

TAKING  
**COOPERATION**  
FORWARD

📍 Central Europe

💬 **SUSTREE D.C.3.2 : Školiaci materiál pre školy a univerzity**

👤 **SUSTREE (2016-2019)**

# 1. část'

## PROJEKT SUSTREE



# PROJEKT SUSTREE

SUSTREE je regionálny projekt pre podporu adaptácie na klimatickú zmenu využitím genetickej diverzity lesných ekosystémov strednej Európy



*Riešitelia projektu SUSTREE*

*- viac informácií na <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/SUSTREE.html>*



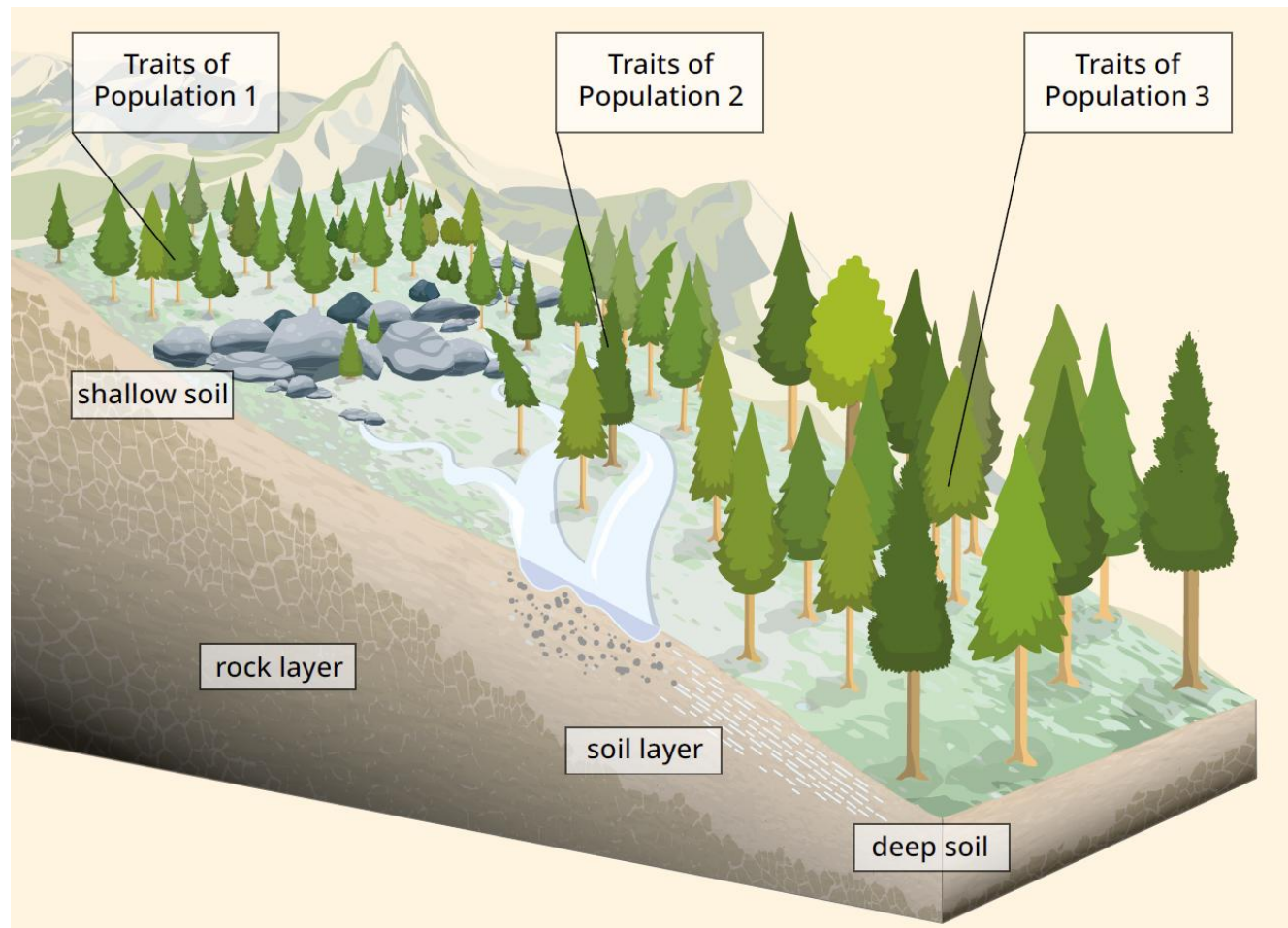
## Východiská projektu SUSTREE:

- Jednotlivé lesné dreviny sa v rôznych častiach areálu prispôsobili miestnym stanovištným podmienkam. Vďaka tomu môžu dosiahnuť lepšie prežívanie a rast.
- Klimatická zmena uvedenú rovnováhu narúša a prestáva platiť, že pre obnovu lesa sú najvhodnejšie semená a sadenice miestneho pôvodu.
- Provenienčné oblasti definuje spoločná legislatíva EÚ, ale líši sa spôsob jej uplatnenia v jednotlivých krajinách. Často neodráža klimatické odlišnosti a nepodporuje adaptáciu ku klimatickej zmene.
- Legislatívy pre reprodukčný materiál a zalesňovanie musia zohľadniť klimatickú adaptovanosť rôznych proveniencií a podporiť smery prenosu semien v súlade s očakávaným priebehom klimatickej zmeny.





# ADAPTOVANOSŤ DREVÍN NA MIESTNE PODMIENKY



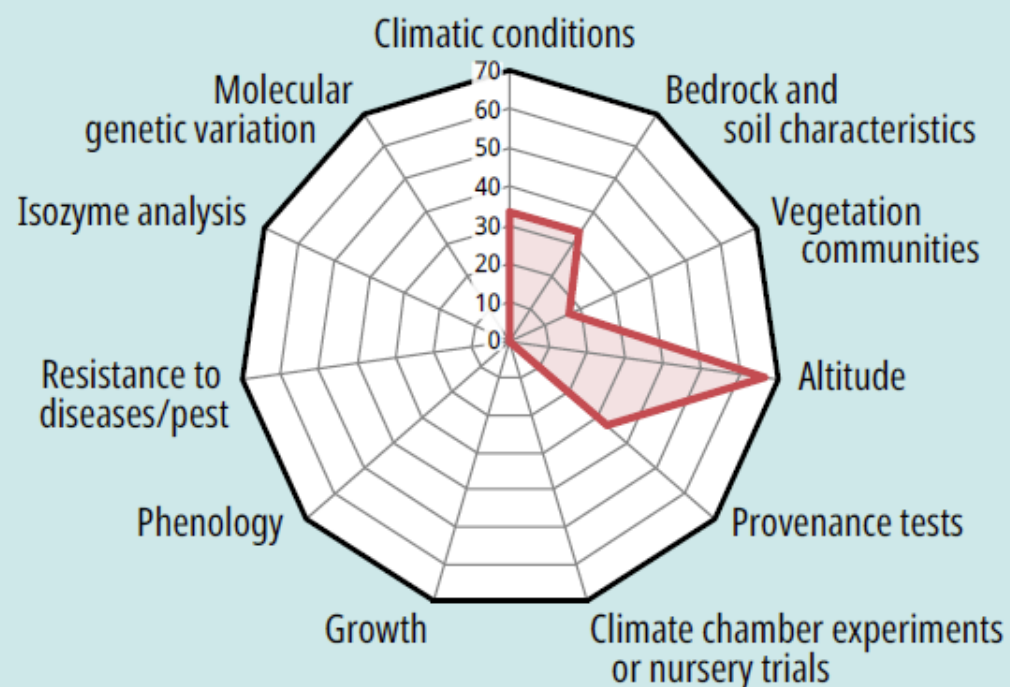
*Vnútrodruhovú premenlivosť smreka súvisiacu s nadmorskou výškou, vodným režimom a pôdou*



TAKING COOPERATION FORWARD

## *Kritériá pre vymedzenie semenárskych (provenienčných) oblastí lesných drevín*

### Basis for defining provenance delineation

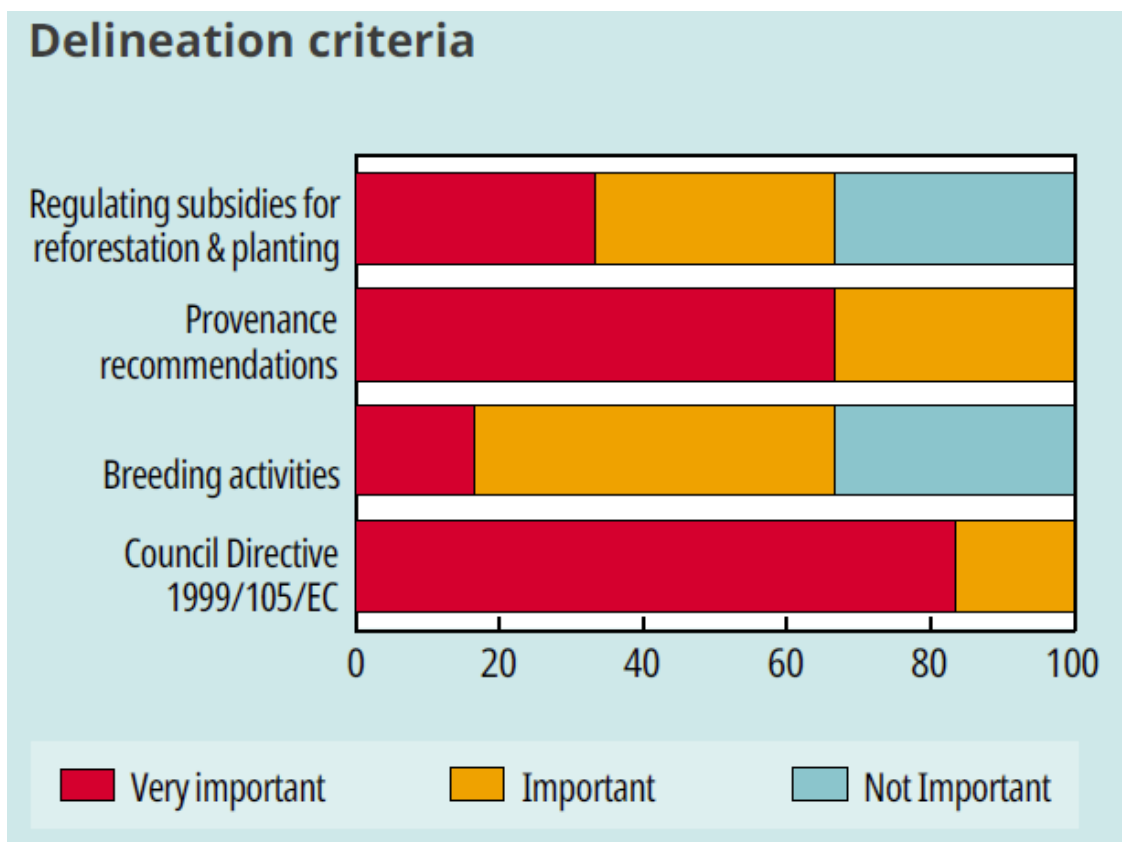


Napriek spoločnej definícii legislatívou EÚ sa kritériá pre vymedzenie provenienčných oblastí v členských štátoch líšia.

