

# MAREK FABRIKA

and the

Hospodárska úprava lesov II – MODELOVANIE

*Science is adventure*

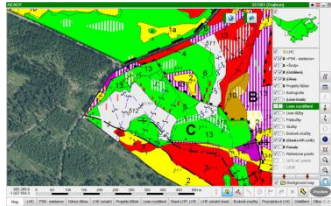
# Hospodárska úprava lesov v priestore činností

## inventarizácia

### Stav lesa

(východisko pre plán):

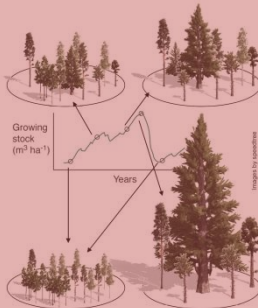
- kategorizácia a typizácia lesa
- priestorová úprava lesa
- mapovanie lesa
- komplexné zisťovanie stavu lesa
- taxácia lesa
- oceňovanie lesa
- indikácia ekosystémových služieb



## modelovanie

### Prognóza (trajektória) lesa (mantinely a zásady plánu):

- druhy lesa
- časová úprava lesa
- rastové modely
- modely lesa
- hospodárske spôsoby a formy
- modely hospodárenia



## plánovanie

### Tvorba plánu:

- ťažbová úprava lesa
- strategické plánovanie
- taktické plánovanie
- operatívne plánovanie
- optimalizácia



## vykonávanie

### Naplňovanie plánu:

- odborné hospodárenie
- lesná hospodárska evidencia
- odchýlky od plánu



Číslo	Objekt	Objektový kód	Objektový názov	Objektový popis	Objektový dátum	Objektový stav	Objektový typ
1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10

## kontrola

### Dodržiavanie plánu:

- štátna správa LH
- legislatívne rámce
- kontrolné metódy
- fázové výrobky
- druhy kontroly
- Zelená správa
- certifikácia



# Druhy lesa



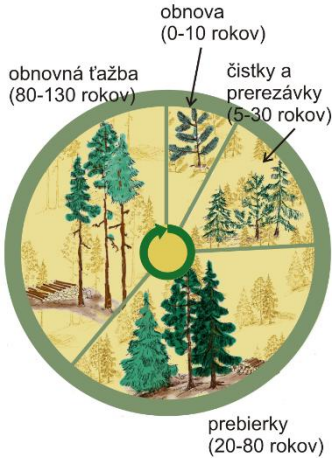
les môže mať rôzny charakter, pričom charakter lesa je najdôležitejšia črta, ktorá ovplyvňuje jeho modelovanie

Pestovanie lesa, Ekológia lesa, Dendrometria, Náuka o produkcii ...

## Les vekových tried (rovnoveký)



## Les hrúbkových tried (rôznoveký)

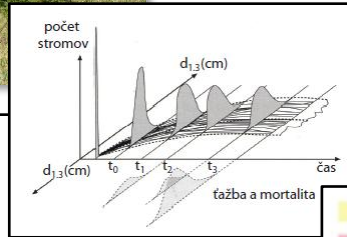
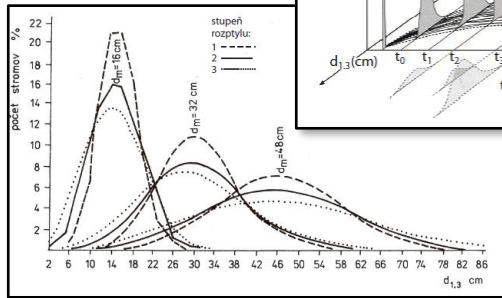


výberkové lesy

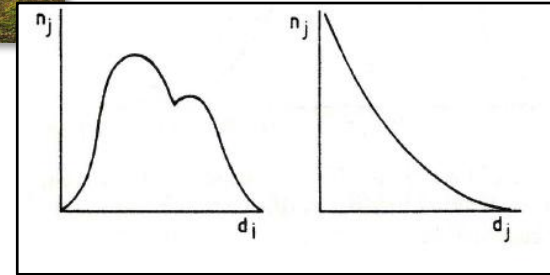
trvalo viacetážové porasty

mozaikové porasty

PBHL

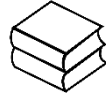


- 1 - 20 rokov
- 21 - 40 rokov
- 41 - 60 rokov
- 61 - 80 rokov
- 81 - 100 rokov
- 101 - 120 rokov
- nad 120 rokov



# Druhy lesa

**Monokultúry** (rovnorodé)  
zložené z jednej dreviny (> 99%)



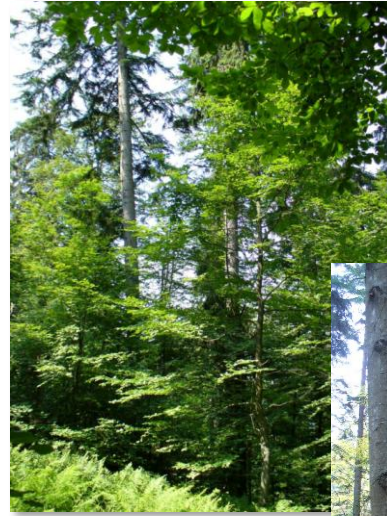
umelé



prirodzené

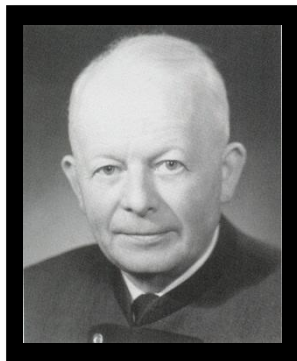


**Zmiešané porasty** (rôznorodé)  
zložené z viacerých drevín

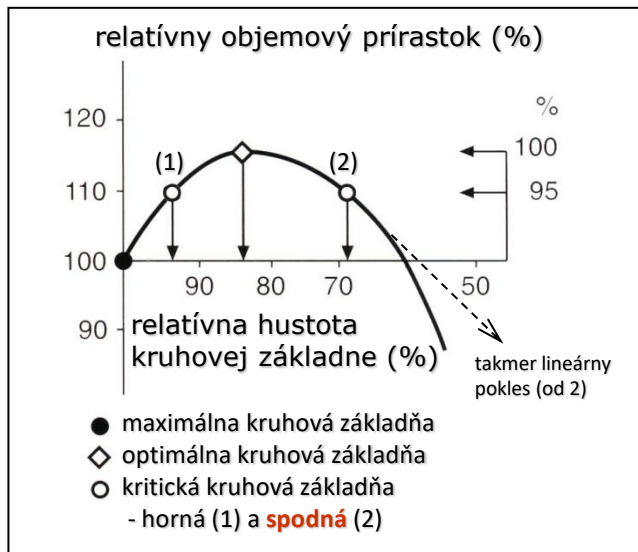


napr.  
jedľovo bukové,  
smrekovo-jedľovo  
bukové  
(tzv. karpatská  
zmes)

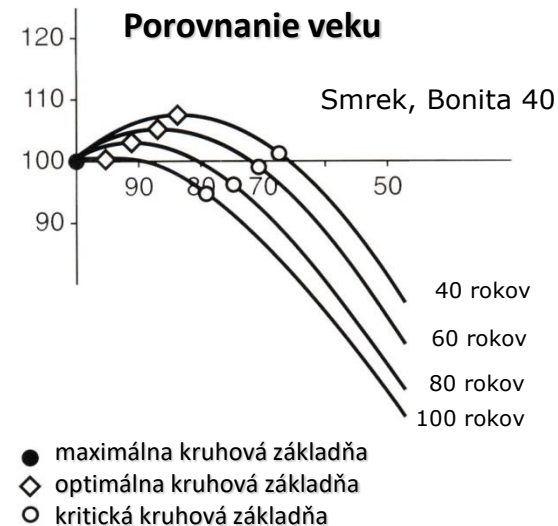




## Assmannova teória kruhovej základne



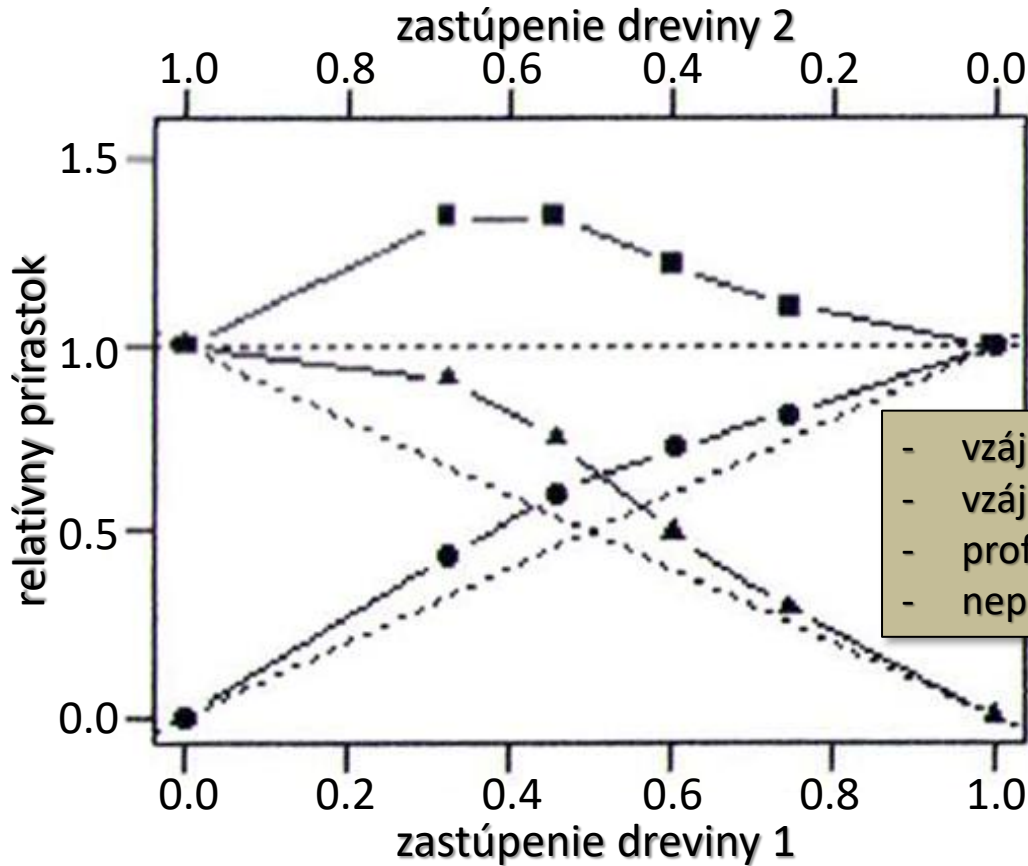
## Rovnoveké rovnorodé porasty



# Druhy lesa



Pretzschova  
teória  
efektu  
zmiešania

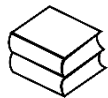


Zmiešané porasty

- drevena 1
- ▲ drevena 2
- zmiešaný porast

- vzájomný profit
- vzájomný deficit
- profitujúci jednostranný deficit
- neprofitujúci jednostranný deficit





## Vysoký les



obnova zo semena

(prirodzené zmladenie zo semena alebo umelá obnova cez semenáčky a sadenice)

## Nízky les



obnova z výmladkov

(typicky dub a hrab)

Hospodársky tvar

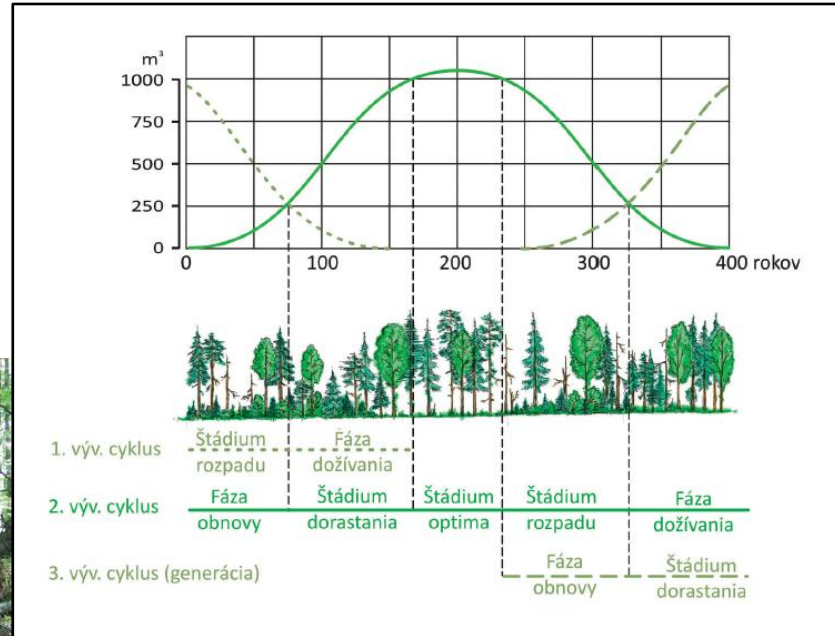
Združený les

kombinácia



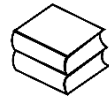
## Prírodný les

- pôvodné alebo jemu blízke druhové zloženie
- diferencovaná priestorová výstavba
- značné vekové a hrúbkové členenie
- mohol byť v minulosti ovplyvnený tzv. túlavou ťažbou jednotlivých stromov alebo občasnou pastvou
- prírodné zákonitosti vlastné pôvodným pralesom



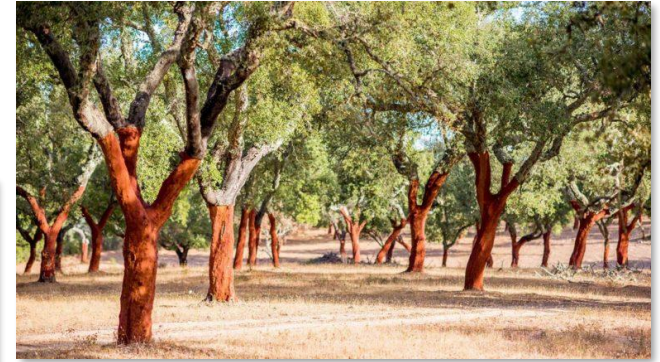
## Prales

- vrchol prírodného lesa
- jedince sa cez vzájomnú látkovú výmenu dlhodobo vzájomne úzko ovplyvňujú
- dlhodobo bez zásahu človeka
- najvyspelejšia a najzložitejšia geobiocenóza, aká môže vôbec vzniknúť a trvalo sa udržať
- klimax



