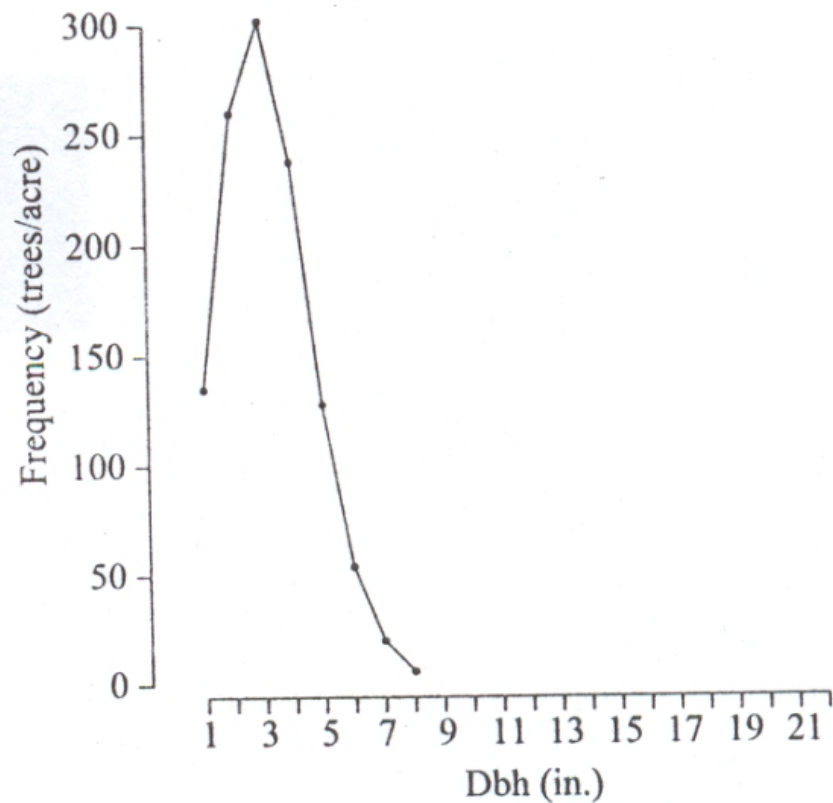


TLOUŠŤKOVÁ A VÝŠKOVÁ STRUKTURA A JEJÍ MODELOVÁNÍ

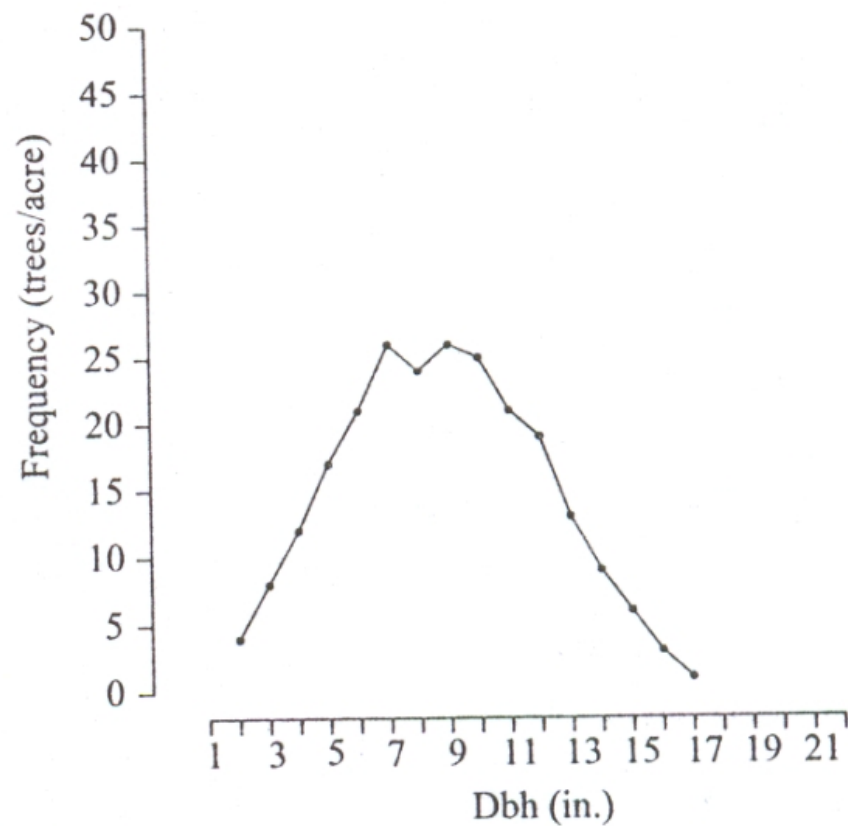
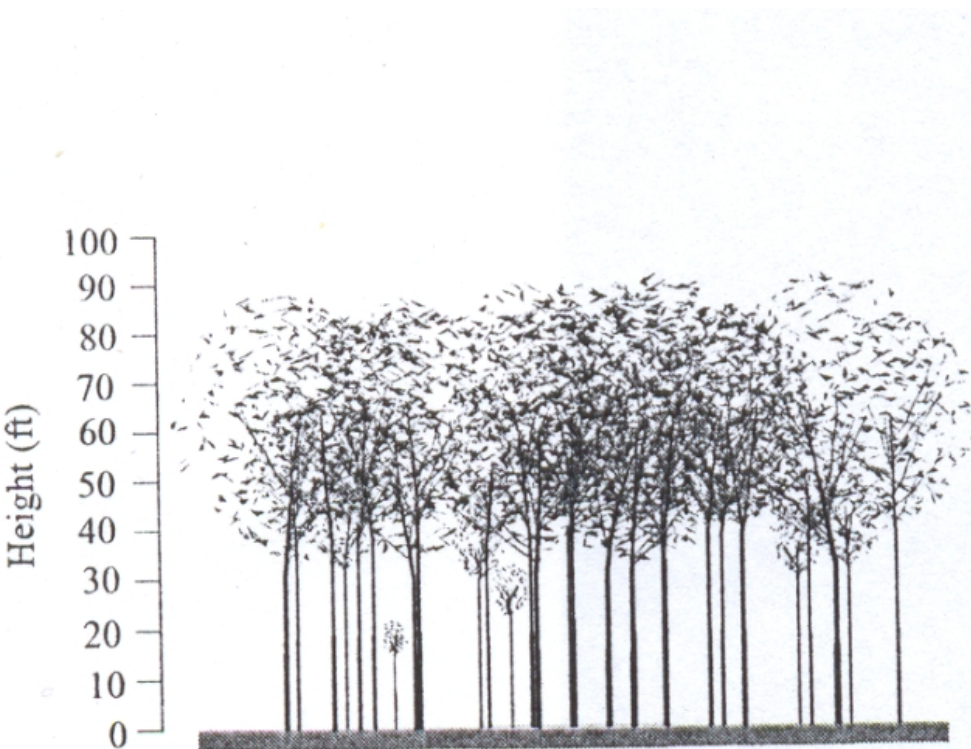
Vlastnosti tloušťkové struktury porostu

