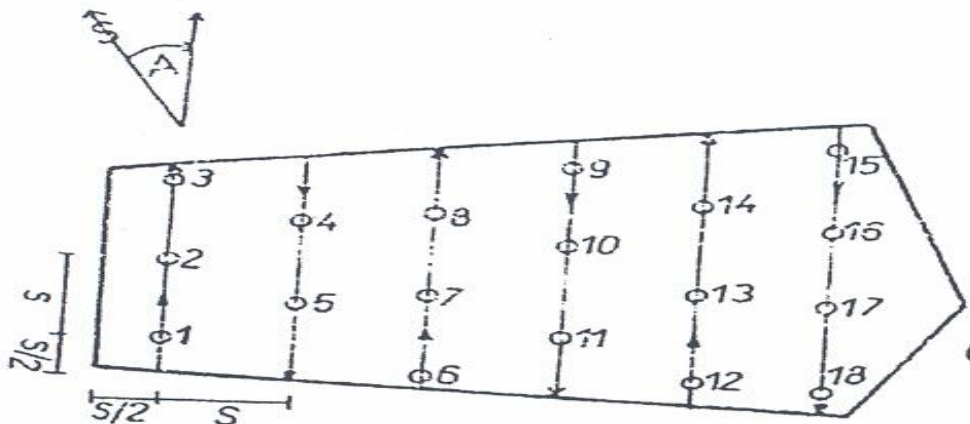
Pro uvedený příklad : průměrný počet stanovišek na 1 ha = 2,9 ; na celé ploše porostu je to pak $n = 2,9 \times 6,00 = 18$; $s = 60$ m; $i \% = 9$ %

Vytýčení a vyprůměrkování kruhových zkusných ploch v terénu

Vykalkulovaný počet zkusných ploch se po ploše porostu rozmístí objektivně podle zásad systematického výběru (buď **s použitím sítě** nebo **bez použití sítě**).

Při prvním způsobu se nejprve vyhotoví na průsvitce síť vzdálenosti středů kruhů ve čtvercové nebo obdélníkové síti a průsečky se propíchnají do mapy a potom v terénu vytýčí.

Při druhém způsobu se síť nepoužívá, v porostu se určí vhodný směr (v kratším rozměru porostu nebo po vrstevnici) ve kterém se buzolou (podle zvoleného azimutu) vytyčují taxační linie ve stanovené vzdálenosti (s) a na nich se určuje poloha kruhů tak, že prvý kruh se umístí od okraje porostu na vzdálenost ($s/2$) a další kruhy pak již na vzdálenost (s). Po dalších taxačních liniích se postupuje stejně , ale opačným směrem , přičemž prvý kruh na nové linii se umístí buď na vzdálenost rovnou doplňku do vzdálenosti (s) s předcházející linie (nebo vždy na vzdálenost ($s/2$) Vzdálenost mezi kruhy se buď měří kabelem nebo krokuje v metrech na kroky podle osobní délky kroku měřiče a sklonitosti terénu . Způsob vytyčování bez sítě je pro praxi výhodnější a častěji se používá.

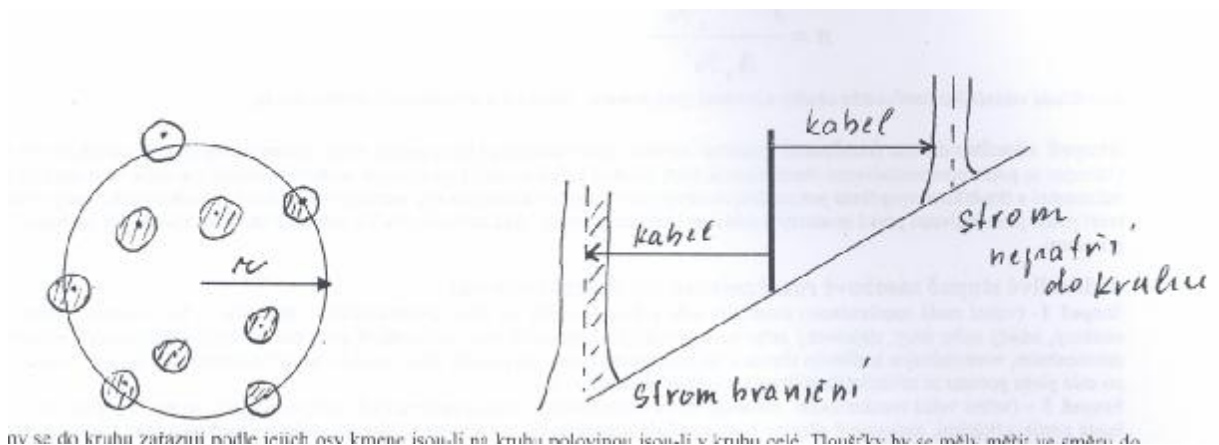


V případě, že **kruh padne na hranici porostu** je řešení dvojí .:

- posunout střed kruhu do porostu ve směru taxační linie o vzdálenost rovnou poloměru kruhu
- uplatnit princip zrcadlení podle návrhu Schmida (1969)

Prvý způsob je přípustný když porost sousedí s jiným porostem a jeho struktura při hranici se příliš neliší od struktury v měřeném porostu

Druhý způsob se musí použít v případech , že jde o hranici lesa vůči louce poli apod. nebo je sousední porost tvořen rozdílnou dřevinou a tloušťkovou strukturou. Zrcadlením se vlastně tato rozdílná hranice zohlední dvojnásobným měřením _ jednou na části kruhu vytýčeném okolo středu v porostu, a po druhé na části kruhu okolo středu posunutého mimo porost



Vlastní vytýčení kruhu se vytyčuje pásmem s přesně vyznačením poloměrem vytyčovaného kruhu, nebo opticky pomocí elektronických přístrojů např. výškoměru Vertex.

Pracuje se v 2 – 3 členných pracovních skupinách. Zapisovatel zapisuje výsledky průměrkování a vytyčuje buzolou směr taxačních linií. Měřič vytyčuje kruh a zároveň průměrkuje všechny stromy na něm. Druhý měřič průměrkuje stromy v centrální části kruhu

Stromy se do kruhu zařazují podle jejich osy kmene jsou-li na kruhu polovinou jsou-li v kruhu celé. Tloušťky by se měly měřit ve směru do středu kruhu, aby se tak docílilo střídání směru průměrkování a vyrovnávaly případné systematické odchylky ve tvaru průřezu kmene. Důležité také je přesné zaznamenání počtu vytyčovaných kruhových ploch jinak se dopouštíme hrubé chyby v zásobě při jejím přepočtu na celou výměru porostu. (při 10% intenzitě 10-krát, při 5% intenzitě výběru 20-krát.

V rovinatém nebo mírně skloněném terénu se kruhy vytyčují vodorovně. V strmém svahu se buď pásmo drží vodorovně a nejde-li to vzhledem k strmosti terénu se kruhy vytyčují rovnoběžně s terénem ale s poloměrem zvětšeným o přírážku v závislosti se sklonem terénu. (od 10° nebo 18%) Takto se ve vodorovném průmětu vytyčí vlastně elipsa s kratší osou ve směru spádu terénu jejíž plocha se přesně rovná žádané ploše kruhu.

Čas potřebný na vytýčení a zprůměrkování jedné kruhové zkusné plochy běžným způsobem v pracovní skupině 1+2 se pohybuje od 2 do 19 minut. S rostoucí ve velikosti kruhu se zvyšuje a s rostoucí intenzitou výběru klesá, protože odstupy mezi středy se zkracují a čas na jejich přechod se zkracuje. Údaje platí pro průměrné terénní podmínky. Vliv hustoty je tu eliminován tím, že kruhy se týkají konstantního počtu stromů cca 20 stromů

Pásové zkusné plochy

Dendrometrické a matematicko-statistické vlastnosti pásových zkusných ploch

Pásové zkusné plochy jsou souvislé pásy o konstantní šířce proložené v určitých vzdálenostech rovnoběžně přes celý porost.

Z toho vyplývají jejich vlastnosti.:

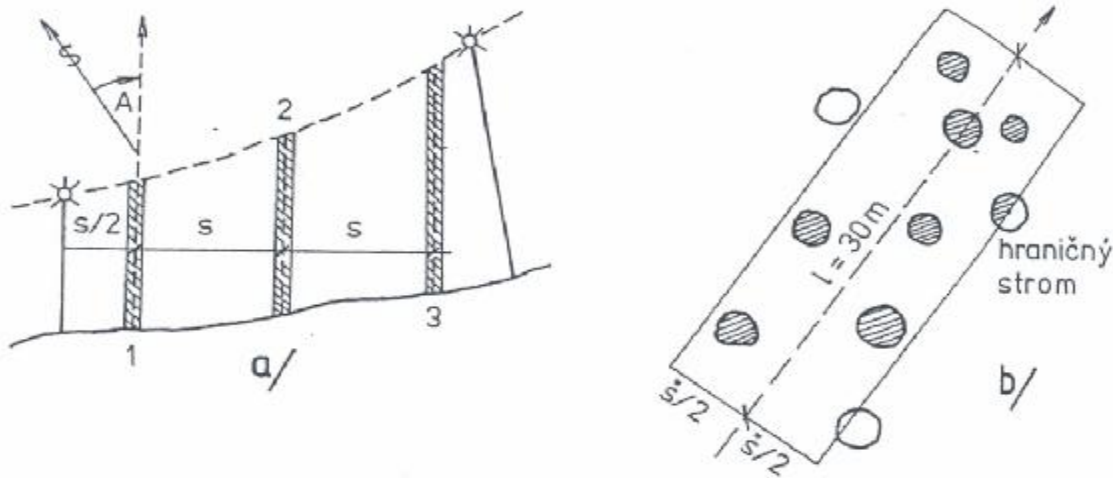
Oproti kruhovým zkusným plochám mají tyto **výhody** :

- mají optimální poměr času chůze k ploše výběrové jednotky (např. 1 ha pásů se vytyčí dříve než 1 ha kruhů), proto jsou vhodné pro lesy, ve kterých je chůze, přístupnost a orientace obtížná
- jednoduše se v terénu vytyčují

Nevýhody pásových zkusných ploch :

- počet pásů je malý
- délka pásů (a tedy i jejich plocha) není stejná, ale se pás od pásu mění podle geometrického tvaru porostu
- předcházející dvě vlastnosti způsobují těžkosti při aplikaci teorie náhodného výběru protože tím, že pásy probíhají souvisle přes celou inventarizovanou jednotku, možnosti použití optimálně rozmístěného stratifikovaného výběru (který je nejefektivnější) jsou omezené

Pásové zkusné plochy patří mezi nejstarší druhy zkusných ploch. Používaly se již v polovině 19 století a od r. 1900 se velmi rozšířily ve skandinávských státech kde se dlouho při permanentních celostátních inventarizacích lesa. Velké uplatnění získaly také při inventarizacích nepřehledných těžko přístupných tropických lesů. V posledních letech pro jejich nepříznivé matematicko statistické vlastnosti se nahrazují nejčastěji kruhovými zkusnými plochami.



Stanovení hlavních vytyčovací údajů pásových zkusných ploch

Hlavní vytyčovací údaje pásových zkusných ploch jsou : **šířka pásů (š), intenzita výběru (i%) a odstupová vzdálenost mezi pásy (s).**

V minulosti se tyto vytyčovací údaje stanovovaly víceméně subjektivně. O jednotné šíři š=10m a intenzitě i% v rozpětí 10 – 20%.

Odstupová vzdálenost středů pásů se stanovuje podle jejich šířky (š) a intenzity výběru (i%)

$$s = \frac{\check{s}}{i\%} \cdot 100$$

Matematicko-statistický rozbor metody pásových zkusných ploch provedl Šmelko (1968 a 1970) s těmito závěry.:

- a) konstantní šířka pásů např. 10 m není vhodná pro všechny typy porostů. V hustějších porostech s počtem stromů nad 500 na 1 ha se zásoba stanoví užšími 6 a 8 m pásy v podstatě

stejně přesně jako 10 m širokými, avšak pouze za předpokladu že počet 6,8 a 10 m pasů je stejný počet. Tato skutečnost se dá zdůvodnit podle analogie kruhových zkusných ploch. Zde je známé, že pro přesnost výsledku je rozhodující počet kruhů a že zvětšováním velikosti kruhů se přesnost výsledku v podstatě nemění, stoupají však zbytečně náklady. Proto také **šířku pásů je třeba přizpůsobit konkrétní hustotě porostu**

- b) Intenzita pásových zkusných ploch se nedá určit přímo na základě známého matematicko-statistického vzorce pro potřebný počet zkusných ploch (n) tak jako např. na kruhových zkusných plochách. Na základě rozličných alternativ řešení se ukázalo, že **při intenzitě nad 7,5% je přesnost určení zásoby porostu pásovými i kruhovými zkusnými plochami v podstatě stejná**. Z toho vyplývá, že pro pásové zkusné plochy je možné použít stejnou intenzitu výběru, která je potřebná pro dosažení požadované přesnosti při kruhových zkusných plochách, a to při intenzitě nad 7,5%. Intenzitu pod 7,5% je třeba pokládat za spodní hranici použitelnosti pásových zkusných ploch protože potom jsou již pásy od sebe již příliš vzdálené (nad 135 m) a nemohou dostatečně přesně podchytit změny struktury porostu.

Na základě uvedených poznatků Šmelko navrhuje :

- namísto konstantní šíře 10 m **používat proměnlivou šíři pásu v závislosti od hustoty porostu** (počtu stromů na 1 ha) takto :
 - š = 10 m v řídkých porostech s $N \cdot ha^{-1}$ do 300,
 - š = 8 m v středně hustých porostech s $N \cdot ha^{-1}$ 300 – 800,
 - š = 6 m v hustých porostech s $N \cdot ha^{-1}$ nad 800
- **intenzitu pásových zkusných ploch (i%)** určovat nepřímo pomocí intenzity vykalkulované matematicko- statisticky pro kruhové zkusné plochy ze vztahu, že při i% kruhů větší než 7,5%

$$i\% \text{ kruhů} = i\% \text{ 10 m širokých pásů}$$

- **odstupovou vzdálenost mezi pásy (s)** stanovujeme $s = \frac{\check{s}}{i\%} \cdot 100$, ale za šířku (š) dosazujeme vždy 10 m (to zabezpečí, že počet 6,8 i 10 m pásů zůstane stále stejný)

Pro jednoduché a rychlé stanovení potřebných vytyčovacíh údajů pásových zkusných ploch podle tohoto návrhu Šmelko sestrojil dříve uvedený nomogram :

- a) Kde **podkladové veličiny** – počet stromů na 1 ha a stupně zásobové rozrůzněnosti se určí předodhadem jako u kruhových zkusných plochách
- b) **Vlastní kalkulace** se vytvoří přímo v univerzálním Šmelkově **nomogramu** uvedeném dříve:
 - podle počtu stromů (N) na 1 ha se zvolí typizovaná šířka pásů (š) a příslušná velikost kruhu
 - pro výměru porostu (P) a stupeň zásobové rozrůzněnosti se pro odpovídající kruhovou plochu stanoví intenzita (i%)
 - podle této intenzity (i%) pro kruhovou plochu se z dvojí stupnice vpravo odečte odstupová vzdálenost středů pásů (s) pro danou (š) a pro úplnost i intenzita pásů (i%)
 - jeli intenzita (i%) kruhů je větší než 7,5%, použití pásů je ještě odůvodněné.
 - Stejnou odstupovou vzdálenost bychom získali i vyčíslením vzorce $s = \frac{\check{s}(10 \text{ mpásů})}{i\%(\text{ kruhů})} \cdot 100$

Vytýčení a vyprůměrkování pásových zkusných ploch

Pásy se v porostech zakládají podle zásad rovnoměrného systematického výběru ve vykalkulované odstupové vzdálenosti, a to zásadně v **směru kratšího rozměru porostu**, bez ohledu na to zda je porost na svahu nebo na rovině (aby byl počet pásů co možná co největší) V porostech kde se zásoba mění v pravidelných intervalech (v pruzích) třeba směr pásů vést kolmo

na tyto změny. Prvý pás ve zvoleném směru se založí na vzdálenost $(s/2)$, další pak na vzdálenost (s) Vzdálenosti mezi pásy se měří nebo krokují, správný směr pásu se dodržuje buzolou.

Vlastní vytýčení pásů probíhá následujícím způsobem .:

- **osa pásu** se vytyčuje a měří po úsecích vytyčovacím kabelem o délce 30 m zakotveným na obou koncích výtyčkami.
- **šířka pásu** se vytyčuje na obě strany od osy 3-4-5 metrovým kabelem upevněným očkem na hlavní vytyčovací kabel
- pracuje se **v pracovní skupině** 1 vedoucí + 3 – 4 pomocníci
- **v sklonitém terénu** je třeba délku pásů redukovat. Nejvhodnější je takový způsob, že na každém pásovém úseku se výškoměrem změří převýšení terénu v metrech na 30 m vzdálenost a z tabulky se přímo odečítá odpovídající vodorovná délka. . Takto stanovené převýšení terénu nebo přímo redukované délky se zapíše pod sebe na okraji zápisníku
- spočítáním redukovaných délek úseků se obdrží **celková délka pásů** a po vynásobení šířkou i celková výměra pásových zkusných ploch.
- **Způsob průměrkování na páse** a zápis výsledků je stejný jako u plného průměrkování.

Pracovní výkon při realizaci pásových zkusných ploch v pracovní skupině 1+4 charakterizují orientačně údaje Halaje (1960) :

Procento zkusných pásových ploch (i%)	5	10	15	20	25
Čas na vytýčení 1 ha pásů v min.	150	200	190	185	180

Relaskopické zkusné plochy

Princip a vlastnosti relaskopických zkusných ploch

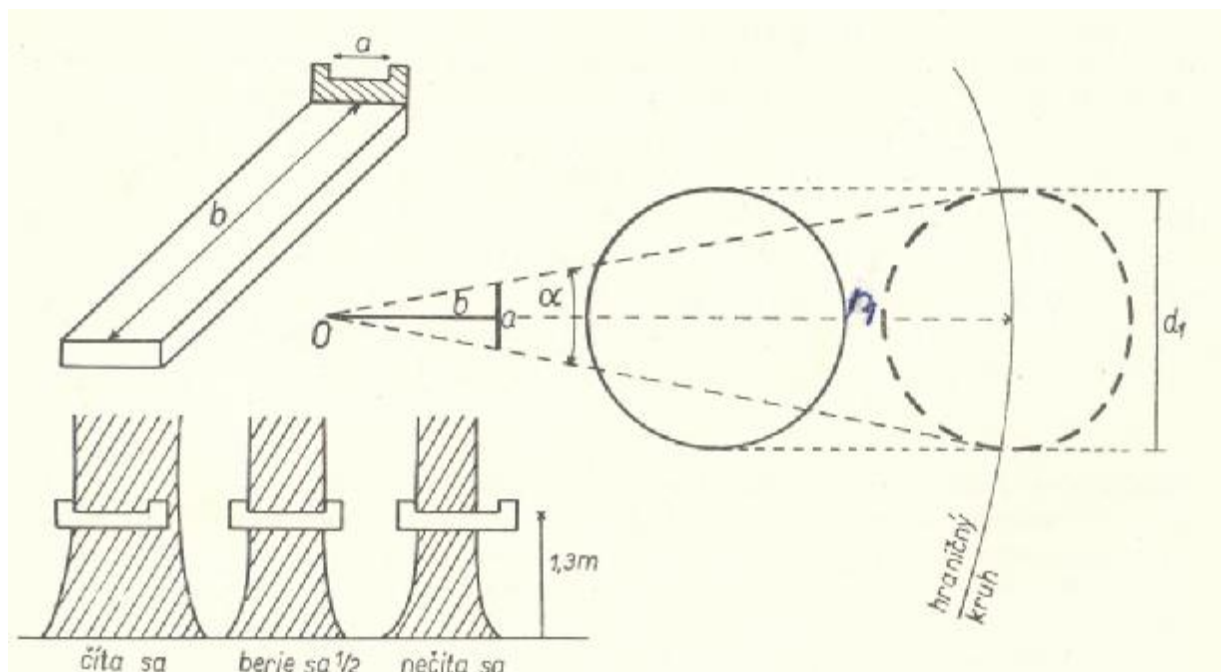
Relaskopická zkusná plocha je zvláštní druh kruhové zkusné plochy založené na úhlovém sčítání stromů, který v roce 1948 navrhl a matematicky zdůvodnil rakouský lesník W. Bitterlich pod názvem „Winkelzählprobe“.

Metoda umožňuje bez průměrkování velmi jednoduše, rychle a přitom dostatečně přesně optickou cestou stanovit kruhovou základnu na 1 ha porostu. Pojmenování „**relaskopická zkusná plocha**“ dostala od originálního přístroje - zrcadlového relaskopu, který byl vyvinut na její vytyčování. Pro svojí teoretickou zajímavost a velkou praktickou upotřebitelnost se stala **Bitterlichova metoda** velmi rychle rozšířenou na celém světě kde se široce využívá a dala též podnět ke vzniku celého řadu nových metod na podobném principu.

Princip relaskopické metody a příslušné měřicí pomůcky (záměrná hůl, optický klínek, zrcadlový relaskop)

Záměrná hůl

Je to historicky prvá a nejjednodušší relaskopická pomůcka. Byla tvořena tyčkou (dnes často řetízkem) o délce (b), na jejímž konci je připevněný plíšek nebo dřevěná destička s výřezem (a)



Poměr a : b vytváří **záměrný úhel a**. Jestliže jim z určitého místa zaměříme na všechny okolní stromy ve výšce 1,3 m, vytýčí se opticky pro každý strom pomyslný hraniční kruh (relaskopická zkusná plocha), jehož poloměr (R) se rovná C-násobku tloušťky (d) dotčeného stromu. (C je distanční koeficient)

$$- \quad R = C \cdot d = \frac{b}{a} \cdot d = \frac{1}{2 \cdot \sin \frac{a}{2}} \cdot d$$

V případě, že tloušťka (d) tohoto stromu se jeví větší než záměrná úsečka, strom leží uvnitř zkusné plochy (jeho vzdálenost od měřiče (L) je menší než (R)) a reprezentuje přímo fc-násobek kruhové základny porostu G v m² na 1 ha.