## Plantáž

lesný porast tvorený jedným druhom alebo dvomi druhmi drevín s pravidelným rozstupom a rovnakým vekom, s maximálnou produkčnou funkciou, z ktorej úžitky sa využívajú na priemyselné použitie; nachádzajú sa spravidla na stanovištiach s vysokým produkčným potenciálom (napr. topoľové, vrbové, prípadne borovicové plantáže alebo plantáže vianočných stromčekov)



## Pasienok

porast s prevažne bylenným nízkym vegetačným krytom, slúžiaci predovšetkým ako zdroj potravy poľnohospodárskych zvierat, ako sú kravy, ovce, kozy, kone a ďalšie



## Otvorený les

vegetačný typ s mierne vysokými stromami a primerane otvoreným zápojom, ktorý prepúšťa dostatok svetla



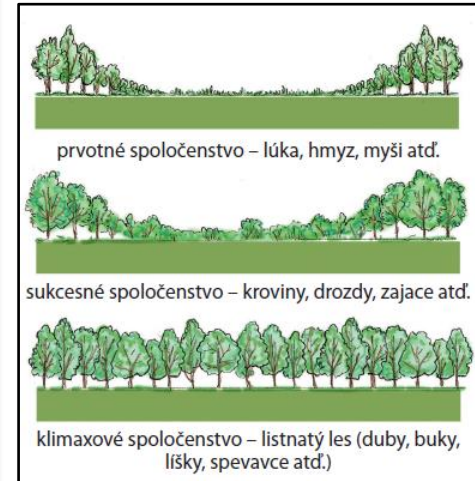
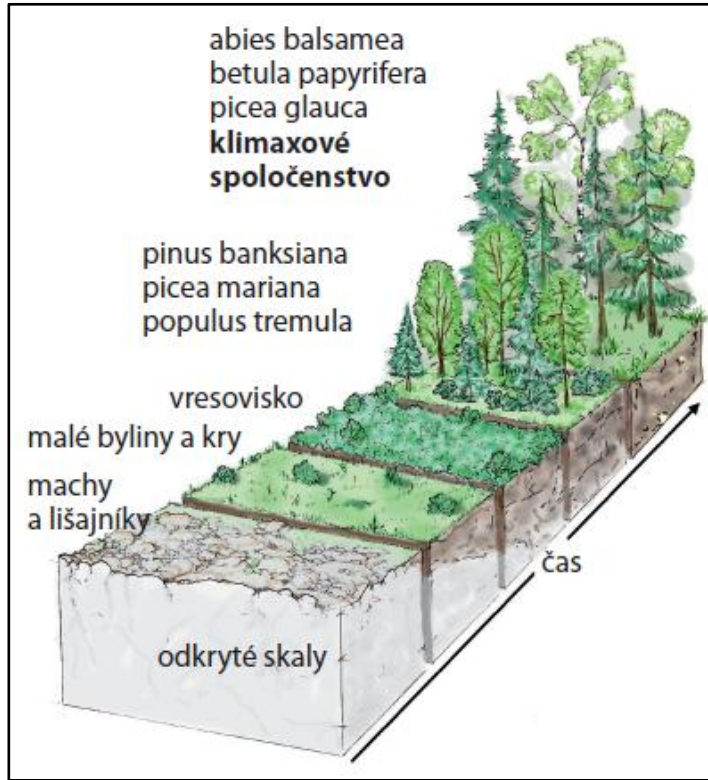
## Sukcesné štádiá lesa a klimax

**Sukcesia** je ekologická postupnosť, t.j. postupné striedanie spoločenstiev na tom istom mieste vplyvom biotických a abiotických faktorov, to znamená plynulú a veľmi pomalú prebiehajúcu zmenu živej zložky ekosystému.

**Sukcesný rad** je poradie spoločenstiev na danom území (teritóriu).

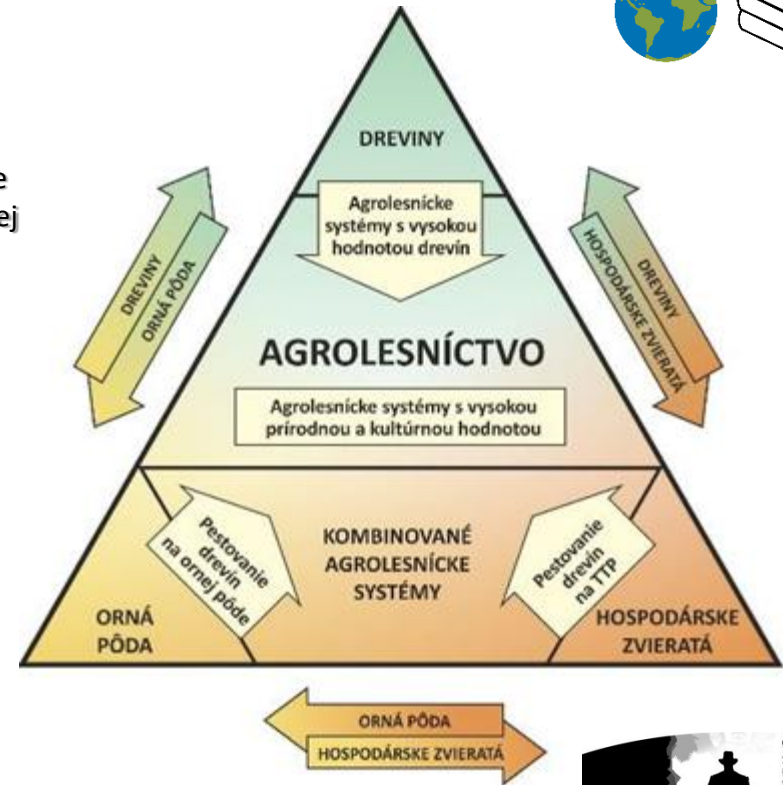
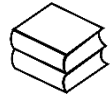
**Sukcesné štádium** je prechodné spoločenstvo v rámci sukcesie.

**Klimaxové spoločenstvo** je vývojovo najdokonalejšie, stabilné spoločenstvo, ktoré prežíva bez výrazných zmien, pokiaľ pretrvávajú podmienky života (podnebie). Klimaxové spoločenstvo vyjadruje záver sukcesného radu charakteristický svojou ekologickou rovnováhou.



## Agrolesnícky systém

spôsob hospodárenia na poľnohospodárskej alebo lesnej pôde, ktorý kombinuje pestovanie drevín s niektorou formou poľnohospodárskej produkcie v rámci rastlinnej alebo živočíšnej výroby a teda poskytuje dvojitý hospodársky úžitok. Častým príkladom agrolesníckych systémov je pasenie oviec a hovädzieho dobytku v sadoch a pestovanie drevín na ornjej pôde





## Stromy na dožitie

- podporujú stav biodiverzity: napr. hniezdenie vzácných druhov vtákov, poskytnú domov, potravu, ochranu a úkryt nespočetnému množstvu lesných druhov živočíchov a rastlín
- nevyťažia sa, ich finančná hodnota bude obhospodarovateľom lesa kompenzovaná a v evidencii zásob porastov bude ich objem odpísaný. Teda obhospodarovateľ lesa dostane za drevo zaplatené akoby bol strom vyťažený, no strom pritom reálne zostane v poraste
- pri plánovaní hospodárskych zásahov v porastoch so stromami na dožitie v ďalších decéniách (PSL) sa zásoba stromov na dožitie nebude zarátavať do zásoby porastu, z ktorej sa vypočítava etát (únosná ťažba) drevnej hmoty pre jednotlivé porasty





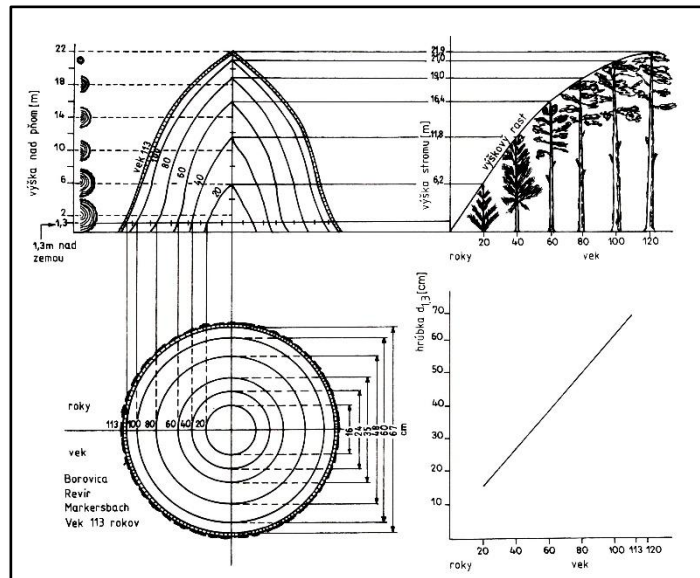
les má dlhú produkčnú dobu (aj cez 100 rokov) a preto sú pri modelovaní vývoja nevyhnutné prvky časovej úpravy lesa

## Prvky časovej úpravy lesa

- vek
- vekové stupne, vekové triedy a rastové stupne
  - vek rubnej zrelosti
  - rubná doba a rubný vek
    - obnovná doba
    - vek začatia obnovy
    - doba zabezpečenia
      - doba návratu
      - doba prevodu
- cieľová hrúbka a hrúbkový stupeň



## Vek



kmeňové analýzy

aktualizácia veku



Dendrometria, Náuka o produkcii

## Vekové stupne

- interval 10 rokov (nízky les 5 rokov)

## Vekové triedy

- interval 20 rokov (nízky les 10 rokov)



## analýzy vývrtov

Yellow	1 - 20 rokov
Pink	21 - 40 rokov
Green	41 - 60 rokov
Blue	61 - 80 rokov
Orange	81 - 100 rokov
Grey	101 - 120 rokov
Dark Grey	nad 120 rokov



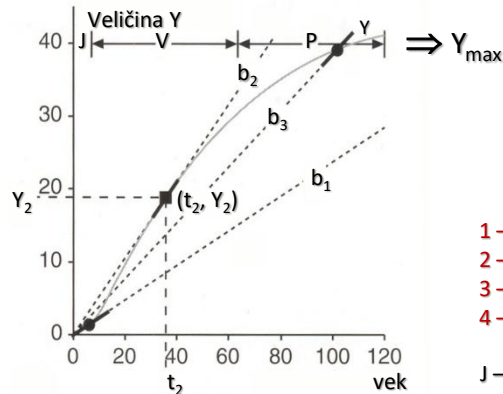
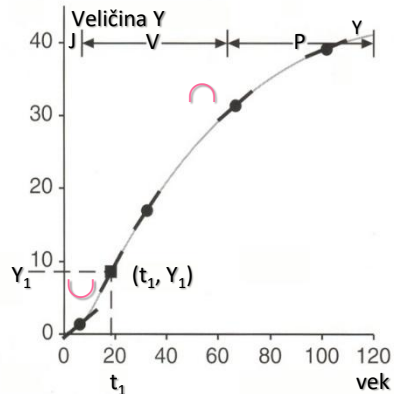
## Rastové stupne



0	Holiny skutočné			
1	Zmladenie a zakladané kultúry	do 0,5 m	Výška	
2	Nárasty a odrastené kultúry	0,6-1,0 m		
3	Mladiny	do 5 cm	Stredná hrúbka	
4	Žrd'koviny	6-12 cm		
5	Žrd'oviny	13-19 cm		
6	Kmeňoviny	tenké		20-27 cm
7		stredné		28-35 cm
8		hrubé	36-43 cm	
9		veľmi hrubé	44 cm +	



# Časová úprava lesa



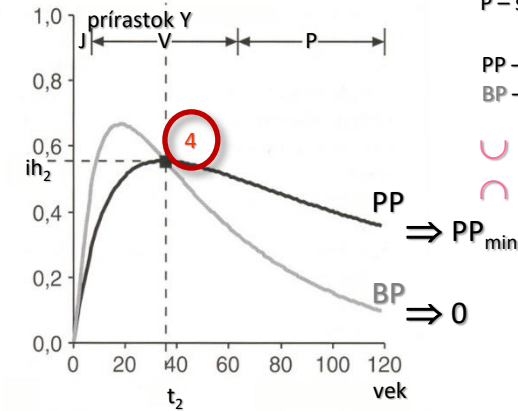
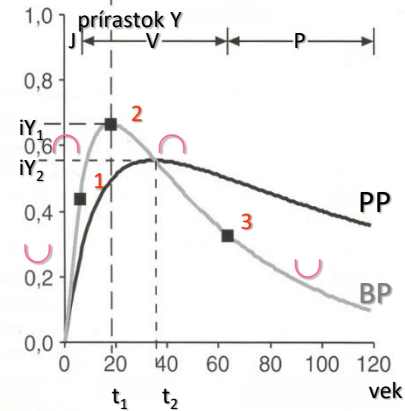
## Vek rubnej zrelosti

- 1 – prvý inflexný bod
- 2 – maximálny bežný prírastok
- 3 – druhý inflexný bod
- 4 – maximálny priemerný prírastok