- tloušťky mají vyšší variabilitu než výšky
- světlo milné dřeviny mají křivku početností tlouštěk špičatější a s menší variabilitou než dřeviny stín snášející
- se vzrůstajícím věkem se frekvenční křivka posouvá doprava, je plošší (modální četnost je nižší) a má vyšší variabilitu
- frekvenční křivky mají tendenci být spíše levostranné (zvláště u mladších porostů)
- frekvenční funkce tlouštěk se vyrovnávají např. Charlierovou A – funkcí, Beta - funkcí, Weibullovou funkcí, funkcí normálního a logaritmicko - normálního rozdělení

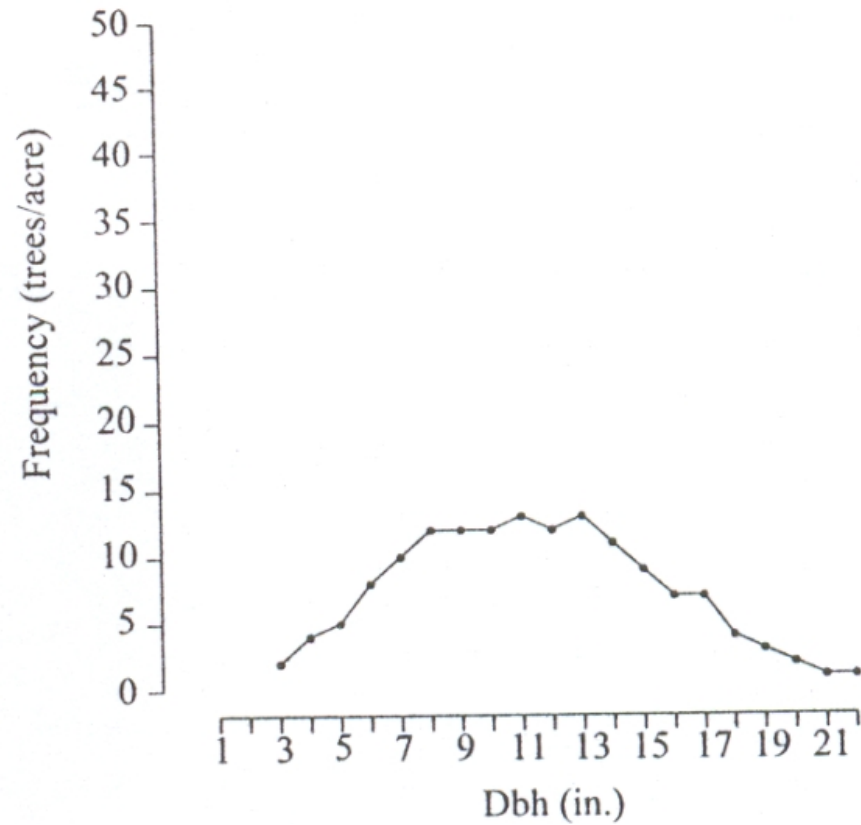
Vlastnosti tloušťkové struktury porostu



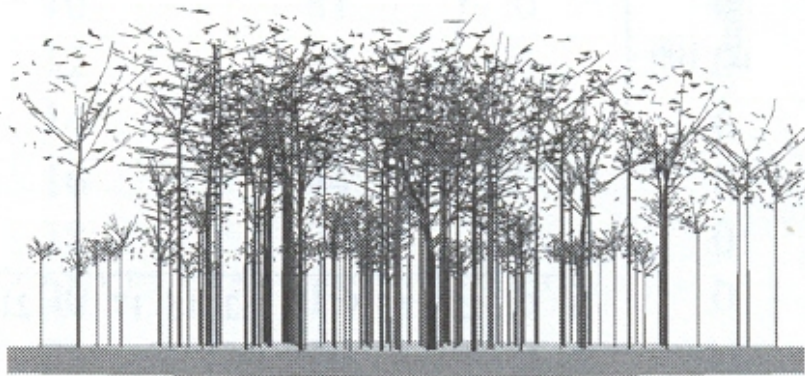
Vlastnosti tloušťkové struktury porostu



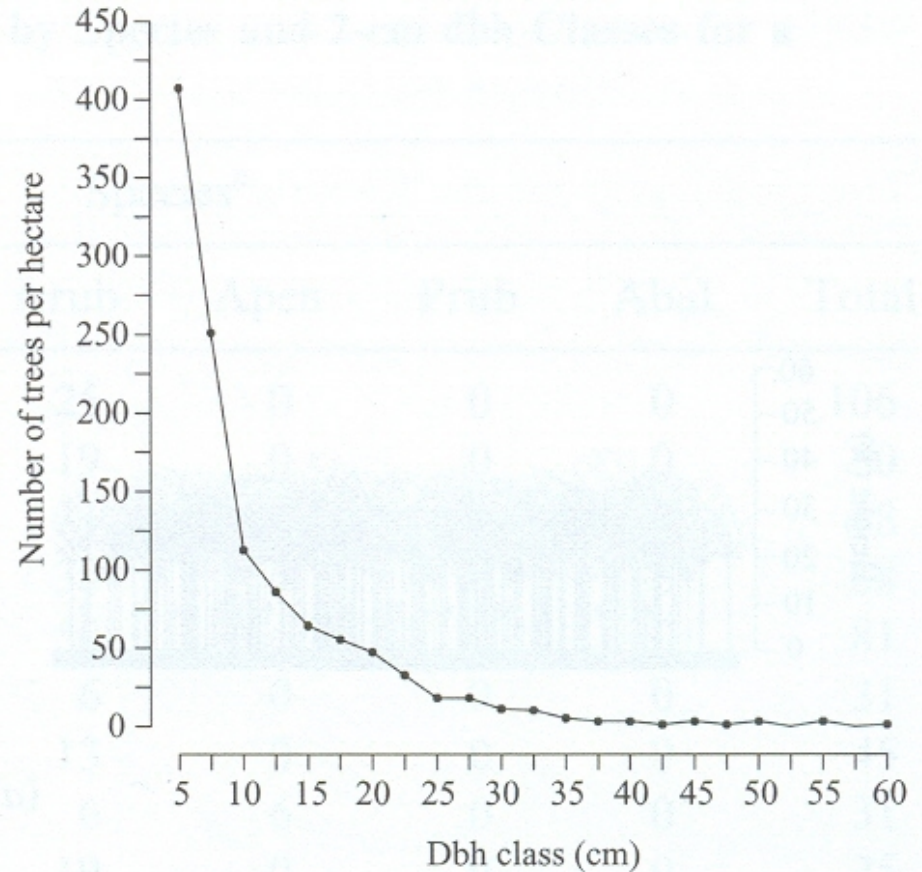
Vlastnosti tloušťkové struktury porostu



Vlastnosti tloušť'kové struktury porostu

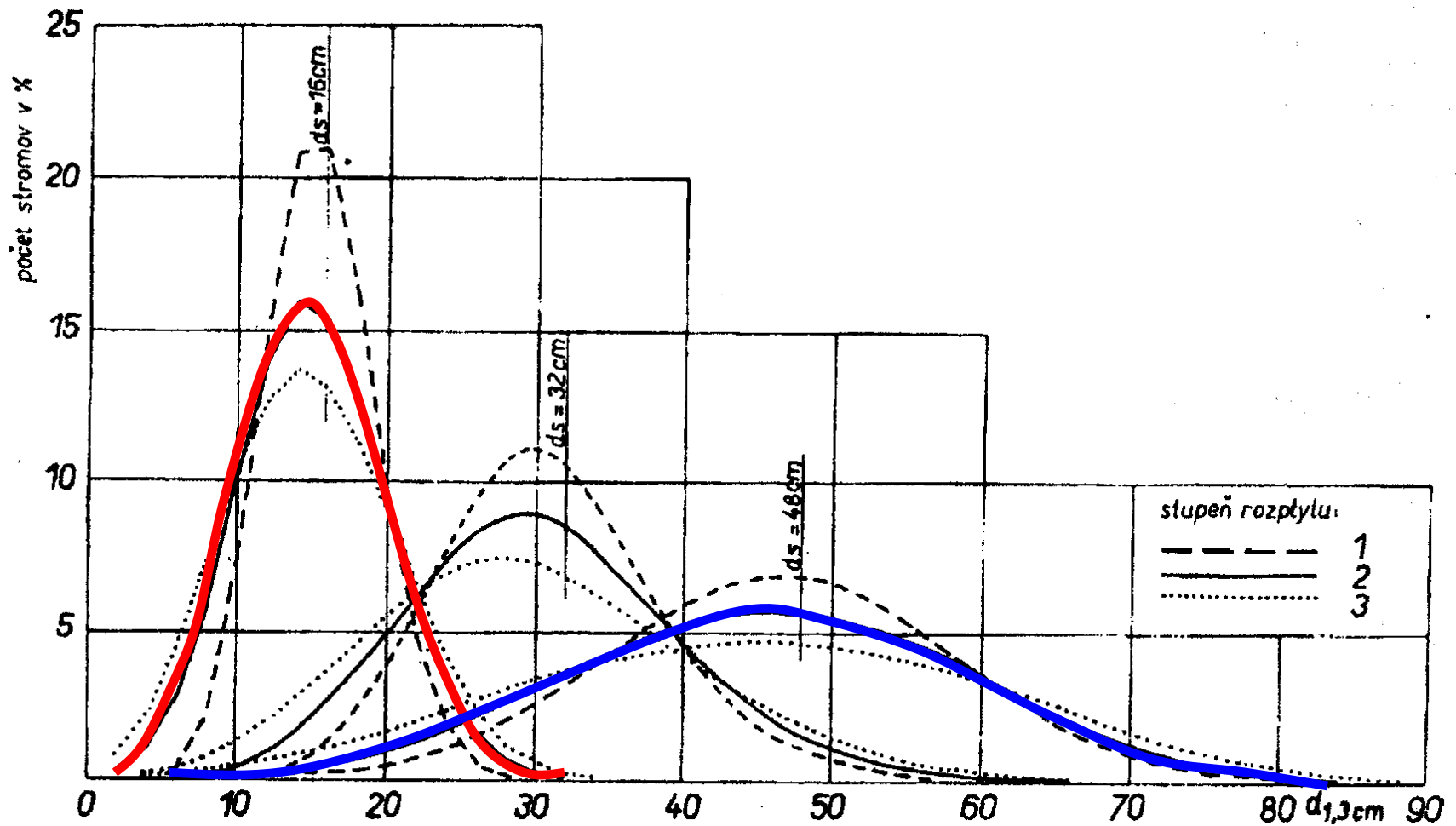


(a)



(b)