Vyplývá to ze skutečnosti, že **mezi kruhovou základnou tohoto stromu (g) a výměrou jemu příslušejícího hraničního kruhu (p) platí konstantní vztah**

$$\frac{g}{p} = \frac{\frac{p}{4} \cdot d^2}{p \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2 \cdot d^2} = \frac{\frac{p}{4} \cdot d^2}{p \cdot \frac{d^2}{4 \cdot \sin^2 \frac{a}{2}}} = \frac{1}{4 \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2} = \sin^2 \cdot \frac{a}{2}$$

a v přepočtu na 1 ha (tj. 10 000 m²)

$$g \cdot ha^{-1} = 2500 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 = 10000 \sin^2 \frac{a}{2} = fc$$

Když na měřickém stanovisku napočítáme (M) takovýchto stromů je jejich sumární kruhová základna

$$G \cdot ha^{-1} = fc \cdot M$$

Jedná se o úhlové spočítání stromů (německy **Winklzahlprobe = WZP** angl. **Angle-Count Sampling = ACS**). Symbol **C** se nazývá distanční faktor a symbol **fc** sčítací faktor („**Zahlfaktor**“, „**Basal Area Factor**“ nebo jednoduše záměrná úsečka – ZU, nebo násobný kefcient) Mezi násobným kefcientem **fc** a distančním faktorem **C** platí vzájemné vztahy

$$fc = \left(\frac{50}{C}\right)^2 \quad \text{a} \quad C = \frac{50}{\sqrt{fc}}$$

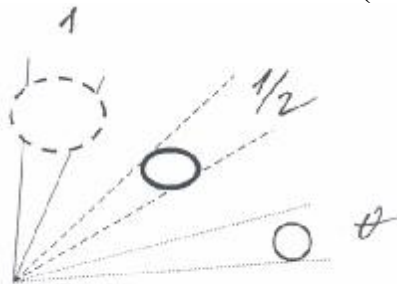
Pro různě velké distanční koeficienty C dostaneme následující hodnoty násobných koeficientů **fc** :

fc = 1/4	1/2	1	2	3	4
C = 100	70,71	50	35,35	28,87	25

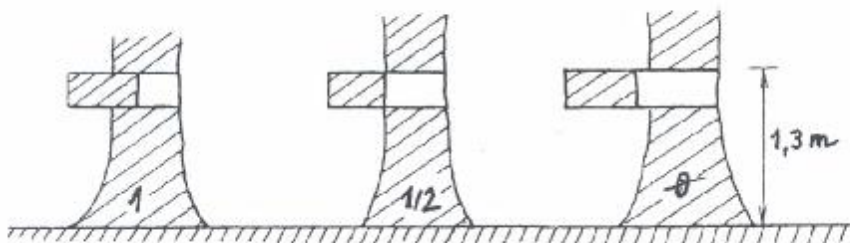
Záměrná hůl je obvykle zkonstruována pro ZU = 1

Pro orientační „relaskopování“ můžeme použít namísto ZU i **vlastní palec na ruce**. Hodnota **fc** se určí tak, že na známou vzdálenost od měřiče, např. **B = 5 m (= 500 cm)** připevníme ve výšce očí terč, přes okraj palce při natáhnuté ruce vidíme vizuru jejichž průmět na terči nám vyznačí figurant a změříme její šířku, např. **A = 15 cm**. Hodnotu ZU určíme z poměru

$$fc = 2500 \cdot \left(\frac{A}{B}\right)^2 = 2500 \cdot \left(\frac{15}{500}\right)^2 = 2,25$$



Optický relaskopický klínek



Ob. 2 26 Relaskopický klínek

Optický klín

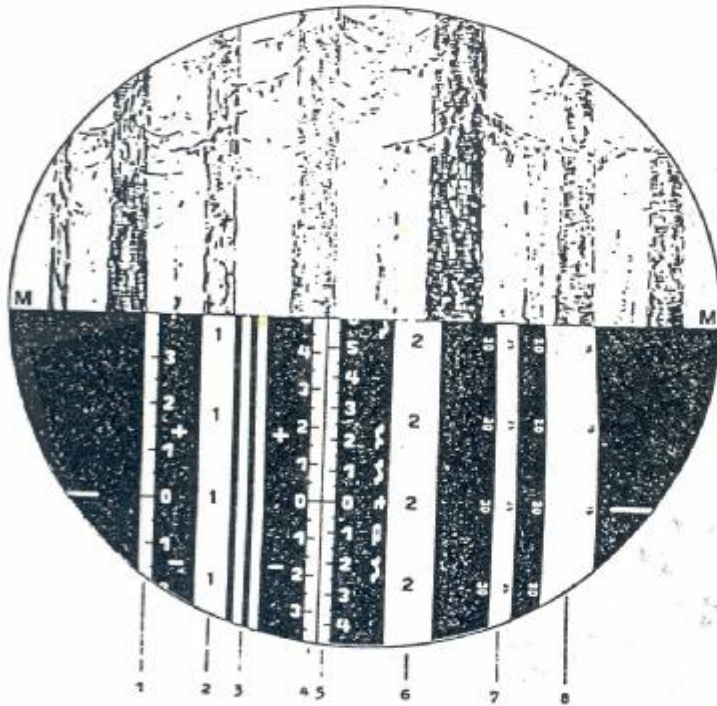
Je to nejběžnější relaskopická pomůcka. Představuje šikmo zbroušený hranůlek z organického nebo anorganického skla. Jeho konstrukce je založena na lomu světla procházejícího přes sklo, který způsobuje vychýlení obrazu pozorovaného kmene a jeho spočítání podle výše popsaného principu relaskopování. Běžně se používá optický klín se záměrnou úsečkou $ZU = 1$. Nedostatkem optického klínu stejně jako záměrné hole je šikmost záměry ve sklonitém terénu, kterou je třeba korigovat podle úhlu sklonu β násobným koeficientem (k)

$$k = \frac{1}{\cos b} = \sec b$$

Tabulka hodnot na korekci $G \cdot ha^{-1}$ stanovenou záměrnou holí a optickým klínkem

stupně	Sklon terénu β	
	%	korekční faktor (k)
5	9	1,0038
10	18	1,0154
15	27	1,0353
20	36	1,0642
25	47	1,1034
30	58	1,1547
35	70	1,2208
40	84	1,3054

Zrcadlový relaskop (Spiegel/Relaskop) se standardní škálou stupnice



Škála stupnice zrcadlového relaskopu

	fc	c	Gambr a:b
širky bílé - černé	1/4	100	1:100
2 úzké bílé pruhy	1/2	70,71	1:50√2
1	1	50	1:50
2	2	35,35	1:25√2
1 + 2 úzké bílé pruhy	4	25	1:25

? níklad hraně.
 vzd. $d_1 = 300m$
 30m
 21,21m 27
 15,00m
 10,60m
 4,51m

Škála stupnice umožňuje měřit :

- kruhové základny porostu
- měření odstupových vzdáleností od stromů
- výšky stromů
- měření sklonu terénu

Je zdokonaleným univerzálním optickým přístrojem. Při měření se drží v pravé ruce a vlastní měření se uskutečňuje přes průzor opatřený sluneční clonou. Zasklené otvory osvětlují stupnici. pohyb bubínku se stupnicí je ovládán aretačním zařízením. Závitem se dá upevnit na stativ. Uvnitř přístroje je na bubnovém kyvadle zabudovaná měřicí škála. V zorném poli přístroje je vidět tuto škálu měřících stupnic přístroje, v horní polovici zorného pole je možno pozorovat měřený objekt. Vlastní relaskopické měření se děje na horizontální záměrné hraně rozdělující zorné pole na uvedené dvě části. Škála obsahuje větší počet stupnic, které umožňují všestranné použití relaskopu.

Princip relaskopické metody

Ze středu relaskopického kruhu se zvolenou relaskopickou pomůckou zacílí na všechny okolní stromy a ty, jejichž tloušťka $d_{1,3}$ se jeví větší než použitá záměrná úsečka se spočítají. Použije-li se záměrná úsečka např. $fc = 1, 2$ a nebo 4 , každý takovýto **relaskopicky zaujatý strom** představuje 1 m^2 , 2 m^2 nebo 4 m^2 kruhové základny na 1 ha . Hraniční stromy, kterých $d_{1,3}$ se přesně kryje se šířkou záměrné úsečky, se berou jednou polovicí. **Celkový počet stromů M vynásobený faktorem záměrné úsečky fc prezentují potom přímo kruhovou základnu porostu na 1 ha na daném stanovišti** neboli :

$$G \cdot \text{ha}^{-1} = fc \cdot M$$

Jestliže se zároveň změří i tloušťky d_i všech načítaných stromů, je možné na relaskopickém kruhu určit i další stromové a porostní veličiny v přepočtu na 1 ha a též jejich rozdělení po tloušťkových stupních a to podle všeobecného vztahu :

$$Y \cdot \text{ha}^{-1} = fc \cdot \sum_{i=1}^M \frac{y_i}{g_i}$$

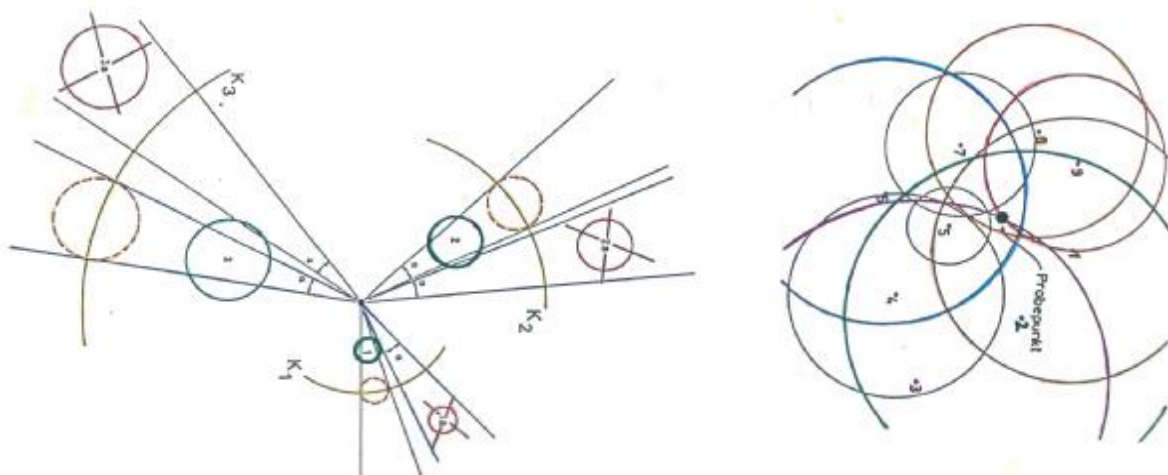
$Y \cdot \text{ha}^{-1}$ – např. počet stromů, kruhová základna, objem, biomasa, přírůstek a p. na 1 ha ,

Fc – násobný faktor záměrné úsečky

M – počet relaskopicky zaujatých stromů na stanovišti, i – jejich pořadí $1, 2, 3 \dots M$,

Y_i – příslušná veličina odměřená na i -tém počítaném stromě, např. objem, přírůstek apod. pro počet stromů $y_i = 1$

g_i – kruhová základna dotyčného stromu ($= 0,785 \cdot d_i^2$)



Zaujatost a hraničnost relaskopicky sledovaných stromů a jejich fiktivní relaskopické kruhy podle velikosti $D_{1,3}$

Charakteristickou vlastností relaskopických zkusných ploch je , že pro každý načtený strom se opticky vytvoří samostatný (ale pouze fiktivní – pomyslný) kruh se společným středem a relaskopicky se prověřuje , zda strom leží v něm nebo mimo něho. Proto se tento druh výběrového měření označuje též jako „ bodový výběr“ (point sampling). Velikost kruhu závisí od tloušťky stromu a od použité záměrné úsečky. Proto tu nemůžeme hovořit o nějaké pevně ohraničené kruhové zkusné ploše, ale pouze o maximálním, minimálním a průměrném kruhu. Minimální a maximální kruh je udáván nejmenší a největší tloušťkou stromu. Průměrný kruh se mění podle zastoupení tloušťek ostatních stromů na stanovisku . Dá se odvodit ze střední tloušťky porostu d_s podle vzorce

$$P_s = \pi \cdot (C \cdot d_s)^2$$

přitom C je distanční faktor pro záměrnou úsečku $f_c = 1 - 2 - 4$ se rovná $50 - 33,35 - 25$

Pro vlastní měření má velikost relaskopického kruhu vedlejší význam, protože metoda dává výsledky přímo na 1 ha . poznat ji je třeba pro volbu optimální záměrné úsečky a pro určení intenzity výběru

V porovnání s klasickou kruhovou zkusnou plochou se na relaskopickém kruhu zachytí celkem jiný soubor stromů (tzv. Bitterlichova B-populace) a to proto , že stromy na stanovisku se při relaskopické metodě vybírají úměrně k velikosti jejich kruhové základny g_i . Jejich počet je všeobecně menší a převládají tlustší stromy , ale variabilita $G \cdot ha^{-1}$ je na nich větší než na klasických kruzích.

Stanovení hlavních vytyčovacích údajů relaskopických zkusných ploch

Hlavní vytyčovací údaje relaskopických zkusných ploch jsou .: **záměrná úsečka (záměrný úhel) , počet, hustota měřických stanovisek a intenzita výběru**

V literatuře se všeobecně potřebný počet relaskopických stanovisek (n) udává buď hrubým pravidlem (2 – 4 na 1 ha) nebo v závislosti od výměry porostu

$$n = x \cdot \sqrt{P} \text{ , přičemž } x = 3-9$$

který se někdy doplňuje ještě zakmeněním porostu.

Záměrnou úsečku doporučují používat nejčastěji základní $c = 1$,

Takovéto stanovení rozsahu měření má své nedostatky : odvození je pouze ze zkušeností a příliš velkou váhu klade na výměru porostu, která jak je známo má při metodách zkusných ploch pouze vedlejší význam určující pro počet měření je variační koeficient zjišťované veličiny.

Bitterlichova metoda je typická výběrová metoda , proto je **třeba všechny parametre měření určovat podle zásad matematické statistiky** . Šmelko zjistil, že je k tomu třeba stejný metodický postup jako u kruhových zkusných ploch.:

- **počet měřických stanovisek** se určuje ze zásobové variability (jeli cílem zjišťování zásoba) a z požadované přesnosti a spolehlivosti výsledků
- **optimální záměrnou úsečku** volit podle struktury porostu tak, aby se na stanovisku zachytilo průměrně 15 – 25 stromů

Praktický postup kalkulace parametrů měření .:

- 1) Z taxačního vyhodnocení leteckého snímku a při popise porostu se určí podkladové údaje pro kalkulaci výběru podobně jako při kruhových zkusných plochách

- 2) Na základě střední tloušťky d_s a počtu stromů na 1 ha by se mohla určit optimální záměrná úsečka (c). Záměrná úsečka je tím větší, čím je porost tloušťkově vyspělejší a hustší. Tato možnost je vyloučena při použití nejběžnější relaskopické pomůcky relaskopického klínku.
- 3) **Další parametry měření** – počet relaskopických stanovisek (n), jejich odstupová vzdálenost (s) a intenzita výběru ($i\%$) se určí pro libovolně zvolenou přesnost výsledku ($\Delta_x\%$) podle dříve uvedených vzorců.
- 4) V případě, že požadovaná přesnost zjištění zásoby porostu je $\Delta x\% = \pm 10\%$ (při 95 % spolehlivosti) všechny parametry měření se mohou odečíst přímo z nomogramu.

Vlastní měření (relaskopování) v porostu

Postup .:

- **stanoviska relaskopických zkusných ploch** se v porostu vyhledají podle vypočítané odstupové vzdálenosti (s) podobně jako u kruhových ploch
- na takto určeném stanovisku se zvolenou (nebo pomůckou danou) záměrnou úsečkou zaměříme na všechny okolní stromy ve výšce 1,3 m nad zemí
- **všechny zaujaté stromy** jejichž tloušťka $d_{1,3}$ je větší než záměrná úsečka měřič nahlásí k zápisu podle dřevin nebo sám zapíše čárkovací metodou. Výhodné je k záznamu výsledků využít buď ruční mechanické počítadlo nebo kapesní diktafon a pracovat bez pomocníka.
- používá-li se proměnlivá záměrná úsečka je třeba výsledek počtu stromů ihned vynásobit příslušným násobným koeficientem (fc)
- abychom se vyhnuly dvojnásobnému započítání stromů nebo jejich vynechání je třeba s **měření začít od určitého markantního bodu** (nejhrubšího, nejbližšího stromu apod.)
- **částečně nebo úplně zakryté stromy** se měří odstupem měřiče (úkokem do strany) při dodržování původní vzdálenosti od stromu
- důležité je mít **označený střed zkusné plochy** odhrnutím hrabanky nebo provizorním kolíkem
- zvláště pečlivě je třeba posuzovat **hraniční stromy**, které se berou z poloviny Tyto stromy je třeba v zápisníku zapisovat zvláště nebo čárkami poloviční délky
- jestliže se na relaskopování používá **relaskopická hůl**, nebo **optický klínek** (které automaticky neredukují šířku záměrné úsečky podle sklonu terénu jako zrcadlový relaskop), je v **sklonitém terénu** třeba na každém stanovisku odměřit i sklon terénu a **počet načtených stromů** (M) pak **zvětšit koeficientem** (k) jehož hodnoty jsou v grafikonu na straně 41 (cvičení).

Výpočet kruhové základny a zásoby porostu

Kruhová základna jednotlivých dřevin se jednoduše vypočítá .:

- z načteného počtu dřevin na jednotlivých stanovištích (M_i) se vypočítá aritmetický průměr (\bar{M}) a pronásobí příslušným násobným koeficientem (fc)

$$G \cdot ha^{-1} = c \cdot \frac{M_1 + M_2 + \dots + M_n}{n} = fc \cdot \bar{M}$$

(n) je počet všech stanovisek

Kruhová základna porostu je součtem kruhových základen dřevin

Zásoba dřevin na 1 ha se určí $G \cdot ha^{-1}$ pronásobením střední výtvarnicovou výškou $H \cdot F$

$$V \cdot ha^{-1} = G \cdot ha^{-1} \cdot HF$$

Zásoba porostu je součtem zásob jednotlivých dřevin

Střední výtvarnicová výška se může stanovit více způsoby .:

- 1) Přímým měřením v porostu metodou Presslerovy úměrné výšky
- 2) Odvozením z objemu středního kmene \bar{v} převzatého z objemových tabulek pro d_s a h_s podle vztahu

$$HF = \frac{\bar{v}}{g_s}$$

kde

g_s – kruhová základna odpovídající tloušťce středního kmene

h_s – střední výška změřením 10 – 20 výšek na stěnách kmenech o tloušťce d_s

d_s – střední tloušťka se určí odhadem nebo náhodným změřením (100 – 300 stromů v porostu)

- 3) pomocí RT na základě věku, bonity (střední výšky)

Odvození relaskopické metody

Pro jednu výčetní tloušťku d_1 se vytvoří imaginární **relaskopický kruh o poloměru r_1**

$$r_1 = \frac{b}{a} \cdot d_1 \quad ; \quad \frac{r_1}{b} = \frac{d_1}{a}$$

Kruhová základna stromu o výčetní tloušťce d_1 je g_1 a takovýchto stromů o této tloušťce d_1 může být v porostu m_1

$$g_1 = m_1 \cdot \frac{p}{4} \cdot d_1^2$$

Plocha tohoto **relaskopického kruhu** pro strom o dané tloušťce d_1 je p_1

$$p_1 = p \cdot r_1^2 = p \cdot \left(\frac{b}{a} \right)^2 \cdot d_1^2$$

z poměru $g_1 : p_1$ je dále možno odvodit kruhovou výčetní základnu stromu o tloušťce d_1 na 1 ha to je na 10 000 m² porostu G_1/ha podle úměry :

$$\frac{G_{1ha}}{10000} = \frac{g_1}{p_1} = \frac{m_1 \cdot \frac{p}{4} \cdot d_1^2}{p \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2 \cdot d_1^2} = \frac{m_1}{4 \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2}$$

$$G_{1ha} = 10000 \cdot \frac{m_1}{4 \cdot \left(\frac{b}{a}\right)^2} = 2500 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 \cdot m_1 = f_c \cdot m_1$$

Totéž platí i pro ostatní výčetní tloušťky d_2, d_3, \dots, d_n a sumarizací pak dostaneme výčetní kruhovou základnu všech tlouštěk v porostu na ploše 1 ha

$$G_{ha} = 2500 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2 \cdot M = f_c \cdot M$$

kde f_c koeficient = násobný koeficient a $M = \sum_{i=1}^n m_i$ je počet všech zaujatých stromů

v porostu

V praxi se však vyskytuje určité množství stromů m_i' jejichž výčetní tloušťka se jeví rovna záměrné úsečce. Takových kmenů bývá okolo 10% a potom platí, že

$$M = \sum_{i=1}^n m_i + \sum_{i=1}^n \frac{m_i'}{2}$$

Distanční (c) a násobný koeficient (f_c)

Kromě násobného koeficientu $f_c = 2500 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^2$ je významnou charakteristikou při praktické

aplikaci metody i tzv. **distanční koeficient** $c = \frac{b}{\sin a}$ kde a je záměrný úhel relaskopické pomůcky .

distanční a násobný koeficient jsou v přímé závislosti , kterou lze vyjádřit vztahem

$$c = \frac{50}{\sqrt{f_c}} \quad f_c = \left(\frac{50}{c}\right)^2 \quad \text{pro} \quad \frac{a}{b} = \frac{1}{c}$$

V praxi pak bývají v závislosti na charakteru porostu používány následující hodnoty násobného koeficientu a odpovídající hodnoty distančního koeficientu

f_c	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
c	25,00	35,36	50,00	70,72	100,00

$\frac{a}{b}$	1:25,00	1:35,36	1:50,00	1:70,72	1:100,00
---------------	---------	---------	---------	---------	----------

Kruhová základna jednotlivých dřevin v porostu

$$G_{ha} = f_c \cdot \frac{M_1 + M_2 + \dots + M_n}{n} = f_c \cdot \bar{M}$$

Zásoba dřeviny v porostu se určí z G_{ha} pronásobením výtvarnicovou výškou HF.

$$V_{ha} = G_{ha} \cdot HF$$

Střední výtvarnicová výška v porostu se stanoví .:

- přímým měřením v porostu
- pomocí růstových tabulek
- pomocí tabulek výtvarnicových výšek
- nebo odvozením z objemu středního kmene (stanoveného pro střední porostní tloušťku a střední porostní výšku z objemových tabulek)