Pri vymedzení provenienčných oblastí sa najčastejšie zohľadňuje nadmorská výška, výsledky provenienčných pokusov, klíma, pôda a podložie, a tiež typ vegetácie.



## *Dôvody pre vymedzenie a spôsoby využitia provenienčných oblastí lesných drevín*



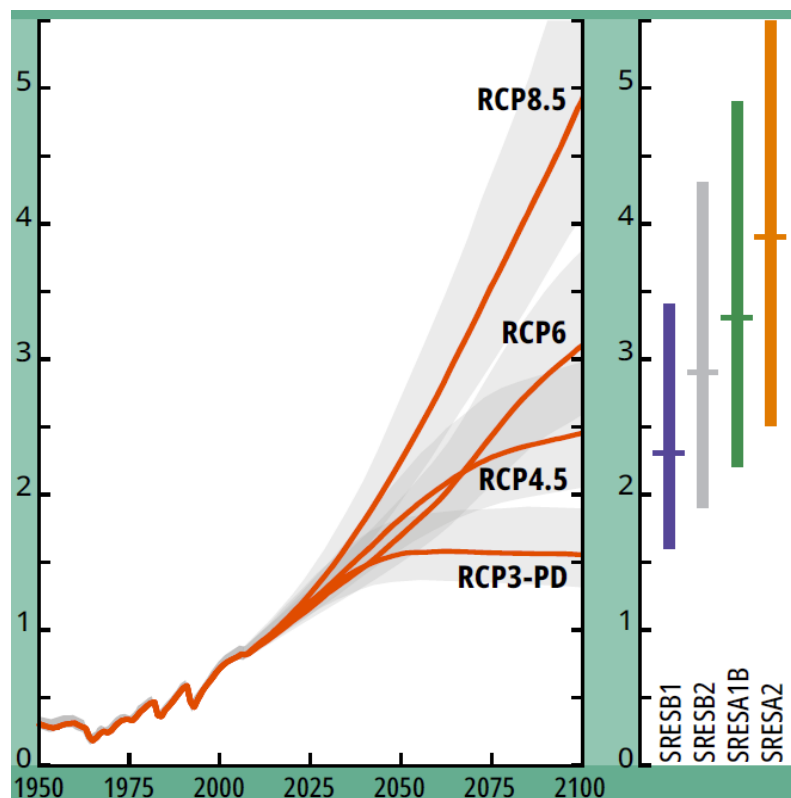
Ak národné predpisy obmedzujú cezhraničný prenos semien a sadeníc a aj ich prenos medzi semenárskymi oblasťami, nepriamo obmedzujú adaptívny manažment zameraný na zmiernenie dôsledkov klimatickej zmeny na lesy.

V strednej Európe národná legislatíva cezhraničný prenos semien a sadeníc lesných drevín obmedzuje v Poľsku, Českej republike a na Slovensku.



# SEMENÁRSKE OBLASTI A ZMENA KLÍMY

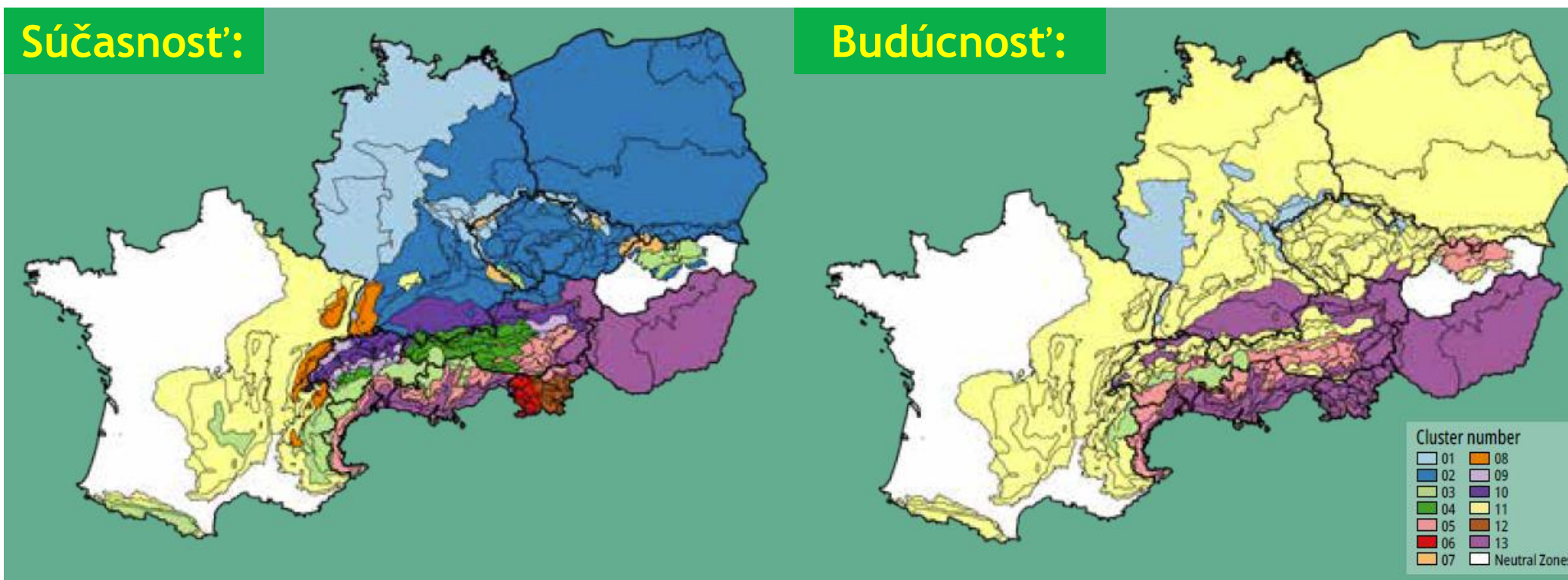
*Pozorované a simulované globálne priemerné teploty pri povrchu zeme v r. 1950-2100, ako odchýlky od priemernej teploty 1980- 1999 v závislosti od vývoja koncentrácií skleníkových plynov v atmosfére (RCPs). Zdroj: Rogelj et al. (2012)*





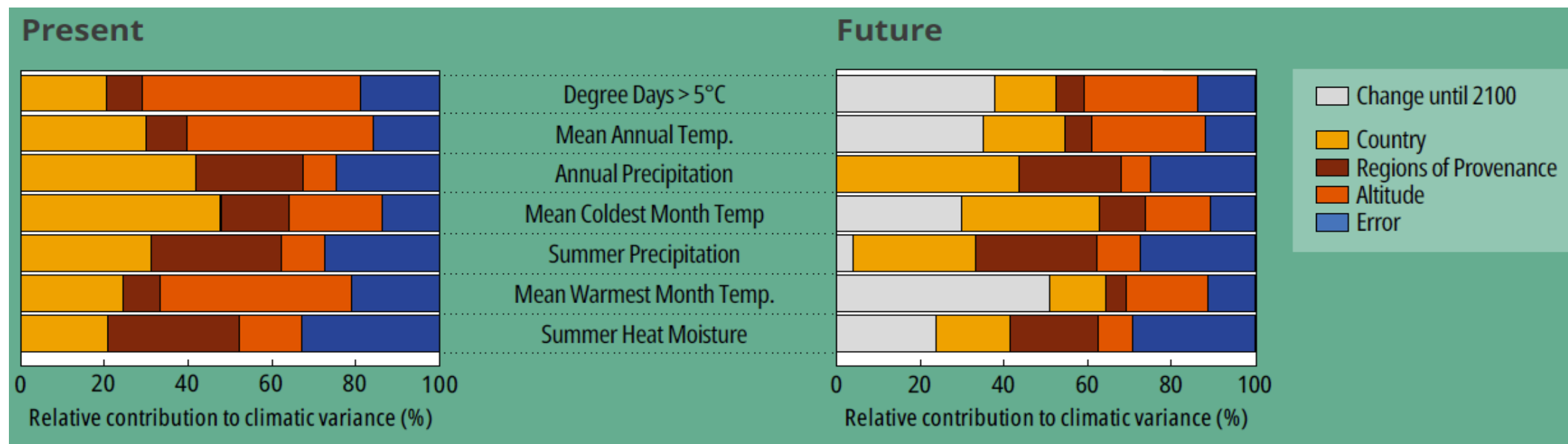
# SEMENÁRSKE OBLASTI A ZMENA KLÍMY

*Klimatická podobnosť provenienčných oblastí smreka (*Picea abies*) v strednej Európe dnes (vľavo) a v pokročilej klimatickej zmene po expanzii „juhozápadoeurópskeho“ a panónskeho podnebia označeného žltou a fialovou farbou.*



# SEMENÁRSKE OBLASTI A ZMENA KLÍMY

*Do akej miery semenárske oblasti, hranice štátov a nadmorská výška odrážajú klimatické podmienky, ku ktorým sa prispôbili populácie lesných drevín?*

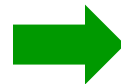
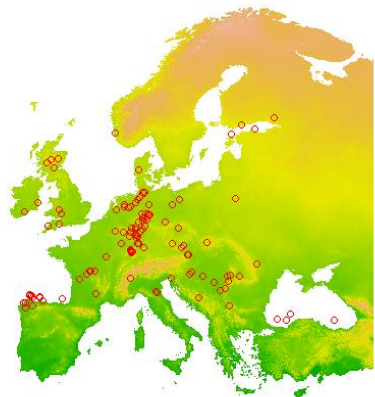


Analýza preukázala, že dnešné semenárske oblasti a politické hranice budú zmenené klimatické podmienky odrážať len čiastočne. Hranice semenárskych oblastí a štátov by sa preto mali čo najskôr upraviť spôsobom, ktorý zodpovedá hlavným smerom klimatickej zmeny.