Vlastnosti tloušťkové struktury porostu

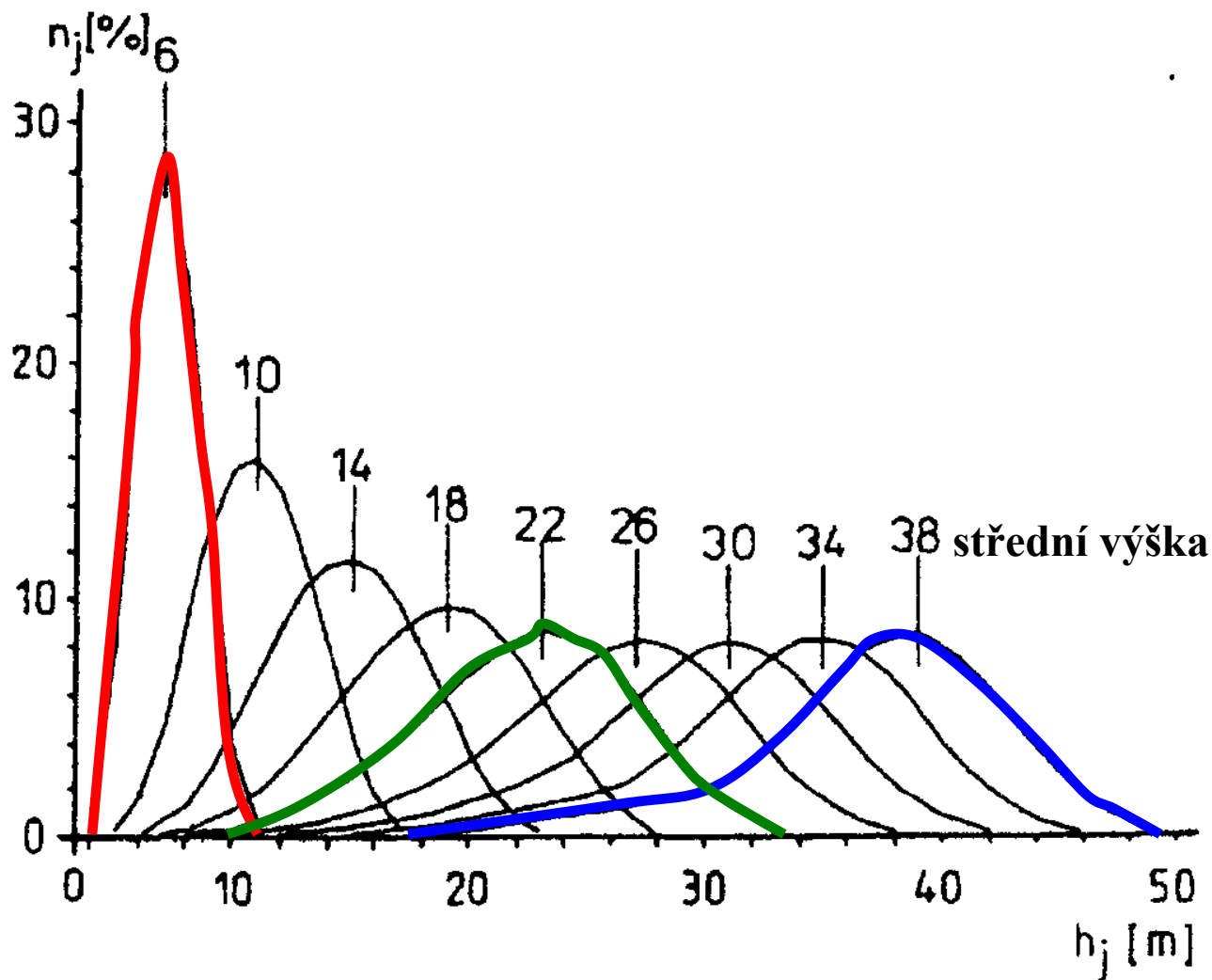




Vlastnosti výškové struktury porostu

- variabilita výšek je obvykle menší než variabilita tloušťek,
- mezi výškou a tloušťkou stromů je obvykle těsný korelační vztah,
- pro výšky jsou typičtější pravostranná rozdělení,
- se zvyšujícím se věkem se křivky rozložení četností výšek
 - posouvají doprava,
 - stávají se více pravostrannými,
 - zvyšuje se jejich variabilita,
 - zmenšuje se modální četnost.

Vlastnosti výškové struktury porostu





Obecný tvar modelu tloušťkové struktury

$$n_i = N * B * f(d_i)$$

- n_i počet stromů daného tloušťkového stupně d_i
 N celkový počet stromů
 B šířka tloušťkového stupně
 $f(d_i)$ teoretická frekvenční funkce



Často používané modely tloušťkové struktury

- **Normální**
- **Lognormální**
- **Beta**
- **Weibullovo**
- **další (např. Gamma nebo Johnsonovo)**



Normální rozdělení

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2} \right]}$$

pro $x \in (-\infty, \infty)$ a pro $\sigma > 0$, kde je

σ směrodatná odchylka,

μ střední hodnota.

Normální rozdělení

Upravený vzorec pro výpočet rozdělení četností

$$n(N)_i = \frac{N}{\sqrt{2\pi} \cdot S_{x(i)}} \cdot e^{-\frac{(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{2S_x^2}}$$

$$S_{x(i)} = \frac{S_x}{h}$$

směrodatná odchylka v třídních jednotkách
(h – třídní interval)

Logaritmicko – normální rozdění