LZ/LHC/	Chlum u Tř.	Polesí	Nová Huť	Označ. porostu	606a,	Věk	79	str.	15
---------	-------------	--------	----------	----------------	-------	-----	----	------	----

Výměra porostu		7,48	Stupeň hmotové rozrůzněnosti	1/2	
Počet a velikost skupin	5 skupin à 4a	0,32	Odstupová vzdálenost stanovisek(s)	60	
	1 sk. à 10a		Počet stanovisek	n	21
Výměra homogenizovaného porostu		7,16	Použitá pomůcka	OK	
			f _c	1,00000	
			Sklon terénu ve stupních	γ°	5-8°

Číslo stanov.	Počet zaujatých B-kmenů = 6/ha						Celkem	Výška v m/ tloušťka v cm						
	Dřevina							Dřevina						
	sm	bo	bř					sm	d	b	bo	d	b	br
1	38	5	1				44	27	26	25	36			
2	21,5	10	1-5				33	29	29	28	42	22,5	23	
3	36,5	14,5					51	29,5	30	26	36			
4	18	16,5					34,5	31	28	27	36			
5	22,5	14	1				37,5	29	24	29	39			
6	39,5	8	1				48,5	28	24	26	34			
7	45						45	29,5	30					
8	28,5	1,5	1				31	29,5	30					
9	53,5						53,5	26	24					
10	45	4					49	28	28	27	35			
11	25	5,5					30,5	29	30					
12	36,5	7,5					44	26	25	28	43			
13	30,5	2	3				35,5	27	27	28	36	24	26	
14	50	2	5				57	26	23			26	28	
15	19,5	10,5	5-5				35,5	27	25	27	40	28	32	
16	33	12	6-5				51,5	27	28	30	41	25	26	
17	41	1					42	29	29					
18	17	19					36	30,5	30	27	38			
19	35,5	4,5					40	28	27					
20	35	3	1,5				39,5	27	26					
21	29,5	15,5					45	26	26	27	39			
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														
33														
34														

VZOR
 vyplnění zápisníků pro zjišťování
 porostních zásob relaskopickou
 metodou

Σ G _i	700,5	156,0	27,0			883,50	589,0		355,0	125,5				
Σ G _i Σ G _i Σ G _i +ΔG	33,35	7,42	1,28			42,05	28,1	(2)	27,3	(1)	25,1	(1)		
Σ G _i +ΔG								569,0		495,0	135,0			
G ₀ /ha	33,35	7,42	1,28			42,05		27,1		38,1	27,0			
A.F	13,45	11,86	10,88											
V ₀ /ha	44,9	88	13			550,00								
V ₀	3215	630	93			39,38	0	0,97	Jméno měřiče	Köhlerová				
									Datum	15.5.1999				

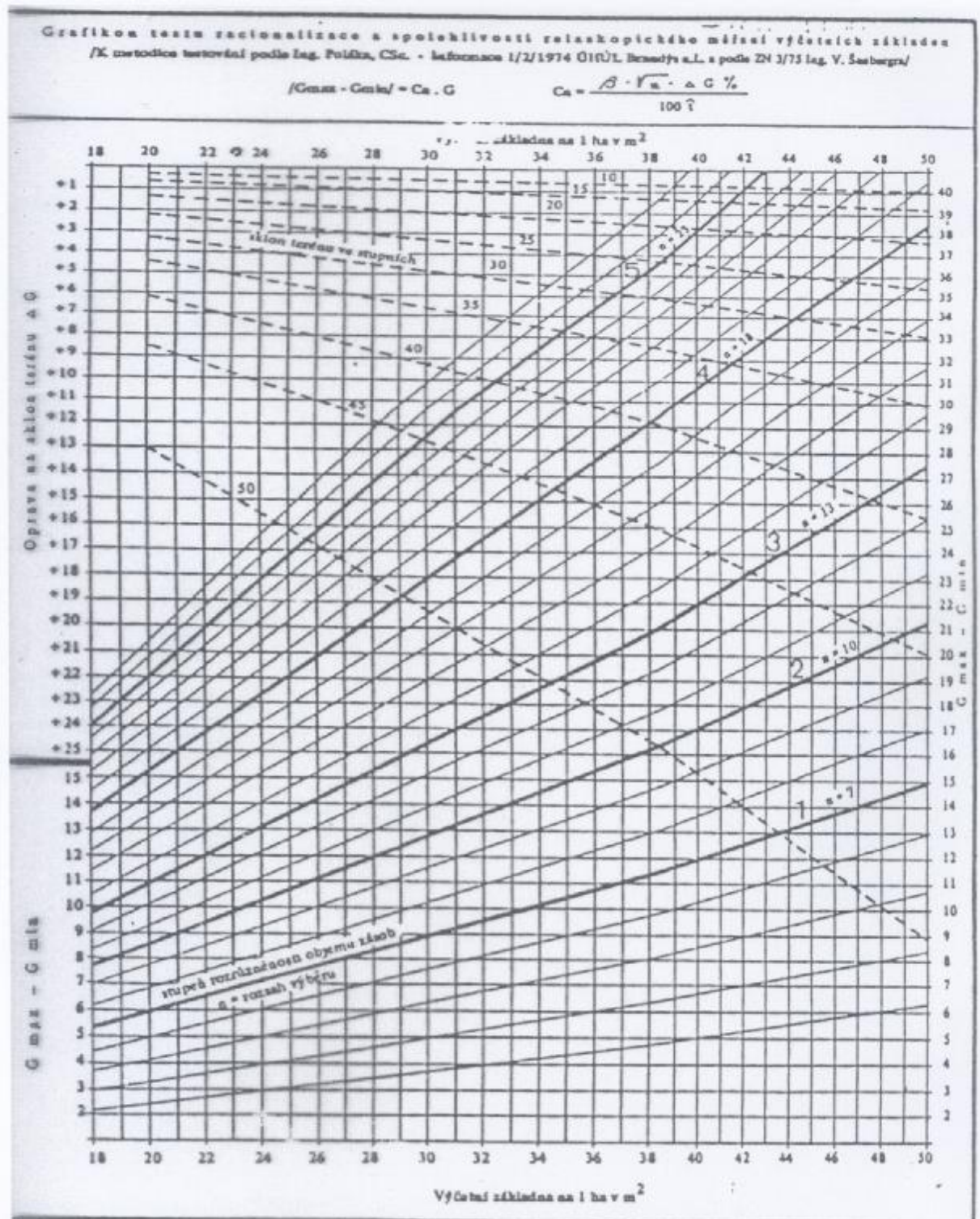
Příklad stanovení porostní zásoby relaskopickou metodou

Komentář k výpočtu zásoby porostu pomocí metody relaskopických zkusných ploch

(K předchozímu příkladu zpracování výsledků relaskopického měření v porostu)

Ve smíšeném porostu 606 a₁ ve stáří 79 let byl stanoven pro daný stupeň rozrůzněnosti minimální počet stanovisek 21 a odstupová vzdálenost středů jednotlivých relaskopických ploch 60 m a zároveň byla změřena průměrná sklonitost terénu 20°. Použitý relaskopický klínek má násobný koeficient $f_c = 1,06$.

- Při venkovním měření byly na 21 relaskopických stanoviskách zjištěny relaskopickou metodou podle dřevin **zaujaté stromy** a na každém stanovisku byla dále v terénu na každém stanovisku **pro každou zaujatou dřevinu nalezena a změřena odhadnutá střední tloušťka a výška stromu.**
- Ze změřených středních tlouštěk a výšek byly pro jednotlivé dřeviny **spočítány aritmetické průměry** a z taxačních tabulek pro daný věk a střední výšku **bonitní stupeň (AVB)**
- **Pro každou dřevinu** byla stanovena **průměrná výčetní kruhová základna** jako průměr měření **a to vždy u každé dřeviny ze všech v našem případě 21 stanovisek**
- Takto stanovenou průměrnou **hodnotu výčetní kruhové základny dřeviny** je třeba **korigovat (pronásobit) podle optické chyby použitého relaskopického klínku $f_c = 1,06$** (v případě, že tento pro daný klínek přesahuje hodnotu $\pm 0,05$ od 1)
- **Dále je nutno provést korekci na sklon terénu**, protože tento v našem případě přesahuje hodnotu 10°. Výše korekce se zjistí v grafu pro součet průměrných výčetních kruhových základen po předchozí úpravě a změřeného sklonu terénu. (Viz následný grafikon) **Nalezená hodnota ΔG_i se rozpočítá na jednotlivé dřeviny podle podílu jejich dílčích výčetních základen**
- Pro **stanovení skutečné hektarové zásoby dřeviny** našeho porostu se **konečná hodnota výčetní kruhové základny dřeviny** (po provedených úpravách) **vynásobí výtvarnicovou výškou (H.F)** nalezenou **buď z tabulek výtvarnic pro danou dřevinu a její výšku, nebo z objemových tabulek kde pro střední tloušťku a výšku a nalezený objem vydělíme výčetní kruhovou základnou .**
- **Zásobu skutečnou s kůrou na celé ploše porostu podle dřevina a celkovou** stanovíme **pronásobením skutečné hektarové zásoby podle dřevin plochou porostu a odkorníme (m³ hroubí bez kůry)**
- Konečně bylo pro daný porost **vypočteno zakmenění porovnáním skutečných zásob na 1 ha a tabulkových zásob a následně z dílčích zakmenění dřevin a celkové jeho hodnoty pro porost i zastoupení dřevin**
- U relaskopické metody lze **zpětně v grafikonu spolehlivosti** (Viz následná strana) **dodatečně stanovit jaký je ve skutečnosti stupeň rozrůzněnosti porostu a byl-li zvolený počet relaskopických ploch dostatečný.** Vstupní data jsou **střední výčetní kruhová základna porostu na 1 ha a variační rozpětí výčetních kruhových základen z provedeného měření (G_{max} – G_{min}).** V případě vyššího počtu než byl proveden bylo měření předimenzováno a v případě nižšího je nutno potřebný počet měření doměřit dodatečně.



Grafikon pro opravu relaskopicky stanovené výčetní základnu podle sklonu terénu a zároveň testu spolehlivosti relaskopického měření

Metody nepřímého měření porostní zásoby

- Metoda kvalifikovaného odhadu pomocí Taxačních tabulek
- Metoda odhadních vzorců
-

Metoda kvalifikovaného odhadu pomocí Taxačních tabulek (1990)

Při této metodě se odhadem zjistí střední taxační charakteristiky porostní skupiny :

- věk
- střední výčetní tloušťka
- střední výška
- zakmenění
- zastoupení

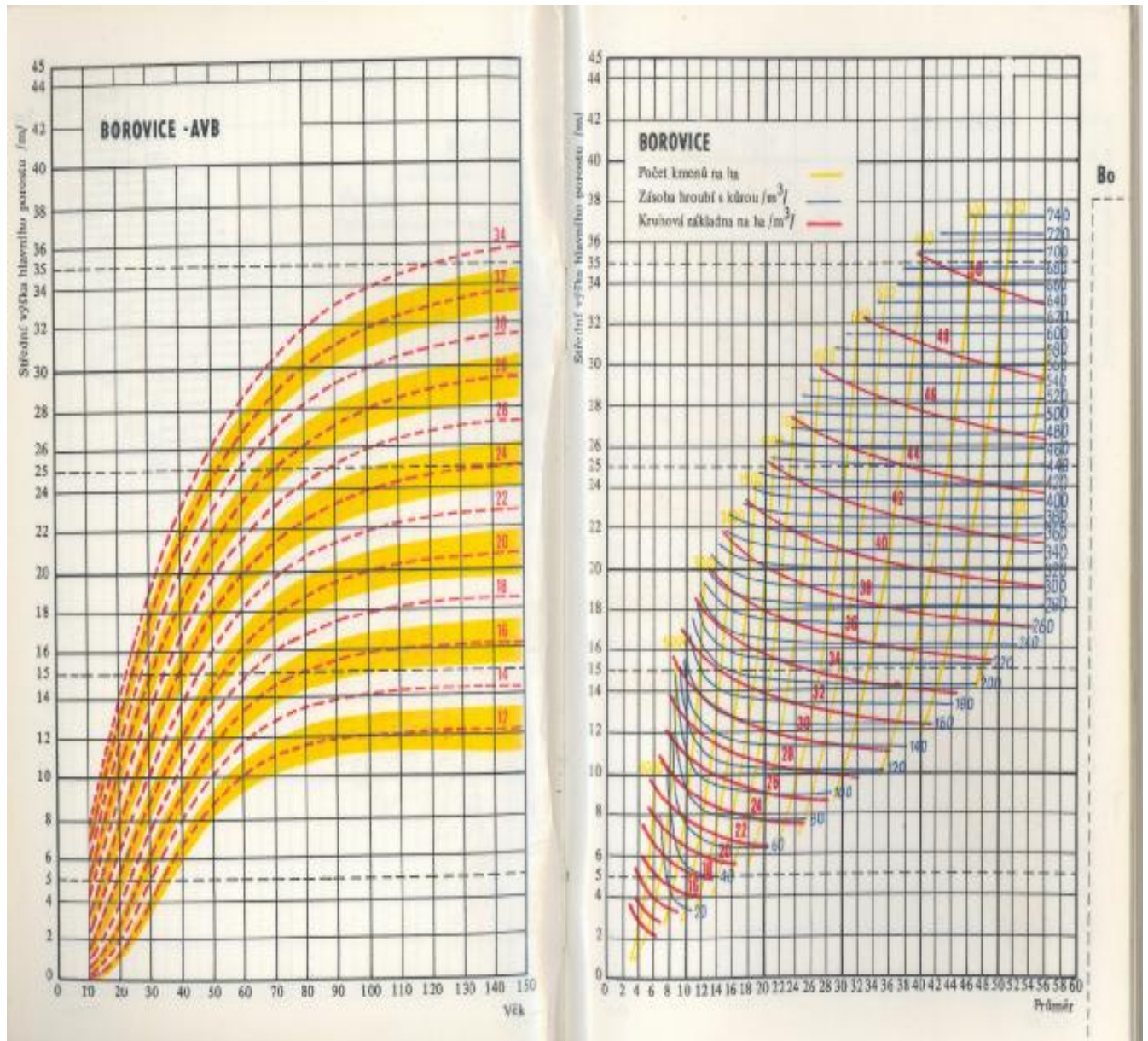
Přitom objem a bonita se odvodí podle **taxačních** (popřípadě **růstových**) tabulek Tyto tabulky jsou zpracovány z vyhodnocení databáze **stejnověkých porostů**, které u nás převažují.

Používají se :

- **ke stanovení objemu zejména předmýtních porostů** (II. a III. věkové třídy lesa hospodářského a lesa zvláštního určení)
- **pro odvození tabulkových objemů pro výpočet redukováných ploch**
- **pro odvození bonit**
- **pro kontrolu výsledků v porostních skupinách s měřenými zásobami**

Taxační tabulky

jsou grafické přehledy vyjadřující řadu taxačních veličin (**objem v m³ hroubí s kůrou, výčetní kruhová plocha v m² a hektarový počet stromů**) pro porosty **stejnorodé** (monokultury), **plně zakmeněné na ploše 1 ha. Tabulkové hodnoty se vyhledávají pro jednotlivé dřeviny na průsečíku střední výčetní tloušťky a střední výšky.** Pro dřeviny neuvedené v tabulkách se používá záměna , která je uvedena na poslední straně tabulek k dřevinám v tabulkách uvedených.



Součástí tabulek jsou i **grafikony**, k odvození **absolutních a relativních výškových bonit na základě věku a střední výšky**.

Bonita z Taxačních tabulek pro danou dřevinu se stanoví na základě střední porostní výšky a věku porostu v bonitním vějíři tabulek

Zásoba porostu (nebo výčetní kruhová základna) z Taxačních tabulek : **Pomocí střední porostní tloušťky a střední porostní výšky** se stanoví **tabulková hektarová zásoba** pro danou dřevinu (nebo kruhová základna) a ta se redukuje odhadnutým porostním zakmeněním případně zastoupením (smíšený porost) a výsledek se pronásobí plochou porostu.

Růstové tabulky

Jsou grafické i číselné přehledy , vyjadřující v časové závislosti celou řadu taxačních veličin, a to pro porosty stejnověké, stejnorodé, plně zakmeněné na ploše 1 ha. Tabulkové údaje vychází z předpokladu určité porostní výchovy. **Všechny údaje** jsou pro jednotlivé dřeviny v tabulkách uspořádány **jako funkce věku a střední výšky**. Objem je uveden v m³ hroubí s kůrou, výčetní kruhová základna v m².

Donedávna (1989) byly používány (RT Schwappacha) , sestavené z výsledků prací různých autorů (Schwappach, Eichhorn, Schober, Wimmenauer). Uvedené německé růstové tabulky pro nejdůležitější naše hospodářské dřeviny byly sestaveny na podkladě údajů získaných z výzkumných ploch mimo území našeho státu. Nemohly proto vždy odpovídat našim růstovým a hospodářským poměrům.

Z těchto důvodů byly v roce 1964 zahájeny práce na tvorbě československých růstových tabulek pro hlavní hospodářské dřeviny (smrk, jedli, borovice, buk a dub). Výsledky byly publikovány v roce 1979 a nově v II. vydání v roce 1987 jako **Růstové tabulky hlavních dřevin ČSSR (RTČSSR Halaj,Řehák)**. Podklady pro tyto tabulky byly získány z rozdílných růstových poměrů České republiky a Slovenska. V rámci samotné České republiky jsou na podobných nebo stejných souborech lesních typů v různých přírodních lesních oblastech citelné rozdíly v produkci. V celém Československu pak odchylky od průměrných hodnot dosahovaly v těchto tabulkách cca ± 25%. Vysoko tak překračovaly hranici požadovanou přesnost porostních veličin ± 15 % určených růstovými tabulkami. S ohledem na tento velký rozptyl tzv. zásobové úrovně se tabulky (RT ČSSR) řešily jako třístupňové se zásobovou úrovní horní, střední a spodní. Míra zásobové úrovně se komplikovaně určovala podle výčetní kruhové základny na hektar a střední tloušťky což stěžovalo použití těchto tabulek.

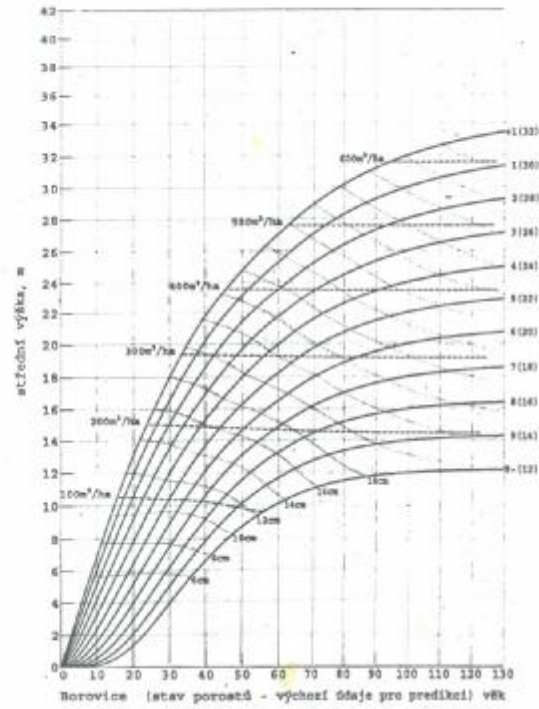
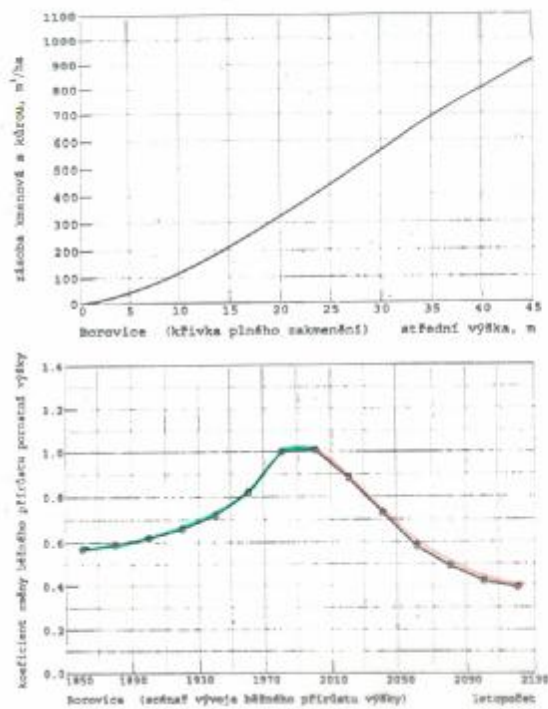
Od roku 1990 byly pro určování tabulkových hodnot zavedeny **Taxační tabulky (ÚHÚL Brandýs)**.

V roce 1996 byly jako příloha k Vyhlášce Mze č. 84/1996SB.- o lesním hospodářském plánování publikovány

Růstové a taxační tabulky hlavních dřevin České republiky (IFER – Čemý, Pařez, Malík).

Tyto tabulky byly vytvořeny pomocí tzv. obecného růstového modelu, který je schopen popsat vývoj jakéhokoliv nesmíšeného porostu vychovávaného podle libovolného probírkového režimu a zároveň bere v úvahu očekávané změny růstu. . Tabulky jsou uspořádány do dvou samostatných tabulárních přehledů.

BOROVICE (Pinus silvestris L.)