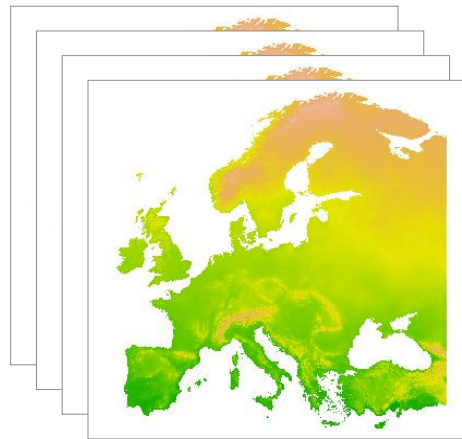


# MODEL PRE PRENOS SEMIEN A SADENÍC V ZMENENEJ KLÍME

Výsledky provenienčných pokusov



Environmentálne dáta



Dátová matica (Prov pokusy+Environm. dáta)

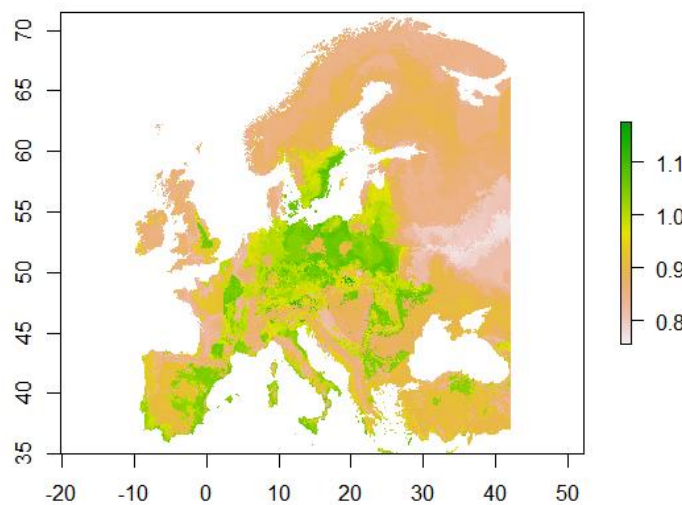
| x          | y          | Env1 | Env2 | Env3  | Douglas-fir |
|------------|------------|------|------|-------|-------------|
| 25.4499998 | 71.1500011 | 1.50 | 4.25 | 21.90 | 1           |
| 25.5499998 | 71.1500011 | 1.27 | 4.46 | 22.40 | 1           |
| 25.6499998 | 71.1500011 | 1.42 | 3.46 | 20.06 | 1           |
| 25.7499998 | 71.1500011 | 1.46 | 3.94 | 21.57 | 1           |
| 25.8499998 | 71.1500011 | 1.79 | 3.28 | 18.67 | 0           |
| 27.6499998 | 71.1500011 | 0.47 | 3.86 | 20.17 | 0           |
| 27.7499998 | 71.1500011 | 1.25 | 3.90 | 21.52 | 0           |



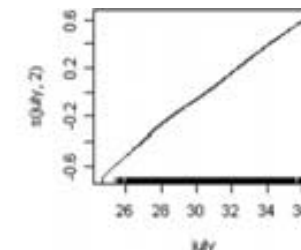
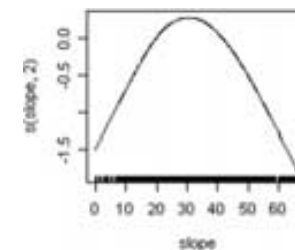
Miera zhody so štatistickým modelom:

$$\text{Produktivita} = f(\text{Env}_1 + \text{Env}_2 + \text{Env}_3 \dots \text{Env}_n)$$

Mapy produktivity lesných drevín



Hodnotenie a ladenie modelu



FORWARD



## Funkcie všeobecnej odozvy dreviny na zmenu po prenose jej reprodukčného materiálu do iných podmienok

$$\text{Produktivita} = f(\text{Env}_1 + \text{Env}_2 + \text{Env}_3 \dots \text{Env}_n)$$

- *vyjadrená kvadratickou funkciou*
- *odvodená pomocou Random Forest*

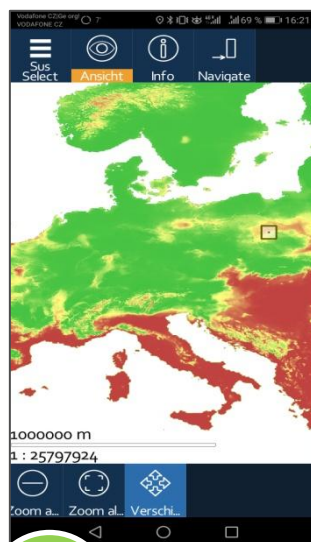




# SMARTFÓNOVÁ APLIKÁCIA SUSSELECT

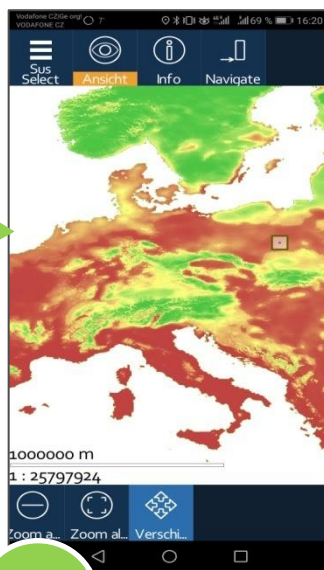
## Mapová aplikácia SusSelect Interreg SUSTREE

- ukazuje klimatickú ohrozenosť 7 hlavných stredoeurópskych drevín
- a pre zmenenú klímu doporučuje vhodné oblasti pôvodu ich semien a sadeníc:



1

Mapa  
náchylnosti  
lesných drevín na  
klimatickú zmenu



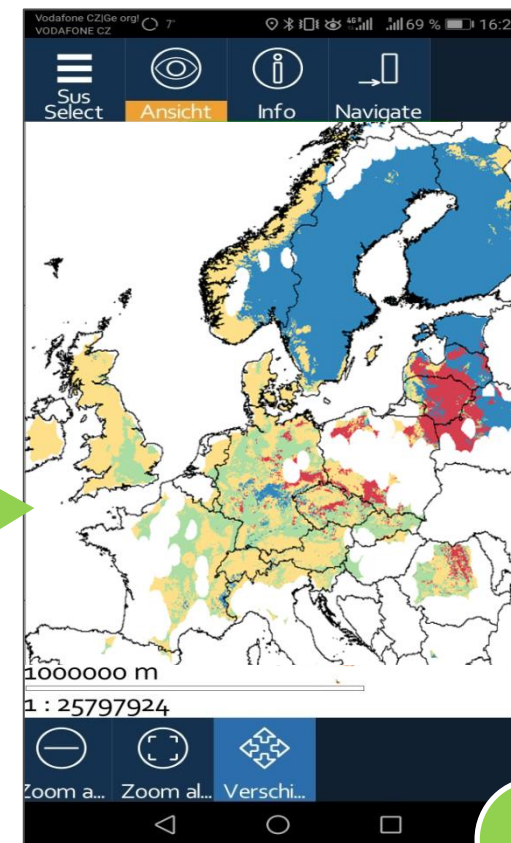
2

... v budúcom  
podnebí



3

Porovnaj  
náchylnosť druhov



4

Nájdí najvhodnejší  
zdroj semien a sadeníc





# 2. časť

## PROVENIENČNÝ VÝSKUM LESNÝCH DREVÍN



Proveniencia = miesto pôvodu

Proveniencia je čiastková populácia alebo skupina jedincov rovnakého druhu z viacmenej jednoznačne vymedzeného miesta alebo oblasti.

V provenienčných pokusoch (common garden experiments) jednotlivých drevín sa porovnávajú potomstvá populácií, obývajúcich rôzne časti areálu a rôzne typov stanovišť. Proveniencia reprezentuje omnoho väčší súbor jedincov, ako jeden lesný porast.



Contrasting diameter growth performance of provenance of Douglas-fir originating from WA (Washington and Interior British Columbia (BC) in North America when planted in common environment in East of Austria  
(Photo: Lambert Weißenbacher, BFW)



# HISTÓRIA PROVENIENČNÉHO VÝSKUMU

Hlavným dôvodom pre zakladanie provenienčných pokusov (už od polovice 19. storočia) boli negatívne skúsenosti s fenotypovou kvalitou, produkčnou schopnosťou a zdravotným stavom porastov, založených zo semiena sadeníc z iných častí areálu.

Reprodukčný materiál z iných častí areálu však niekedy svojimi vlastnosťami miestne proveniencie prevyšuje a vyznačuje sa aj variabilitou v reakcii na nové rastové podmienky.