Má-li náhodná veličina X logaritmicko-normální rozdění, má veličina $Y = \ln X$ rozdění normální.

Levostranné rozdění vhodné pro modelování rozdění především mladých porostů s převažujícími slabšími stromy

$$n(LN)_i = \frac{N}{\sqrt{2\pi} \cdot s_{yi}} \cdot e^{\left[-\frac{(\bar{y}_i - \bar{y})^2}{2 \cdot s_y^2} \right]}$$

$$s_{yi} = \frac{s_y}{\ln \left(\bar{x}_i + \frac{h}{2} \right) - \ln \left(\bar{x}_i - \frac{h}{2} \right)}$$



Beta funkce

$$f(x) = c(x - h_1)^a \cdot (h_2 - x)^b$$

h_1 je levá hranice první třídy tříděného empirického souboru

h_2 je pravá hranice poslední třídy tříděného empirického souboru.

a, b, c parametry modelu

Výpočet parametrů Beta rozdělení viz dokument „Důležité modely tloušťkové a výškové struktury“

Beta rozdělení je velmi pružné a dobře vyrovnává různé tvary rozdělení tlouštěk – např. jednovrcholové symetrické ($\alpha = \beta > 1$), levostranné ($\beta > \alpha > 1$), pravostranné ($\alpha > \beta > 1$) i klesající ($\alpha \leq 1 \leq \beta$).

Weibullovo rozdělení

$$f(x) = \frac{c}{b} \left\{ \left(\frac{x-a}{b} \right)^{c-1} \cdot e^{-\left(\frac{x-a}{b} \right)^c} \right\}$$

- a* parametr polohy, vyjadřující dolní hranici rozdělení (obvykle minimální tloušťkový stupeň),
- b* parametr měřítka ($b < 0$),
- c* parametr tvaru (rozdělení klesající při $c < 1$; souměrné pro $c \cong 3,6$; levostranné pro $1 < c < 3,6$; pravostranné pro $c > 3,6$).