Výškový růstový trend pro dřevinu borovici v RT ČR 1996. Zelená část grafu výzkumem prokázáný vývoj, červená část je predikovaný budoucí vývoj

Kromě **úplných růstových tabulek** je zpracována také **zkrácená forma**, zpřehledňující vždy v jedné tabulce údaje pro celou bonitu. Úplné růstové tabulky pak obsahují kompletní přehled základních porostních veličin, včetně údajů běžného přírůstu a celkové produkce. Obsahují dále také predikci (předpoklad) výškového růstu.

věk	horní výška m	hlavní porost					zásoba s kůrou		
		sřední výška m	sřední tloušťka cm	počet stromů l/ha	výčetní základna m ² /ha	hroubí m ³ /ha	kmen. m ³ /ha	strom. m ³ /ha	

20	7.6	6.2	6.7	3451	12.0	0	45	48
25	9.9	8.4	9.1	2833	18.5	69	86	92
30	12.2	10.4	11.4	2324	23.7	116	129	138
35	14.4	12.3	13.5	1953	28.0	164	175	187
40	16.4	14.1	15.5	1672	31.5	212	222	235

Růstové tabulky hlavních dřevin České republiky

podružný porost						sružený porost					
počet stromů l/ha	výčetní zákl. m ² /ha	objem s kůrou			sřední výška m	sřední tloušťka cm	počet stromů l/ha	výčetní základna m ² /ha	zásoba s kůrou		
		hroubí m ³ /ha	kmen. m ³ /ha	strom. m ³ /ha					hroubí m ³ /ha	kmen. m ³ /ha	strom. m ³ /ha

Smrk bonita: 5(26)

618	1.8	3	7	8	8.2	8.7	3451	20.4	72	93	100
509	2.4	8	11	12	10.1	10.8	2833	26.1	124	141	150
371	2.5	11	13	14	12.0	12.9	2324	30.5	175	188	201
281	2.5	13	15	16	13.8	14.9	1953	34.0	225	237	251

běžný přírůst (objem s kůrou)			celková produkce (objem s kůrou)		
hroubí m ³ /ha/rok	kmen. m ³ /ha/rok	strom. m ³ /ha/rok	hroubí m ³ /ha	kmen. m ³ /ha	strom. m ³ /ha

			(8)	(45)	(48)
	10	10	72	93	100
11	11	12	127	148	158
12	12	13	186	207	221
12	12	13	247	268	286

Ukázka úplné verze RT ČR 1996 pro dřevinu smrk

Růstové tabulky hlavních dřevin České republiky (zkrácená forma tabulek)

Ukázka zkrácené verze RT Ř 1996 pro dřevinu smrk

Okulární odhad porostní zásoby

Slouží pouze k hrubé kontrole výsledků měření a nikoli pro lesní hospodářské plánování. Přesnost odhadu záleží na zkušenostech pracovníků a na jejich schopnostech. Pro ulehčení okulárního odhadu je možné použít odhadní vzorce, které udávají objem s kůrou $v \text{ m}^3$ na 1 ha :

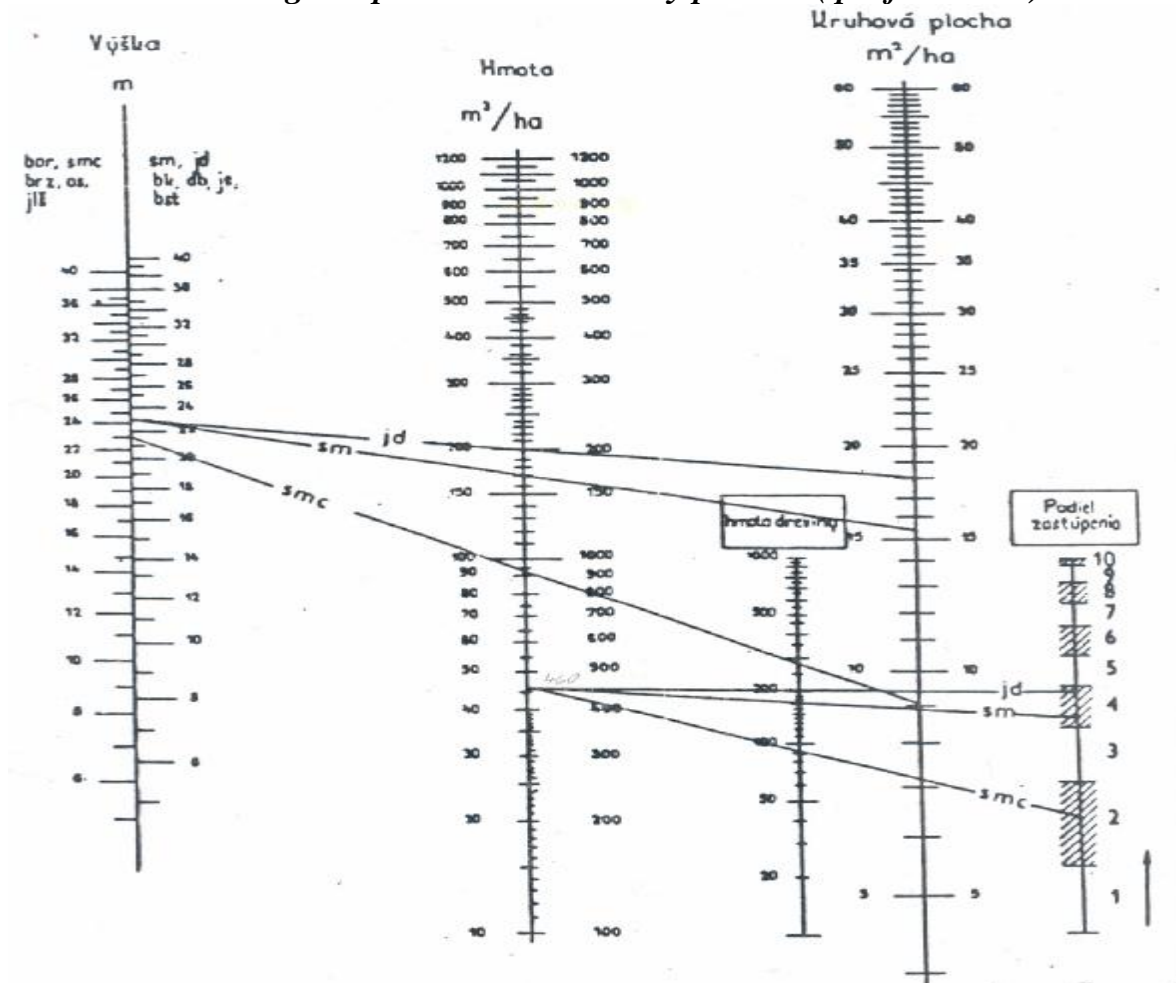
Odhadní vzorce z taxačního průvodce :

$$SM: V = 25 * (\bar{h} - 5) * r * z \quad DB: V = 25 * (\bar{h} - 8) * r * z$$

$$BO: V = 23 * (\bar{h} - 6) * r * z \quad BK: V = 20 * (\bar{h} - 7) * r * z$$

\bar{h} - odhadnutá střední porostní výška pro danou dřevinu, p - odhadnuté zakmenění, z - odhadnuté zastoupení (v případě smíšeného porostu)

Nomogram pro stanovení zásoby porostu (prof. Anučin)



Příklad stanovení zásoby porostu pomocí Anučinova nomogramu:

V porostu byly změřeny tyto veličiny pro jednotlivé dřeviny

JD $h = 23 \text{ m}$; $G = 18 \text{ m}^2$; **SM** $h = 23 \text{ m}$; $G = 15,5 \text{ m}^2$; **MD** $h = 23 \text{ m}$; $G = 9,0 \text{ m}^2$;

Zásoba jednotlivých dřevin na 1 ha se odečte na střední stupnici a příslušné spojnici

JD 200 m^3 ; **SM** 170 m^3 ; a **MD** 90 m^3 ; Celkem 460 m^3 ;

*Podíly zastoupení dřevin jsou na spojnici celkové zásoby porostu a zásoby jednotlivých dřevin na 1 ha : **JD** 40; **SM** 40; a **MD** 20*

Růst a přírůst stromů a porostů

Růst stromů a porostů – obecné zákonitosti

Určování dendrometrických veličin stromů a porostů se nemusí dít pouze k určitému časovému okamžiku neboli zjišťováním jejich stavu, ale velmi důležité jsou i **změny (přírůstek) těchto veličin v průběhu času**. Tyto změny vznikají v důsledku přirozeného **růstového procesu**. V dendrometrii se zabýváme hlavně **přírůstem výšky, tloušťky, výtvarnice a objemu jednotlivých stromů a celých porostů**

Růst stromu a porostu je **zvětšování velikosti živého systému**, který vzniká jeho **asimilační činností**. Veličiny, jsou schopné růstu se nazývají **veličinami růstovými**.

Růst je funkcí času (t) a prostředí.

Tyto faktory prostředí jsou natolik početné a proměnlivé (CO₂, voda, teplota, živiny, pH), že se obtížně dá kvantifikovat jejich vliv na proces růstu. Z těchto důvodů se předpokládají konstantní podmínky prostředí a **růst se vyjadřuje pouze v závislosti na času** $y = f(t)$

Závislost **růstové veličiny y** na času (**věku**) **t** se nazývá **růstovou funkcí** a jejím grafickým vyjádřením je **růstová křivka**, která má typický průběh.

Základní vlastnosti růstové křivky jsou :

- **monotónní zvětšování**
- **asymptotický průběh** na začátku a na konci křivky (pro $t = 0$ je $y = 0$ a pro $t = t_{\max}$ je $y = y_{\max}$)
- **tvár připomínající protáhlé písmeno velké S** (proto někdy název S-křivka)
- nejméně **jeden bod obratu** (inflexní bod, bod zvratu), změna křivosti z vypuklého (konvexního) tvaru křivky vůči ose x (času) na tvar vydutý (konkávní).

Uvedený průběh platí všeobecně pro **všechny dendrometrické veličiny s výjimkou počtu stromů** (kde s věkem hyperbolicky klesá) a **výtvarnici stromu a porostu** (může v některých úsecích růstu stoupat i klesat v závislosti od vzájemného poměru výšky a tloušťky stromu).

K matematickému vyjádření této zákonitosti byla vyvinuta řada růstových funkcí.

Na příklad u nás často používaná tří parametrická růstová funkce Korfova (1939) :

$$y = A.e^{\frac{k}{(1-n).t^{n-1}}}$$

Druhy přírůstů a jejich vlastností

Přírůst je zvětšování příslušné růstové veličiny v za určitou dobu. Označujeme jej všeobecným symbolem i_y (z anglického „increment“). Může se vyjádřit různými způsoby a to jako :

- **rychlost růstu**
- **běžný přírůst**
- **průměrný přírůst**
- **relativní přírůst (přírůstové procento)**

Rychlost růstu

Je to **okamžitý přírůst růstové veličiny** y ve věku t_1 za velmi krátké časové období

(diferenciál) Δt , který je definovaný jako **prvá derivace růstové funkce** $y' = \frac{dy}{dt} = f'(t)$

Příklad : první derivace Korfovy růstové funkce $y = A \cdot e^{\frac{k}{(1-n) \cdot t^{n-1}}} \cdot \frac{k}{t^n}$

Stanovení této veličiny (běžného přírůstu) za tak velmi krátkou dobu přímým měřením je prakticky nemožné proto se nahrazuje běžným přírůstem ročním.

Běžný přírůst

Je definován jako rozdíl (diference) hodnoty růstové veličiny y v různých časech (věku t_1 a t_2). Podle velikosti časového intervalu rozeznáváme :

- **Běžný přírůst roční.** Je veličinou, která přirostla za 1 rok (rozdíl hodnoty veličiny dnešní a před rokem)

$$BP_{ro\check{c}} = y_t - y_{t-1}$$

- **Běžný přírůst periodický.** Je veličinou, která narostla za určitou časovou periodu, nejčastěji za 5 nebo 10 let, všeobecně za n roků . Je rozdílem hodnoty růstové veličiny dnešní a před n roky.

$$BP_{per.} = y_t - y_{t-n}$$

- **Běžný přírůst věkový (úhrnný).**

Je veličinou, která narostla za celé období růstu. Je to rozdíl hodnoty růstové veličiny dnešní a počáteční (nulové), rovná se velikosti růstové veličiny ve věku t .

$$BP_t = y_t - 0 = y_t$$

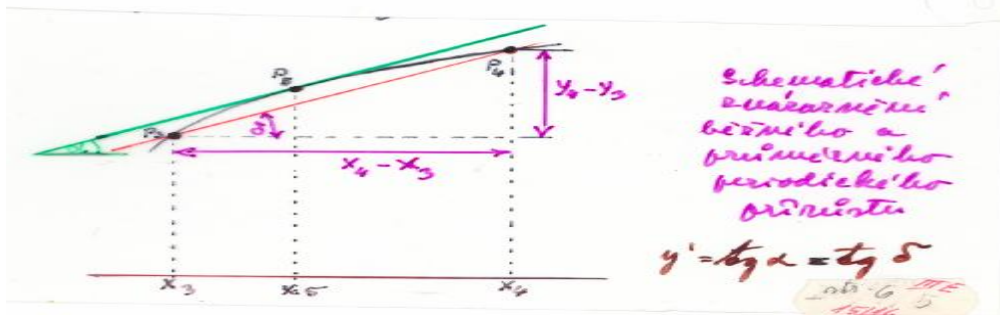
Průměrný přírůst

Je definován jako podíl hodnoty růstové veličiny a počtu roků, za které se růstová veličina vytvořila. Podle tohoto období hovoříme o :

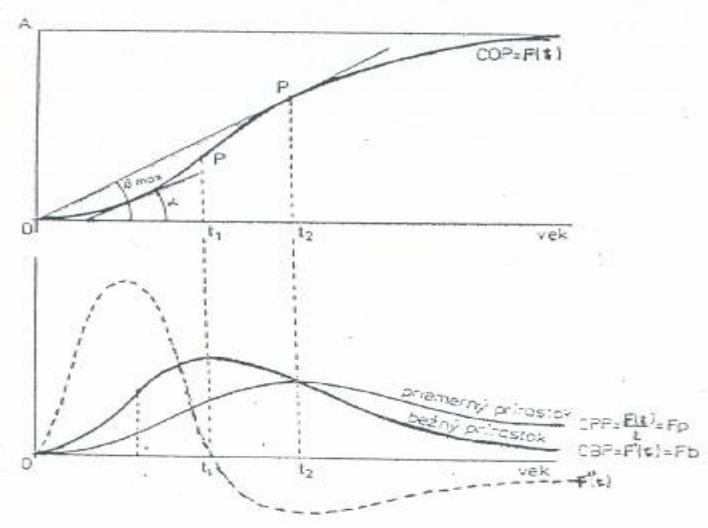
- **Průměrném přírůstu periodickém.** Je to přírůst připadající průměrně na jeden rok daného časového období. Získá se tak, že se běžný přírůst periodický (BP_{per}) vydělí počtem roku periody n :

$$PP = \frac{y_t - y_{t-n}}{n}$$

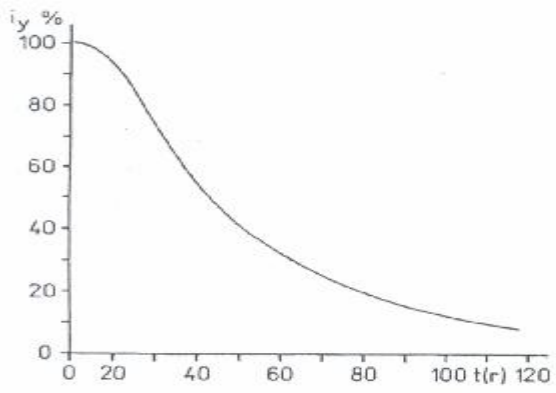
V případě krátké periody (5 – 10 roků), považuje se tento přírůstek rovný běžnému ročnímu přírůstku a proto se jim nahrazuje ($PP_{per} \cong BP_{ro\check{c}}$).



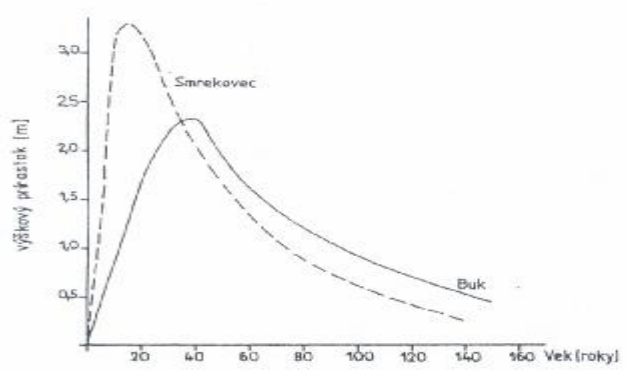
9



Růstová křivka a její přírůstové křivky



Průběh přírůstového procenta $i_y \%$ v závislosti od věku



Průběh výškového přírůstu smřku-a buku
močvínou

Grafické vyjádření průběhu růstových a přírůstových křivek

- **Průměrný přírůst roční (věkový)** . Je přírůstem připadajícím průměrně na 1 rok života stromu a nebo porostu (ve věku t). Získá se tak, že se hodnota růstové veličiny vy tvořená od počátku růstu y_t (tzv. úhrnný běžný přírůst) vydělí celkovým počtem roku růstu (t).

$$h = PP_t = \frac{y_t}{t} = \frac{BP_t}{t}$$

Zatímco **běžné přírůsty** představovaly **konkrétní změny růstové veličiny** , **průměrné přírůsty** ve skutečnosti neexistují a **jsou pouze fiktivní (pomyslné)**. Oba dva druhy přírůstů však mají velký teoretický a praktický význam. Jejich průběh v závislosti od věku se řídí typickou zákonitostí podle tak zvané přírůstové křivky a jsou mezi nimi navzájem a také i vůči růstové funkci přesně definovatelné vztahy.

Křivka běžného ročního přírůstu y' definovaná jako první derivace růstové funkce

$$y' = \frac{dy}{dt} = f'(t)$$

je **levostranně nesouměrnou** křivkou **začínající nulovou hodnotou**, potom rychle stoupá, dosahuje ve věku t_1 maximum a od tohoto bodu stále klesá nejprve rychleji později pomalu. **Maximum y' spadá do věku t_1** , kdy se na růstové křivce nachází inflexní bod P_1 . Křivka běžného přírůstu **má dva inflexní body**. Křivka od počátku k prvnímu inflexnímu bodu se někdy nazývá **dobou mládí**, od prvního k druhému bodu **dobou plných životních sil** a od druhého bodu **dobou stárnutí**.

Křivka průměrného ročního přírůstu h při jeho definici jako podílu

$$h = \frac{y_t}{t}$$

Křivka **začíná též z nulové hodnoty** a je **nesouměrná**, ale průměrný přírůst η **až do věku t_2 je stále menší než běžný přírůst y'** . **Ve věku t_2 dosahuje maximum a tehdy se přesně rovná běžnému přírůstu**, potom pomalu klesá, avšak zůstává již trvale nad úroveň běžného přírůstu.

Tato skutečnost, že **ve věku kulminace průměrného ročního přírůstu t_2 se běžný roční přírůst rovná průměrnému ročnímu přírůstu** je pro studium růstových a přírůstových procesů mimořádně důležitá a dá se **dokázat** dvojím způsobem – **matematicky a trigonometricky**.

- **matematický důkaz** spočívá v potvrzení rovnosti

$$f'(t_2) = \frac{f(t_2)}{t_2}$$

což znamená, že v čase kulminace t_2 průměrného přírůstu η se musí prvá derivace přírůstové funkce průměrného přírůstu rovnat nule

$$h' = \frac{f'(t)t - f(t)}{t^2}$$

po dosazení do daného výrazu za t věku kulminace t_2 se získá vztah

$$h' = \frac{f'(t_2) \cdot t_2 - f(t_2)}{t_2^2} = 0$$

a po úpravě tohoto výrazu se skutečně rychlost růstu v čase t_2 rovná přírůstu průměrnému

$$f'(t_2) = \frac{f(t_2)}{t_2}$$

- **Trigonometrický důkaz** vychází z geometrické a trigonometrické interpretace běžného a průměrného přírůstu. Běžný roční přírůst y' (jako prvá derivace δ_y/δ_t) představuje pro každou hodnotu t směrník tečny k růstové křivce, neboli **tangentu** měnícího se úhlu α , který svírá tato tečna s osou času (x) a který **dosahuje maxima ve věku t_1** (v bodě P_1) neboli v čase kulminace běžného přírůstu. **Průměrný přírůst h** (jako podíl y/t) je zase **tangentou úhlu ϖ** , který vzniká mezi **průvodičem** (spojnice bodu na křivce a počátku souřadnicového systému), a který se tak mění podle velikosti souřadnic y, t . Máli platit $y' = \frac{y}{t}$ musí se oba dva úhly α a ϖ to je jejich tangenty navzájem rovnat, tj. $\text{tg } \alpha = \text{tg } \varpi$. Tento případ nastává na růstové křivce jediné v bodě P_2 o souřadnicích t_2 a y_2 kdy také jediná tečna k růstové křivce prochází zároveň počátkem souřadnicového systému. Tento poznatek lze také využít pro jednoduché geometrické určení věku kulminace průměrného ročního přírůstu.

Relativní přírůst, přírůstové procento

Charakterizuje intenzitu, respektive relativní rychlost růstové veličiny a velmi dobře se hodí pro vzájemné porovnávání přírůstového výkonu mezi dřevinami a různými podmínkami růstu. Definovaný je jako poměr absolutní hodnoty přírůstu k hodnotě dendrometrické veličiny, na které se vytvořil. Vyjadřuje se relativně nebo častěji procenticky

$$i_y \% = \frac{i_y}{y} \cdot 100$$

Takto jednoznačně se dá stanovit pouze pro okamžitý přírůst y' . Pro přírůsty, které se stanovují jako průměr z určité časové periody, což je nejběžnější, však vzniká otázka, ke které hodnotě růstové veličiny y se má přírůst i_y přiřadit. Nejvhodnější je při periodě 5 – 10 let jej vztahovat ke střední hodnotě periody podle vzorce

$$i_y \% = \frac{y_2 - y_1}{y_1 + y_2} \cdot 200$$

Někdy se růstová veličina měří v čase t_2 a přírůstek se zjišťuje za nejbližší minulé období. V takovém případě je vhodné přírůstové procento vztahovat ke konečné hodnotě y_2 .

$$i_y \% = \frac{i_y}{y_2} \cdot 100$$

Potom součin hodnoty růstové veličiny a relativního přírůstu dává běžný periodický přírůst minulého období

Průběh relativního přírůstu, resp. přírůstového procenta v závislosti na věku t má též jednoznačnou a typickou zákonitost. Maximální hodnoty dosahuje na začátku růstu kdy je nekonečně velká nebo se rovná 1,0, resp. 100% a potom stále klesá, nejprve prudce, po dosáhnutí stadia mladosti mírněji a ve vysokém věku se asymptoticky přibližuje k nulové hodnotě. Přírůstové procento lze také s výhodou použít jako ukazatel pro posouzení kulminace průměrného přírůstu kdy v čase t_2 se průměrný přírůst roční shoduje s běžným ročním přírůstem.

