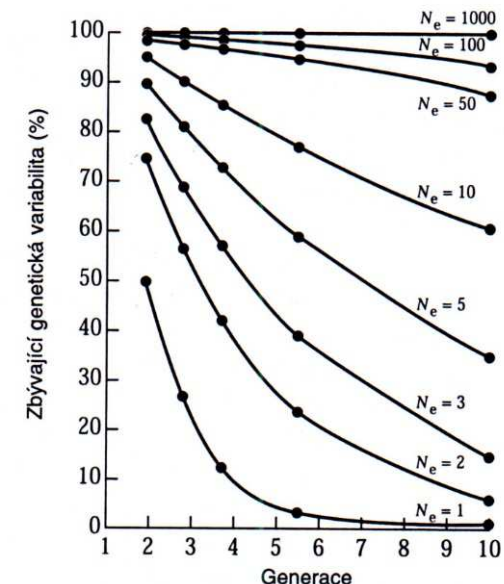


Ochrana přírody

(semestrální přednáška)

Využití populační biologie v ochraně přírody

doc. Dipl.-Biol. Jiří Schläghamerský, Ph.D.
Ústav botaniky a zoologie PŘF MU



Druhov^á ochrana: Jak velká musí být populace, aby přežila?

Malé populace vymírají snadněji (častěji) než velké.

Hlavní důvody:

- ztráta genetické variability (a tím schopnosti se přizpůsobit změnám prostředí, odolávat chorobám atd.) v důsledku příbuzenského křížení a genetického driftu
- kolísání v početnosti populace způsobené náhodnou variabilitou porodnosti a úmrtnosti
- výkyvy prostředí (stochastické jevy: kolísání míry predace, konkurence, výskytu nemocí, dostupnosti potravy, výskyt přírodních katastrof jako požárů, záplav, sucha...)

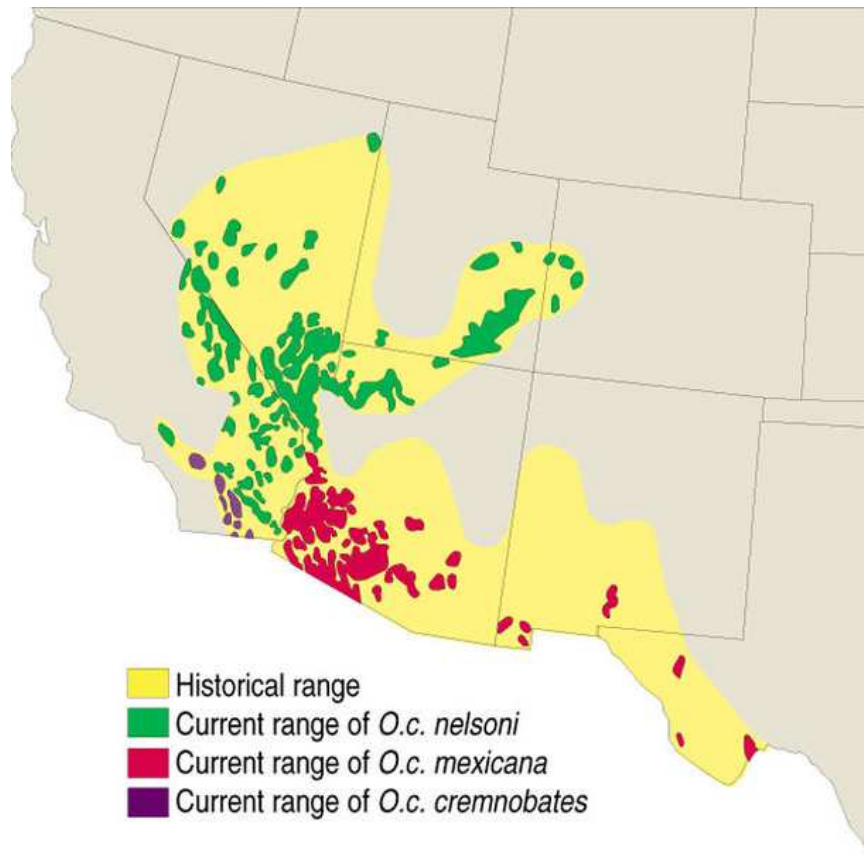
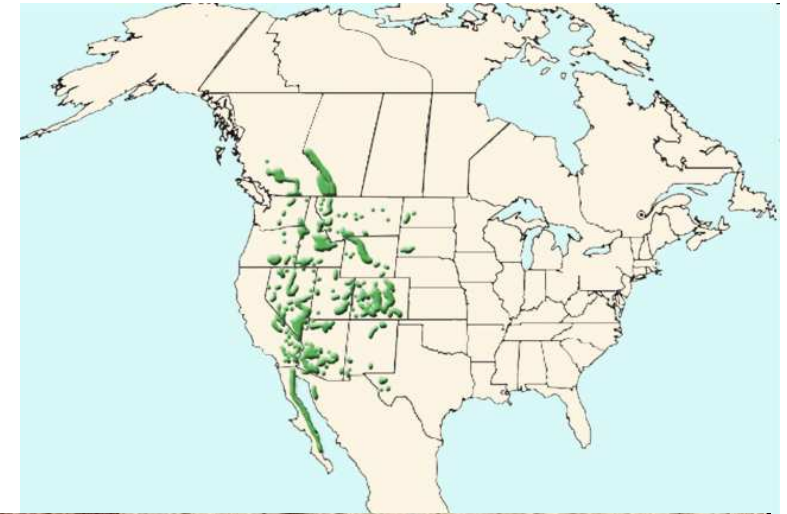
Případová studie I:

Ovce tlustorohá (*Ovis canadensis*)

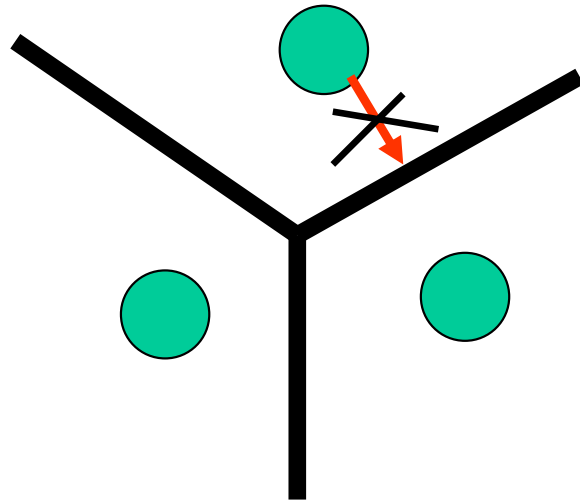
- metapopulace v polopouštních horských habitatech na jihozápadě USA



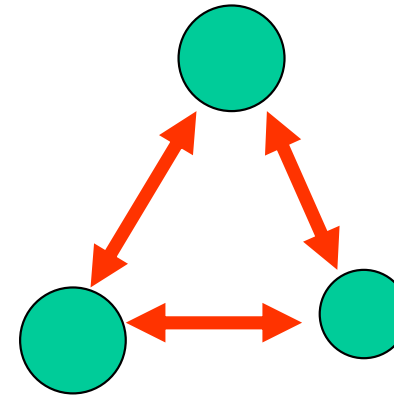
Rozšíření poddruhů **ovce tlustorohé**
v severní Americe a rozšíření jednotlivých
poddruhů na jihozápadě USA:



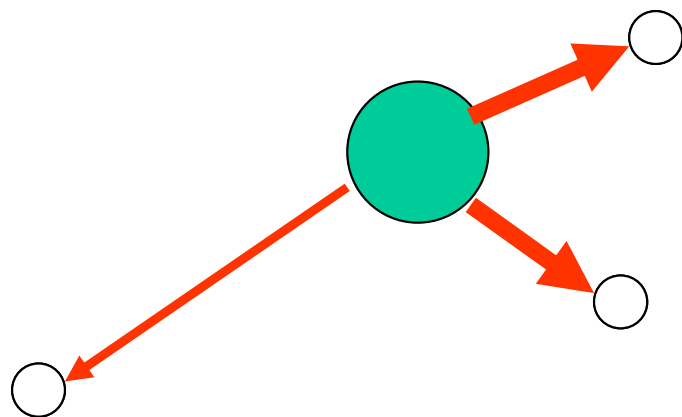
Co to je metapopulace?



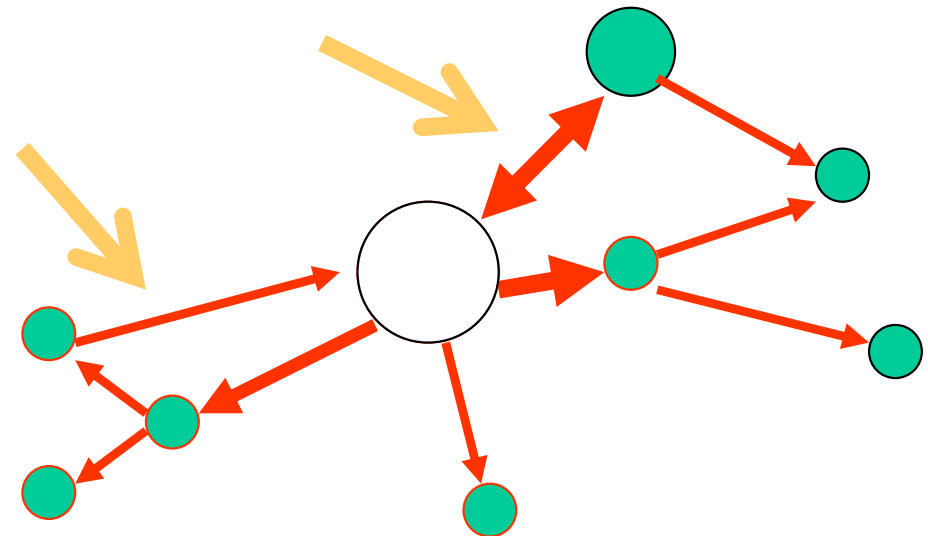
A: Tři nezávislé populace



B: Jednoduchá **metapopulace** složená z tří navzájem propojených populací