Weibullovo rozdělení

Výpočet parametrů Weibullova rozdělení viz dokument
„Důležité modely tloušťkové a výškové struktury“



Testování shody modelu a dat

Používáme testy shody rozdělení, např. **Kolmogorov-Smirnovův test**

Testuje se **hypotéza „Experimentální (n_e) a modelové (n_o) četnosti se liší pouze náhodně.“**

$$D_1 = \frac{1}{n} \cdot \max |N_{ei} - N_{oi}|,$$

N_{ei} N_{oi}
 n

$\max | \cdot |$

značí hodnoty třídních součtových četností,
rozsah celého souboru

maximální absolutní hodnotu rozdílu součtových
četností experimentálního a modelového rozdělení



Testování shody modelu a dat

Veličina D_I má speciální rozdělení, závislé na rozsahu výběru n . Kritické hodnoty D_I pro $\alpha = 0,05$ a $0,01$ jsou pro $n \leq 40$ tabelovány. Pro $n > 40$ se počítají podle přibližného vzorce

$$D_{1,\alpha} \doteq \frac{1}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{-\frac{1}{2} \ln \frac{\alpha}{2}}$$



Hledání nejvhodnějšího modelu

Princip:

- vycházíme z měření výběrového souboru tloušťek
- hledáme nejvhodnější teoretický model (tj. takový model, který nejlépe popisuje naměřená data)

Provedení:

- pro modelová rozdělení, která považujeme za nejlepší, spočítáme parametry
- shodu s daty testujeme testy shody rozdělení (např. Kolmogorov-Smirnovův test)

Metody výpočtu tloušťkové a výškové struktury

- metody založené na přímém měření tlouštěk nebo výšek stromů v porostu a tedy na získání výběrového souboru v analyzovaném porostu
- metody typu **PPM (parameter prediction methods)** – parametry předpokládané distribuční funkce jsou predikovány pomocí regresních vztahů těchto veličin s veličinami porostními
- metody typu **PRM (parameter recovery methods)** – zde se parametry distribuční funkce stanovují z regresních vztahů mezi porostními veličinami a určitými momenty nebo percentily daného rozdělení
- „přiřazovací“ metody (**imputation methods**) zahrnuje využití distribučních funkcí pro podobné porosty

Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

- **model D a H struktury buku na lokalitě Sedmidvory (Jeseníky);**
- **na základě testování experimentálních rozdělení četností tloušťek bylo jako nejvhodnější modelové rozdělení vybráno normální rozdělení;**
- **modelování vztahů mezi jeho parametry (aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou) a snadno stanovitelnými porostními veličinami (střední tloušťka a výška, AVB, věk, horní výška);**
- **nejtěsnější korelaci vykazovala závislost parametrů na věku, proto byla tato veličina vybrána jako základní pro další vývoj modelu tloušťkové a výškové struktury.**



Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

$$n(N)_i = \frac{N}{\sqrt{2\pi} \cdot S_{x(i)}} \cdot e^{-\frac{(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{2S_x^2}}$$

pomocí snadno měřitelných porostních veličin modelujeme parametry normálního rozdělení (průměr \bar{x} a směrodatnou odchylku S)



Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

Rovnice závislosti parametrů na věku:

$$\bar{x} = 4,549 - 0,24 \cdot t \quad r = 0,979$$

$$S = -3,729 - 0,243 \cdot t - 0,001103 \cdot t^2 \quad r = 0,943$$

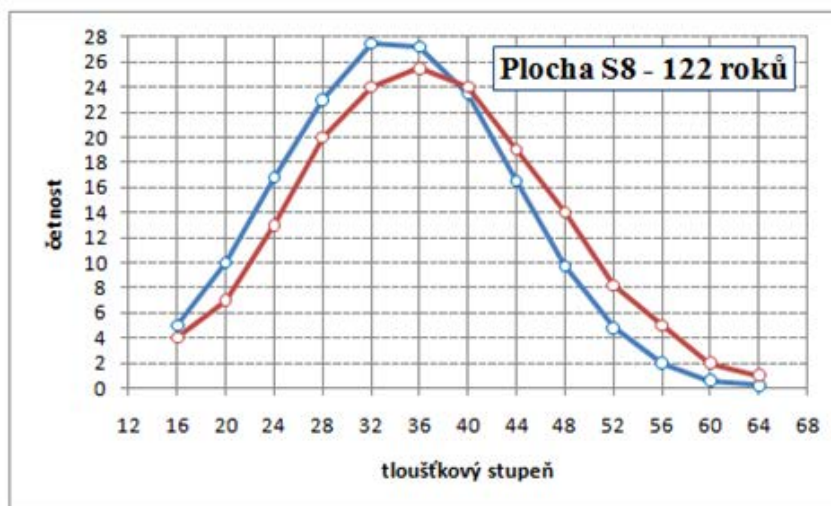
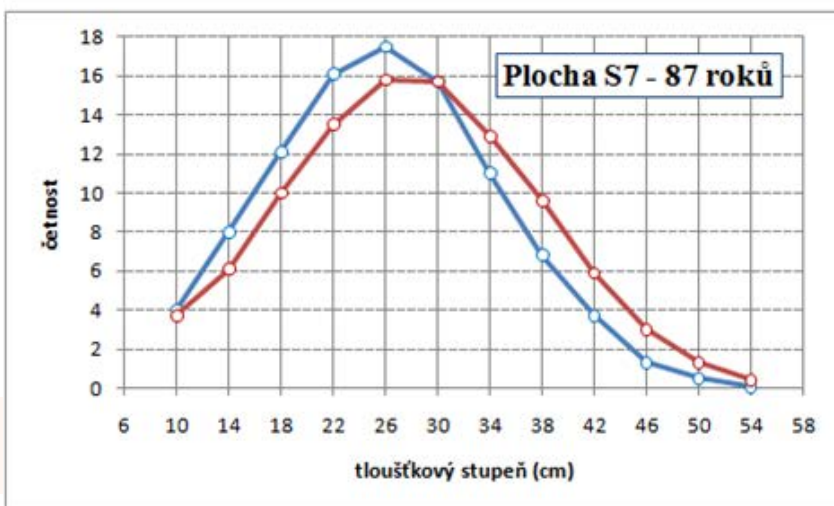
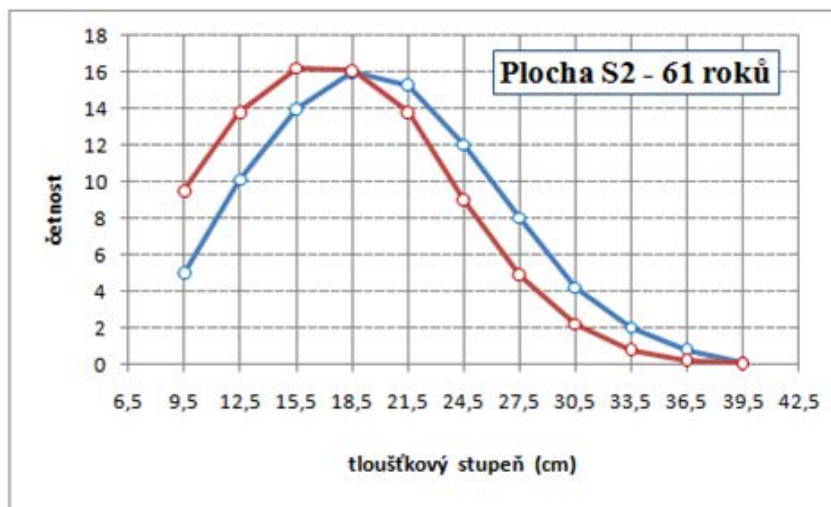
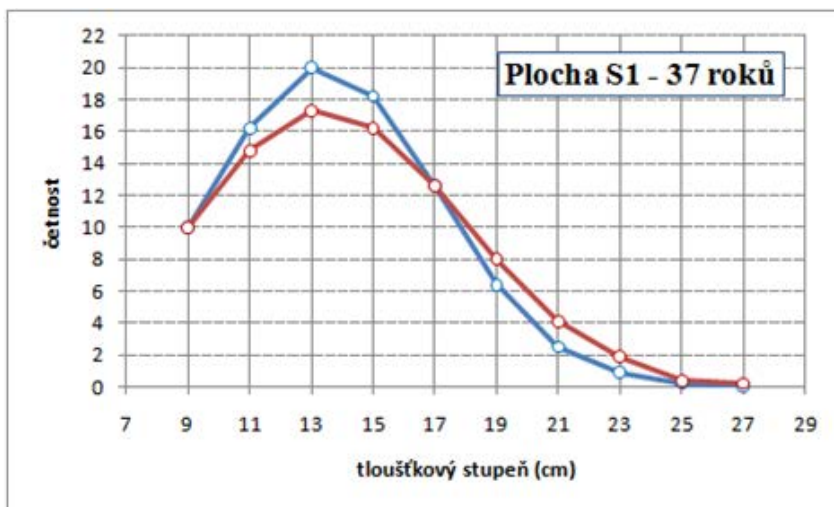
Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

Výsledný model pro tloušťkovou strukturu:

$$n_i = \frac{N}{\sqrt{2\pi} \cdot \left(\frac{-3,729 - 0,243 \cdot t - 0,001103 \cdot t^2}{h} \right)} \cdot e^{\left[\frac{(\bar{d}_i - 4,549 + 0,24t)^2}{2 \cdot (-3,729 - 0,243 \cdot t - 0,001103 \cdot t^2)^2} \right]}$$

Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

Porovnání měřených dat a modelových dat:



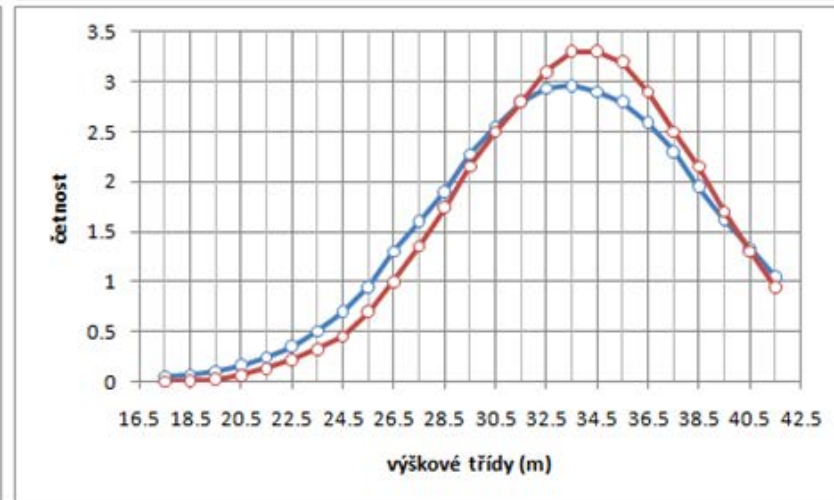
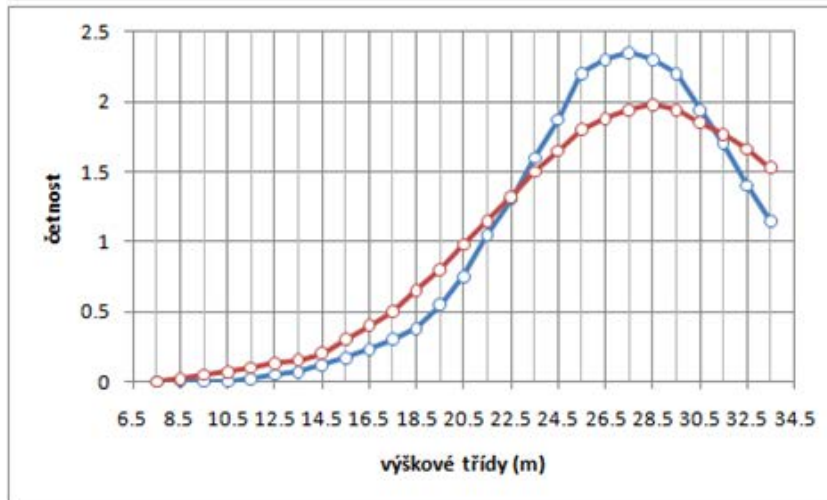
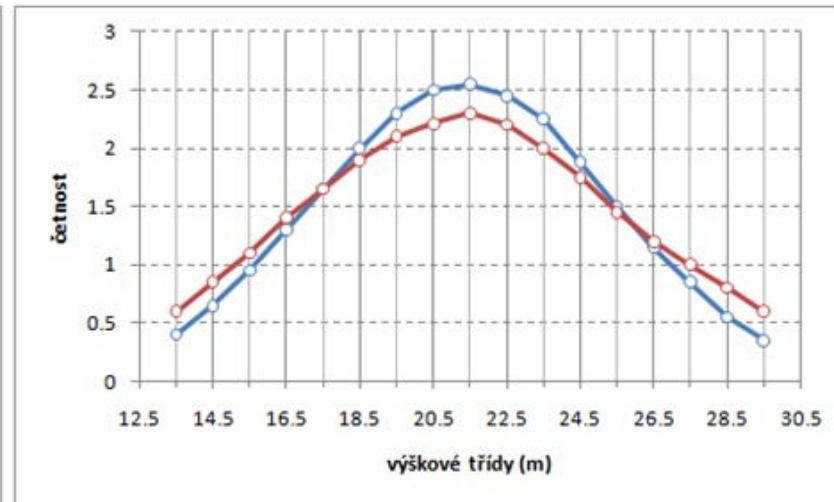
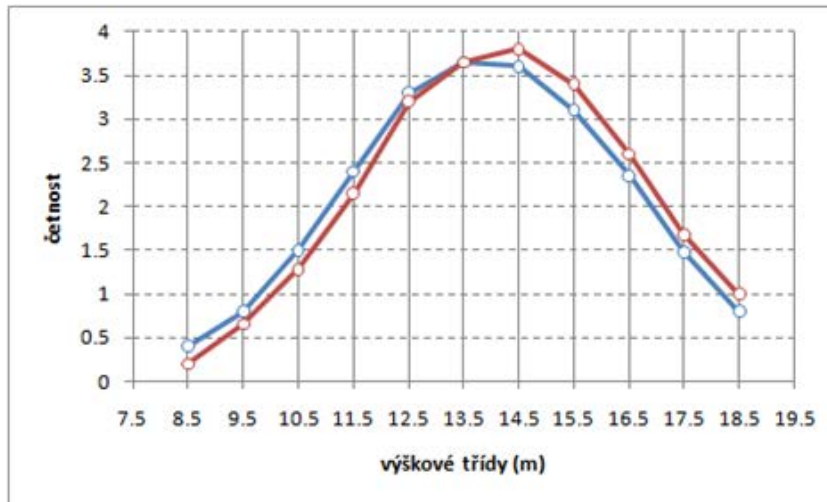
Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

Výsledky Kolmogorov-Smironovova testu pro srovnání rozdělení vypočítaného z experimentálních dat tloušťek a na základě simulace pomocí věku. Ve všech případech se nulová hypotéza o shodě rozdělení nezamítá.

Kolmogorov - Smirnovův test	Plocha			
	S1	S2	S7	S8
testové kritérium	0,070	0,120	0,088	0,093
kritická hodnota	0,146	0,145	0,137	0,105

Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

Porovnání modelu a měřených hodnot pro H strukturu





Příklad modelování D a H struktury pomocí PPM metody

Výsledky Kolmogorov-Smironovova testu pro srovnání rozdělení vypočítaného z experimentálních dat tlouštěk a na základě simulace pomocí věku. Ve všech případech se nulová hypotéza o shodě rozdělení nezamítá.

Kolmogorov - Smirnovův test	Plocha			
	S1	S2	S7	S8
testové kritérium	0.039	0.034	0.070	0.055
kritická hodnota	0.280	0.270	0.265	0.221