Pro tento okamžik je přírůstové procento :

$$i_y \% = \frac{i_y}{y} \cdot 100 = \frac{t_2}{y} \cdot 100 = \frac{100}{t_2}$$

a potom před kulminací průměrného přírůstu je

$$i_y \% > \frac{100}{t_2}$$

a po kulminaci

$$i_y \% < \frac{100}{t_2}$$

Určování přírůstu stromových dendrometrických veličin

Výškový přírůst

Vzniká každoroční činností terminálních pupenů a prodlužováním osy stromu. Jeho velikost za n roků je rozdílem výšky v čase t a (t-n) neboli $i_n = h_t - h_{t-n}$

Tvorbu výškového přírůstu a jeho průběh po dobu života stromu ovlivňuje více činitelů :

- **druh dřeviny**
- **stanoviště (bonita)**
- **klima (teplota a srážky)**
- **hustota porostu**

Všeobecně slunné dřeviny rostou do výšky rychleji než stinné a jejich výškový růst také kulminuje dříve než u stinných (zpravidla před 20 rokem), ale u stinných dřevin se kulminace dostavuje později (20 – 35 roků) zato je výškový růst vytrvalejší a dosahuje proto vyšších hodnot.

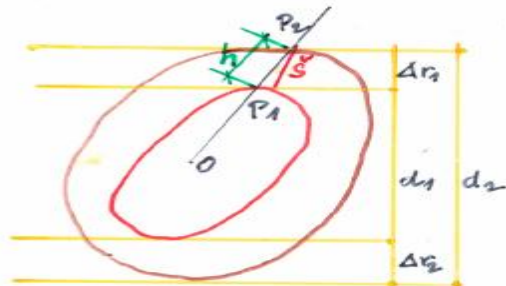
Metody určení výškového přírůstu stromu :

- **Odměření délky letorostů** (u dřevin, které vytváří pravidelné přesleny) Na stojícím stromu ve starším věku je někdy obtížná identifikace přeslenů
- **Odměření výšky stromu na začátku a na konci přírůstové periody** (při periodicky opakovaných měřeních na trvalých výzkumných plochách za určitou dobu)
- **Regresní odhad výškového přírůstu z matematického modelu závislosti $h = f(d_{1,3}, t)$** neboli výšky jako funkci $d_{1,3}$ a věku t.
- **Výšková analýza pokáceného stromu.** Umožňuje relativně nejpřesnější určení výškového přírůstu a to i starších stromů. Při odřezání části stromu a spočítání počtu n letokruhů je délka této vrcholové části běžným periodickým přírůstem na výšce za posledních n let.

Tloušťkový přírůst

Tloušťkový přírůst i_d vzniká periodickou činností kambia kterou se každoročně po celém obvodu kmene i kořenů stromu vytváří směrem dovnitř kmene dřevo a navenek lýko a kůra. Na příčném průřezu se jeví nově vytvořené vrstvy dřeva jako roční letokruhy o určité šíři. Rychlost tloušťkového růstu závisí v podstatě na stejných činitelích jako výškový přírůst, ale s tím rozdílem že kulminuje později než přírůst výškový. podléhá také značným výkyvům způsobených změny v klimatu a dále je silně závislý na růstovém prostoru.

$$\Delta d = \Delta R_1 + \Delta R_2$$



Schematické zmařování + loustkového přírůstu na průřezu

Tloušťkový přírůst lze definovat podle způsobu jeho zjišťování :

- **tloušťkový přírůst** i_d
- **radiální přírůst** i_r , kdy $i_{r(1)} + i_{r(2)} = i_d$
- **šířka letokruhu** \check{s} , kdy $\check{s} \approx i_r$ a $2 \cdot \check{s} \approx i_d$

Pro **správné určení tloušťkového přírůstu** jsou důležité jeho **biometrické zvláštnosti** (Šmelko 1982) :

- **proměnlivost i_d po obvodu kmene.** (Souvisí s tím, že šířka ročních letokruhů ve stejné výšce na kmeni značně kolísá. Charakter těchto změn může být náhodný, ale často má i systematický trend ve směru největšího namáhání stromu (vítr, svah a p.) a vzniká tak tahové a tlakové dřevo)
- **proměnlivost i_d podél kmene.** (Šířka ročních letokruhů se mění nejen po obvodě, ale i po délce kmene (v určité výšce na kmeni je nejmenší a od tohoto bodu na obě strany se postupně zvětšuje. Poloha tohoto bodu se s věkem posouvá.)

Proto správné určení nejvhodnější hodnoty i_d je dosti problematické

Na praktické určení i_d jsou známé tyto skupiny metod:

- **Metoda periodického měření tloušťky $d_{1,3}$, nebo obvodu $O_{1,3}$ stromu**

Předpokládá odměření tloušťky $d_{1,3}$ a nebo obvodu $O_{1,3}$ na stromu ve dvou časových obdobích t a $(t-n)$. základní požadavek je porovnatelnost obou měření. Výsledek měření je možno zpřesnit odměření dvou na sebe kolmých tlouštěk. Upřednostněna by také měla být metoda opakovaného měření obvodu.

- **Vývrtová metoda**

Umožňuje stanovit tloušťkový přírůst jednorázovým měřením v čase t . V 1,3 m se na odebraném vývrtu proměří šířka letokruhů \check{s} za posledních 5 nebo 10 roků a ta se považuje

za dobrý odhad radiálního i_r a tloušťkového i_d přírůstu. **současně se na stromu změří i tloušťka $D_{1,3}$** a to vždy ve směru vývrty. Při jednom vývrty je vhodné jej odebrat ve směru průměrné tloušťky na kmeni, nebo ve 45° směru od tloušťky maximální; při odběru dvou vývrty je pak vhodné vést jejich odběr proti sobě.

Střední chyba určení tloušťkového přírůstu i_d podle počtu odebraných vývrty :

- jeden vývrt $\pm 20\%$
- dva vývrty kolmo na sebe $\pm 15\%$
- dva vývrty proti sobě $\pm 11\%$
- tři vývrty $\pm 10\%$
- čtyři vývrty $\pm 8\%$

• Tloušťková analýza pokáceného stromu

Při podrobném výzkumu růstu a přírůstu po celou dobu života stromu nebo jeho podstatné části. **na pokáceném stromu se vyřeže kotouč ve výšce 1,3 m nebo i v dalších měřístích, které se proměřují v poloměrech v minimálně čtyřech radiálních na sebe kolmých směrech v 1, 5 nebo 10 ročním intervalu** na přímkách probíhajících dřením kmene. Měření probíhá s vysokou přesností na speciálních měřicích a registračních zařízeních.

• Jemné měření tloušťkového přírůstu

Slouží na kvantifikaci krátkodobých změn tloušťky stojících stromů, na sledování jejich růstové dynamiky a závislosti na vnějších klimatických a ekologických faktorech. Provádí se pomocí jednoduchých měřicích obvodových pásem (např. Dial-Dendro) a nebo speciálních přístrojů (auximetrů, auxigrafů), které umožňují nejen měření měnicího se obvodu, ale i registraci údajů ve zvolených časových intervalech. Pomůcky a přístroje jsou na stromu instalované s potřebným napnutím měřicího pásu.

Přírůst na kruhové základně

Přírůst na kruhové základně i_g je přírůstem odpovídajícím ploše mezikruží na příčném průřezu stromů vymezeného dvěma kruhovými základnami na konci g_2 a na začátku g_1 příslušné přírůstové periody.

Když kruhovou základnu g_1 a g_2 vyjádříme pomocí příslušných tlouštěk d_1 a d_2 nebo tloušťkovým přírůstem i_d a nebo radiálním přírůstem i_r můžeme tento plochový přírůstek i_g za časové období t_1 až t_2 definovat následujícími vztahy: :

$$i_g = g_2 - g_1 = \frac{P}{4} \cdot (d_2^2 - d_1^2) = \frac{P}{4} \cdot \{d_2 + d_1\} \{d_2 - d_1\} = \frac{P}{4} \cdot 2 \cdot \bar{d} \cdot i_d = \frac{P}{4} \cdot 2 \cdot \bar{d} \cdot 2i_r = p \cdot \bar{d} \cdot i_r$$

$$\boxed{2 \bar{d}}$$

$$\boxed{i_d}$$

Při takto definovaném i_g se tloušťkový, resp. radiální přírůst vztahuje na průměrnou tloušťku \bar{d} ve středu přírůstové periody.

Jak je vidět na velikost přírůstu i_g má vliv nejen tloušťkový přírůst, ale i tloušťka stromu a to tak, že čím je větší tloušťka d , tím se daný radiální přírůst nebo tloušťkový přírůst i_d ukládá na větším obvodu $\pi \cdot d$.

K praktickému určení přírůstu na kruhové základně i_g je možno ve smyslu uvedených definicí použít :

- **Planimetrováním ploch příčných průřezů na kmenovém kotouči** (g_1 a g_2) odebraném na zmýceném stromu (pro vědecké účely) **nebo odměřením tloušťek d_1 a d_2** na tomto kotouči
- **Odměřit tloušťky d_1 a d_2 na stojícím stromu** v časovém okamžiku (věku) t_1 a t_2
- **Odměřit tloušťku d_2 a stanovit radiální přírůst pomocí vývrtnu** v čase t_2 na stojícím nebo zmýceném stromu

Změna tvaru kmene

Změnu tvaru kmene způsobuje neproporcionální výškový a tloušťkový růst stromu, ale hlavně nerovnoměrné ukládání tloušťkového přírůstu podél kmene.

Projevuje se pak ve změně vzájemného poměru tloušťky kmene d_i v různých výškách vzhledem k tloušťce $d_{1,3}$ nebo $d_{0,1}$ a též ve změně charakteristik tvaru kmene – tvarových kvocientů, tvarových řad, kmenových profilů a pravé a nepravé výtvarnice po dobu života stromu.

Výtvarnice, která charakterizuje „plnodřevnost“ kmene se vyvíjí s věkem stromu rozdílně než ostatní stromové dendrometrické veličiny. Hodnoty **pravé výtvarnice** z nízkých hodnot stoupají, zatímco **nepravé výtvarnice** s věkem stále klesají.

Objemový přírůst

Objemový přírůst i_v je výsledkem růstu všech komponentů objemu stromu tj. **přírůst na tloušťce i_d** kruhové základně i_g výšce i_h i změně tvaru kmene i_f . Na začátku růstu je i_v velmi malý, přesto, že jeho jednotlivé složky, jako přírůst na výšce a tloušťce jsou poměrně velké. **Největší vliv na objemový přírůst má přírůst na kruhové základně**, který je v počátečním stádiu vývoje stromu též malý, protože se tvoří na malém obvodu kmene.

Běžný objemový přírůst stromu i_v za časové období t_1 a t_2 je daný rozdílem objemu na konci v_2 a na začátku v_1 tohoto období $i_v = v_2 - v_1$ a samotné jeho určení se liší podle toho zda se jedná o stojící nebo poražený strom.

Objemový přírůst na stojícím stromu

- **Metoda objemových tabulek, nebo objemových rovnic.** Je poměrně jednoduchá a dá se použít jsou-li k dispozici vstupní údaje veličin potřebných na stanovení objemu na začátku a na konci přírůstového období buď pomocí objemových tabulek nebo objemových rovnic příslušné dřeviny.
- **Metoda dílčích přírůstkových procent.** Přírůstové procento vyjadřuje relativní rychlost růstu dendrometrické veličiny. Pro dílčí přírůstky jsou přírůstová procenta definována :

$$i_d \% = \frac{i_d}{d} \cdot 100 ; i_g \% = \frac{i_g}{g} \cdot 100 = 2 \cdot \frac{i_d}{d} \cdot 100 = 2 \cdot i_d \% ; i_h \% = \frac{i_h}{h} \cdot 100 ; i_f \% = \frac{i_f}{f} \cdot 100$$

Potom přírůstové procento na objemu stromu je součtem dílčích přírůstových procent

$$i_v \% = \frac{i_v}{v} \cdot 100 = 2 \cdot i_d \% + i_h \% + i_f \%$$

Přírůstové procento na objemu stromu se rovná součtu přírůstových procent dílčích veličin g.h.f a přitom přírůstové procento na tloušťce se na přírůstovém procentu objemu podílí dvojnásobnou hodnotou.

Ze stanoveného objemového přírůstového procenta $i_v\%$ a objemu v se lehko vypočítá

absolutní hodnota objemového přírůstu i_v v m^3 podle vzorce $i_v = \frac{v \cdot i_v \%}{100}$

Všeobecně známým se stal tzv. „**Schneideruv vzorec**“ (1853), který **transformuje**

objemové přírůstové procento na tento tvar :
$$i_v \% = \frac{C}{n \cdot d_{1,3}}$$

kde :

-**C** – je tzv. růstová konstanta, stanovená experimentálně a pohybuje se v rozpětí 400 – 800,

-**n** – počet ročních letokruhů připadající na 1 cm radiálního přírůstu a stanoví se na odebraném vývrvtu ve výšce

$$1,3 \text{ m, potom } i_r = \frac{1}{n} \text{ a } i_d = \frac{2}{n}$$

- $d_{1,3}$ – tloušťka stromu ve výšce 1,3 m.

Dá se dokázat, že **pro přírůstové procento na kruhové základně se konstanta C rovná**

právě hodnotě 400 neboť jestli-že do výrazu pro $i_g\%$ zavedeme substituci $i_d = 2 \cdot i_r = \frac{2}{n}$ platí

rovnost :

$$i_g \% = 2 \cdot \frac{i_d}{d} \cdot 100 = \frac{200 \cdot \frac{2}{n}}{d} = \frac{400}{n \cdot d}$$

Konstantou C a možnostmi praktického použití Schneiderova vzorce se zabývalo mnoho lesníků. **Prodan (1965) sestavil na tomto základě zvláštní tabulky ročních objemových přírůstových procent pro smrk + borovice, jedlí a listnáče.**

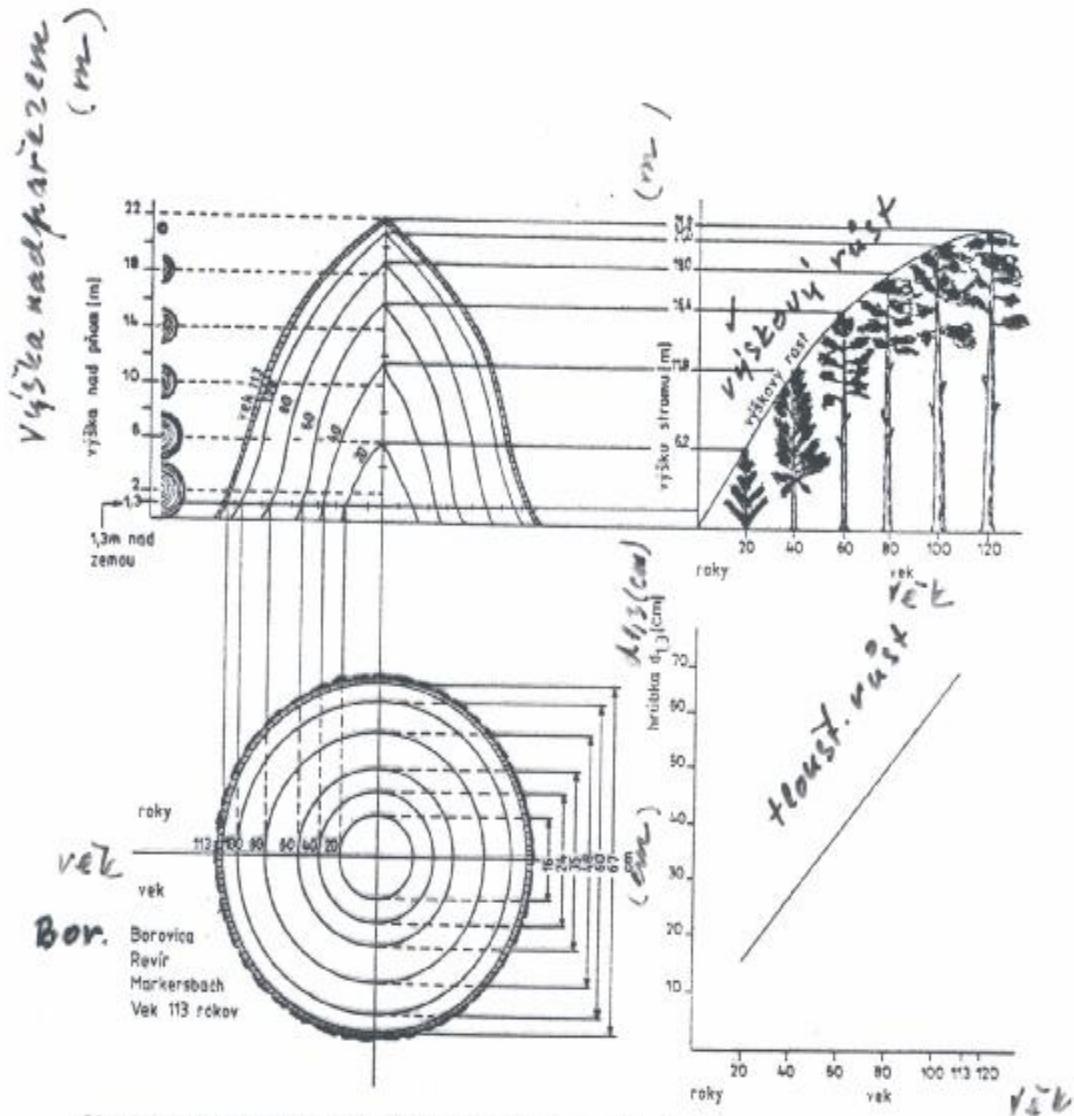
Určení objemu přírůstu na poraženém stromu

- **Metoda založená na určení objemu v_2 a v_1 podle jednoduchého Huberova vzorce.**
Objem se stanoví pro současnou délku a tloušťku v polovině kmene, podle počtu přeslenů nebo odřezání vrcholu délka před n lety a navrtáním ve středu tohoto kmene se stanoví nová středová tloušťka před n lety a také se spočítá Hubrovou metodou objem. Metoda se hodí pro stromy s větší tloušťkou než 20 cm a menší sbíhavostí
- **Růstová a přírůstová analýza kmene**

Poskytuje relativně nejpřesnější určení nejen objemového přírůstu, ale i přírůstu všech dílčích veličin na stromě. Používá se ve dvou variantách - jako úplná a zkrácená (díličí) analýza

• úplná

Zachycuje růst a přírůstek stromu po celou dobu jeho života.



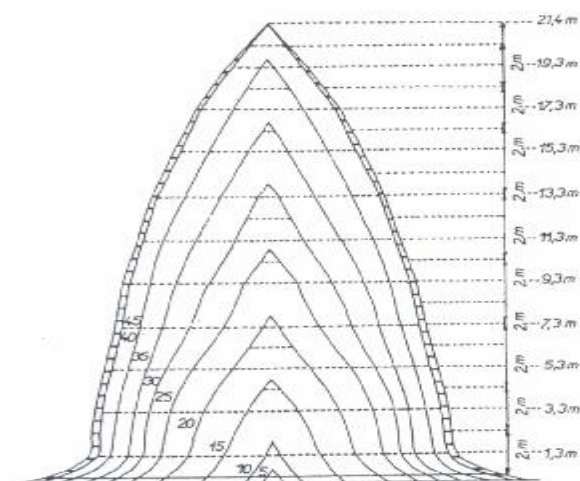
Obr. 2. 01. Rekonstrukcia priebehu rastu pomocou analýzy kmeňa

Rekonstrukce průběhu růstu pomocí analýzy kmeňa

Plná analýza smrku :

Číslo	Výška (m)	Počet rožňových kruhových	Věk zůsta-pověda-jucí výšce průměru (roky)	Průměrné hodnoty hrábek d (cm) ve věku										
				5	10	15	20	25	30	35	40	45	š kůrou	
1	0,15	43	2	1,29	3,42	9,40	14,78	19,12	21,42	24,87	28,36	31,28	32,70	
2	1,3	37	8		1,00	6,48	11,42	15,03	17,39	19,51	21,88	23,87	24,90	
3	3,3	33	12			3,82	9,41	13,72	16,33	18,70	21,08	22,93	23,95	
4	5,3	30	15				5,26	10,67	14,28	16,99	19,45	21,44	22,35	
5	7,3	26	19				0,90	6,40	10,94	14,58	17,59	20,03	20,95	
6	9,3	23	23					3,53	8,47	12,84	16,31	18,77	19,65	
7	11,3	19	26						4,66	9,94	14,24	16,96	17,80	
8	13,3	16	29						1,49	6,59	11,50	14,92	15,80	
9	15,3	12	33							2,57	7,88	11,87	12,65	
10	17,3	9	36								4,78	9,25	9,80	
11	19,3	6	39								1,00	4,77	5,35	
Vrchol	21,4	0	45											

Analýza kmene (smrk, věk 45 roků, výška 21,4 m) (Výsledky měření tloušťky na kmenových kotoučích)



Podélný průřez analyzovaného smrku (45 r.)