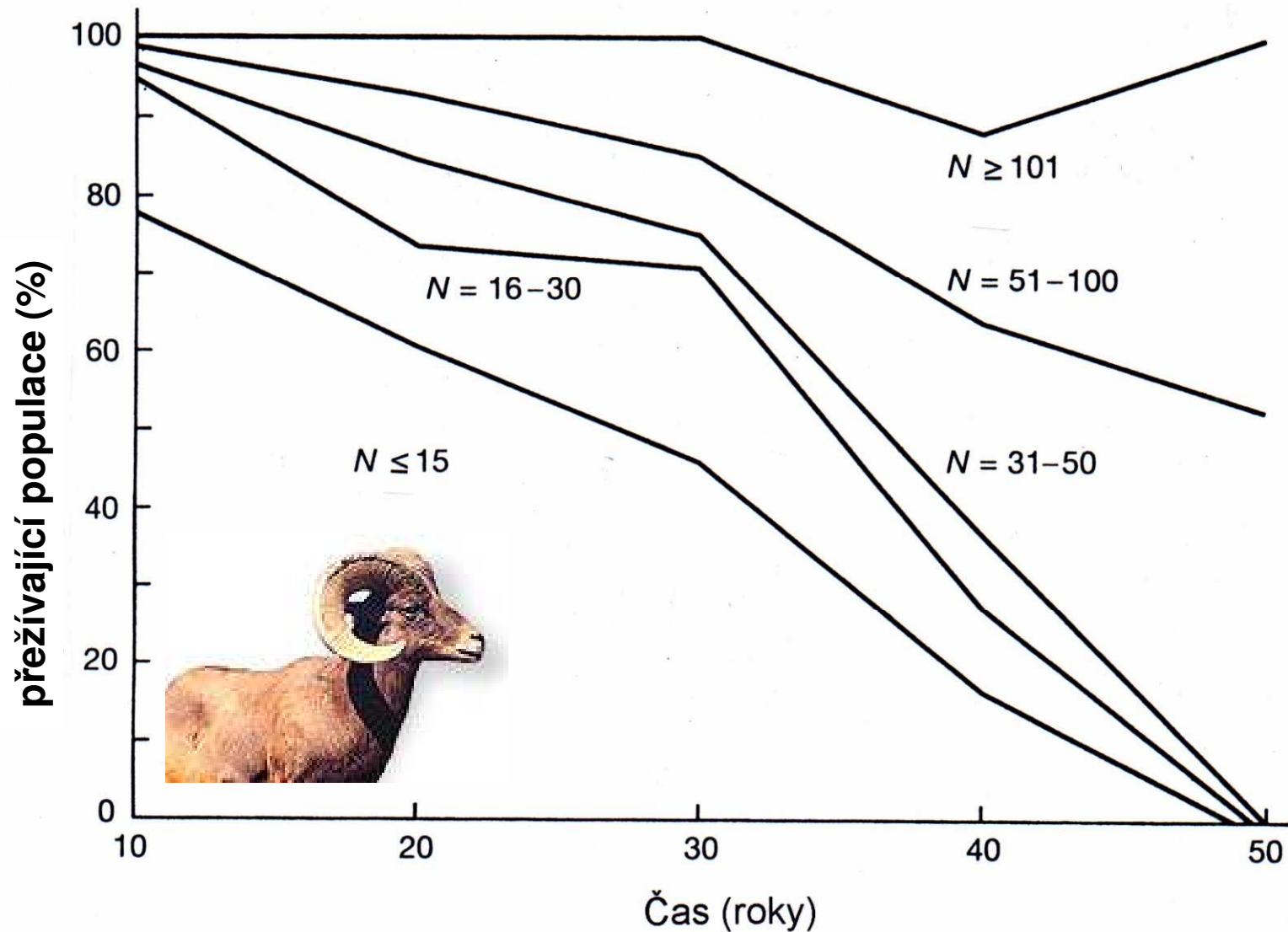


C: **Metapopulace** složená ze zdrojové populace a tří propadových populací

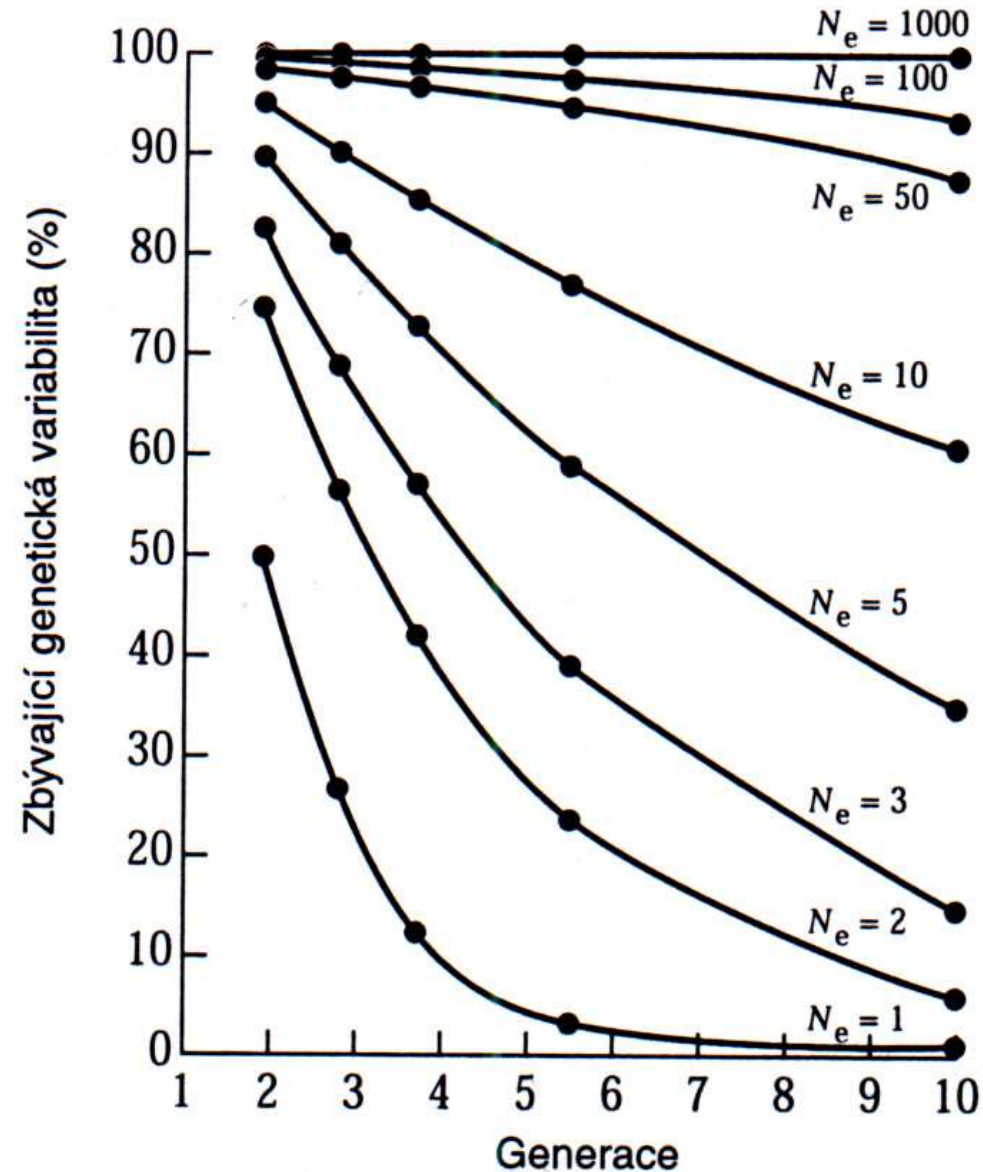


C: **Metapopulace** složená z vícero zdrojových i propadových populací

Vliv počáteční velikosti populace (N = počet jedinců) **ovce tlustorohé** na její přežití po dobu 50 let (celkem 120 **izolovaných** populací)