J – štádium mladosti  
V – štádium plnej sily  
P – štádium poklesu sily

PP – priemerný prírastok  
BP – bežný prírastok

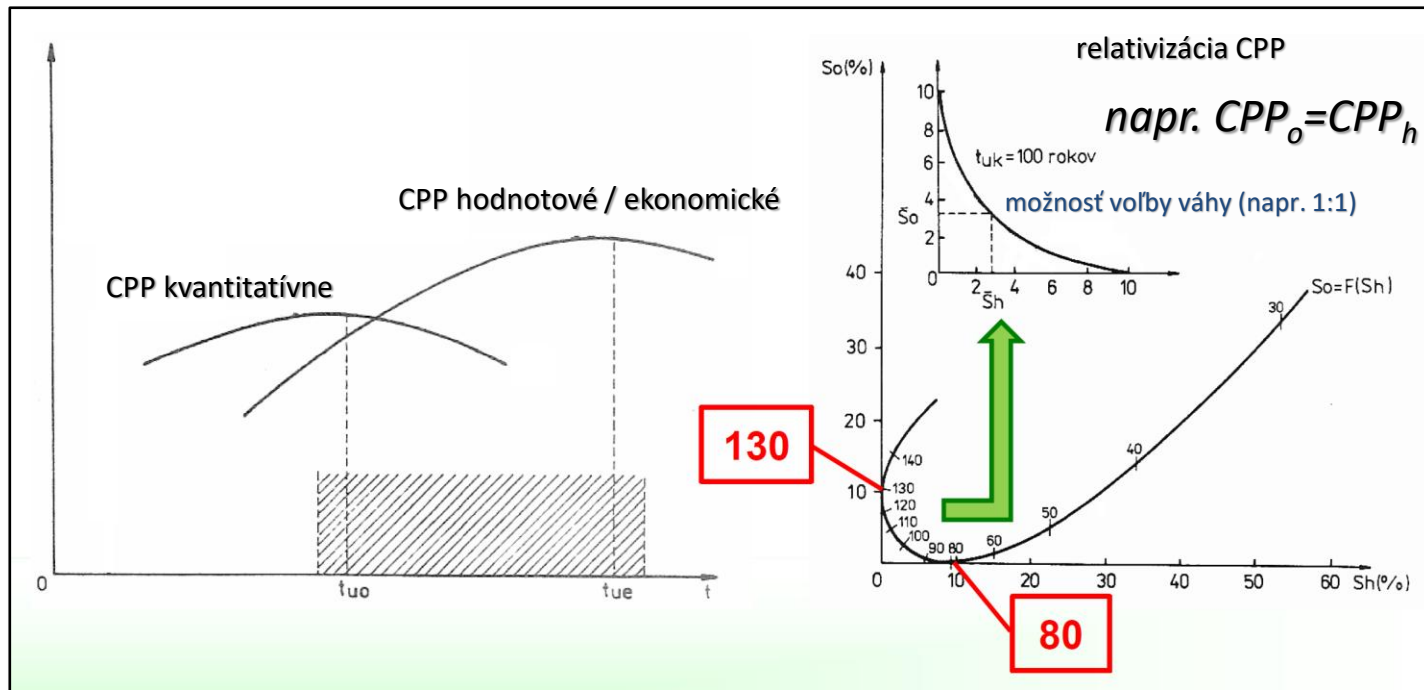
∪ - konvexný tvar  
∩ - konkávny tvar



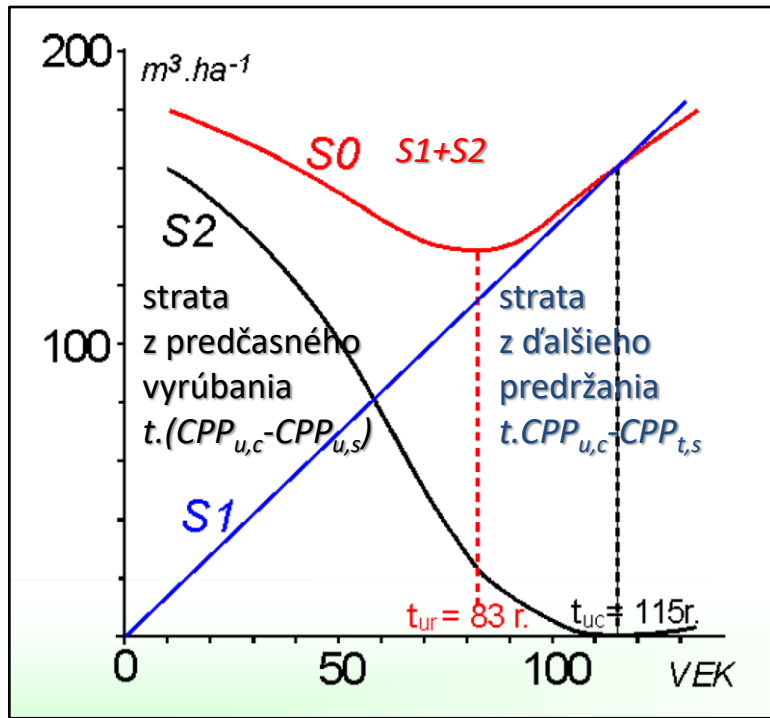
## Rubná zrelosť

- **prirodzená (P):** fyzická
- **kvantitatívna (O):** Y = zásoba
- **technická (T):** Y = objem cenných sortimentov
- **hodnotová (H):** Y = hrubý výnos zo sortimentov
- **ekonomická (E):** Y = čistý výnos zo sortimentov
- **kombinovaná (K):** maximalizácia (O+H alebo O+E)
- **skrátaná (S):** rekonštrukcie maloproduktívneho porastu alebo zníženie rizika kalamit (skracovanie)
- **mimoprodukčná (M):** zohľadňuje funkciu osobitného určenia (často P)
- **komplexná:** (O+T+H+E+M) – Halaj (1988)

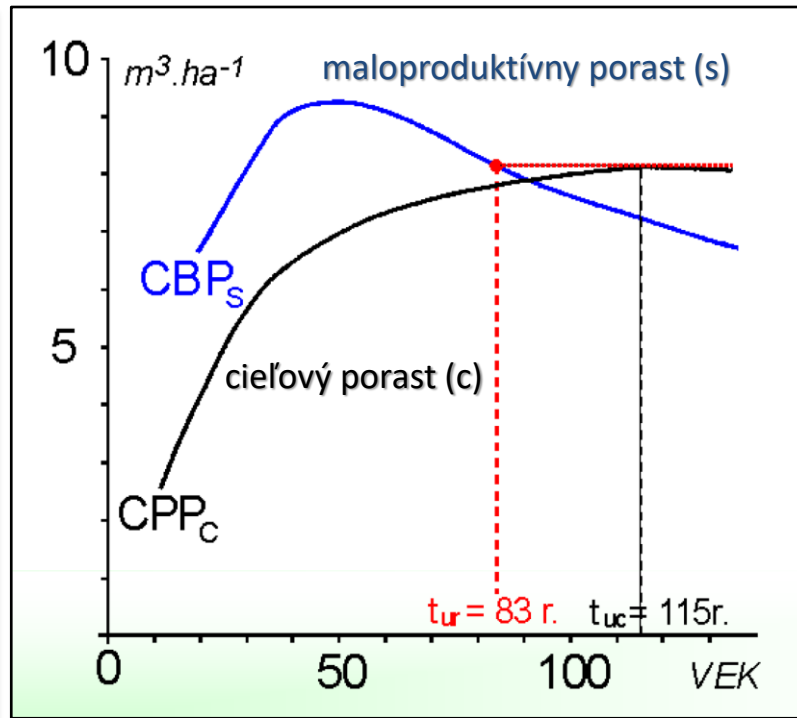
## Kombinovaná rubná zrelosť



Nymburského-Zárubová  
metóda (1957, 1975)



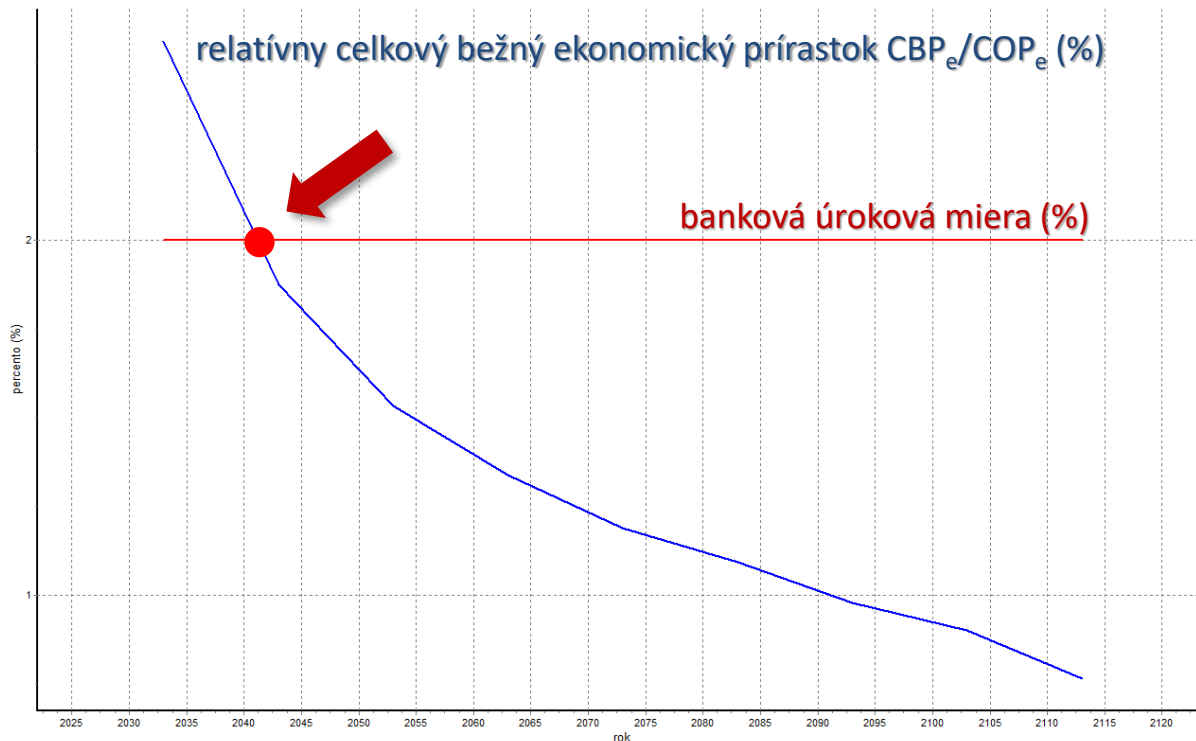
Bachmannova  
metóda (1968)



Skrátená rubná zrelosť



## Finančná (1)



## Iné rubné zrelosti

## Finančná (2)

Škola čistého výnosu z pôdy:  
rubná zrelosť, pri ktorej  
**hodnota lesnej pôdy**  
**dosahuje maximum**



## Rubná doba (u)

je rámcová produkčná doba lesných porastov, ktorá sa určuje s prihliadnutím na ich rubnú zrelosť a plnenie požadovaných funkcií lesa pre jednotku **rámcového plánovania**

### Hospodárske lesy

- Smrek: 70-110
- Jedľa: 90-120
- Borovica: 90-100
- Buk: 100-120
- Dub: 120-160
- Topoľ: 15-30 rokov

**Ochranné lesy** - nad 150 rokov

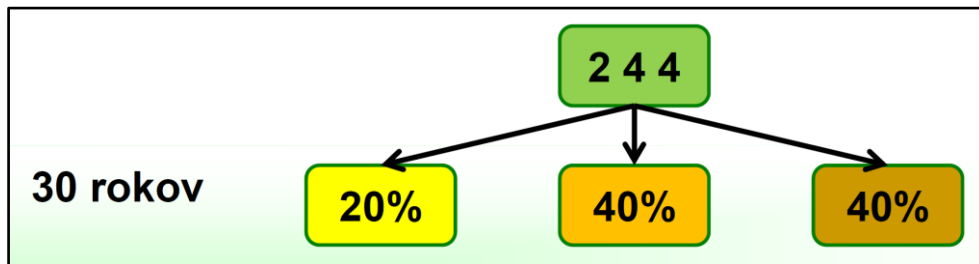
## Rubný vek

odchýlka od rubnej doby, teda vek lesných porastov, v ktorom sa v nich začalo s obnovou lesa a nemohla byť dodržaná rubná doba najmä z dôvodu poškodenia škodlivými činiteľmi alebo pri rekonštrukcii lesa

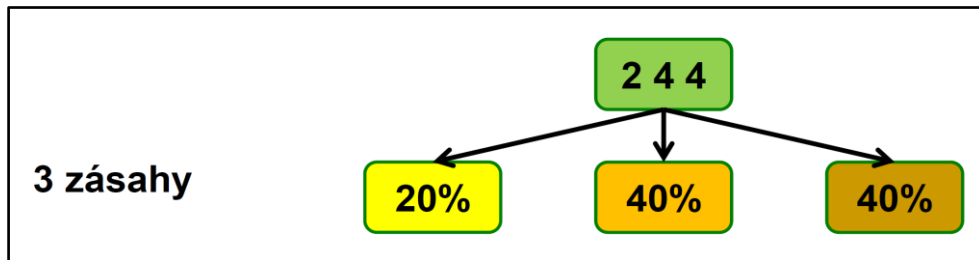


## Obnovná doba (o)

je doba od začiatku obnovy lesa do jej ukončenia s prihliadnutím na hospodársky spôsob, jeho formu, stav lesa a cieľové drevinové zloženie



Obnovné číslo celkové:  
týka sa celej obnovnej doby



Obnovné číslo čiastkové:  
týka sa obnovného prvku



## Vek začatia obnovy (u-o/2)

je vek lesného porastu, v ktorom sa začína obnovná ťažba. Určuje sa odpočítaním polovice obnovnej doby od rubnej doby alebo rubného veku



## Doba zabezpečenia

je doba, počas ktorej sa vypestuje nový lesný porast, ktorý spĺňa kritériá zabezpečeného lesného porastu. Určuje sa diferencovane podľa príslušného modelu hospodárenia (2-10 rokov)

## Doba návratu

je doba, po ktorej uplynutí možno v obnovovanom lesnom poraste vykonať ďalší obnovný rub. Určuje sa s prihliadnutím na použitý hospodársky spôsob, jeho formu a stav lesného porastu

## Doba prevodu

je doba potrebná na prevod lesa nízkeho na les vysoký. Určuje sa s prihliadnutím na použitý hospodársky spôsob, jeho formu a stav lesného porastu