Všeobecným cieľom je posúdenie adaptačnej schopnosti proveniencií z rôznych častí areálu dreviny – ako prežívajú a rastú po prenose do rozličných podmienok prostredia.

Získanie informácie o geografickej premenlivosti druhu v produkcii dreva, fenotypovej kvalite a citlivosti k pôsobeniu abiotických a biotických faktorov je základom následnej selekcie najlepších proveniencií pre potreby zalesňovania, prípadne pre introdukciu a zisťovanie vlastností introdukovaných drevín.

- Vymedzenie oblastí prenosu reprodukčného materiálu (smer prenosu a jeho obmedzujúce faktory).
- Získanie materiálu pre ďalšie šľachtenie.
- Predikcia areálov druhov a populácií v zmenených klimatických podmienkach.

Inými slovami, provenienčný výskum poskytuje informáciu o:

- Všeobecnej meire vnútrodruhovej premenlivosti - charakteristikách populácií a ekotypov.
- Potenciáli produkcie dreva.
- Adaptačnom potenciáli.
- Plasticite/ stabilite hospodársky a ekonomicky dôležitých charakteristík.



## → Veľkosť prirodzeného areálu

Druhy s veľkými areálmi sa vo všeobecnosti vyznačujú vyššou medzipopulačnou variabilitou v porovnaní s druhmi s malými areálmi (napr. *Pinus sylvestris* a *Pinus cembra*, *Picea mariana* a *Picea omorika*).

## → Pestrosť klimatických / stanovištných podmienok

- Keď sa druh vyskytuje v širokom spektre klimatických podmienok, resp. v širokom rozpätí nadmorských výšok, dochádza k prirodzenému výberu a v jeho dôsledku k adaptácii na miestne podmienky.
- Plynulá zmena vlastností sa nazýva „klinálna premenlivosť“. V nespojitých areáloch s odlišnými podmienkami prostredia môže vplyvom izolácie dôjsť k nespojitej „ekotypovej“ premenlivosti.





# PRIRODZENÉ AREÁLY LESNÝCH DREVÍN



*Picea mariana*



*Picea omorika*



# PRIRODZENÉ AREÁLY LESNÝCH DREVÍN



*Pinus sylvestris*



*Pinus uncinata*

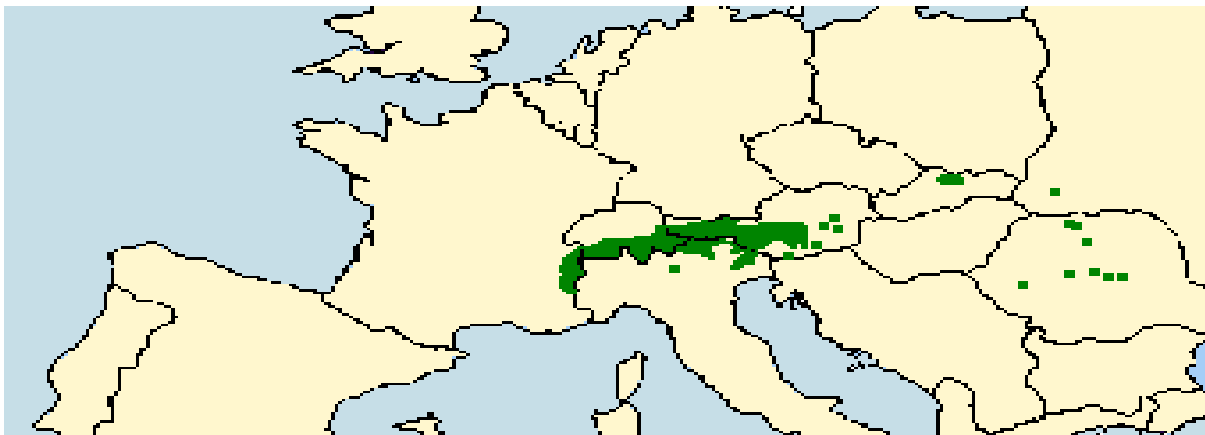


## HORSKÉ OBLASTI

Heterogenita prírodných podmienok je vyššia v horských oblastiach s veľkou variabilitou klimatických, hydrologických a pôdných podmienok.

## SPOJITOSŤ - NESPOJITOSŤ AREÁLU

V nespojitých areáloch druh prežíva v populáciách, ktoré sú čiastočne alebo úplne izolované (v strednej Európe *Pinus cembra*, *Larix decidua*).



*Pinus cembra*



- **Trend sever - juh** je najčastejšie a najsilnejšie sa prejavujúcim typom klinálnej variability.

Rozdiely, ktoré sa na vzniku klinálnej variability podieľajú je odlišná dĺžka vegetačného obdobia, rozloženie dĺžky dňa a noci vo vegetačnom období, rozdielne priemerné a extrémne teploty...)

- **Klimatický trend vlhké - suchšie resp. oceanické - kontinentálne oblasti**

Klinálna variabilita je podmienená rozdielnym vlhkosným režimom.

- **Výškový trend:** rozdiel nadmorskej výšky 1 000 m vedie k rozdielu klimatických podmienok, ktorý zodpovedá 10 stupňom zemepisnej dĺžky a približne 10°C v priemernej ročnej teplote.

*\* Príčinou poklesu teploty s nadmorskou výškou je adiabatický teplotný gradient. Pretože ho v prízemnej vrstve ovplyvňuje vlhkosť vzduchu, prúdenie a tepelné vyžarovanie zemského povrchu, reálne nadobúda hodnoty 0.5- 0.65 °C na 100 výškových metrov.*



- **Provenienčné pokusy prvého kroku** slúžia na odhad vnútrodruhovej premenlivosti a mali by podchytiť celú oblasť prirodzeného rozšírenia druhu.
- Na zachytenie trendov súvisiacich s klímou v severo-južnom a západo-východnom smere by malo stačiť **10 - 15 proveniencií**.
- **Následné provenienčné pokusy:** Ak chceme sledovať adaptáciu populácií na špecifické stanovištné podmienky, potrebný počet proveniencií je 20 - 30 pre druhy s malými areálmi a 50 - 100 proveniencií pre druhy s veľkými prirodzenými areálmi.
- Doteraz najväčší je provenienčný pokus so smrekom (IUFRO 1964-68), v ktorom je 1 100 proveniencií vysadenými súčasne na 20 pokusných plochách v 14 štátoch Európy a S. Ameriky.





## ➤ POČET PROVENIENCIÍ V POKUSE

závisí od veľkosti a heterogenity prirodzeného areálu skúmanej dreviny. Platí to aj pre čiastkové pokusy, v ktorých nás zaujíma len časť areálu, napríklad smrek z pohorí strednej a juhovýchodnej Európy). Čím je areál väčší a rozmanitejší, tým viac proveniencií je v pokuse potrebných na to, aby sme podchytili adaptácie miestnych populácií.

## ➤ POČET PARALELNÝCH POKUSNÝCH PLÔCH

závisí od heterogenity oblasti, ku ktorej chcem vzťahnuť výsledky pokusu.

Nielen stredná Európa, ale jednotlivé krajiny regiónu majú heterogénne prírodné podmienky, takže na dôveryhodné závery je testované proveniencie potrebné vysadiť súčasne na viacerých plochách.



## ➤ POČET OPAKOVANÍ (BLOKOV) NA POKUSNEJ PLOCHE

Závisí od heterogenity stanovištných podmienok na mieste/miestach, kde pokusnú plochu/plochy zakladáme.

Najčastejšie sú proveniencie na jednej pokusnej ploche vysadené súčasne v 3 alebo 4 blokoch (opakovaniach). To umožňuje v sledovaných vlastnostiach odlíšiť dedičnú zložku premenlivosti (G) od vplyvu prostredia (E).

## ➤ POČET STROMOV NA PARCELE

Závisí od dreviny (pionierska - klimaxová, krátkoveká - dlhoveká) a doby hodnotenia pokusu (pokusy krátko-, stredno- alebo dlhodobé).

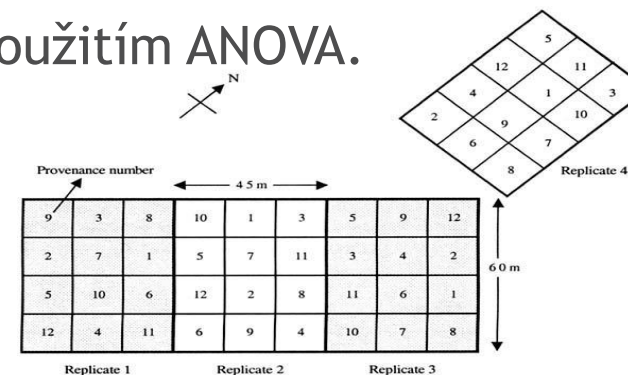
Obvykle sa v každom bloku na štvorcových parcelách vysádza 25 - 36 jedincov. Spon výsadby závisí od rýchlosti rastu sledovanej dreviny. Obvyklý spon je 2 m x 2 m.



## SPÔSOBY ZALOŽENIA PROVENIENČÝCH POKUSOV

### Bloky s náhodným rozmiestnením parciel

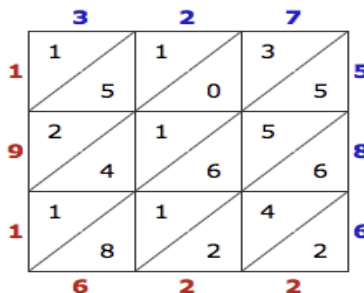
- v každom bloku sú vysadené všetky proveniencie v náhodnom usporiadaní.
- počet blokov by nemal byť nižší ako tri, obvyklé sú štyri bloky (vid'. vyššie).
- umožňuje štatistické vyhodnotenie výsledkov použitím ANOVA.