Tabuľka 8.06 Průběh růstu a průměrného ročního přírůstu základních dendrometrických veličin 45 r. smrčka odvozený z jeho úplné kmenové analýzy

Věk (roky)	$d_{1,3}$ (cm)	i_d (cm)	g (m ²)	i_g (m ²)	h (m)	i_h (m)	v (m ³)	i_v (m ³)	f	i_f
5	—	—	—	—	0,7	0,34	0,0001	0,0001	—	—
10	1,00	—	—	—	2,0	0,56	0,0008	0,0007	—	—
15	6,48	1,10	0,0033	0,0006	4,8	0,60	0,0102	0,0021	0,644	-0,022
20	11,42	0,98	0,0102	0,0013	7,8	0,62	0,0426	0,0039	0,535	-0,006
25	15,03	0,72	0,0177	0,0015	10,9	0,60	0,0970	0,0054	0,503	-0,003
30	17,39	0,47	0,0238	0,0012	13,9	0,56	0,1622	0,0072	0,490	+0,003
35	19,51	0,42	0,0299	0,0015	16,7	0,60	0,2525	0,0093	0,506	0,000
40	21,88	0,47	0,0376	0,0014	19,7	0,34	0,3737	0,0110	0,505	+0,003
45	23,87	—	0,0448	—	21,4	—	0,4971	—	0,518	—
s kůrou	24,90	—	0,0487	—	21,4	—	0,5462	—	0,524	—

Průběh růstu a průměrného ročního přírůstu základních dendrometrických veličin 45 r. smrčka jako výsledek jeho plné kmenové analýzy

Výška řezu	Kruhová plocha v cm ² ve věku									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	inkl. kůry
1,3	—	—	33	102	177	238	299	376	448	487
3,3	—	—	11	70	148	210	275	349	413	451
5,3	—	—	—	22	89	158	227	297	361	392
7,3	—	—	—	—	32	94	167	243	315	345
9,3	—	—	—	—	10	56	129	209	274	303
11,3	—	—	—	—	—	17	73	159	226	249
13,3	—	—	—	—	—	—	34	104	175	196
15,3	—	—	—	—	—	—	5	49	111	126
17,3	—	—	—	—	—	—	—	18	67	75
19,3	—	—	—	—	—	—	—	—	18	22
Součet	—	—	44	194	456	773	1214	1804	2408	2646
a) Hmoty 2 m sekci	—	—	88	388	912	1546	2428	3608	4816	5292
Kruh. plochy v řezu 0,2m	—	2	69	172	287	361	486	631	768	840
b) Hmoty oddenkových sekci	—	—	14	34	58	72	97	126	153	168
c) Vrcholové části	1	8	—	4	—	4	—	3	2	2
Hmoty	1	8	102	426	970	1622	2525	3737	4971	5462

Postup :

- na stromě se před jeho pokácením označí měříště 1,3 m a sever
- strom se smýtí a kmen pečlivě odvětví a podél kmene se označí řídicí přímka (orientovaná např. vůči severu)
- stanoví se věk na pařezu
- odměří se celková délka kmen rovná se výšce kmene (pásmo se položí na kmen v měříšti 1,3 m) a kmen se rozměří buď na absolutní (např. 2m) nebo relativní (0,1 nebo 0,2 L) pravidelné sekce
- ve středu každé sekce se vyznačí místo řezu k odebrání kotoučů (o tloušťce 3-5 cm)
- jeden kotouč se odebere také v 1,3m .Kotouče se pečlivě označí modrou lesnickou křídou na spodní straně (číslo vzorníku, kotouče a měříště a podle řídicí přímky na kmeni sever)vlastní proměření kotoučů se provede v laboratoři. K zvýraznění hranic letokruhů se lícni strana kotoučů vybrousí.
- měření počtu a tlouštěk letokruhů se začíná podle čtyř měřících přímek od obvodu kotouče
- následuje počítařské a grafické zpracování výsledků

- **zkrácená**

Dílčí (zkrácená) analýza se provede tehdy je-li zájem o podrobné zjištění růstu a přírůstu stromu pouze za poslední časové období 5, 10 15 roků. postup je podobný předchozímu s tím, že se kmen nemusí rozřezávat, ale v místech vyznačených středů sekcí se konečné tloušťky d_t měří přímo a pro tloušťky předchozího období d_{t-n} se odvodí pomocí odebraných vývrtů minimálně ve dvou protilehlých bodech (ve směru ve kterém byly měřené tloušťky d_t

Růstový a přírůstový proces porostu

je mnohem složitější než přírůstový proces jednotlivého stromu.

Jeho zvláštností je, že se **počet stromů** přirozenou cestou i záměrným hospodářským zásahem postupně **zmenšuje**, na druhé straně **rozměry zbývajících stromů – jejich tloušťka, výška a objem rostou**.

Číselně kvantifikované změny porostních veličin – přírůsty označované symboly I_V, I_G, I_d, I_h, I_f se také mohou definovat **jako běžné nebo průměrné**.

Mohou se týkat buď **hlavního porostu** (po probírce) tak **sduženého porostu** (před probírkou). Přírůsty těchto porostních veličin podléhají dříve uvedeným zákonitostem (růstu a přírůstu stromu), ale jejich **kulminace je zpravidla posunuta do vyššího věku**.

Celkový běžný přírůst porostu

Ve všeobecné **lesnické praxi** a ve výzkumu je předmětem hlavního zájmu především **celkový běžný roční přírůst (CBP)** na zásobě porostu.

Je to součet objemových přírůstů všech stromů v porostu v daném věku.

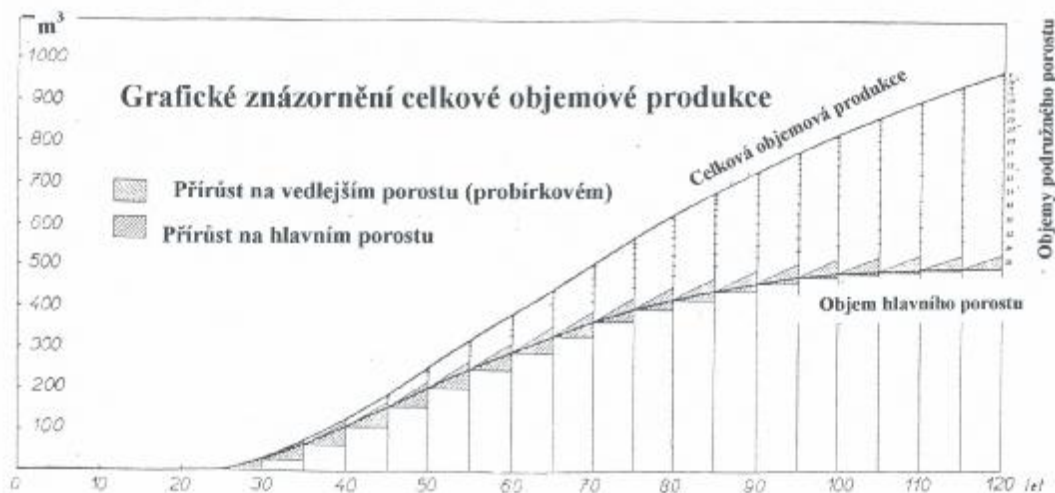
Ovlivňuje ho řada faktorů (**dřevinné složení, struktura porostu, růstové podmínky hospodářské zásahy, klima** aj.), a proto **značně kolísá** a prakticky se **nadá bezprostředně změřit**.

Proto se **určuje prakticky jako průměrná hodnota z periodického přírůstu** vytvořeného za **krátký věkový interval 5 -10 roků**.

Předpokládá se přitom, že se tím nepodstatné (náhodné) výkyvy v přírůstu navzájem vyrovnávají a eliminují.

CBP je **mírou skutečného produkčního výkonu porostu v jednotlivých věkových stadiích** .

Úhrnný běžný přírůst v určitém věku porostu neboli celková objemová produkce porostu (COP_t) je **zásoba hlavního porostu a suma všech vykonaných probírek**.



Celková objemová produkce je vlastně úhrnným celkovým běžným přírůstem v čase t

Celkový průměrný přírůst porostu a průměrný mýtní přírůst porostu.

V hospodářské úpravě lesů vedle CBP mají velký význam také **průměrné přírůsty** a to **celkový průměrný přírůst (CPP)** a **průměrný mýtní přírůst (PMP)**, které charakterizují **roční produkční výkon** v prvním případě **hlavního a podružného porostu** od jeho založení a v druhém případě **pouze hlavního porostu** počítanému ke zvolenému mýtnímu věku. Stanovení porostního přírůstu vzhledem na jeho mimořádnou složitost se věnuje mimořádná pozornost ve všech vyspělých lesnických krajinách a to zvláště v druhé polovici 20 století kdy vzniklo několik metod na nepřímý odhad a přímé měření objemového přírůstu porostů a jeho komponentů.

I. běžné

A. Na hlavního porostu

1. Úhrnný běžný přírůstek na hlavního porostu v t letech = objemu hlavního porostu v t letech

$$V_t$$

2. Běžný přírůstek periodický na m roků - objemu hlavního porostu v t letech zmenšený o objemu v t-m letech

$$V_t - V_{t-m}$$

3. Běžný přírůstek roční, který se prakticky rovná průměrnému přírůstku periodickému t.j.

$$\frac{V_t - V_{t-m}}{m}$$

II. průměrný

A. Na hlavního porostu

1. Průměrný přírůstek věkový (roční) je objemem hlavního porostu (V_0) dělený věkem:

$$\frac{V_0}{t}$$

2. Zvláštním případem průměrného věkového přírůstku je pro hospodářskou úpravu zvlášť důležitý průměrný přírůstek mýtka pro měření $t = u$ (době obmytí)

$$PMP = \frac{V_u}{u}$$

I. běžné přírůsty

B. Na parostu hlavního a probíhového

4. Celková objemová produkce (COP) v t letech je součet objemu hlavního parostu V_t a všech probíhek do t roku?

$$COP = V_t + \sum_0^t \text{prob.}$$

5. Celkový běžný přírůstek periodický je běžný přírůstek periodický na hlavního parostu zvláštní o probíhovou tečku v intervalu n roků (T)

$$V_t - V_{t-n} + T$$

6. Celkový běžný přírůstek roční (CBP) je celkový běžný přírůstek periodický dělený počtem roků periody

$$CBP = \frac{V_t - V_{t-n} + T}{n}$$

II. průměrné přírůsty

B. Na parostu hlavního a probíhek.

3. Celkový průměrný přírůstek roční CPP, t.j. celková objemová produkce nevíte t , COP dělena věkem t :

$$CPP = \frac{COP}{t} = \frac{V_t + \sum_0^t \text{prob.}}{t}$$

4. Zvláštním případem celkového průměrného ročního přírůstku je celkový průměrný přírůstek mířící vztahovaný k době obmýtků

$$CPP_n = \frac{COP_n}{n} = \frac{V_n + \sum_0^n \text{prob.}}{n}$$

V_t je objem hlavního parostu v t letech

V_{t-n} je objem hlavního parostu v $(t-n)$ letech

n je počet roků uvažování periody

V_n je objem hlavního parostu na konci doby obmýtků

$\sum_0^t \text{prob.}$ je součet probíhových objemů do věku t roků?

$\sum_0^n \text{prob.}$ je součet probíhových objemů během celé doby obmýtků.

Metody určení běžného objemového přírůstu porostů.

Stanovují celkový běžný přírůst na zásobě porostu I_v ve věku t za určitou časovou periodu respektive za 1 rok této periody. Nejvíce se osvědčily tyto metody v pořadí od jednoduchých a méně přesných ke složitějším a přesnějším :

- 1 Metoda růstových tabulek
- 2 Metoda přírůstového vzorníku (kombinuje růstové tabulky a přímo měřené veličiny porostu)
- 3 Metoda opakované inventarizace a těžební evidence
- 4 Metoda jednotkových objemových přírůstů (tarifových diferencí)
- 5 Metody přírůstového procenta

Poslední dvě metody vyžadují poznání i tloušťkového přírůstu porostu

1 Metoda růstových tabulek.

Růstové tabulky udávají vývoj základních porostních veličin pro stejnověké, nesmíšené, plně zakmeněné a podle určitého výchovného programu vychovávané porosty pro každou dřevinu samostatně a to na základě věku a bonity. Obsahují údaje o přírůstcích a to zpravidla :

- **BP** – běžný přírůst roční vytvořený na zásobě hlavního porostu ve věku t
- **CBP** – celkový běžný přírůst roční vytvořený na celkové produkci porostu ve věku t
- **CPP** – celkový průměrný přírůst vytvořený průměrně za 1 rok na celkové produkci porostu po dobu jeho celého dosavadního vývoje.

Praktický postup stanovení CBP na zásobě porostu pomocí RT:

1. Určí se potřebné **vstupní veličiny porostu** (zastoupení dřevin, jejich věk, bonita (střední výška), zakmenění a výměra porostu)
2. Odečtou se tabulkové údaje CBP_{RT} z růstových tabulek v m^3 na 1 ha pro plně zakmenění 1,0 a 100% zastoupení každé dřeviny
3. Vypočte skutečný CBP pro každou dřevinu zvlášť pronásobením tabulkové hodnoty CBP_{RT} zastoupením dřeviny, zakmeněním a výměrou porostu, a součtem CBP dřevin se stanoví CBP celého porostu

Určení CBP pomocí RT je velmi jednoduché, ale pro jeden porost představuje **pouze hrubý odhad**.

Příčinou je :

- § RT představují průměrné hodnoty velkého souboru porostů a CBP skutečného porostu se může od tabulkové hodnoty odlišovat
- § RT jsou sestavovány pro stejnorodé porosty a ne pro smíšené porosty
- § RT platí pro plně zakmeněné porosty

Z těchto důvodů se **metoda RT používá spíše pro větší skupiny porostů** (hospodářského souboru) kde může poskytnout jednoduše dostatečně přesné výsledky. Přírůsty se zde stanovují souborně pro jednotlivé dřeviny a věkové stupně na základě průměrné bonity a tabulkové údaje se redukují průměrným zakmeněním, respektive redukovanou plochou příslušného souboru porostů.

2 Metoda přírůstového vzorníku - (kombinace RT a přímo měřených veličin v porostu)

Při této metodě se běžný přírůst na zásobě porostu I_v určuje podle principu středního kmene ze vztahu

$$I_v = N \cdot \bar{i}_v = N \cdot F(\bar{v}, t)$$

neboli součinem počtu stromů N a objemového přírůstu \bar{i}_v připadajícího průměrně na 1 strom v porostu, který je dále funkcí objemu středního kmene a věku porostu t

Praktický postup :

1. Porost se vyprůměruje (naplno a nebo na zkusných plochách a stanoví se potřebné vstupní veličiny (dřevina, počet stromů na celé ploše porostu N , zásoba porostu V_t , (hroubí bez kůry), objem středního kmene \bar{v} , věk porostu
2. objemový přírůst středního kmene \bar{i}_v se převezme z přírůstových tabulek
3. Vypočítá se CBP celého porostu podle vztahu $I_v = N \cdot \bar{i}_v$

Metoda je jednoduchá a **spojuje metodu růstových tabulek** (biometrickou zákonitost pro \bar{i}_v)

s **přímo měřenými veličinami** (N, \bar{v}, t) stanovovanými běžně v rámci hospodářské úpravy lesů a dále také odpadá redukce tabulkových údajů zakmeněním a zastoupením dřevin. Je proto přesnější než předchozí metoda růstových tabulek.

3 Metoda opakované inventarizace a evidence těžby.

- Tato metoda je založena na opakovaném stanovení zásoby porostu ve dvou časových úrovních (t_1 a t_2)
- a evidování změn , které nastaly na stromovém inventáři po dobu tohoto časového intervalu.

Z těchto údajů se získají dvě důležité informace :

- Celková změna stavu zásoby (bruto změna) : $\Delta V = V_2 - V_1$
- Přírůstek na zásobě porostu (neto změna) :

$$I_v = V_2 - (V_1 - V_T - V_M) - V_D = V_2 - V_1 + V_T + V_M - V_D$$

Kde V_1 – zásoba porostu (všech živých stromů) v čase t_1 ,

V_2 – zásoba porostu (všech živých stromů) v čase t_2 ,

V_T - objem vytěžených živých stromů po dobu periody t_1 až t_2 ,

V_M – objem stromů, které po dobu periody t_1 až t_2 uhynuly (tzv. mortalita)

V_D – objem stromů , které po dobu periody t_1 až t_2 dorostly přes registrační hranici tloušťek $d_{1,3}$, u nás 8,0 cm a při první inventarizaci nejsou ještě evidované (tzv. dorost do kmenoviny)

Zatímco ΔV představuje **celkovou změnu zásoby**, která vznikla přirozeným růstovým procesem, těžební činnosti a mortalitou, I_v je **čistý objemový přírůstek** na souboru živých stromů, které v porostu zůstaly až do konce časového období t_2 .

V případě, že po dobu periody mezi oběma inventarizacemi se nevykonala **žádná těžba** a nevyskytla **žádná mortalita ani tzv. dorost do kmenoviny potom** celková změna a přírůstek zásoby se navzájem rovnají $\Delta v = I_v$.

V případě, že se v porostu v daném období provedla těžba je nutno oba pojmy zásadně rozlišovat a pro určení přírůstku I_v uvažovat i vytěženou těžbu V_T . Zanedbání obou zbývajících členů v uvedené rovnici je spíše přípustné, protože mortalita se dá přiřadit k těžbě a dorost se ve starších stejnověkových porostech zpravidla již nevyskytuje, častý je, ale ve výběrných porostech, ale i zde jeho objem představuje pouze malý podíl na celkové zásobě, takže se dá zanedbat.

Uvedená změna ΔV a přírůstek I_v se vztahuje na celou přírůstovou periodu,. Jeho průměrná roční hodnota se získá vydělením počtů roků periody ($n = t_1 - t_2$) a platí vlastně pro věk porostu ve středu přírůstové periody.

Základní podmínkou pro správné určení přírůstu I_v touto metodou je, **aby byla zásoba V_1 a V_2 u obou inventarizací a zároveň těžba** (provedená v mezidobí) **stanovená stejnou metodou**, ve stejných objemových jednotkách a co nejpřesněji. (To znamená, že i těžené stromy se proměřují na stojato při vyznačení probírkové těžby).

Podle způsobu zabezpečení tohoto požadavku vznikly dvě metodické alternativy :

- **3a kontrolní metoda klasická**
- **3b kontrolní metoda výběrová**

3a Klasická kontrolní metoda

Vznikla v 19 století (Curnaud (1878), Biolley (1890)). Ve Švýcarsku ji navrhli a zavedli do praxe **jako hospodářsko-úpravnickou metodu pro výběrné lesy**, ve kterých se dnes běžně používá.

Metoda se hodí pouze pro výběrné (nestejnověké) lesy. **Slouží nejen k periodickému stanovování přírůstu na zásobě dřevin I_v , ale také na porovnání rozdělení počtu stromů a zásoby podle tloušťkových stupňů**, respektive třídách vůči **ideálnímu (modelovému) stavu**, ke kterému se daný porost má **cílevědomými hospodářskými zásahy** má postupně přibližovat.

Porovnatelnost údajů V_1 , V_2 a V_T se zabezpečuje průměrkováním naplno v obou časech t_1 a t_2 velkou pozornost je přitom třeba věnovat evidenci vytěžených stromů (jejich tloušťky, měřené na stojato při vyznačování těžby) a pro výpočet zásoby V_1 , V_2 a V_T použít stejnou objemovou křivku (tarif). Což se dá uspokojivě dodržet u výběrného lesa, který se nachází v tak zvaném stupni rovnováhy, ve kterém se ani výšková ani objemová křivka (tarif) po delší období prakticky nemění.

Ve stejnověkém lese kde nastává posun těchto křivek s věkem a v porostu se proto klasická kontrolní metoda pro určení přírůstu nepoužívá.

3b Výběrná kontrolní metoda

Používá princip kontroly na zkusných plochách, které jsou po porostu pravidelně rozmístěny a v terénu fixované, což umožňuje jejich opětovné vyhledání a opakované měření stejným způsobem stejného souboru stromů při všech následujících inventarizacích.

Spojují se zde výhody klasické kontrolní metody a moderních matematicko statistických metod.

Metoda je prakticky velmi dobře upotřebitelná jak z hlediska přesnosti tak i hospodárnosti. V současné době je to rozšířená metoda permanentního (monitorování) stavu lesa (Schmidt-Haas (1967-1983) in Šmelko (2000)) především na větších územních celcích (Kontrollstichproben, Continuous Forestry Inventory). **Výhodou této metody je stejná vhodnost jak pro stejnověké tak i výběrné lesy.** Opakovaná výběrová inventarizace s použitím trvale fixované sítě zkusných ploch poskytuje mnohem přesnější zjištění celkové změny a přírůstu na zásobě porostu než inventarizace s použitím jednorázových zkusných ploch (Šmelko (1985))

4 Metoda jednotkových objemových přírůstů (tarifových diferencí)

Je založena na přímém měření zásoby a tloušťkového přírůstu a umožňuje určit běžný objemový přírůst relativně nejdělněji nejen pro celý porost globálně, ale i podle jednotlivých tloušťkových stupňů a je stejně vhodná pro stejnověké a i nestejnověké (výběrné) porosty.

Metodu původně navrhl Meyer (1942) a dále rozpracoval Loetsch (1953). U nás jí podstatně rozvinul Halaj (1963) a zpracoval pro praktické použití v ucelené knižní publikaci „Tabulky na určovanie hmoty a prirastku porastov“.