Prvky časovej úpravy špeciálne pre výberkové lesy alebo všeobecne pre PBHL



## Cieľová hrúbka

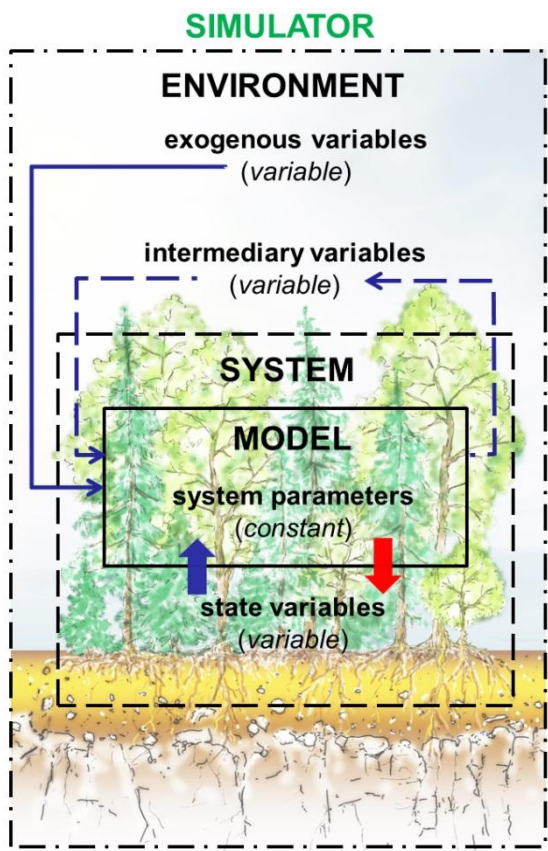
je hrúbka stromov, ktorá sa nazýva aj ako **dimenzia rubného typu**. Nahrádza rubnú dobu resp. vek rubnej zrelosti. Môže byť obmedzenie, koľko percent stromov dosahujúcich cieľovú hrúbku sa má s porastu odstrániť

## Hrúbkový stupeň

nahrádza vekové stupne pri rôznovekých porastoch, ktoré sú výškovo diferencované (výberkové porasty, trvalo viacetážovité porasty, mozaikovité porasty a podobne)



# Rastové modely – premenné a parametre rastových modelov



bez rastových modelov by nebolo možné predikovať vývoj lesa, bez predikcie zasa plánovať



Modelovanie lesa

## Premenné



stavové premenné (vstupy ↑ a výstupy ↓)



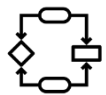
vstupy z prostredia, ktoré spätne neovplyvňujú model



vstupy z prostredia, ktoré spätne ovplyvňujú model



## Konštanty



nastavenie modelu

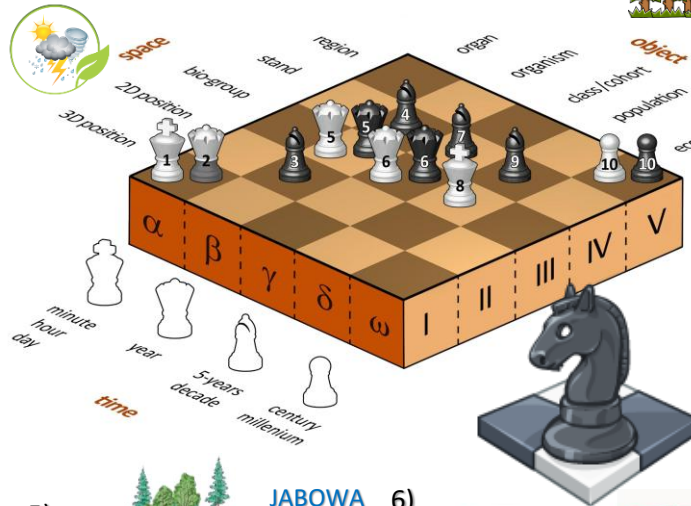


Fabrika a Pretzsch (2011)  
Analýza a modelovanie lesných ekosystémov

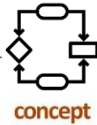


# Rastové modely – klasifikácia modelov lesa

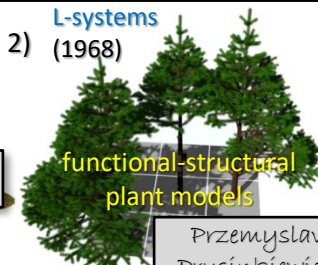
## Šachovnica modelov



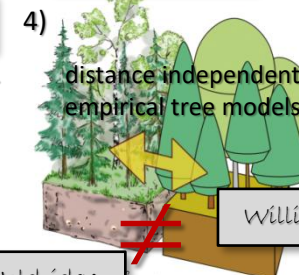
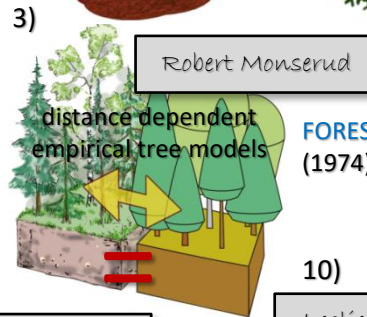
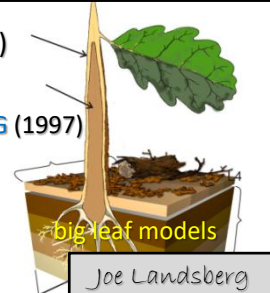
1) TRAGIC (1995)



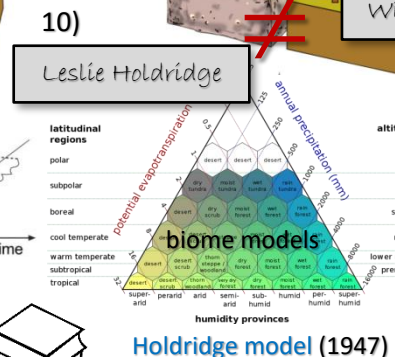
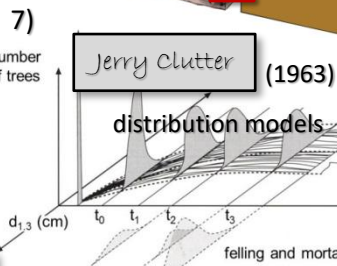
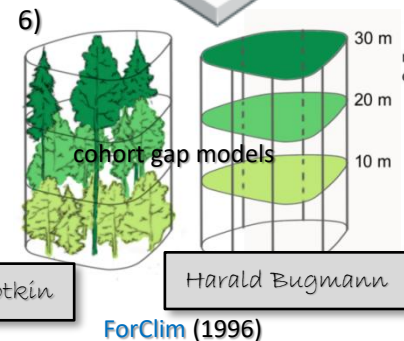
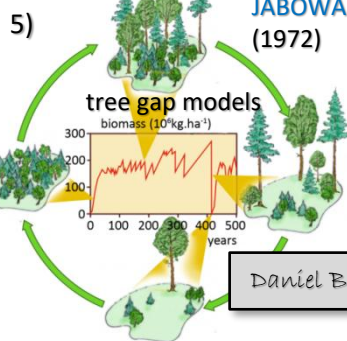
2) L-systems (1968)



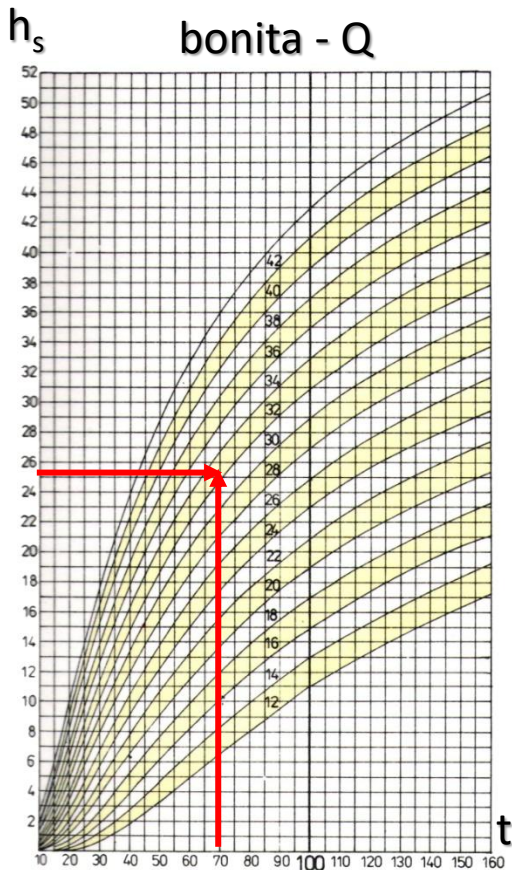
8) 3-PG (1997)



STAND PROGNOSIS MODEL (1982)



# Rastové modely – rastové tabuľky



rok	hlavný porast										
	N.ha <sup>-1</sup>	G.ha <sup>-1</sup>	h <sub>s</sub>	i <sub>h</sub>		d <sub>s</sub>	V.ha <sup>-1</sup>			f <sub>1.3</sub>	
				bežný	priem.		hbk	hsk	ssk	hbk	hsk
m <sup>2</sup>	m	m	m	m	cm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	
<b>bonita: 32</b>											
10	---	---	2,6	0,29	0,26	---	---	90	90	---	---
15	---	18,1	4,6	0,41	0,30	---	---	142	142	---	1,705
20	6720	25,6	6,7	0,44	0,33	7,0	48	152	200	280	1,166
25	5100	32,1	9,0	0,48	0,36	9,0	127	141	268	440	0,928
30	3900	37,6	11,5	0,52	0,38	11,1	219	126	345	507	798
35	3020	42,0	14,2	<b>0,53</b>	0,40	13,3	314	116	430	526	721
40	2380	45,8	16,8	0,50	0,42	15,6	410	107	517	533	672
45	1920	49,1	19,2	0,46	0,43	18,0	499	98	597	539	633
50	1590	52,0	21,4	0,42	<b>0,43</b>	20,4	576	93	669	511	593
55	1350	54,4	23,4	0,38	0,42	22,7	638	91	729	501	573
60	1170	56,4	25,2	0,34	0,42	24,8	691	89	780	486	542
65	1030	58,1	26,8	0,30	0,41	26,8	738	89	827	474	531
70	<b>920</b>	<b>59,6</b>	<b>28,2</b>	<b>0,26</b>	<b>0,40</b>	<b>28,7</b>	<b>782</b>	<b>90</b>	<b>872</b>	<b>465</b>	<b>520</b>
75	830	61,0	29,4	0,23	0,39	30,6	824	91	915	459	510
80	755	62,3	30,5	0,22	0,38	32,5	864	92	956	454	503
85	690	63,5	31,6	0,21	0,37	34,3	902	93	995	449	496
90	635	64,6	32,6	0,20	0,36	36,0	938	94	1032	444	490
95	590	65,6	33,6	0,19	0,35	37,6	972	95	1067	441	484
100	555	66,5	34,5	0,17	0,34	39,1	1004	96	1100	438	479
105	525	67,4	35,3	0,15	0,34	40,4	1034	97	1131	434	476
110	500	68,2	36,0	0,13	0,33	41,6	1062	99	1161	432	473
115	480	69,0	36,6	0,11	0,32	42,7	1089	101	1190	431	471
120	465	69,7	37,1	0,10	0,31	43,7	1115	103	1218	431	471

## a) riadiace vzťahy

$$Q = f(t, h_s)$$

- pruhová metóda
- smerníková metóda
- kombinovaná metóda

## b) základné vzťahy

$$h_s = f(t, Q)$$

$$d_s = f(t, Q)$$

$$V.ha^{-1} = f(t, Q)$$

## c) pričné vzťahy

$$\bar{v} = f(d_s, h_s)$$

$$N.ha^{-1} = \frac{V.ha^{-1}}{\bar{v}}$$

$$G.ha^{-1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2 \cdot N.ha^{-1}$$

$$i_s, f_{1.3} \dots$$

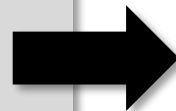




## rastové tabuľky:

1. rovnorodé porasty
2. rovnoveké porasty
3. statická bonitácia
4. štandardný režim obhospodarovania
5. bez vplyvu náhodných udalostí (kalamít)
6. deterministický model
7. model platný pre základný súbor

=> model vhodný iba pre les vekových tried



nevhodné pre PBHL

riešenie = rastové simulátory

=> model vhodný pre les hrúbkových tried



Počítačový model lesa, ktorý predpovedá jeho dynamiku. Mal by mať nasledovné vlastnosti:

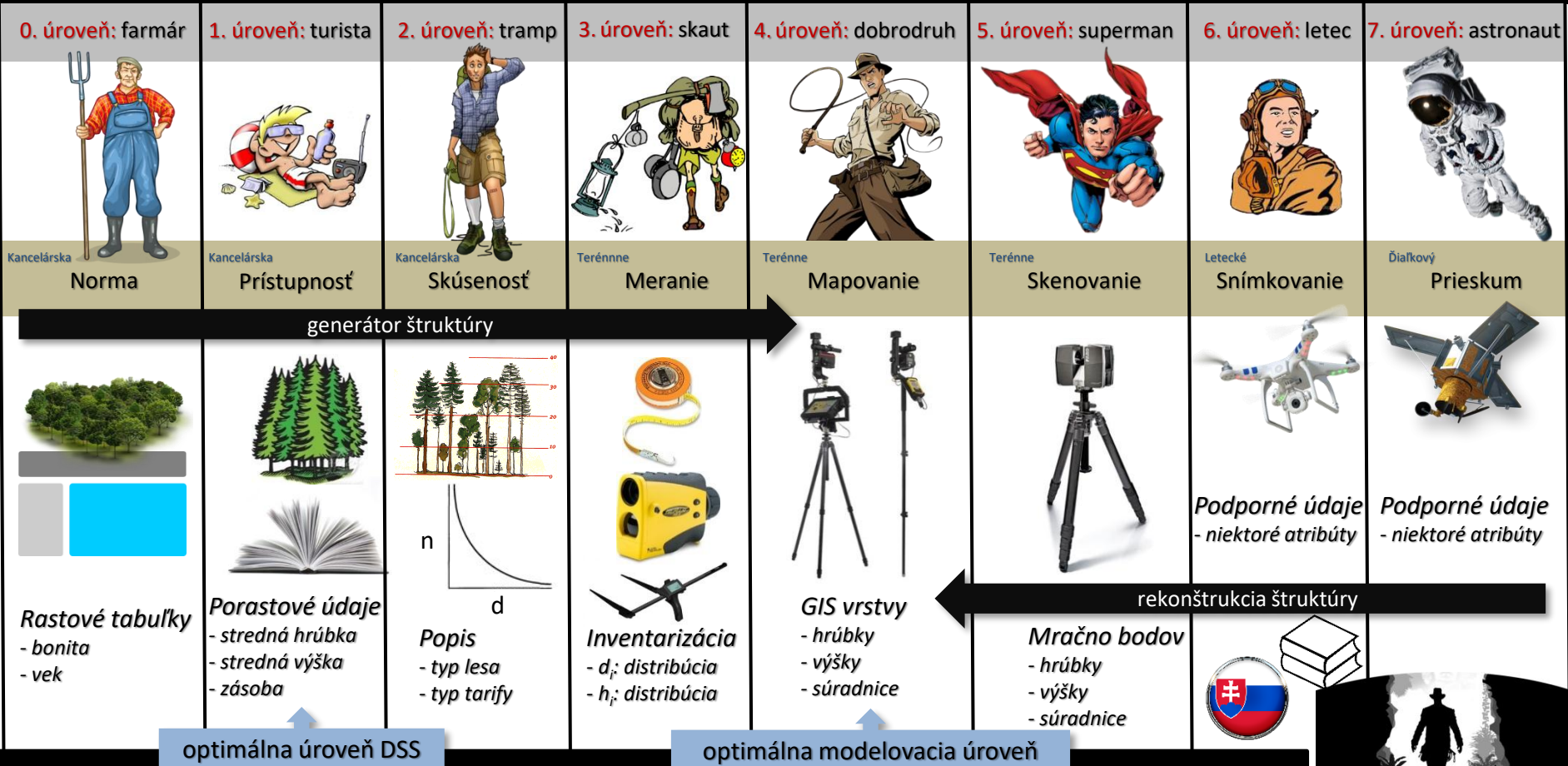


- široká paleta východiskových lesných porastov (druhovú, vekovú a priestorovú štruktúru) – stavové premenné (objekt)
- široká paleta vplyvov na vývoj lesa – exogénne a intermediárne premenné (prírodné prostredie) + manažment + technológie + socioekonomické prostredie
- široký rozsah výstupných údajov (produkcia, ekonomika, ekológia = ekosystémové služby lesa) – stavové premenné (objekt)
- odporúčaný je stochastický charakter modelu (napr. kalamity, mortalita, prírastok)