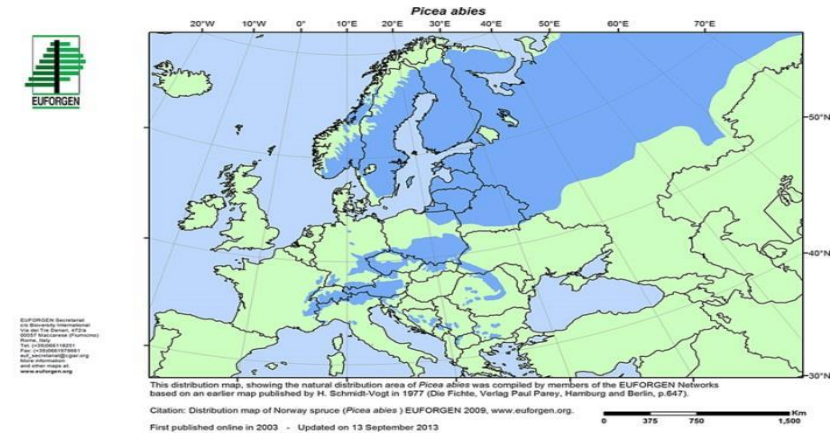
### Možnosti racionalizácie:

#### Mriežková metóda

#### Jednostromové parcely



- **Oblast' Alpsko-Balkánska:**  
severo-alpské, juho-alpské, dinársko-balkánske populácie
- **Oblast' Hercýnsko-Karpatská:**  
hercýnske, západo-karpatské a východo-karpatské populácie
- **Oblast' Baltsko-severská:**  
severopoľská, východobaltské, populácie zo strednej  
a severnej časti Fenoškandinávie





Lokalizácia proveniencie





# PROVENIENČNÝ VÝSKUM LESNÝCH DREVÍN



Stromy typické pre tri proveniencie borovice lesnej na ploche patriacej do medzinárodného pokusu IUFRO 1982, ktorá sa nachádza v strednom Poľsku





# PROVENIENČNÝ VÝSKUM LESNÝCH DREVÍN



*Rozdiely v hrúbke vetiev a uhle  
ich nasadenia medzi dvoma  
provenienciami borovice lesnej*





*Rozdiely vo výškovom raste  
proveniencie jedle bielej*





# PROVENIENČNÝ VÝSKUM LESNÝCH DREVÍN





*Označenie stromu na parcele*





# PROVENIENČNÝ VÝSKUM LESNÝCH DREVÍN



*Provenienčný pokus s brezou previsnutou*







*Provenienčný pokus s brezou previsnutou*





# PROVENIENČNÝ VÝSKUM LESNÝCH DREVÍN



*Provenienčný pokus s brezou previsnutou*





# PROVENIENČNÝ VÝSKUM LESNÝCH DREVÍN



*Rozdiely v prežívaní,  
raste a kvalite dvoch  
proveniencií čerešne  
vtáče*







*Dôležitým hodnoteným znakom je tvar kmeňa a vetvenie - príklad čerešne vtáče*





# 3. časť

## Možnosti uchovania genofondu



# ÚČEL OPATRENÍ NA ZACHOVANIE GENOFONDU

- Zachovanie genetickej diverzity ako základu zachovania druhov (druhovej a ekosystémovej diverzity)
- Zachovanie evolučného potenciálu druhov prostredníctvom zachovania adaptačného potenciálu populácií
- Zachovanie biologických zdrojov pre budúce generácie (možností výberu pre ich využívanie) za uspokojenia súčasných potrieb



## *Druh dopadu*

- zmenšenie efektívnej veľkosti (reprodukujúcej sa časti) populácie
- zväčšenie priestorovej izolácie
- zníženie populačnej hustoty
- zmeny podmienok prostredia

## *Genetický proces:*

- genetický drift
- tok génov
- párovanie - inbríding
- selekcia



## Inbredná depresia v dôsledku zberu semien z malého počtu stromov

|              | výška ročných<br>semenáčikov [cm] |
|--------------|-----------------------------------|
| 1. generácia | 32.5                              |
| 2. generácia | 20.7                              |
| 3. generácia | 18.1                              |



Source: Byjus.com



# AKO VEĽKÝ SÚBOR JEDINCOV REPRODUKUJE GENOFOND?

## Pravidlo 50/500 jedincov (Franklin 1980)

- **50** - minimálna veľkosť pre udržanie inbrídingu na akceptovateľnej úrovni,
- **500** - pri tejto veľkosti populácie by prípadné ochudobnenie genofondu spôsobené genetickým driftom mali kompenzovať mutácie,
- minimálne veľkosti sa vzťahujú k **efektívnej veľkosti populácie ( $N_e$ )** - počtu plne sa reprodukujúcich sa jedincov.

Na dosiahnutie potrebnej efektívnej veľkosti populácie ( $N_e$ ) je potrebné omnoho viac jedincov, ako je počet stromov tvoriacich porast ( $N$ ). Dôvodom je:

- rozdielna intenzita kvitnutia a plodenia jedincov,
- časový nesúlad kvitnutia = obmedzená krížiteľnosť časti jedincov,
- dvojdomosť = existencia samčích a samičích jedincov.





## *In situ - Ex situ*

***In situ*** - systém rezervácií - nenarušených chránených území v prirodzenom areáli druhu

- *ekosystémovo orientované opatrenie*

***Ex situ*** - zachovanie populácií umelým spôsobom mimo miest prirodzeného výskytu

- *druhovo zamerané opatrenie*



# ZACHOVANIE BIODIVERZITY *IN SITU*: STROMY AKO KLÚČOVÁ ZLOŽKA LESA

V ideálnej predstave ide o sieť rezervácií - veľkých, súvislých chránených území zachovávajúcich genofond, druhovú diverzitu a biotop.

**Obmedzenia:** nedostatočná reprezentatívnosť, nedostatočná veľkosť, izolácia, nepredvídateľné biologické riziká.

Mnoho druhov má rozsiahle areály:

- sieť rezervácií musí podchytiť rozmanitosť prírodných podmienok,
- nie je možné aplikovať tam, kde druh vymizol alebo sa zachoval len vo fragmentoch populácií,
- sieť rezervácií by mala umožňovať aj migráciu - tok génov medzi populáciami.

*Ochrana in situ má zásadný význam,  
ale rezervácie na bezpečnú reprodukciu genofondu nestačia*



# ZACHOVANIE BIODIVERZITY *EX SITU*: METÓDY A ICH OBMEDZENIA

semenné banky - *statické opatrenie, problémová reprodukcia genofondu*  
reprodukčné výsadby - *obmedzenie veľkosťou > zmeny frekvencie génov driftom*  
- *dá sa uchovať len obmedzený počet populácií*  
botanické záhrady - *nedá sa v nich uchovať populácia potrebnej veľkosti.*



# ZACHOVANIE BIODIVERZITY

## *EX SITU* : METÓDY A ICH OBMEDZENIA

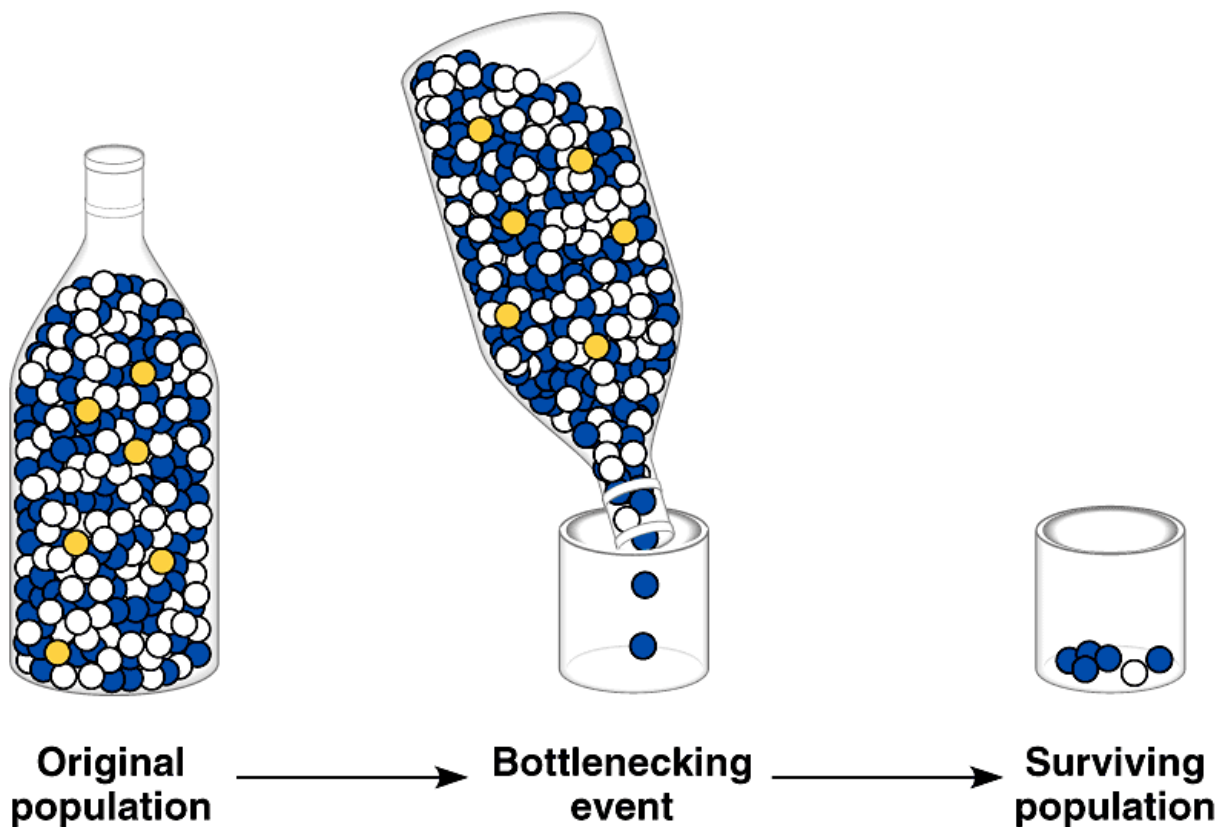
- Užitočné, ale kvôli náročnosti na zdroje sa opatrenia *ex situ* obmedzujú na niekoľko - obvykle ekonomicky dôležitých - druhov.
- Posledná šanca pre zachovanie ohrozených druhov / populácií.
- Dopĺňa prístupy *in situ*.