Princip metody vychází z těchto podkladů:

- Objemová křivka porostu vyjadřuje závislost objemu stromů od jejich tloušťky v určitém časovém okamžiku (v čase měření matematicky rovnicí $v = f_1(d_{1,3})$ a graficky obrázkem
- Tloušťka stromu $d_{1,3}$ je zároveň funkcí věku t $v = f_1 [f_2(t)]$
- Potom běžný přírůst stromu i_v je prvou derivací této složené funkce

$$i_v = v' = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dd_{1,3}} \cdot \frac{dd_{1,3}}{dt} \cong k_v \cdot i_{d_{1,3}}$$

1. Činitel $\frac{dv}{dd_{1,3}} = k_v$ nazývá Mayer faktorem stoupání objemové křivky a Loetsch “tarifovou diferencí”. Halaj zavádí vhodnější název a to „jednotkový objemový přírůst“

2. Tento faktor může být interpretován trojím způsobem :

- **matematicky** : 1. derivací objemové křivky podle tloušťky $d_{1,3}$
- **geometricky** : hodnotou směrnice tečny k objemové křivce v dané tloušťce $d_{1,3}$ takže $k_v = \tan \alpha$
- **dendrometricky** : běžný přírůst na objemu stromu odpovídající zvětšení jeho tloušťky $d_{1,3}$ o 1 cm tloušťkového přírůstu

3. Činitel $\frac{dd_{1,3}}{dt} = i_{d_{1,3}}$ je vlastně tloušťkový přírůst stromu příslušející časové změně δt

Při vlastním řešení „faktorů stoupání!“, respektive „tarifové difference“ nebo podle Halaje „jednotkového objemového přírůstu“ se Halaj opírá o **standardizované objemové křivky respektive tarify**, které pro slovenské poměry zkonstruoval a na jejich základě **odvodil jednotkové objemové přírůsty ve třech variantách** :

- k_v tloušťkových stupňů pro stejnověké porosty na bázi JOK
- k_v tloušťkových stupňů pro výběrné porosty na bázi objemových tarifů smrku, jedle a buku.
- k_v středního kmene pro stejnověké porosty na bázi objemových tarifů stejnověkých porostů

Přitom jako první v Evropě **zahrnul do hodnot k_v vedle změny objemu způsobené tloušťkovým přírůstem i změnu objemu způsobenou výškovým přírůstem.**

Vedle jednotkových objemových přírůstů k_v v m^3 hroubí s kůrou odvodil též jejich **procentické hodnoty vzhledem k objemu stromu**, neboli **jednotková objemová přírůstová procenta $k_{v\%}$** podle vztahu

$$k_{v\%} = \frac{k_v}{v} \cdot 100$$

Ukázalo se, že $k_{v\%}$ nejsou závislá na výšce porostu a dají se odvodit pouze jako funkce střední tloušťky porostu

Praktický postup určení běžného přírůstu na zásobě porostu metodou tarifových diferencí :

4a Určení I_v po tloušťkových stupních ve stejnověkých porostech

$$I_v = \sum_{j=1}^m n_j \cdot k_{v(j)} \cdot i_{d(j)} \quad \text{respektive} \quad I_v = \sum_{j=1}^m n_j \cdot v_j \cdot \frac{k_{v(j)\%}}{100} \cdot i_{d(j)}$$

- **Porost se vyprůměruje naplno nebo reprezentativně a stanoví se počet stromů n_j respektive vypočítá se i zásoba $n_j \cdot v_j$ v jednotlivých tloušťkových stupních $j=1,2,\dots,m$ pomocí objemových tabulek nebo JOK pro každou dřevinu zvlášť.**
- **Hodnoty $k_{v(j)}$ se převezmou pro příslušnou JOK (zodpovídající střední porostní tloušťce d_s a střední porostní výšce h_s) z tabulek jednotkových objemových přírůstů $k_{v(j)}$, respektive hodnoty $k_{v(j)\%}$ z odpovídajících tabulek.**
- **Tloušťkový přírůst $i_{d(j)}$ pro jednotlivé tloušťkové stupně se odvodí z přímo odměřených hodnot na výběrovém souboru stromů pomocí vývrtů.**
- **Vycílením vzorce pro výpočet I_v se stanoví běžný objemový přírůst všech stromů v tloušťkových stupních**
- **a jejich součtem I_v dané dřeviny**
- **Součet I_v dřevin se stanoví I_v celého porostu**
-

4b Určení I_V podle tloušťkových stupňů v nestejnověkých (výběrných) lesích

Postup je v podstatě shodný jako v předchozím případě pouze s tím rozdílem, že **jednotkové objemové přírůsty k_v se týkají objemových tarifů a jejich výběr pro konkrétní výběrný porost se děje podle střední výšky odpovídající zatřídovací tloušťce.**

4c Určení I_V globálně pro celý porost (Jen pro stejnověké porosty).

Vychází z principu středního kmene, takže $I_V = N \cdot k_v \cdot I_d$ respektive $I_V = N \cdot \bar{v} \cdot \frac{k_v}{100} i_d$

- **Porost se opět vyprůměruje** naplno nebo reprezentativně,
- **Zjistí se počet stromů N** (podle dřevin) **a vypočítá se** některou metodou **porostní zásoba V**
- **Stanoví se objem středního kmene \bar{v}** a jeho **střední tloušťka d_s** a **střední výška h_s**
- **Podle d_s a h_s se zvolí objemový tarif** a **podle něj** se z tabulek **převezme jednotkový objemový přírůst k_v** odpovídající hodnotě d_s (po příslušné interpolaci). Jestliže se použije $k_v\%$, jeho hodnota se stanoví přímo v tabulce pro dané d_s bez ohledu na číslo tarifu.
- **Tloušťkový přírůst i_d středního kmene se stanoví vývrtovou metodou.**

Příklad na určení I_V globálně pro celý porost :

Smrkový porost má $N= 55$ stromů a zásobu $V= 80,4 \text{ m}^3$, objem středního kmene $\bar{v} = 1,46 \text{ m}^3$, střední tloušťka $\bar{d} = 38,5 \text{ cm}$ a roční tloušťkový přírůst středního kmene $i_d = 0,29 \text{ cm}$, **určíme I_V s použitím $k_v\% = 6,70\%$**

$$I_V = N \cdot \bar{v} \cdot \frac{k_v\%}{100} \cdot i_d = 55 \cdot 1,46 \cdot \frac{6,70}{100} \cdot 0,29 = 1,56 \text{ m}^3 \text{ za 1 rok hroubí s kůrou}$$

Přírůst I_V stanovený všemi třemi variantami výpočtu se vztahuje na zásobu v době jejího zjišťování a může se proto interpretovat jako přírůstek za poslední rok předcházející periody nebo jako predikci na budoucí rok následující časové periody.

Přesnost metody jednotkových objemových přírůstů závisí v podstatě od dvou faktorů

- **od přesnosti odvozených tabulkových (průměrných) hodnot k_v a $k_v\%$**
- **od přesnosti určení tloušťkové přírůstu i_d v konkrétním porostu**

Rámce střední chyby uvádí Halaj přesnost ± 5 až $\pm 10 \%$.

7 Metoda přírůstového procenta

Přírůstové procento umožňuje stanovit rychlost růstu a také vzájemné vztahy mezi přírůstem a velikostí dendrometrických veličin. Tato jeho vlastnost se s výhodou využívá i pro určení běžného přírůstu na zásobě porostu. Na příklad v předchozí metodě tarifových diferencí.

Prodanova metoda

Je další metodou na využití přírůstového procenta. Vychází z dříve uvedeného Schneiderova vzorce. (Prodan 1949, 1965).

Autor stanovil z empirického měření průměrné hodnoty konstanty C . Na jejich základě odvodil tabulky a nomogramy pro smrk + borovice, jedli a listnáče, které umožňují přímo odečíst přírůstové procento na objemu středního kmene i_v % jako funkci zjištěné tloušťky středního kmene d_g porostu a jeho ročního tloušťkového přírůstu i_{dg} , resp. počtu jeho letokruhů připadající na 1 cm tloušťkového přírůstu.

d_g cm	Hodnoty C pro		
	listnaté	smrk a borovice	jedli
10	570	608	600
15	555	563	573
20	528	535	545
25	498	514	520
30	484	496	496
35	476	478	472
40	470	464	442
45	464	450	420
50	459	437	398
55	455	426	392
60	451	418	378
65	448	410	370
70	445	404	363
75	442	400	356
80	440	396	350

Konstanta C podle Prodana klesá se stoupajícím výčetním průměrem d_g

Na základě těchto hodnot konstant C tabeloval Prodan přírůstová procenta (p_v %) pro jednotlivé dřeviny jako funkce výčetních průměrů d_g a tloušťkového přírůstu Δd (respektive počtu letokruhů na posledním cm výčetního průměru – n).

Postup použití těchto tabulek k výpočtu celkového běžného přírůstu porostu :

- stanoví se přímým měřením porostní zásoba V_t .
- Stanoví se střední výčetní průměr porostu např. d_g .
- Na kmenech kolem tohoto průměru se stanoví střední hodnota tloušťkového přírůstu Δd c mm (resp. počet letokruhů na posledním cm výčetního průměru). Měření je třeba provést na více stromech v porostu.
- Interpolací z tabulkových se stanoví p_v %.

- Vlastní výpočet běžného přírůstu na zásobě I_v , se určí podle výrazu :

$$I_v = V \cdot \frac{i_v \%}{100} \quad \text{kde zásoba } V \text{ je zásobou porostu stanovenou}$$

přímým měřením.

Objemové procento ($p_v\%$) vztažené na zásobu hroubí V na konci periody pro smrk a borovici podle Prodana

Δd	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
n	20	10	6,67	5,00	4,00	3,33	2,86	2,50	2,22	2,00	1,67	1,43	1,25	1,11	1,00
d_k	Procenta hmotového přírůstu (%)														
10	3,0	6,1	9,1	12,1	15,2	18,2	21,3	24,3	27,3	30,4	36,4	42,5	48,6	54,7	60,8
15	1,9	3,8	5,7	7,6	9,6	11,5	13,4	15,3	17,2	19,2	23,0	26,9	30,7	34,6	38,5
20	1,3	2,7	4,0	5,3	6,7	7,0	8,4	9,7	11,0	13,4	16,1	18,8	21,5	24,2	26,8
25	1,0	2,0	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,2	9,2	10,3	12,4	14,5	16,6	18,6	20,7
30	0,8	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,1	9,7	11,3	13,0	14,6	16,3
35	0,7	1,4	2,1	2,8	3,4	4,1	4,8	5,5	6,2	6,8	8,2	9,6	10,9	12,3	13,6
40	0,6	1,2	1,8	2,4	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,8	7,0	8,2	9,3	10,4	11,6
45	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
50	0,4	0,9	1,3	1,7	2,2	2,6	3,1	3,5	3,9	4,4	5,3	6,2	7,0	7,9	8,7
55	0,4	0,8	1,2	1,5	1,9	2,3	2,7	3,1	3,5	3,9	4,7	5,5	6,2	7,0	7,7
60	0,3	0,7	1,1	1,4	1,7	2,0	2,4	2,7	3,1	3,5	4,2	4,9	5,6	6,3	7,0
65	0,3	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,8	4,5	5,1	5,7	6,4
70	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	2,9	3,5	4,1	4,7	5,2	5,8
75	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7	3,2	3,7	4,3	4,8	5,3
80	0,2	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1	2,4	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	4,9

Metodické postupy stanovení tloušťkového přírůstu porostu

Některé uvedené metody vyžadovaly pro určení přírůstu na zásobě porostu I_v stanovit v porostu i tloušťkový přírůst I_d . Děje se tak vývrťovou metodou a to buď v tloušťkových stupních nebo pro tloušťku středního kmene. Navrtání všech stromových jedinců v porostu nepřichází pro velkou pracnost a poškozování stromů do úvahy. Jedinou možností je uplatnění matematicko-statistického výběrového postupu. Navrtává se poměrně malý soubor stromů (n)

a z jejich tloušťkového přírůstu i_d se odvodí tloušťkový přírůst všech stromů na principu statistického odhadu.

Přitom je třeba nutno řešit tyto tři úlohy :

- stanovit potřebný počet vývrtů a způsob jejich umístění na stromech
- provést počítácko grafické vyhodnocení získaných údajů
- určení míry přesnosti stanovené zásoby porostu

Minimální potřebný počet vývrtů se určuje podle známého statistického vzorce na stanovení rozsahu výběru

$$n = \left[\frac{t_{0,05} \cdot s_{id} d \%}{\Delta \bar{i}_d \%} \right] \quad \text{kde přímo závisí variabilitě tloušťkového přírůstu,}$$

spolehlivosti P (pro P=0,95, je t=2,00) a nepřímo na zvolené přesnosti zpravidla $\Delta_{id} \% = 10\%$

Variační koeficienty tloušťkového přírůstu a potřebné počty navrtaných stromů pro určení i_d s různou přesností

Porost	Stup. rozrůzněnosti			Požadovaná přesnost zjištění									
	1 stup	2 stup	3 stup	± 8,5%			± 10%			± 15%			
	V variační koeficienty %			Potřebný počet vývrtů pro požadovanou přesnost									
Stejnověký	jehličnatý	25	35	45	35	68	112	26	49	81	13	23	36
	listnatý	20	30	40	24	50	89	18	36	64	10	18	28
Nestejnověké		40	45	50	89	112	138	64	81	100	28	36	44

Výsledné hodnoty tloušťkových měření po n tloušťkových stupních nebo okolo tloušťky středního kmene je třeba vyrovnat. Závislost tloušťkového přírůstu na tloušťce je zpravidla lineární (ve stejnověkých porostech) a nebo může být i křivočará (v nestejnověkých a výběrných porostech)

Samotné vyrovnání se může vykonat dvojmo :

- **Grafická konstrukce přímky resp. křivky tloušťkového přírůstu.** Je poměrně jednoduchá a rychlá. Odměřené tloušťkové přírůsty se v jednotlivých tloušťkových stupních se zpřůměrují a potom vyrovnají okulárně přímkou nebo křivkou v závislosti na tloušťce
- **Matematicko- statistická konstrukce přímky respektive křivky.** Je objektivnější, ale pracnější a poskytuje mnohem více informací. Spočívá ve výpočtu regresní rovnice přímky nebo křivky matematicky nejlépe v kapesní kalkulačce nebo v počítači. (Buď z průměrných hodnot v tloušťkových stupních nebo lépe z celého empirického materiálu)
- **Odlišnost při stanovení vyrovnaného tloušťkového přírůstu pro střední kmen porostu** se vyrovnává podobně, ale protože jsou zde k dispozici pouze hodnota šířky letokruhů okolo střední tloušťky d_s , konstruuje se pouze „zkrácená přímka tloušťkového přírůstu „, a z grafu se určí nebo vypočte střední hodnota tloušťkového přírůstu proti střední hodnotě tloušťky d_s .

Dendrochronologie

Dendrochronologie se **zabývá získáváním, časovým řazením a využíváním údajů, které se ukládaly do dřeva kmenů, větví stromů a keřů v průběhu jejich růstu.**

Za zakladatele tohoto vědního oboru je považován A. E. Douglass, který se zabýval na začátku 20. století vztahem mezi sluneční aktivitou a zemským klimatem. Vyšel z poznatku, že letokruhy obsahují údaje o pravidelných klimatických cyklech.

Základním postupem v dendrochronologii je **letokruhová analýza**, což je soubor měřických, matematických a statistických postupů, které umožňují řešení určitého problému, např. vliv antropogenních faktorů na tloušťkový přírůst, modelování klimatu, datování určitých událostí apod.

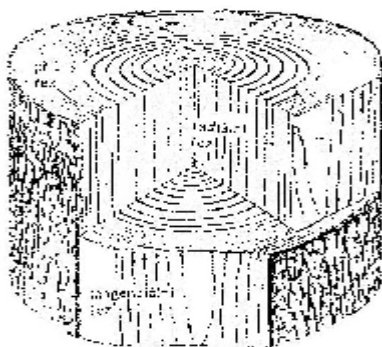
Letokruh vzniká (s výjimkou zvláštních případů) každým rokem a tak jeli známo kdy vznikl alespoň jeden letokruh je možno **datovat i ostatní letokruhy**.

Příklady některých aplikací dendrochronologických měření :

- **Dendroklimatologie** – rekonstrukce a studium klimatických změn
- **Dendroekologie** – využívání datovaných letokruhů ke studiu ekologických problémů
- **Dendroarcheologie** – využívání datovaných letokruhů k datování různých historických událostí a stáří archeologických nálezů

Praktické aplikace dendrochronologie vycházejí z následujících předpokladů :

- Šířka letokruhů je relativně snadno měřitelná veličina
- Posloupnost letokruhů je vlastně dlouhodobým záznamem průběhu tloušťkového přírůstu stromu, který je možno kvantitativně vyhodnotit
- Na velikost tloušťkového přírůstu (šířku letokruhů) působí věk, geneticky dané vlastnosti a okolní vlivy (klimatické faktory, imisní zatížení, změny vlhových podmínek, výchovné zásahy
- Pomocí speciálních postupů lze určit rok vzniku každého letokruhu a tento datovaný letokruh může sloužit k odvození různých vlivů, které působily na jeho velikost.
- Z šířek letokruhů je pak možné zpětně modelovat různé vlivy okolního prostředí



Průběh letokruhů na radiálním, tangenciálním a příčném řezu kmenem

Na radiálním řezu se letokruhy jeví jako svislé rovnoběžné pásy a na tangenciálním řezu vytvářejí rozmanitě zvlněné elipsy

Kůra – vnější část kmene, resp. kořenů a větví, která svými vrstvami chrání zejména **lýko**, **kambium** a **živé části dřeva** proti mechanickému poškození a nepříznivým vlivům abiotických činitelů. Kůra vzniká činností dělivých pletiv kambia a felogénu. Vnitřní vrstva kůry se nazývá **lýko** a je produktem kambia. Jeho hlavní funkcí je rozvod asimilátů na místa spotřeby. Vnější kůra se nazývá **periderm** a vzniká činností korového dělivého pletiva **felogénu**.

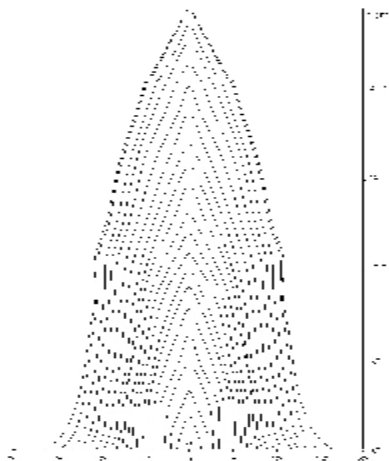
Kambium – dělivé pletivo nacházející se mezi dřevem a lýkem. Tvoří ho velmi úzká vrstva živých buněk. Periodickou činností kambia během vegetačního období je zajištěn **tloušťkový přírůst dřeva a lýka**. Kambium vytváří dřevní vrstvu, která se na ploše příčného řezu jeví jako prstence – **letokruhy**.

Předpokladem zřetelné tvorby letokruhů je přirůstání nového dřeva ve vrstvách jako důsledek střídání vegetačního období s vegetačním klidem a rozlišitelnost struktury dřeva v různých obdobích.

Dřeň – světlé řídké pletivo, v prvním roce života se podílí na vedení vody. Později tuto činnost přebírá nově vytvořené dřevo v letokruzích. Dřeň se vyskytuje zhruba uprostřed kmene, i když mnohem častěji je známa dřeň excentrická .

Dřevo – část kmene větví a kořenů, jež se nachází mezi kambiem a dření. Zaujímá 70 – 93% objemu stromu. Směrem k vnějšímu okraji (ke kambiu) se vytváří **běl**. Její význam tkví v rozvodu minerálů rozpuštěných ve vodě od kořenů k listům. Jsou zde tedy zastoupeny živé buňky narozdíl od **jádra**, které se vytváří směrem ke středu. Z fyziologického hlediska se jedná o mrtvé pletivo

Letokruhy směrem k vrcholu kmene ubývají a **vrcholový výhon** je tvořen dřevem vytvořeným za poslední vegetační období a **nejstarší letokruh** se nachází ve středu nižší části kmene.



Průběh letokruhů z plné kmenové analýzy vzorníku smrku

Tloušťkový růst dřevin

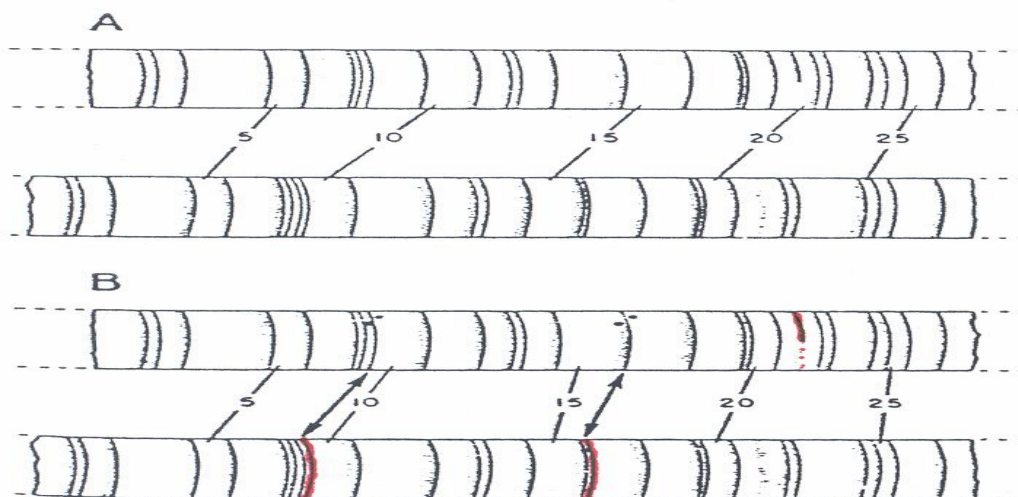
Základem pro studium vlivu rozličných faktorů na růst stromu je pochopení principu samotného růstu a vývoje dřevin. **Růstem** se rozumí zvětšování objemu sušiny spolu s nevratným zvětšením rozměru organismu. Podstatou je dělení a zvětšování buněk. Většinou je růst spojen s asimilací a fixací anorganických látek z okolního prostředí. Časové úseky růstu, které se v důsledku diferenciacie nových buněk z meristematických pletiv odlišují, nazýváme **vývojem**.

Růst nemusí vykazovat zákonitě kontinuální charakter. V našich zeměpisných podmínkách podléhá růst zejména **sezónnímu charakteru klimatu**.

Tloušťkový přírůst začíná na jaře nejdříve u **kruhovitě pórovitých dřevin**, ještě před samotným rašením listů a růst trvá cca 4,5 měsíce. Listnáče s **roztrošeně pórovitým dřevem** zahajují tloušťkový růst později a trvá asi 3,5 měsíce. **Jehličnany** by se daly rozdělit na borovici, douglasku a modřín - odpovídají růstu kruhovitě pórovitých dřevin a na smrk a jedli - obdoba s roztrošeně pórovitými dřevinami.

Buňky, které se tvoří v první polovině vegetačního období jsou **tenkostěnné** a široké (**jarní dřevo**). Z mechanického hlediska jsou výrazně měkčí. Ke konci vegetačního období se tvoří buňky silnostěnné, úzké, zploštěné (**letní dřevo**).

Jednotlivé roční přírůsty se označují **letokruhy** a jsou výsledkem přerušovaného tloušťkového růstu stromů v důsledku vegetačního klidu dřevin mírného a chladného pásma. Na základě odlišných anatomických vlastností jarního a letního dřeva se od sebe dají jednotlivé vrstvy odlišit zabarvením, a je možné okulárně vymezit letokruh, **jako vrstvu vytvořenou během jednoho vegetačního období**.



Příklad synchronizace dvou vývrtů.

Na horním A vývrtu je vidět shoda obou vývrtů až do 9 letokruhu, který se na spodním vývrtu projevuje jako velmi úzký. Pravděpodobně zde došlo k určité poruše. Na horním vývrtu také chybí velmi úzký 16 letokruh. Naopak 20 letokruh na horním vývrtu je zřejmě dvojitý a je vyznačen poloviční čárkou.

Po úpravě na dolní dvojici vývrtů jsou již letokruhy synchronizovány a každý pátý letokruh již proti části A dobře odpovídá.

Za nepříznivých podmínek (kolísání teplot, nedostatek srážek, poškození stromu biotickými činiteli) může dojít k tvorbě tzv. **nepravých letokruhů**. Ještě před začátkem růstu pozdního dřeva dojde k tvorbě malých silnostěnných buněk jako reakce na stresující faktor. Pokud extrémní situace pomine, vrátí se jedinec opět k tvorbě velkých tenkostěnných buněk.. U listnáčů tato situace nastává, když po holožírú následuje tzv. letní pučení nebo když po suchém létě následuje vlhký a teplý podzim.