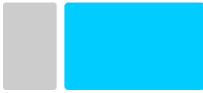
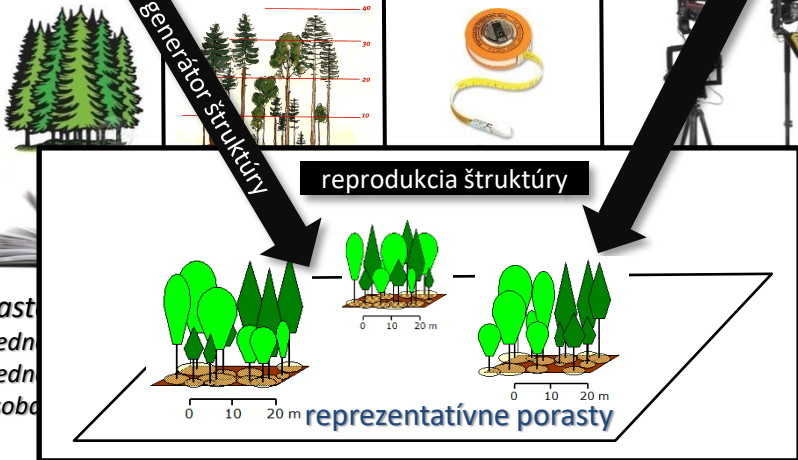






Nie každý model je simulátor, ale každý simulátor je model.



# Rastové modely – vstup pre modely na príklade modelu SIBYLA



# Rastové modely – vstup pre modely na príklade modelu SIBYLA

<p>0. úroveň: farmár</p> 	<p>1. úroveň: turista</p> 	<p>2. úroveň: tramp</p> 	<p>3. úroveň: skaut</p> 	<p>4. úroveň: dobrodruh</p> 	<p>5. úroveň: superman</p> 	<p>6. úroveň: letec</p> 	<p>7. úroveň: astronaut</p> 
<p>Kancelárska Norma</p>	<p>Kancelárska Prístupnosť</p>	<p>Kancelárska Skúsenosť</p>	<p>Terénne Meranie</p>	<p>Terénne Mapovanie</p>	<p>Terénne Skenovanie</p>	<p>Letecké Snímkovanie</p>	<p>Ďiaľkový Prieskum</p>
  <p>Rastové tabuľky - bonita - vek</p>	 <p>generator štruktúry</p> <p>reprodukcia štruktúry</p> <p>reprezentatívne porasty</p> <p>Porast - stredn - stredn - zásoba</p>				 <p>Mračno bodov - hrúbky - výšky - súradnice</p>	 <p>Podporné údaje - niektoré atribúty</p> 	 <p>Podporné údaje - niektoré atribúty</p> 

# Rastové modely – senzitivita modelov na príklade modelu SIBYLA

- **štruktúra lesa** (konkurenčné indexy)
- **druhovú zmes** (konkurenčné indexy + efekty zmesi)
- **povrch terénu** (DMT + konkurenčné indexy)
- **klíma a pôda** (vstupné premenné + rast + mortalita + obnova)
- **riziko kalamít** (generátor kalamít Monte Carlo) = implicitný + explicitný



- **koncept obhospodarovania** (prebierky a ťažba)

(podúrovňová + úrovňová + neutrálna prebierka, metóda cieľových stromov, metóda cieľovej hrúbky, metóda cieľovej krivky, krivka odberu/histogram, interaktívna prebierka, holorub, podrastový rub, asanačná prebierka) – pre periódy a drevinu + ľubovoľná kombinácia = len explicitný

- **technologické prístupy** (ťažba, sústreďovanie, manipulácia)



- **ekonomické prostredie** (ceny dreva, diskontná miera, úroková miera v banke, materiálové náklady)



# Rastové modely – senzitivita na stanovište

SIBYLA - Lokalizátor

Porast: 305    Sériá: 1    Trvanie: 200    filtrovať

Geocentricky nepriamo    Geocentricky priamo

Slačska kotlina, Zvolenská pahorkatina, Slatináská kotlina, Detvianska kotlina, Rohy

LONG: 18.6177 | LAT: 49.5174, Zoom: 77.5728 | ZoomEx: 1163.5926

2

1

NOx koncentrácia [ppb]: 310  
 CO2 koncentrácia [ppm]: 363  
 Zásobenosť živinami v pôde [0..1]: 0.5  
 Počet dní veg. obdobia [Dni]: 134  
 Ročná tepl. amplitúda [°C]: 18.8  
 Priemerná teplota vo veg. období [°C]: 13.8  
 Pôdna vlhkosť [0..1]: 0.5  
 Zrážky vo veg. období [mm]: 562

Fytoцентриcky (má prioritu a nereaguje na klimatické zmeny)

drevina	aktivácia	bonita	A[h]	k[h]	p[h]	c[h]
AG	<input checked="" type="checkbox"/> yes	22	36.127	5.42474	1.77362	1.09
BK	<input type="checkbox"/> no					
BO	<input type="checkbox"/> no					
BR	<input type="checkbox"/> no					
DB	<input type="checkbox"/> no					

3

Graf    Tabuľka    Parametre    výška    Aktualizovať graf

Výškový rastový potenciál: hmax=f(t)

výška stromu (hmax) - m

vek stromu (t) - roky

Zem. dĺžka: 19.237    Zem. šírka: 48.654  
 Oblasť lesov: 17.01.00  
 Nadm. výška: 490  
 Expozícia: 0    Sklon: 0  
 Rok: 2016  
 Lesný typ: N3M5

Pôdna vlhkosť: svieža  
 Zásobenosť živinami: stredné

generátor stanovišta

2



1

senzitivita na stanovište

1

- **geocentrická priama:**  
klimatické a pôdne faktory

2

- **geocentrická nepriama:**  
geografia, geomorfológia, typológia

3

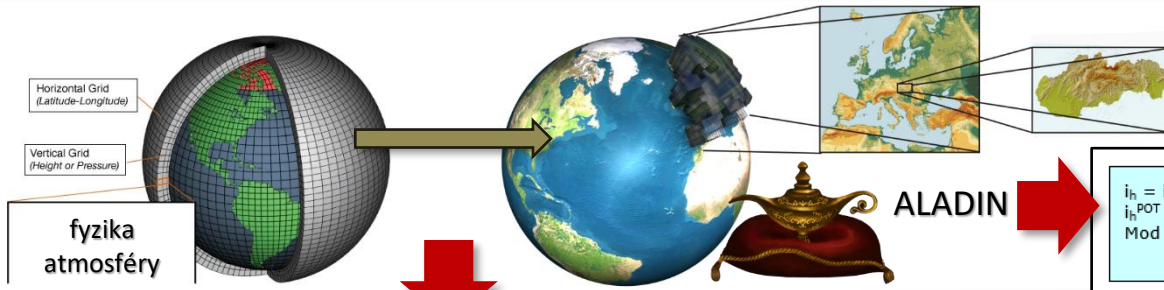
- **fytoцентриcká:** bonitácia



# Rastové modely – senzitivita na klimatickú zmenu

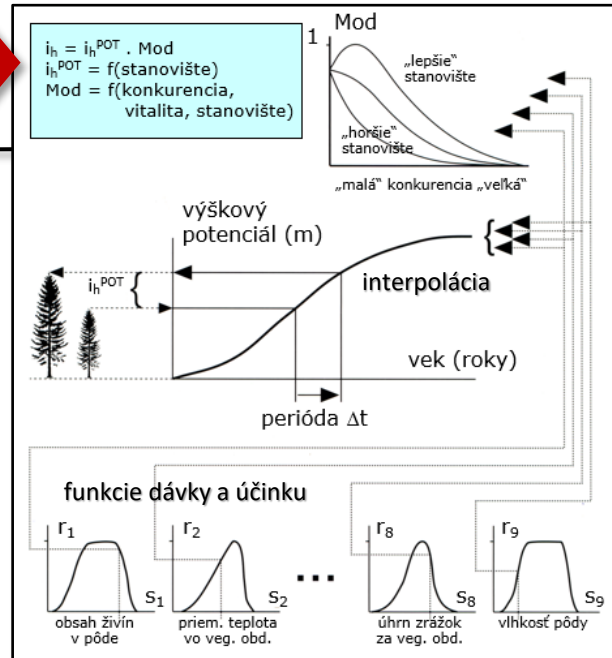


model NWP  
(numerická predikcia počasia)

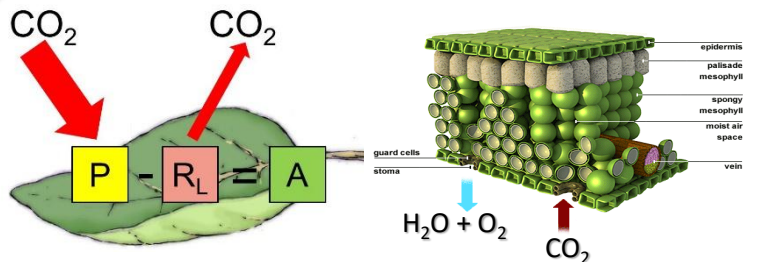


empirická

generátor počasia



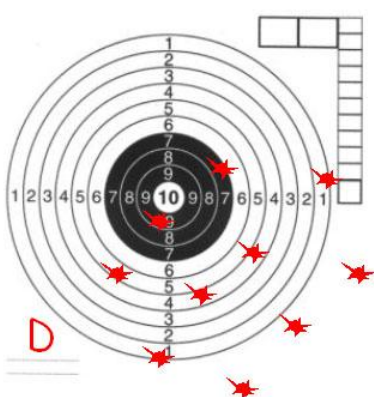
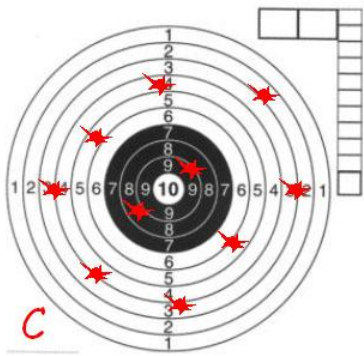
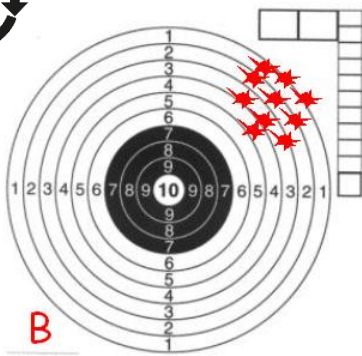
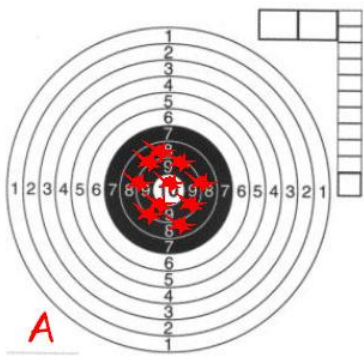
procesná



# Rastové modely – kalibrácia modelov



Biometria



**Vychýlenie** = systematická chyba = priemerná odchýlka od skutočnej hodnoty

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X_i)}{n}$$

**Presnosť** = náhodná chyba = variabilita okolo priemernej odchýlky

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n-1}}$$



**Správnosť** = celková chyba = variabilita okolo skutočnej hodnoty

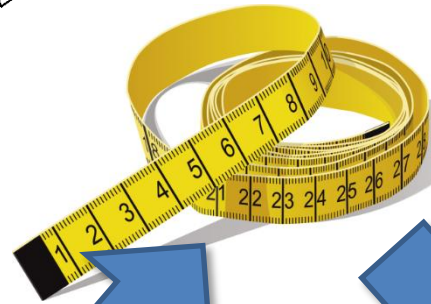
$$m_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - X_i)^2}{n-1}} \quad m_x = \sqrt{s_e^2 + \bar{e}^2}$$



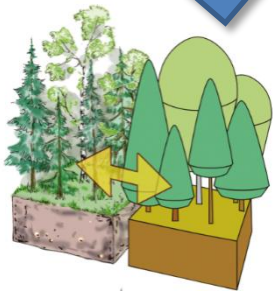


správnosť  
(vychýlenie + presnosť)

Validácia



Evaluácia



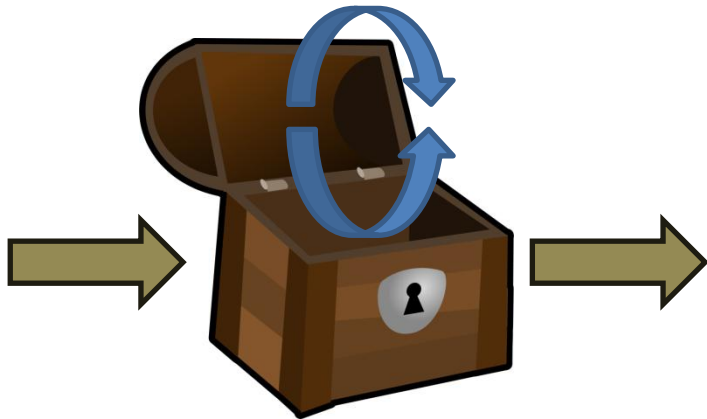
Prispôsobenie modelov:

- **parametrizácia** – východiskové odvodenie systémových parametrov
- **reparametrizácia** – opätovné odvodenie systémových parametrov
- **analýza senzitivity** – analýza ako variabilita vstupných premenných vplyva na variabilitu výstupných premenných
- **kalibrácia** – prispôsobenie chovania modelu na dosiahnutie lepšej zhody medzi pozorovanými údajmi a koncovými modelovanými hodnotami v konkrétnych špecifických podmienkach





**Kalibrácia modelov korekciou chyby**  
– modifikácia výstupných hodnôt



**Kalibrácia modelov empirickou  
reparametrizáciou**  
– modifikácia systémových parametrov

**Bayesova kalibrácia modelov**  
– modifikácia systémových parametrov



# Rastové modely – vizualizácia lesa

**Biodiversity**

Species diversity

Species richness

Species count:

Index R1:

Index R2:

Species heterogeneity

Index lambda:

Entropy H':

Species balance

Index E1:

Index E5:

Structural diversity

Horizontal structure

Index R:

random

regular

clustered

Index IP:

Index IC:

Index IS:

Vertical structure

Arten profil index:

Inequality Gini coefficient:

Structural differentiation

Diameter dif. TMd:

small

medium

big

very big

Height dif. TMr:

Mixing

Index M:

grouped

clumped

Index SP:

Production

Storey:

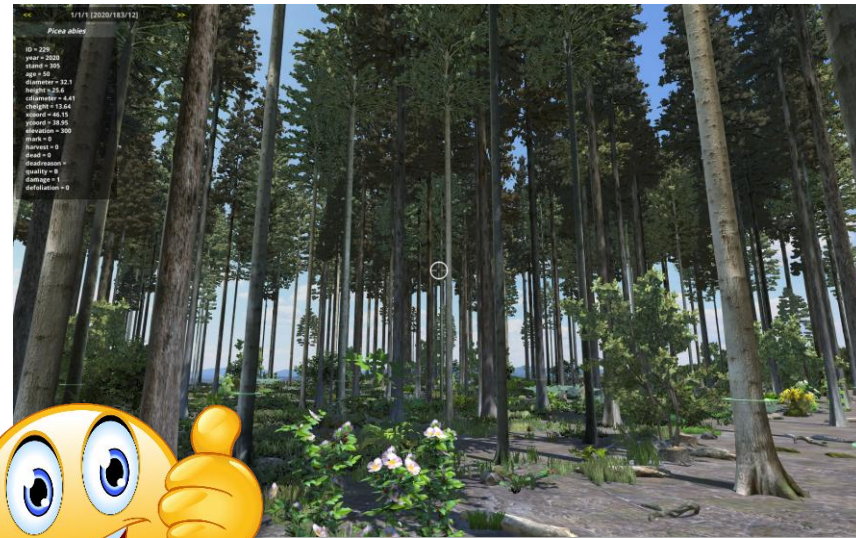
Diversity by Jaehne and Dohrenbusch

Species composition:

Vertical structure:

Horizontal structure:

Crown differentiation:



**Frequency diameter histogram**

per stem

Mean age (years):

Mean diameter (cm):

d: dg: dv: dw: sd: +/-

Upper diameter - 95% quantil (cm):

Mean height (m):

h: hq: hv: HL: sh: +/-

Upper height - 95% quantil (m):

Site class (m):

Mean volume (m3):

**Height scatter plot**

per ha

Tree counts:

Basal area (m2):

Volume (m3):

Projected crown area (ha):

density

Canopy cover (%):

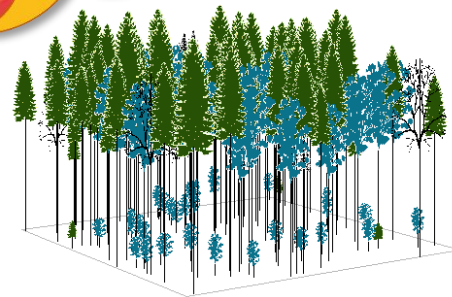
Stand density:

Stand density index:

rel.:

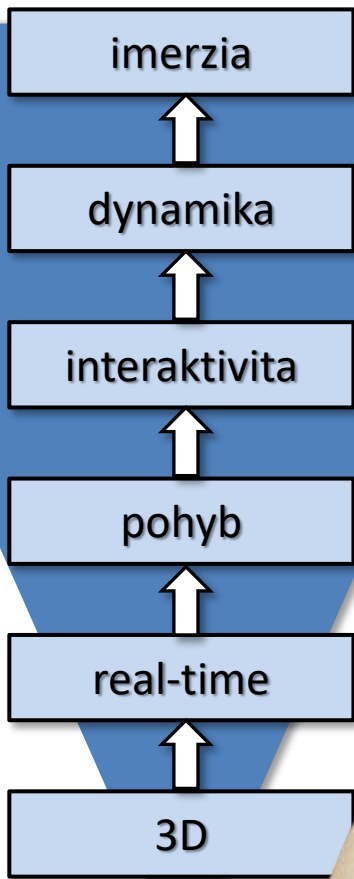
Total stand / Remaining stand / Removal stand / Mortality / Crop trees /

iba lesníci



všetci





VIRTUÁLNA REALITA  
+  
GAME ENGINE



UNREAL  
ENGINE



# Rastové modely – použitie modelov



		Kategória modelu									
		Ekofyziologické stromové modely	Funkčno-štruktúrálné modely rastlín	Modely „big leaf“	Empirické distančne závislé stromové modely	Empirické distančne nezávislé stromové modely	Stromové „gap“ modely	Kohortné „gap“ modely	Distribučné modely	Porastové modely	Biómové modely
Plánovacie obdobie	Operatívne	*	*		*	*	*	*			
	Taktické	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Strategické	*		*	*	*	*	*	*	*	*
Druh modelovaného lesa	Les vekových tried	*	*	*	*	*					
	Priestorovo štruktúrovaný les (les hrúbkových tried)	*	*		*	*	*	*	*	*	
	Prírodný les	*	*				*	*			*
	Sukcesné štádiá lesa						*	*			*
Druh plánovaných hospodárskych zásahov	Plánovanie prebierok	*	*		*	*	*	*	*		
	Plánovanie obnovy lesa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
Hospodársky spôsob	Holorubný	*	*	*	*	*			*	*	
	Podrastový	*	*		*	*	*	*			*
	Výberkový	*	*		*		*	*			



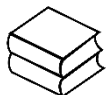
# Rastové modely – trendy

**Minulosť**

metóda čiernej skrinky = chovanie



vonkajší stav = dôsledky  
empirický prístup



analýza/diagnostika = štruktúra

**Súčasnosť**



CT



RTG

MR, EKG, EEG, analýza krvi



SONO

vnútorný stav = príčiny  
procesné modely



klimatická komora



gazometer

pórometer



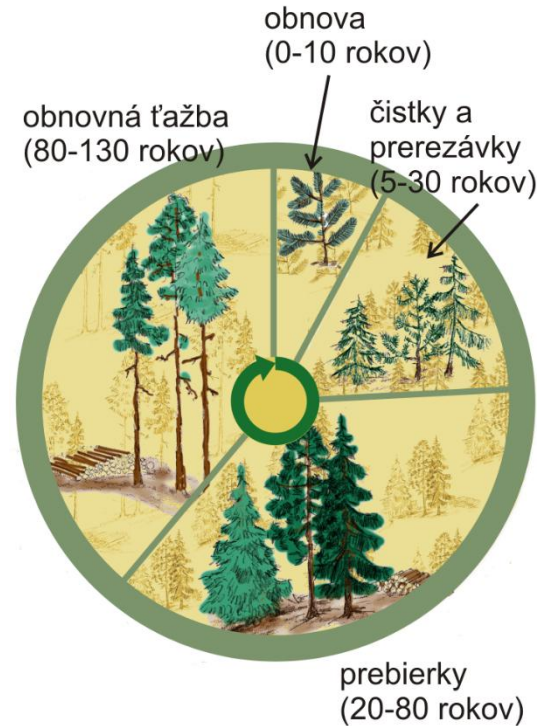
# Modely lesa



modelovanie vývoja lesa, následné plánovanie a jeho manažment závisí od zvoleného modelu lesa



Pestovanie lesa



**Model normálneho holorubného lesa**



## Model normálneho holorubného lesa



Hundeshagen (1826), Heyer (1841)

$n$  ... počet rokov vo vekovom stupni (10)

$u$  ... rubná doba

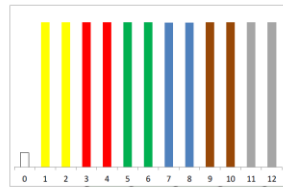
$m$  ... počet vekových stupňov

$b$  ... dĺžka porubného pokoja (napr. 0 – 2 roky)

$B$  ... plocha holiny

$$m = \frac{u}{n}$$

$$B = \frac{P}{u + b} \times b$$



$$p_i = \frac{P}{u}$$

$$p_i = \frac{P}{u + b}$$



### Podmienky

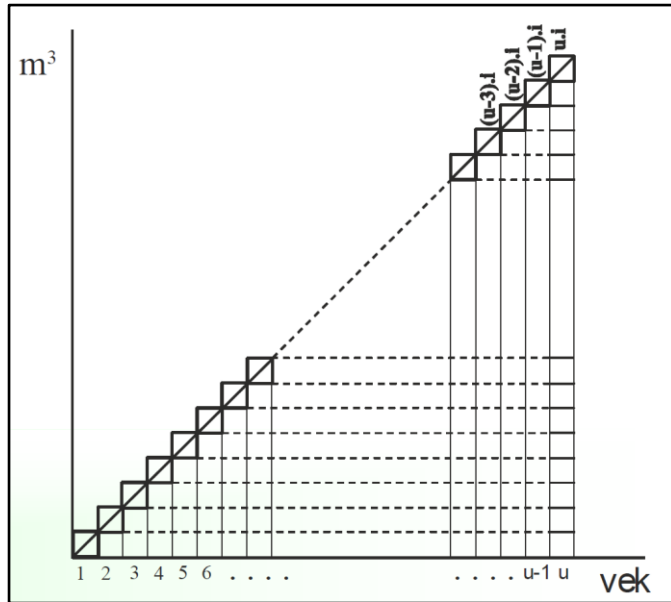
- normálny počet a rozloha vekových tried
- normálne priestorové usporiadanie vekových tried
- normálna zásoba
- normálny prírastok
- normálny etát (výška ťažby)



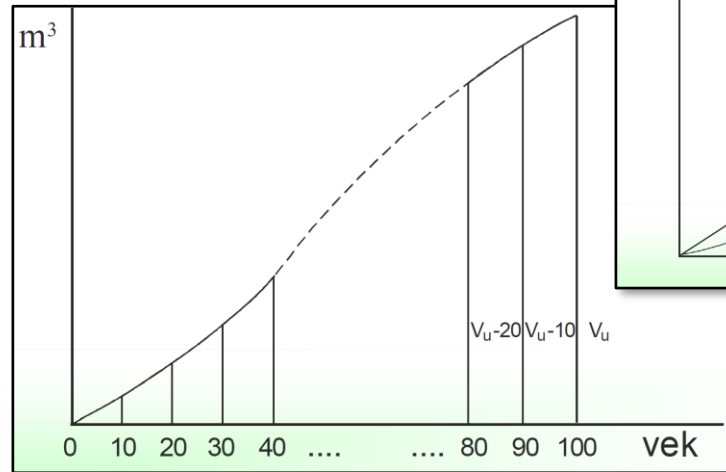
## Normálna zásoba



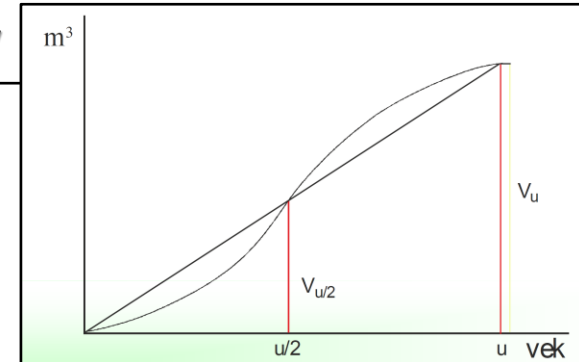
výpočet pomocou PRP ( $\sum V_i/u$ )  
- zásoby rastú lineárne



výpočet pomocou sumy  
lichobežníkov (podľa Presslera)  
- zásoby rastú podľa rastovej krivky

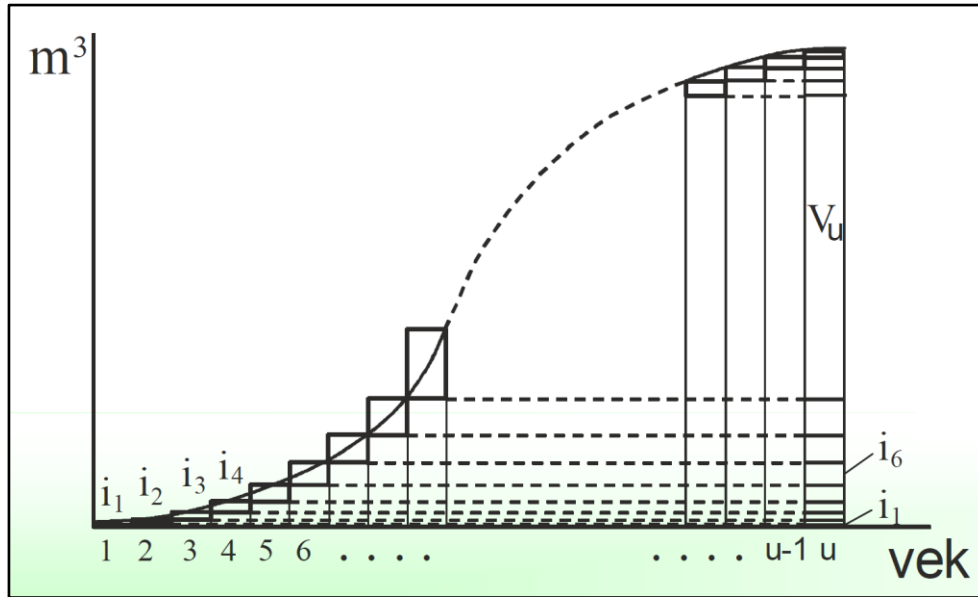


výpočet pomocou sumy  
trojuholníka a lichobežníka  
(podľa Singera)  
- zásoby rastú lineárne