# ZACHOVANIE BIODIVERZITY

## *EX SITU*: METÓDY A ICH OBMEDZENIA

Zahrdlenie → genetický drift

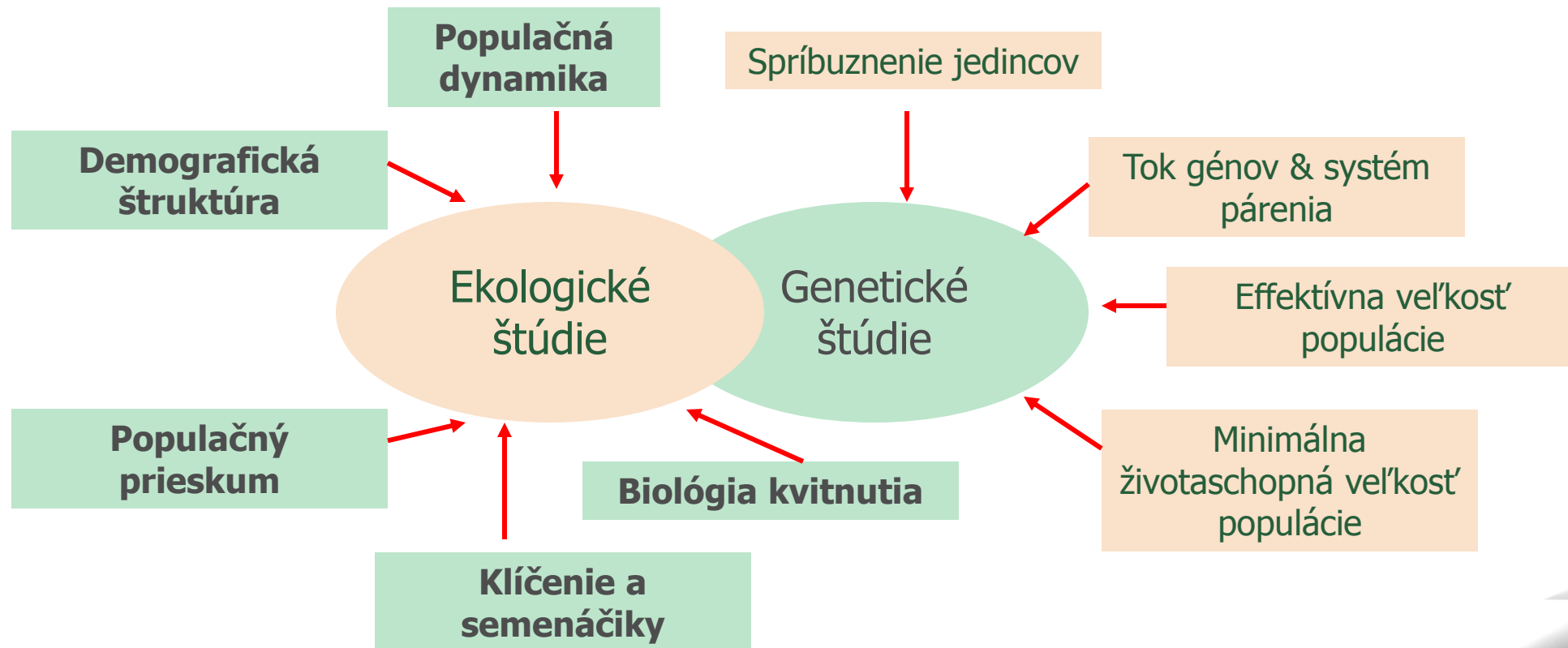


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

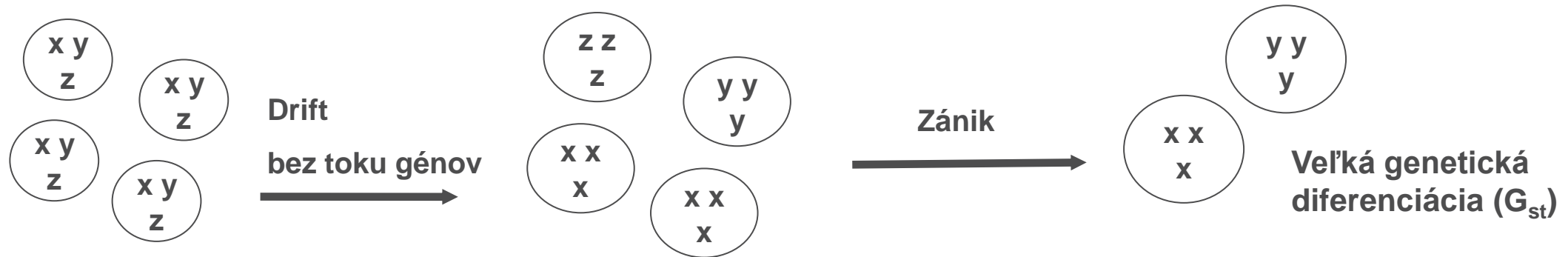




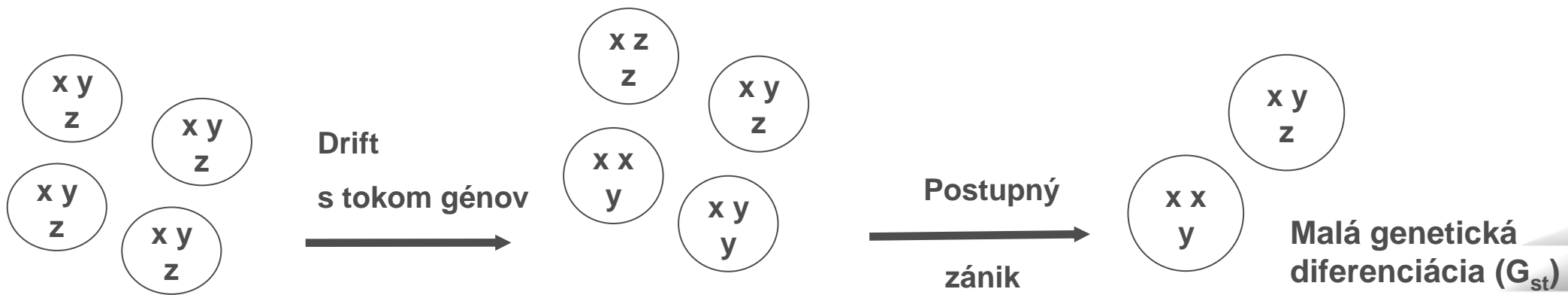
➤ je dôležité vedieť, že ekologické a genetické štúdie sa dopĺňajú a jedny bez druhých nemôžu priniesť komplexný výsledok



**A: V malých izolovaných populáciách vedie drift k strate genetickej diverzity a ich zániku**



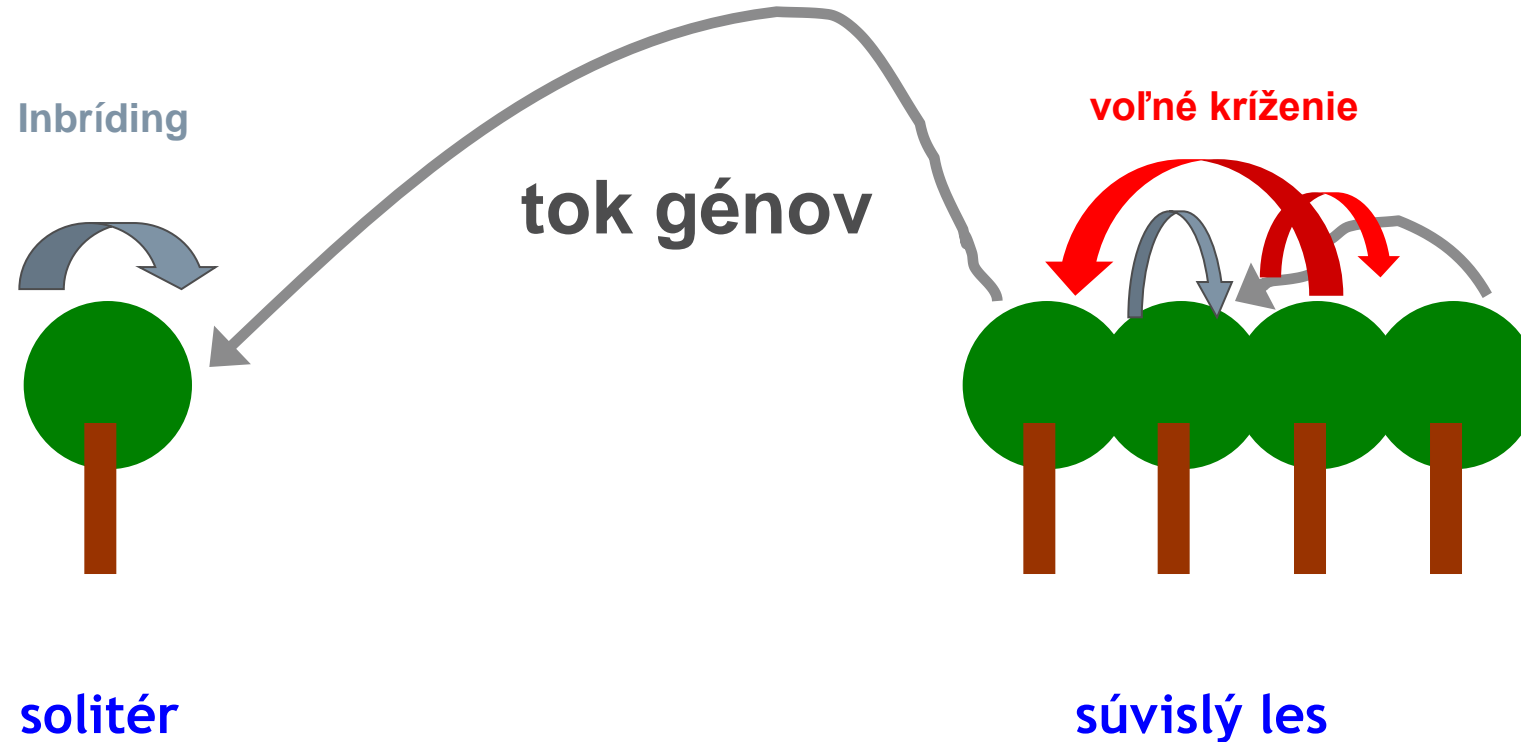
**B: Vďaka toku génov medzi malými populáciami klesá ich genetická diverzita pomalšie**