Opačným případem jsou tzv. **chybějící letokruhy**. Jestliže se v daném roce nevytvoří příslušný letokruh, případně je extrémně malý, jedinec nepřirůstá v důsledku velmi špatných klimatických poměrů. Týká se to jedinců v podúrovni, stromů potlačených a odumírajících.

Dalším problémem je **mimostřednost dřene**. Zejména u dřevin rostoucích na svazích se dřeň nenachází v přesném středu kmene. Z vývrtnu, který neprotnul tuto část stromu nedokážeme přesně odvodit stáří zkoumaného jedince.

Stejně jako není tloušťkový **přírůst** stejný po obvodu kmene, mění se i **v různých výškách na kmene**. Se vzrůstajícím věkem se hodnota minimálního tloušťkového přírůstu posouvá výše po kmene.

Charakteristiky letokruhů

Stavba letokruhů a jejich šířka jsou závislé na

- druhu dřeviny,
- stanovištních podmínkách,
- věku jedince,
- sociálním postavení stromu v porostu,
- pěstebních opatřeních
- a poloze na kmene.

S přibývajícím věkem se absolutní hodnoty letokruhů snižují, mění se také poměr letního a jarního dřeva. Šířka letokruhů se mění také v závislosti na nadmořské výšce a zeměpisné šířce, které se navzájem kombinují. Rozhodující je vždy vliv nějakého extrémního klimatického faktoru..

Stavba letokruhů a jejich šířka jsou závislé na druhu dřeviny, stanovištních podmínkách, věku jedince, sociálním postavení stromu v porostu, pěstebních opatřeních a poloze na kmene.

S přibývajícím věkem se absolutní hodnoty letokruhů snižují, mění se také poměr letního a jarního dřeva.

Šířka letokruhů se mění také v závislosti na nadmořské výšce a zeměpisné šířce, které se navzájem kombinují.

Rozhodující je vždy vliv nějakého extrémního klimatického faktoru. V oblasti mírného pásma se hodnoty letokruhů se vzrůstající nadmořskou výškou snižují v důsledku snižující se průměrné teploty vzduchu. Naopak v oblastech aridních je limitujícím faktorem růstu množství srážek. S rostoucí nadmořskou výškou se zde hodnoty šířek letokruhů zvětšují.

U většiny hospodářsky významných dřevin se šířka letokruhu pohybuje v rozmezí 1-5 mm. Stromy s dobře vyvinutými korunami vykazují přírůsty 5-10 mm, topol až 15 mm. Šířka letokruhů po obvodu kmene je velmi proměnlivá, což souvisí s často mimostředně uloženou dřeň.

Mezi hlavní činitele ovlivňující rozložení tloušťkového přírůstu patří dřevina, věk, tvar koruny, sociologické postavení stromu v porostu, expozice, namáhání větrem, sněhem apod. Velký vliv hraje i sklon svahu.

U jehličnanů se na tzv. tlakové straně (u listnáčů na tahové) vytváří reakční dřevo jako požadavek na zvýšení stability jedince. Vyznačuje se větším podílem tvrdšího letního dřeva v letokruhu. Jednotliví činitelé působí na formování letokruhu vždy jako celek a nelze určit přesný podíl vlivu jednotlivých faktorů

Faktory ovlivňující růst dřevin :

- **biotické,**
- **abiotické,**
- **vnitřní (genetické).**

za nejdůležitější limitující faktory lze považovat klimatické

Jakýkoli faktor, vnitřní nebo vnější, který se stává pro kambium omezujícím, limituje i radiální růst rostliny. Jeden faktor prostředí může ovlivňovat různé rostlinné procesy a navíc sám může být ovlivněn působením jiného faktoru, jako je půdní vlhkost, teplota, intenzita radiace, fotoperioda atd. Většina fyziologicky působících faktorů shodně ve svém vlivu překračuje roky, ve kterých se přímo dějí růstové procesy.

Schopnost stromů reagovat na působení faktorů prostředí je velmi různorodá a odlišná. Věk kambia ovlivňuje intenzitu a frekvenci náhlých růstových změn. Mladé kambium, ať už na vrcholu starých stromů nebo na bázi mladých, vykazuje méně změn a je méně citlivé než ve vyšším věku. Roční tloušťkový přírůst je částečně determinován stavem zralosti jedince.

Odběr vzorků tloušťkového k vyhodnocení tloušťkového přírůstu na vybraných stromových jedincích buď z **tloušťkových vývrtů** na stojícím stromu (odebraných pomocí Presslerova nebozazu), nebo na **kmenových kotoučích**, z pokáceného kmene, které poskytují lepší a přesnější přehled o průběhu letokruhů. Nevýhody použití kmenových kotoučů spočívají zejména ve vyšších nákladech na odběr vzorků, nutnosti skácet strom, vyšší pracnost při jejich vyhodnocení. Na druhé straně je možné si vybrat vhodný směr pro měření letokruhů a vyvarovat se úsekům, které jsou deformovány nebo pro měření z jiného důvodu nevhodné.

Proměření šířek letokruhů

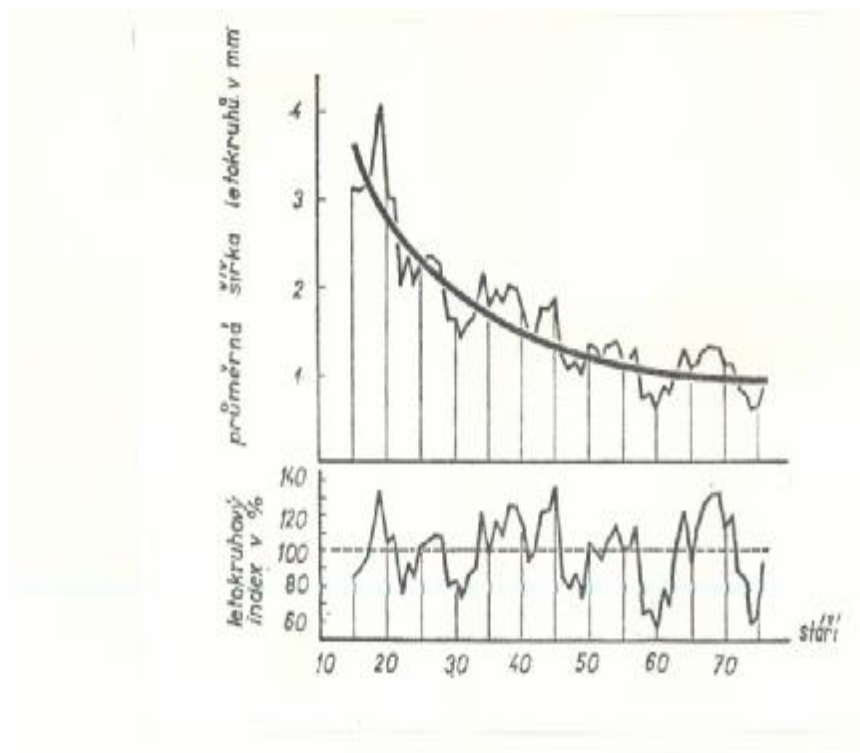
Odebrané vývrty se po jejich fixaci vlepením do dřevěných podložek a nebo jednotlivé kotouče je nutno před vlastním měřením vyhladit. Vlastní proměření tloušťek letokruhových řad lze provést jednak na obrazovém záznamu získaném např. naskenováním, nebo přímo měřicím přístrojem.

Znázornění sledu letokruhu

Nejjednodušším vyjádřením sledu letokruhů je číselná řada absolutních šířek letokruhů změřených na jednotlivých odebraných vzorcích.

Výhodnějším postupem je pak **zákres křivky** (lomené čáry jako spojnice bodů, které představují šířku letokruhů vyneseny jako pořadnice věku) s případným jejím vyrovnáním křivkou ideální.

Letokrhová křivka je grafické znázornění hodnot tloušťkového přírůstu pro jednotlivé roky na časové ose.



Vyrovnaní letokruhé křivky ideální růstovou křivkou (horní část) a křivka letokruhových indexů (spodní část)

Vynese-li se tato křivka do polologaritmického papíru (šířka letokruhů je znázorněna logaritmicky a věk lineárně) zvýrazní se tak minima šířek letokruhů (obvykle nejdůležitější pro synchronizaci) a zmenší se nepravidelnosti křivky včetně jejího poklesu ve vyšším věku.

Jiným způsobem je grafické znázornění **pomocí letokruhových indexů**. Letokruhovým indexem se rozumí procentický poměr skutečné hodnoty šířky letokruhů k hodnotě odpovídající průběhu průměrné (ideální) letokruhé křivky.

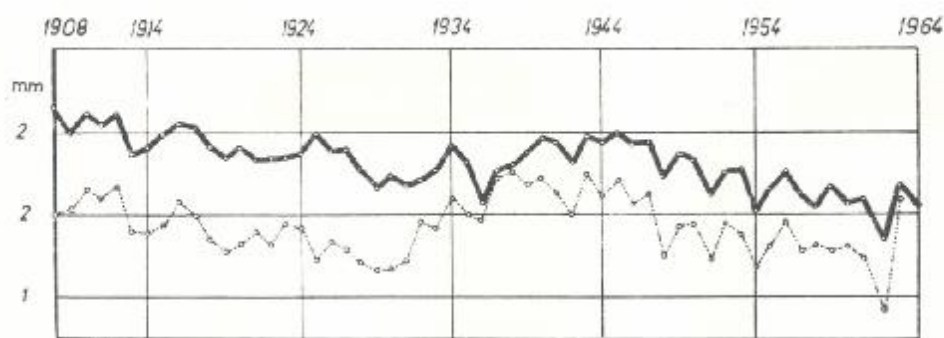
Základní metodou synchronizace byla, a vlastně dosud je, metoda okulárního porovnávání letokruhových řad. Spočívá v nalezení “ markantních bodů“

- výrazných maxim (mimořádně velké hodnoty tloušťkového přírůstu v určitém roce),
- nebo častěji minim (mimořádně nízké hodnoty tloušťkového přírůstu v určitém roce)

Protože je tento způsob **vizuální synchronizace** časově náročný a také zatížený značnou mírou subjektivního rozhodování je snahou tuto synchronizaci automatizovat a objektivizovat pomocí matematických a statistických metod, které využívají počítačů a velmi vyspělých statistických metod.

Obvyklým krokem při letokruhé analýze je vytvoření tzv. **letokruhé chronologie**, tj. letokruhé řady **bez věkového trendu**. V letokruhé chronologii (zpravidla **ve formě tzv. letokruhových indexů**) není zahrnut vliv věku a je proto možné objektivněji porovnat např.

vlivy prostředí. Celý tento proces se nazývá **standardizací** a spočívá v porovnání skutečných a modelových hodnot tloušťkového přírůstu



Příklad synchronizace letokruhové křivky (dolní křivka) s průměrnou letokruhovou křivkou (horní křivka). Šířky letokruhů jsou vyneseny v logaritmické stupnici. K lepšímu vzájemnému znázornění jsou pořadnice vzájemně posunuty.

Synchronizace sledu letokruhů

Je to porovnání a věkové odsouhlasení dvou nebo více letokruhových vzorků.

Nejjednodušším případem je synchronizace letokruhových vzorků odebraných ve stejnou dobu a z jednoho nebo více porostů s cílem získat reprezentativní hodnoty šířek letokruhů, na příklad pro jednotlivé stromové nebo tloušťkové třídy. V takovém případě je pak věk vzniku letokruhů u všech vzorků znám.

Složitější je vzájemná synchronizace letokruhových vzorků, jejichž věk znám není, nebo když synchronizace slouží k datování těchto vzorků podle letokruhového spektra již datovaného. Takováto synchronizace se uplatňuje především v aplikované dendrochronologii a sladění letokruhových vzorků je tím snadnější, čím výraznější jsou minima a maxima šířek letokruhů.

Velikost odchylek od průměrné šířky letokruhů udává **stupeň citlivosti dřevin a jejich stromových tříd** na vnější prostředí. Jednotlivé lesní dřeviny nereagují na změny stejně. Za **velmi citlivou dřevinu v našich evropských poměrech** se považuje **modřín**. Citlivými jsou i **rody Pinus a Picea**, méně pak listnáče.

Citlivost dřeviny je ovlivněna podmínkami prostředí a také postavením stromu v porostu.

Při výběru vzorníků zvláště pro dendroklimatologická šetření se doporučují **stromy předrůstavé nebo úrovněvé** u nichž šířka letokruhů tolik nezávisí na vývojových změnách porostní struktury a výrazněji se u nich projevují změny klimatické.

Pokud jde o **vliv prostředí**, ukázalo se, že nejcitlivěji reagují stromy tam, kde některý z klimatických faktorů je v minimu (teplota, srážky).

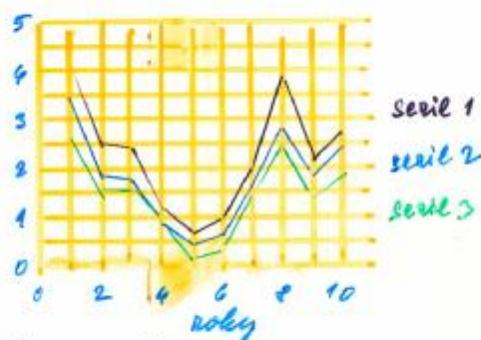
Křivky nemají stejný průběh, ale jsou si více či méně podobné. K posouzení stupně této podobnosti slouží **procento protiběžnosti**. Vyjadřuje relativně počet případů, kdy jednotlivé roční úseky dvou srovnávaných letokruhových křivek nemají stejný průběh, kdy tedy jedna stoupá a druhá klesá. Při použití série 50 letokruhů jsou omyly v datování celkem vyloučeny nepřekračující procento protiběžnosti hodnotu 20 až 30 %.

Datování letokruhových řád pomocí tří řádů provedení vychází z těchto předpokladů:

- v každém roce vzniká jedna letokruha
- letokruhové série, které vznikly za stejných podmínek vykazují stejný druh období úrodných a méně úrodných letokruhů

Rok	úrodnostní podmínky	Serie 1	Serie 2	Serie 3
1	výmladci	4,2	3,5	2,5
2	dobře	2,52	1,9	1,6
3	dobře	2,45	1,8	1,63
4	špatně	1,2	0,9	1
5	velmi špatně	0,7	0,5	0,2
6	špatně	1	0,7	0,4
7	dobře	2,05	1,7	1,5
8	výmladci	3,9	2,9	2,5
9	dobře	2,2	1,9	1,45
10	velmi dobře	2,8	2,5	1,9

Hodnoty tří simulovaných řád (údaj v mlu.)



Letokruhové křivky simulovaných 1, 2 a 3 series, které jsou dokonale synchronizovány.

1
1962

Větší je **podobnost letokruhových křivek** u jedné dřeviny než u dřevin různých druhů. Individuální kolísání se projevuje daleko více u jednotlivých křivek než u křivek průměrných. **Průměrná křivka** z dostatečně homogenního materiálu slouží za porovnávací základ a je jí možno považovat za standardní pro danou oblast a dřevinu.

Datování (crossdating)

Je to metoda, která umožní každému letokruhu přiřadit rok vzniku pomocí srovnání dvou a více letokruhových serií.

Datování letokruhových řad pomocí jejich srovnání vychází z těchto předpokladů:

- v každém roce vzniká jeden letokruh
- letokruhové serie, které vznikaly za stejných (nebo častěji srovnatelných) podmínek, vykazují stejný druh střídání úzkých a širokých letokruhů.

Zkoumá-li se vztah mezi šířkou letokruhu a faktory, které ovlivňují růst letokruhů, je nutné **znát rok vzniku letokruhu**. Jde o „**absolutní datování**“. Snadné je datovat letokruhy ze vzorků odebraných ze živých stromů nebo pokácených jejichž rok smýcení je znám.

Při datování vzorků dřeva jejichž doba vzniku je neznámá je k tomu nutný jiný již datovaný vzorek ze stejného období a nejlépe i ze stejné lokality.

Dosud žijící stromy zasahují svými nejstaršími letokruhy do více či méně vzdálenějšího letopočtu.

K prodloužení letokruhové chronologie do více či méně vzdálenějšího letopočtu slouží metoda **přemostění**. Přemostění je metoda synchronizace začátku letokruhové křivky (nejstarší letokruhy) dosud žijícího stromu s koncem letokruhové křivky dřevního vzorku pocházejícího z historického nálezů (dřevěná stavba apod.), který může opět navazovat na ještě starší vzorek.

Dendrometrie 2007 O b s a h

Použitá literatura	1
Náplň disciplíny	1
Dějinný vývoj dendrometrie	1
Dendrometrické veličiny	2
Základní dendrometrické veličiny	2
Stromové veličiny	2
Porostní	4
Měření veličin	4
Příprava měření - metody	4
Zpracování měření	5
Chyby měření	5
Zaokrouhlování veličin	6
Soustava měřících jednotek	6
Veličiny, jejich rozměry a symboly	7
Zjišťování dendrometrických veličin	8
Přímé	8
Pozorováním	8
Spočítáním	8
Měřením	8
Vážením	8
Nepřímé - bezkontaktní	9
Výpočtem	9
Odhadem	9
Převzetím	9
Celoplošné	10
Výběrové (reprezentativní)	10
Tvarové charakteristiky stromu	11
Příčné průřezy kmenem	11
Podélný průřez kmene	12
Charakteristiky podélného tvaru kmene	12
Kmenový profil	12
Tvarový kvocient	12
Tvarová řada	12
Sbíhavost kmene	14
Štíhlostní koeficient	14
Výtvarnice	15
Stanovení rozměru při stereometrickém kubírování	18
Měření délky	18
Měření tloušťky	18
Stereometrické stanovení objemu pokácených stromů a jejich částí	18
Podle účelu použití	19
Podle způsobu měření	19
Měření sortimentů na ležícím kmeni	19
Podle účelu použití	19
Podle způsobu měření	19
Kubírování kulatiny	20
Jednoduché kub. vzorce	20
Kubírování podle sekcí	20

Určení tloušťky a objemu kůry	22
Metody kubírování tyčoviny	22
Kubírování nehroubí a větví	23
Kubírování rovnaného dříví	23
Dendromasa stromů a její stanovení	23
Chyby a přesnost kubírování podle Hubera	24
Kubírovací tabulky-	27
Převodní čísla objemu rovnaného dříví	27
Fyzikální způsoby stanovení objemu dříví	30
Xylometrický	30
Hydrostatický	30
Vážením	30
Měření a určení objemu stojícího stromu	33
Metodické postupy stanovení objemu kmene	33
Tloušťka stromu - definice	33
Pomůcky a způsoby měření tloušťky	33
Výška stromu - definice	33
Výškoměry a způsob měření výšky	33
Objem stromu	38
Huberova metoda	38
Pomocí Presslerovy úměrné výšky	38
Metoda výtvarnic a výtvarnicových výšek	39
Metoda objemových rovnic a objemových tabulek	39
Metoda okulárního odhadu	41
Odhadní vzorce	41
Porostní veličiny	42
Lesní porost	42
Stanovení charakteristik vnitřní struktury porostu	43
1. Zakmenění porostu	43
Výpočet	43
Odhad	44
Stanovení parciální plochy etáže	45
2. Zastoupení dřevin	48
Výpočet	48
Odhad	48
3. Korunový zápoj	49
4. Věk	49
Stromu	49
Porostu	50
Věkové stupně a věkové třídy	51
5. Vývojová stadia porostu	51
6. štíhlostní koeficient porostu	51
7. Tloušťková struktura porostu	52
Polygon četností	52
Střední tloušťka porostu	54
Výpočet	54
Odhad	54
Horní tloušťka porostu	56

8. Výšková struktura porostu	56
Výškový grafikon	57
Graficko početní vyrovnání	57
Matematické vyrovnání	60
Střední výška porostní	60
Horní výška porostní	61
Sytém jednotných výškových křivek	61
9. Bonita	62
Bonitní systém absolutní	63
Bonitní systém reletivní	63
Stanovení dřevní zásoby porostu	64
Přímé metody	64
Metoda celoplošného průměrkování	64
Měření tlouštěk	64
Měření výšek	65
Výpočet zásoby porostu	65
1) Metoda objemových tabulek	69
2) Metoda jednotných objemových křivek (JOK)	69
3) Vzorníkové metody	78
Výběrová metoda zkusných ploch	81
1) Kruhové zkusné plochy	84
2) Pásové zkusné plochy	90
3) Relaskopické zkusné plochy	93
Nepřímé metody stanovení zásoby porostu	107
Metoda kvalifikovaného odhadu pomocí taxačních tabulek	107
Taxační tabulky	107
Růstové tabulky	109
Okulární odhad porostní zásoby	112
Odhadní vzorce	112
Růst a přírůst stromů a porostů	114
Růst stromů a porostů – obecné zákonitosti	114
Určování přírůstu stromových dendrometrických veličin	119
Výškový přírůst	119
Tloušťkový přírůst	119
Přírůst na kruhové základně	121
Změna tvaru kmene	122
Objemový přírůst	122
Na stojícím stromu	122
Na poraženém stromu	123
Metoda jednoduchého Hubrova vzorce	123
Přírůstová analýza kmene	123
Plná analýza	123
Zkrácená anlýza	127
Růstový a přírůstový proces porostu	127
Porostní přírůsty běžné	127
Porostní přírůsty průměrné	127
Metody určení běžného objemového porostního přírůstu	131
1) Metoda růstových tabulek	131
2) Metoda přírůstového vzorníku	132

3) Metoda opakované inventarizace evidence těžby	132
3a) Klasická kontrolní metoda	133
3b) Výběrná kontrolní metoda	134
4) Metoda jednotkových objemových přírůstů (tarifových diferencí)	134
4a) Určení Iv po tloušťkových stupních (stejnověké porosty)	135
4b) Určení Iv podle tloušťkových stupňů (výběrné porosty)	136
4c) Určení Iv globálně pro celý porost (Stejnověké porosty)	136
5) Metoda přírůstového procenta	137
Metodické postupy stanovení tloušťkového přírůstu v porostu	138
Dendrochronologie	140
Praktické aplikace	140
Růst jednotlivých složek kmene	140
Tloušťkový růst dřevin	142
Vyhodnocení šířek letokruhů	144