## Normálny prírastok ( $I=V_u=PRP$ ) a etát ( $E=PRP$ )

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_u = \sum_{j=1}^u i_j = V_u = PRP$$



normálny ročný plošný etát:

$$E_p = P / (u + b)$$

$P$  ... celková výmera

$u$  ... rubná doba

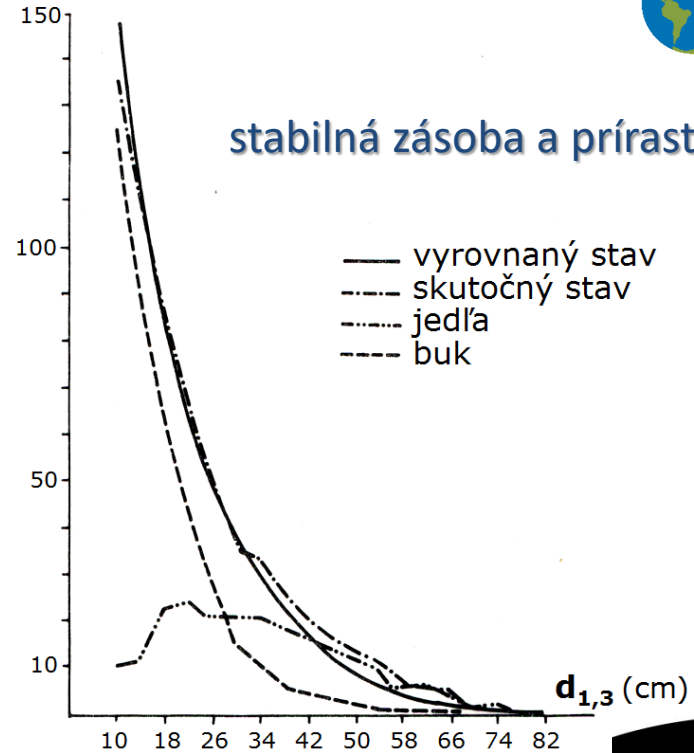
$b$  .. porubný pokoj



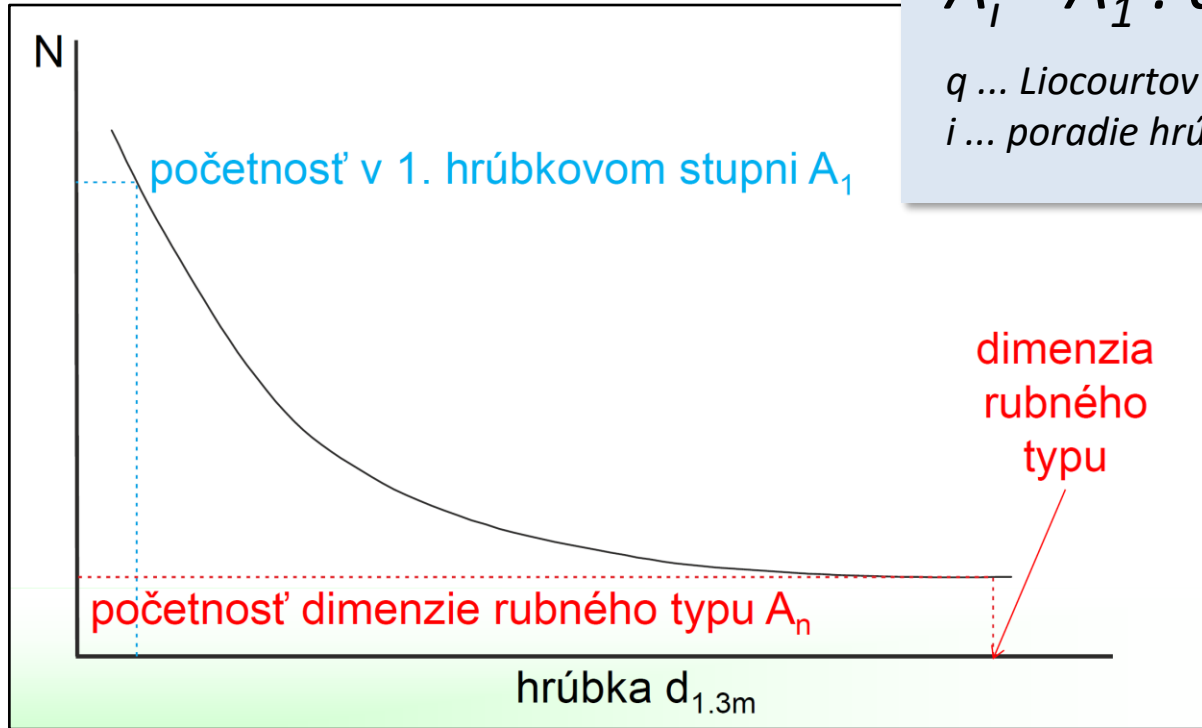
## Model normálneho výberkového lesa



$N \cdot ha^{-1}$



## Liocourtov geometricky klesajúci rad



$$A_i = A_1 \cdot q^{-(i-1)}$$

$q$  ... Liocourtov kvocient

$i$  ... poradie hrúbkového stupňa



## Meyerova exponenciálna funkcia

$$A_i = k \cdot e^{-\alpha \cdot di}$$

$di$  ... hrúbka stromu

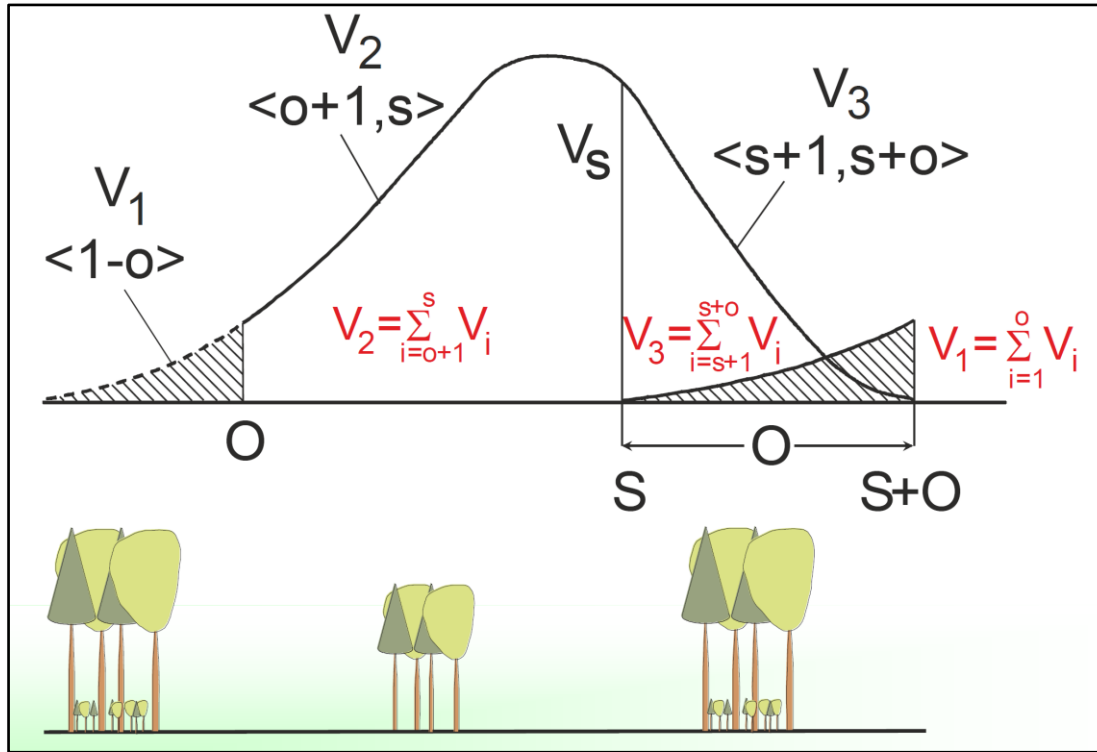
$k, \alpha$  ... koeficienty (typ lesa)



## Model normálneho podrastového lesa



## Model normálneho podrastového lesa



kombinácia holorubného  
a výberkového lesa





Zákon 326/2005 o lesoch + Vyhláška 453/2006  
(o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa)



**Hospodársky spôsob** = systém opatrení počas produkčnej doby

## podrastový

uskutočňuje sa postupným rubom zameraným na dosiahnutie prirodzeného zmladenia pod clonou obnovovaného lesného porastu alebo vedľa neho do vzdialenosti jeho priemernej výšky

## holorubný

uskutočňuje sa ťažbou s jednorazovým vyťažením obnovovaného lesného porastu alebo jeho časti tam, kde sa prirodzená obnova porastu ukázala ako nevhodná alebo ju nemožno dosiahnuť efektívne ostatnými spôsobmi

**Forma hospodárskeho spôsobu** = spôsoby vykonania

## maloplošná

plocha obnovného prvku je najviac 3 ha a jeho šírka nepresahuje dvojnásobok priemernej výšky obnovovaného lesného porastu

## veľkoplošná

plocha obnovného prvku nesmie byť väčšia ako 5 ha, ak ide o obnovu jedného dielca s výmerou väčšou ako päť hektárov, plocha obnovného rubu nesmie presiahnuť 7,5 ha





Zákon 326/2005 o lesoch + Vyhláška 453/2006  
(o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa)



**Hospodársky spôsob** = systém opatrení počas produkčnej doby

## výberkový

uskutočňuje sa ťažbou jednotlivých stromov alebo skupín stromov s cieľom zabezpečenia trvalo existujúcej zásoby dreva a nepretržitej prirodzenej obnovy lesného porastu a uplatňuje sa tam, kde existujú vhodné podmienky alebo kde je možné také podmienky vytvoriť

## účelový

uskutočňuje sa ťažbou jednotlivých stromov alebo skupín stromov spravidla v ochranných lesoch a v lesoch osobitného určenia tak, aby sa dosiahla štruktúra lesných porastov vhodná na zabezpečenie cieľa a účelu, na ktorý boli vyhlásené

**Forma hospodárskeho spôsobu** = spôsoby vykonania

## stromová

uskutočňuje sa výrubom jednotlivých stromov na ploche dielca

## skupinová

uskutočňuje sa výrubom skupín stromov do 0,2 hektára v nepravidelne rozmiestnených skupinách na ploche dielca





Vyhláška 453/2006  
(o hospodárskej úprave lesov a o ochrane lesa)



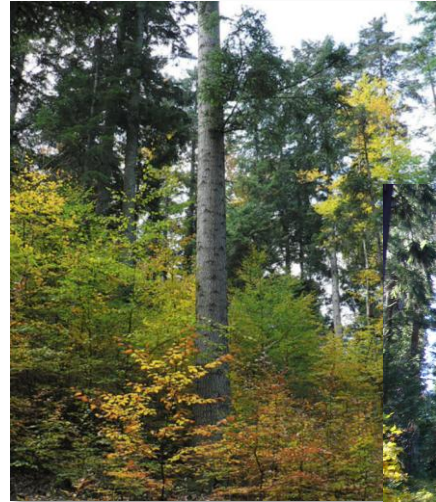
## PBHL – prírode blízke hospodárenie v lesoch

Prírode blízke hospodárenie v lesoch sa pri špecificky uplatňovaných hospodárskych spôsoboch a ich formách vytvárajú:

- výberkové lesy,
- trvalo viacetážové lesné porasty,
- mozaikové lesné porasty,
- porasty v prebudove lesa na prírode blízke hospodárenie v lesoch.

Trvale tvorivý les (napodobňuje stabilitu a odolnosť prírodných lesov v lesoch hospodárskych) = **DAUERWALD**

Výberkový les (**PLENTERWALD**) je jeho špecifický prípad



## Výchovné opatrenia

**Prečistky:** pestovné opatrenie realizované formou rubu v rastovej fáze mladín. **Prerezávky** = rastový typ smreka, **Čistky** = rastový typ buka

**Prebierky:** pestovné opatrenie realizované formou rubu v rastovej fáze žrdkovín, žrdčovín a tenkých kmeňovín



## Obnovné opatrenia

**Obnovné ruby:** napr. maloplošný clonný rub, skupinový clonný rub, skupinovitý clonný rub, okrajový clonný rub, okrajový odrub, maloplošný holorub, veľkoplošný holorub, jednotlivo výberkový rub, skupinový výberkový rub, stromový účelový rub, skupinový účelový rub a podobne

**Zalesňovanie:** umelá obnova lesného porastu pomocou semenáčikov alebo sadeníc (prvé / opakované: vylepšovanie, resp. dopĺňanie)

## Rekonštrukcie

**Premeny:** opatrenie na zmenu drevinového zloženia

**Prevody:** opatrenie na zmenu hospodárskeho tvaru lesa

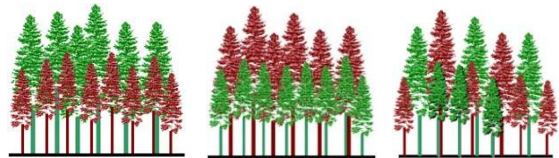
**Prebudovy:** opatrenie na zmenu hospodárskeho spôsobu

## Opatrenia súvisiace s klimatickou zmenou

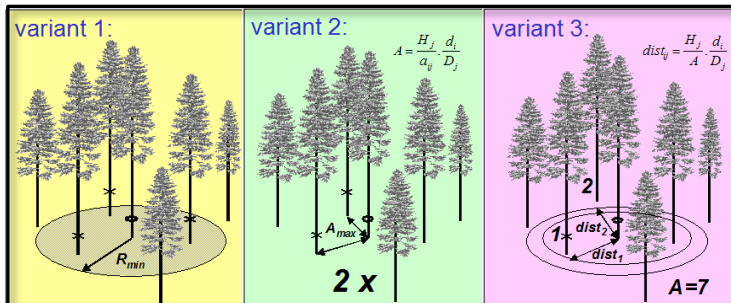
**Adaptačné:** prispôsobovanie hospodárenia klimatickej zmene s cieľom minimalizácie škôd a strát