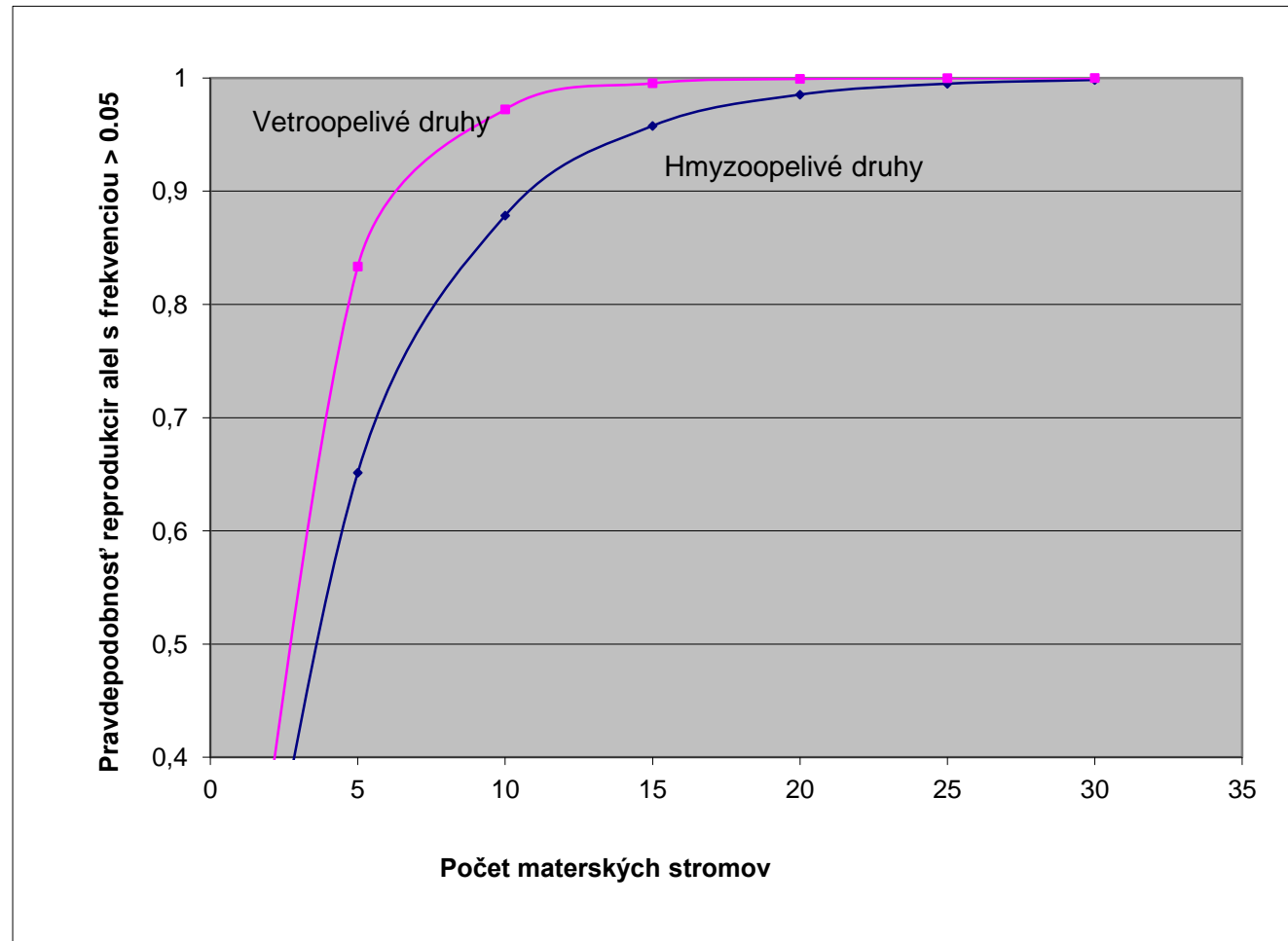
# ZMENY GENOFONDU V POTOMSTVÁCH SOLITÉROV A ZBYTKOVÝCH POPULÁCIÍ

## Predikcia :

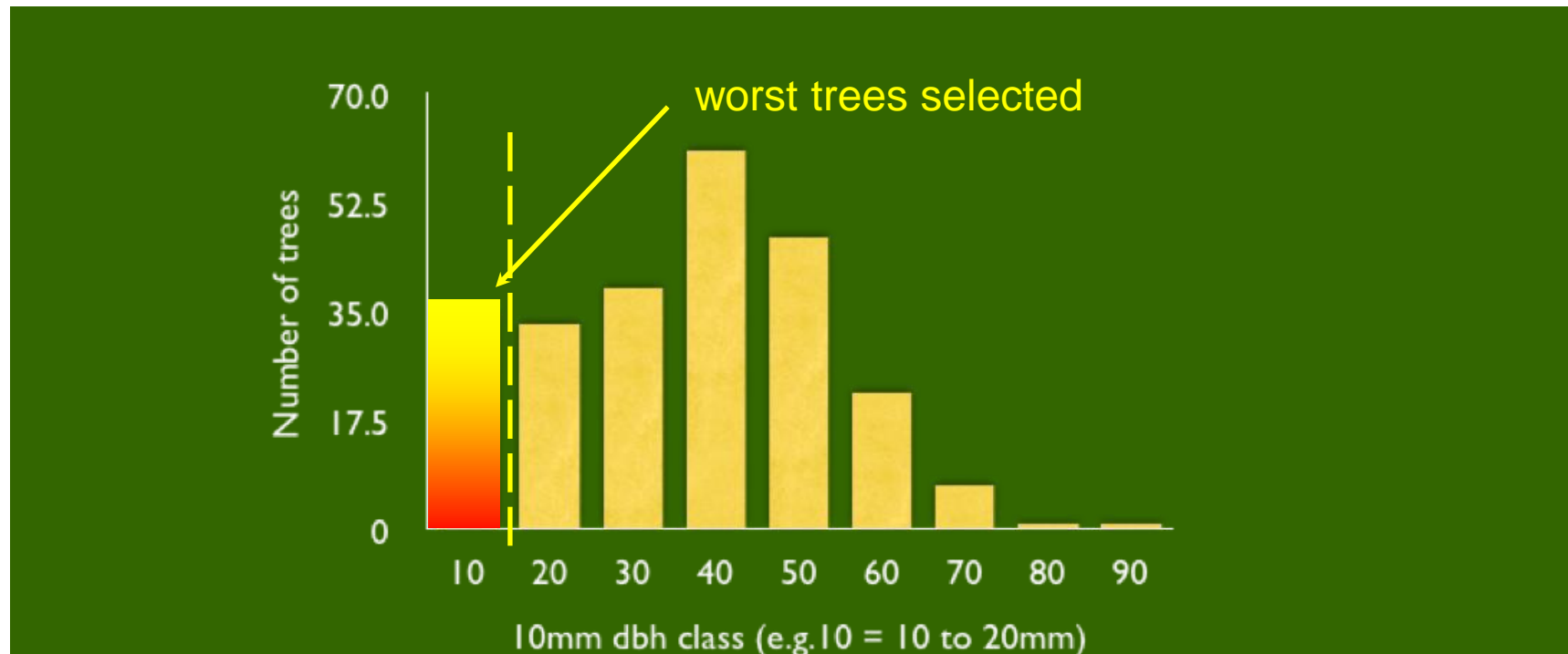
- viac inbrídingu
- menej otcovských jedincov
- ale aj väčší rozptyl peľu



# Z KOĽKÝCH STROMOV MUSÍME ZBIERAŤ SEMENÁ?



- Dysgenická selekcia vedie po jednej alebo viacerých generáciách k nežiadúcej geneticky fixovanej zmene vlastností populácie



“...d’alšia vlastnosť stojaca za zmienku je absencia zjavnej spojitej premenlivosti vo vzťahu k zemepisnej dĺžke a šírke. Môže to byť dôsledok fragmentácie lesov okolo Stredozemného mora a ich dlhodobému vystaveniu dysgenickej selekcii ťažbou najlepších stromov” (Palmberg 1975)



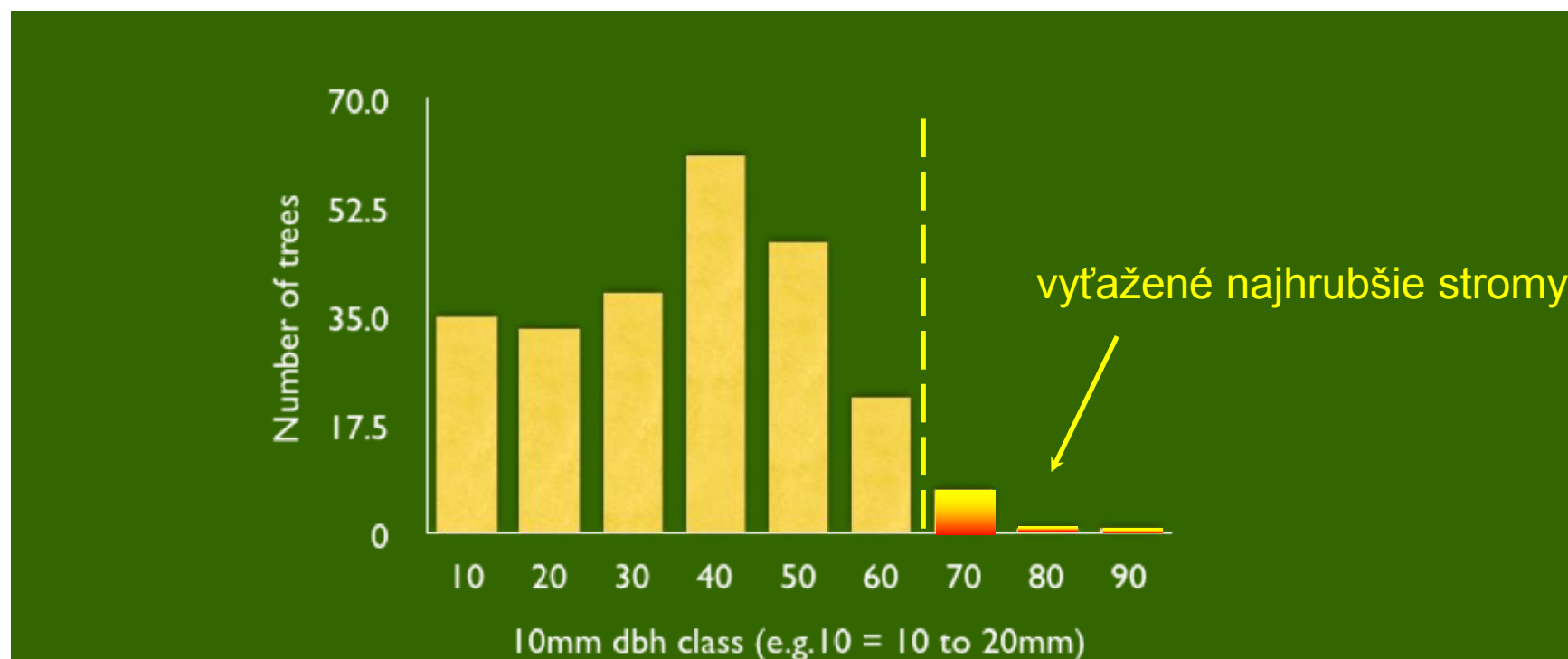


# ŤAŽBA NAJKVALITNEJŠÍCH JEDINCOV AKO PRÍKLAD DYSGENICKEJ SELEKCIE

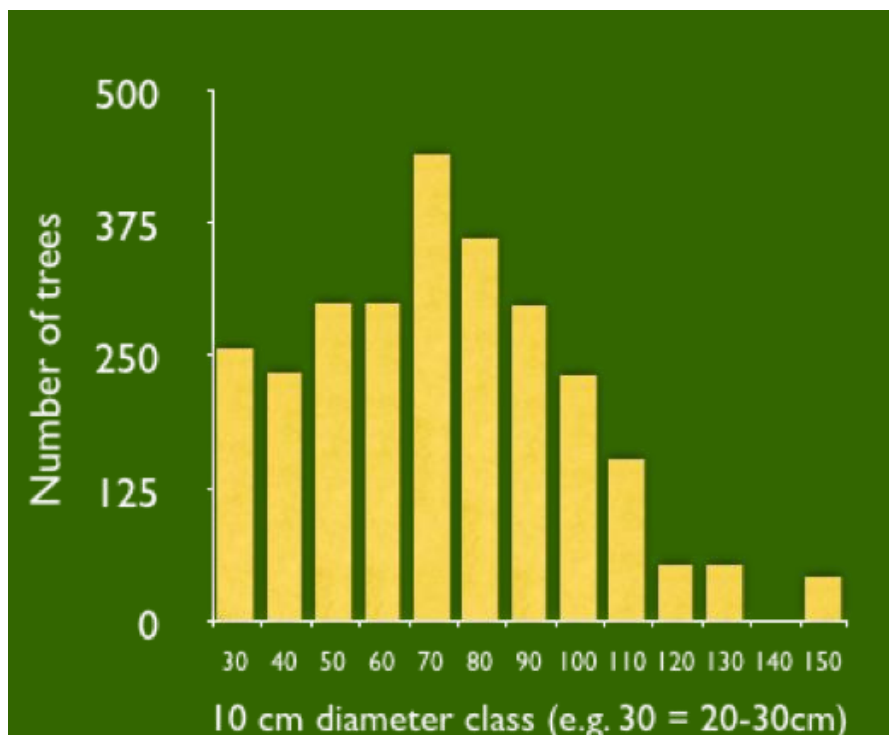
“...na väčšine miest sa tento kedysi známy strom dnes vyskytuje v len o niečo lepšej podobe ako je zavetvený ker alebo malý strom, a slúži teda ako najlepší príklad extrémnej genetickej erózie z dôvodu nadmernej ťažby najlepších jedincov”  
(Pennington et al. 1981)



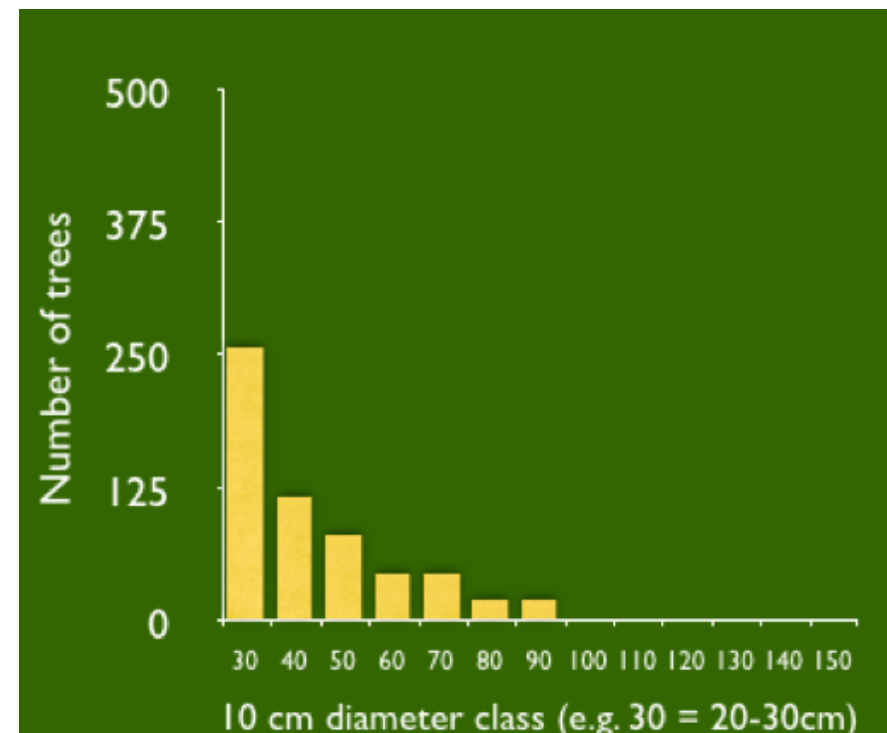
# POZITÍVNA FENOTYPOVÁ SELEKCIA



pred obnovným rubom



po obnovnom rube



podľa GROGAN et al. 2008

TAKING COOPERATION FORWARD



Odozva na selekciu ( $R$ ) = selekčný diferenciál ( $S$ ) x dedivosť ( $h^2$ )

- ...dovoľuje predpovedať genetický dopad fenotypového výberu, či pozitívneho (šľachtenie) alebo negatívneho (dysgenického)





ODOZVA NA SELEKCIU (R) = **SELEKČNÝ DIFERENCIÁL (S)** X DEDIVOSŤ ( $H^2$ )

➤ Selekčný diferenciál je rozdiel medzi priemerom vyselektovaných jedincov a priemerom populácie.

*Príklad: Ak je priemerná hrúbka výberových stromov 40 cm a priemer populácie len 20 cm, potom sa selekčný diferenciál  $S = 20$  cm*

- Selekčný diferenciál je mierou zlepšenia vlastností v rámci jednej generácie. Inými slovami odráža viditeľné rozdiely spôsobené genetikou aj prostredím



ODOZVA NA SELEKCIU (R) = SELEKČNÝ DIFERENCIÁL (S) X DEDIVOSŤ ( $H^2$ )

Dedivost' = miera, do akej sa hodnota selekčného diferenciálu prenáša z rodičov na ich potomstvo

- Dedivost' nadobúda hodnoty od nuly po jedna



ODOZVA NA SELEKCIU (R) = SELEKČNÝ DIFFERENCIÁL (S) X DEDIVOSŤ ( $H^2$ )

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P}$$

$$h^2 = \frac{V_A}{V_G + VE}$$

$$h^2 = \frac{V_A}{V_A + VD + VI + VE}$$

➤ Pri zisťovaní dedivosti sa odhaduje len jej hodnota v užšom zmysle, pretože len variabilita spôsobená aditívnymi efektmi umožňuje predpovedať efekt selekcie.



- FRANKLIN, Ian Robert. Evolutionary change in small populations. 1980.
- PALMBERG, Christel. Geographic variation and early growth in south-eastern semi-arid Australia of *Pinus halepensis* Mill. and the *P. brutia* Ten. species complex. *Silvae Genetica*, 1975, 24: 150-160.
- PENNINGTON, Terence D., et al. *A monograph of neotropical Meliaceae (with accounts of the subfamily Swietenioideae by BT Styles and the chemotaxonomy by DAH Taylor)*. 1981.
- GROGAN, James, et al. What loggers leave behind: impacts on big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) commercial populations and potential for post-logging recovery in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 2008, 255.2: 269-281.