**Mitigačné:** prispôsobenie hospodárenia s cieľom zmiernenia klimatickej zmeny a dopadu na les

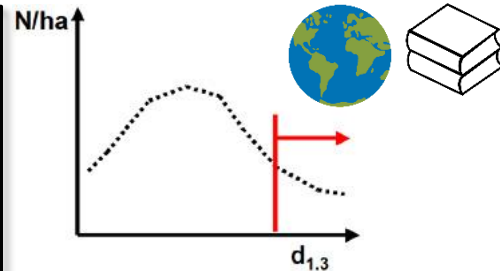




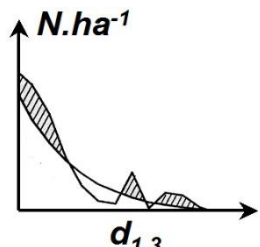
(a) prebierka založená na biosociolog. postavení (podúrovňová, úrovňová, neutrálna)



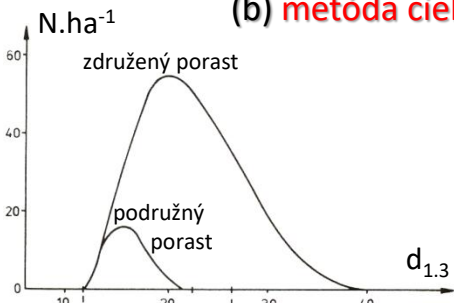
(b) metóda cieľových (budúcich rubných) stromov



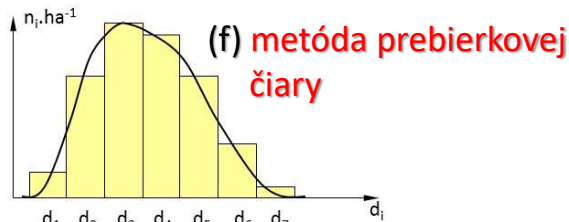
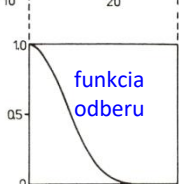
(c) metóda cieľovej dimenzie (hrúbky)



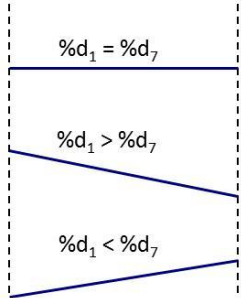
(d) metóda cieľovej krivky



(e) metóda funkcie (histogramu) odberu

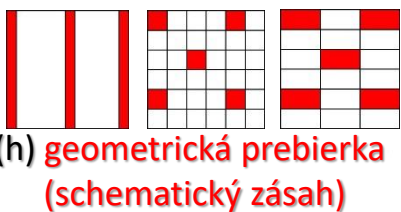


(f) metóda prebierkovej čiary



$$l_d = \frac{d_g^{RS}}{d_g^{TS}}, l_h = \frac{h_g^{RS}}{h_g^{TS}}, l_v = \frac{\bar{v}^{RS}}{\bar{v}^{TS}}$$

(g) metóda prebierkových indexov



(h) geometrická prebierka (schematický zásah)

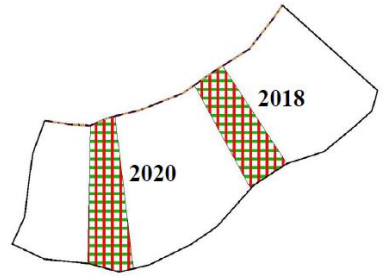
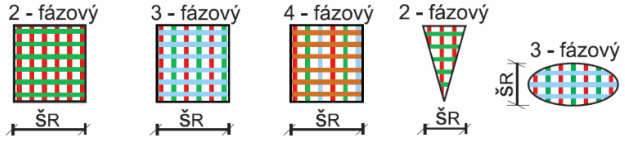


(i) interaktívna prebierka, prebierka podľa zoznamu

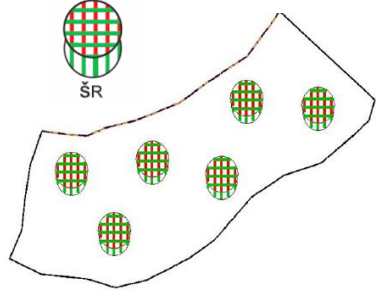


# Modely hospodárenia – obnovné ruby

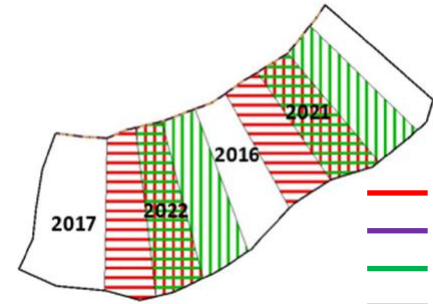
## maloplošný clonný rub



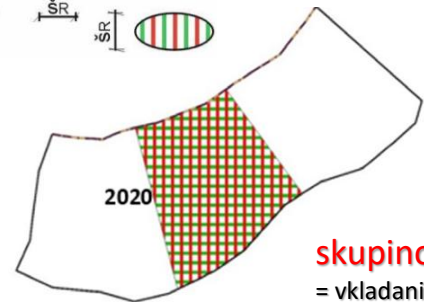
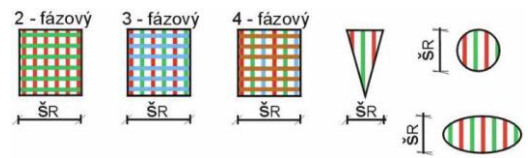
## skupinový clonný rub = rozširovanie prvkov



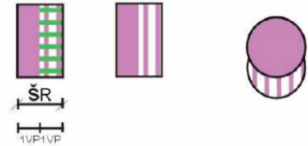
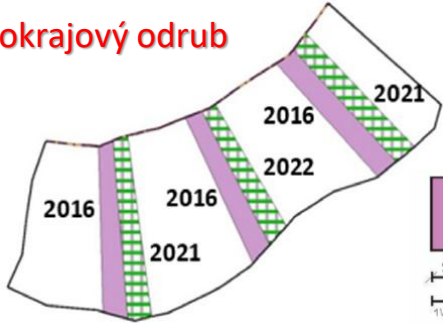
## okrajový clonný rub



## veľkoplošný clonný rub



## okrajový odrub



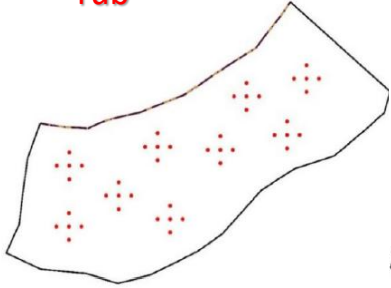
- 1. zásah (clonný rub)
- 1. zásah (odrub)
- 2. zásah
- 3. zásah
- 4. zásah
- clonný rub (preriedenie)
- clonný rub (dorub)
- holorub

## skupinový clonný rub = vkladanie prvkov

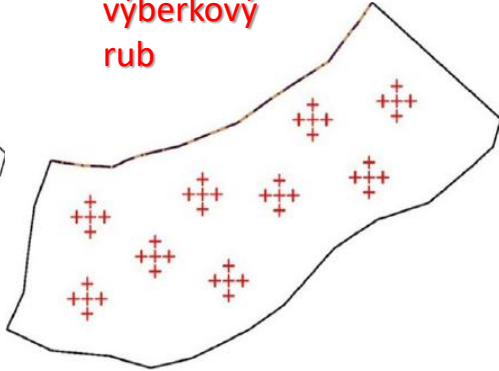


# Modely hospodárenia – obnovné ruby

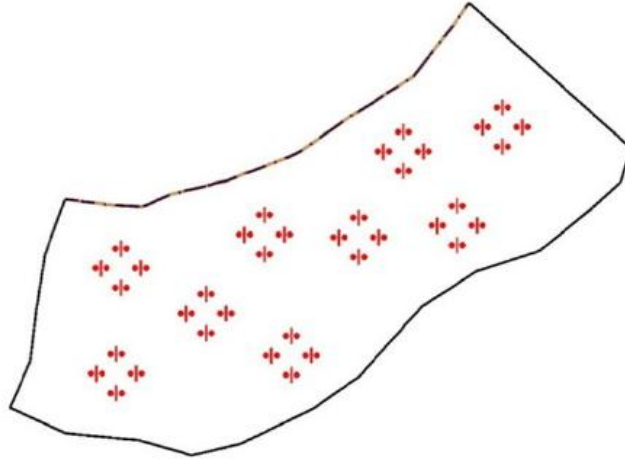
jednotlivo  
výberkový  
rub



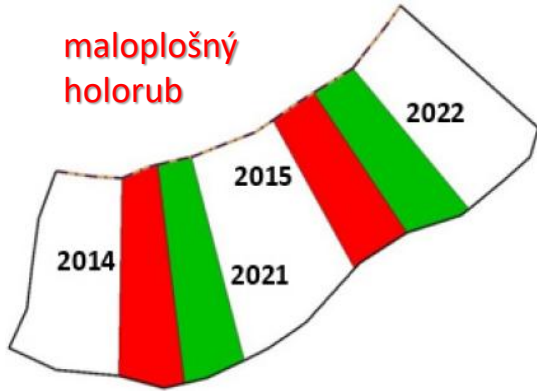
skupinový  
výberkový  
rub



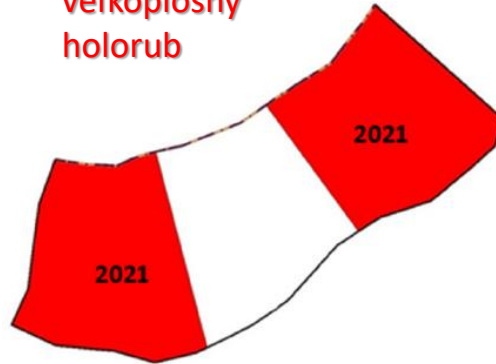
stromový  
účelový  
rub



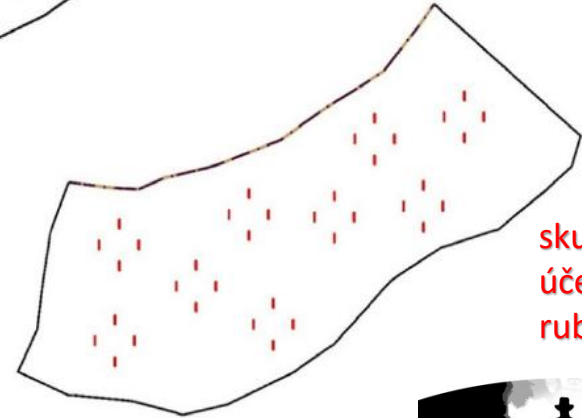
maloplošný  
holorub



veľkoplošný  
holorub



skupinový  
účelový  
rub



## Voľba modelu hospodárenia



### prístup apriori:

modely hospodárenia sú vytvorené na základe kategorizácie a typizácie lesa, pevne stanovené a preddefinované

- *výber z množiny x variantov*
  - *generalizácia*

### prístup aposteriori:

modely hospodárenia sa vytvárajú flexibilne napríklad na základe rastových simulácií vychádzajúcich z aktuálneho stavu porastu a definovaných podmienok (prírodného a socioekonomického prostredia). Skúšajú sa rôzne varianty hospodárenia a vyberá sa ten model hospodárenia, ktorý sa najviac približuje stanovenému cieľu (resp. cieľom)

- *tvorba nového variantu ( $\infty$ )*
  - *špecializácia*



# Retrospektíva k politickému priestoru

Fidel Castro



**autokracia**  
centralizácia moci

centrálne  
lesnícke  
plánovanie



(forma plánu  
je povinná  
a plán je záväzný)

voľné  
hospodárenie

(čo nie je  
zakázané  
je povolené)



liberalizmus

voľné prístupy

ľavica  
kolektív

Karl Marx



dôraz  
na celospoločenský  
význam lesa



(štát vstupuje  
do cieľov plánu  
cez kolektívne záujmy)

konzervativizmus

tradičné prístupy

Edmund Burke



tradičné  
hospodárenie

(čo nie je  
povolené  
je zakázané)



John Stuart Mill



pravica  
jednotlivec

John D. Rockefeller



dôraz na vlastníctvo lesa  
(na cieľoch plánu sa podieľa výhradne vlastník)



John F. Kennedy



demokracia  
decentralizácia moci

decentralizované  
lesnícke  
plánovanie



(forma plánu  
nie je stanovená  
a plán je nezáväzný)



# Retrospektíva k politickému priestoru



- jednotné modely hospodárenia (statické napríklad viazané na typológiu)
- apriori prístup pri aplikácii modelov hospodárenia
- využívajú sa jednoduchšie rastové modely platné pre celé územie, ľahko kontrolovateľné (napr. rastové tabuľky)



- modely hospodárenia sú flexibilné, založené napríklad na rastových simulátoroch
- častý aposteriori prístup pri aplikácii modelov hospodárenia
- časté využitie rastových simulátorov a prípadných kalibračných techník



- tvorba modelov hospodárenia je ovplyvnená využitím ekosystémových služieb
- sú preferované rubné doby viazané na nedrevné produkty (dlhšie) a často sa využíva rubný vek namiesto rubnej doby
- preferované sú clonné obnovy s dlhšou obnovnou dobou (3. až 4. fázové)
- časté prírode blízke hospodárenie v lesoch



- tvorba modelov hospodárenia je ovplyvnená ekonomickým efektom
- sú preferované metódy stanovenia rubnej zrelosti na ekonomickom, resp. finančnom princípe
- často realizované krátke rubné doby, plantážové hospodárenie, prípadne holorubné formy



- pevne definované modely hospodárenia lesa, ktoré sú povinné
- výhradne apriori prístup pri aplikácii modelov hospodárenia



- tvorba a aplikácia modelov hospodárenia je voľná a flexibilná
- aposteriori prístup pri aplikácii modelov hospodárenia
- časté variantné modely hospodárenia vzhľadom na širšiu paletu cieľov hospodárenia



# Diskusia



LECTURES BY **MAREK FABRIKA**