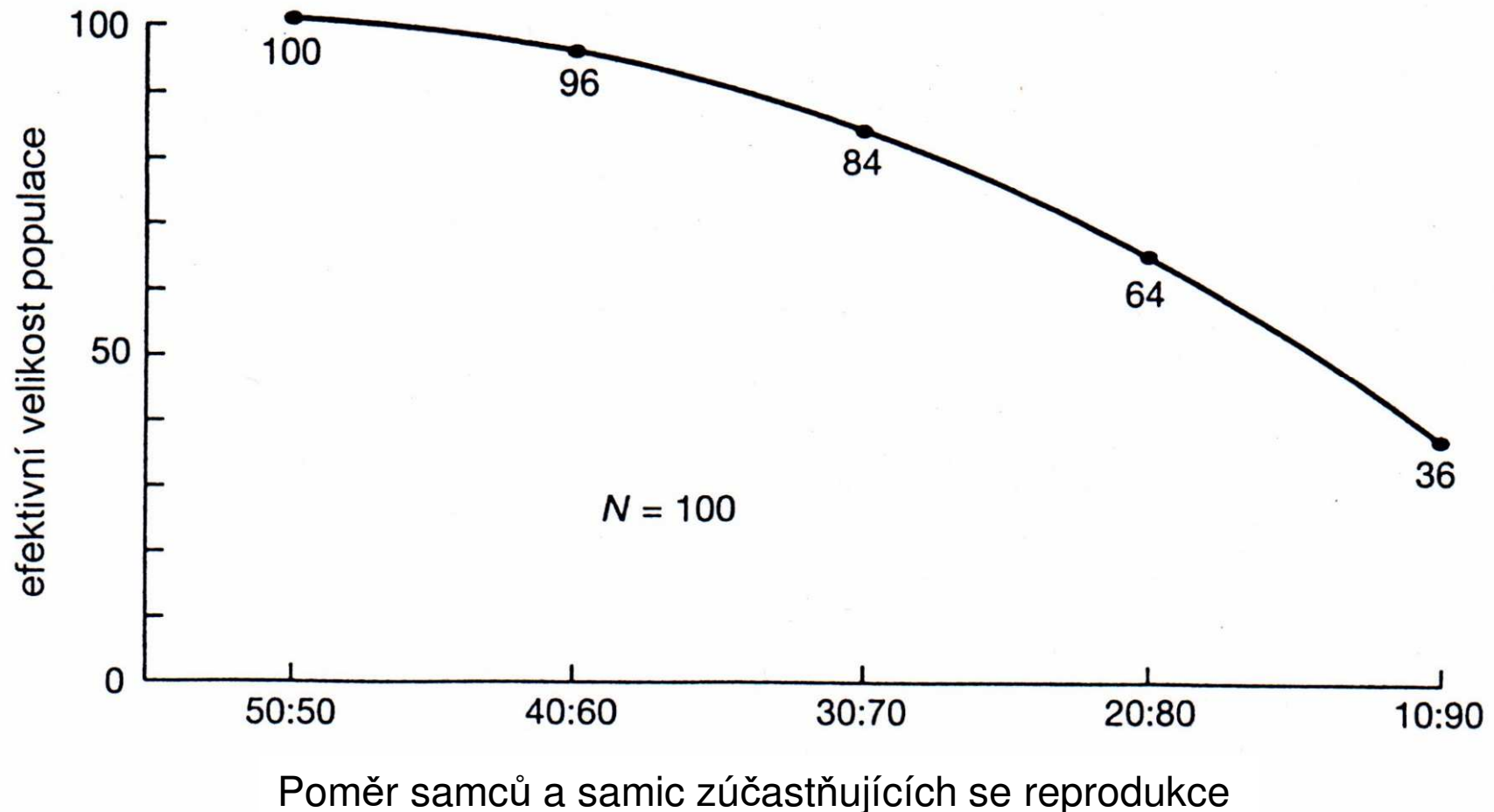


Míra genetické variability v průběhu vývoje teoretické populace (10 generací) v závislosti na výchozí velikosti efektivní populace (N_e)



Co to je efektivní velikost populace (N_e)?

Počet jedinců skutečně se podílejících na reprodukci! Vliv poměru pohlaví (náhoda, sociální struktura), variability v počtu potomků, krátkého generačního cyklu s velkou kolísavostí počtu jedinců z generace na generaci.



Co to je efektivní velikost populace (N_e)?

Výpočet pro druhy s velkým kolísáním velikosti populace mezi jednotlivými generacemi (např. jednoleté rostliny, obojživelníci, mnohé druhy hmyzu):

$$1 / N_e = 1 / t (1 / N_1 + 1 / N_2 + \dots + 1 / N_t)$$

t = čas (např. počet let) resp. počet generací

N_1 = počet reprodukčně aktivních jedinců 1. generace

Příklad:

Populace motýla během 5ti let (1 generace / rok): 10, 20, 100, 20, 10 jedinců

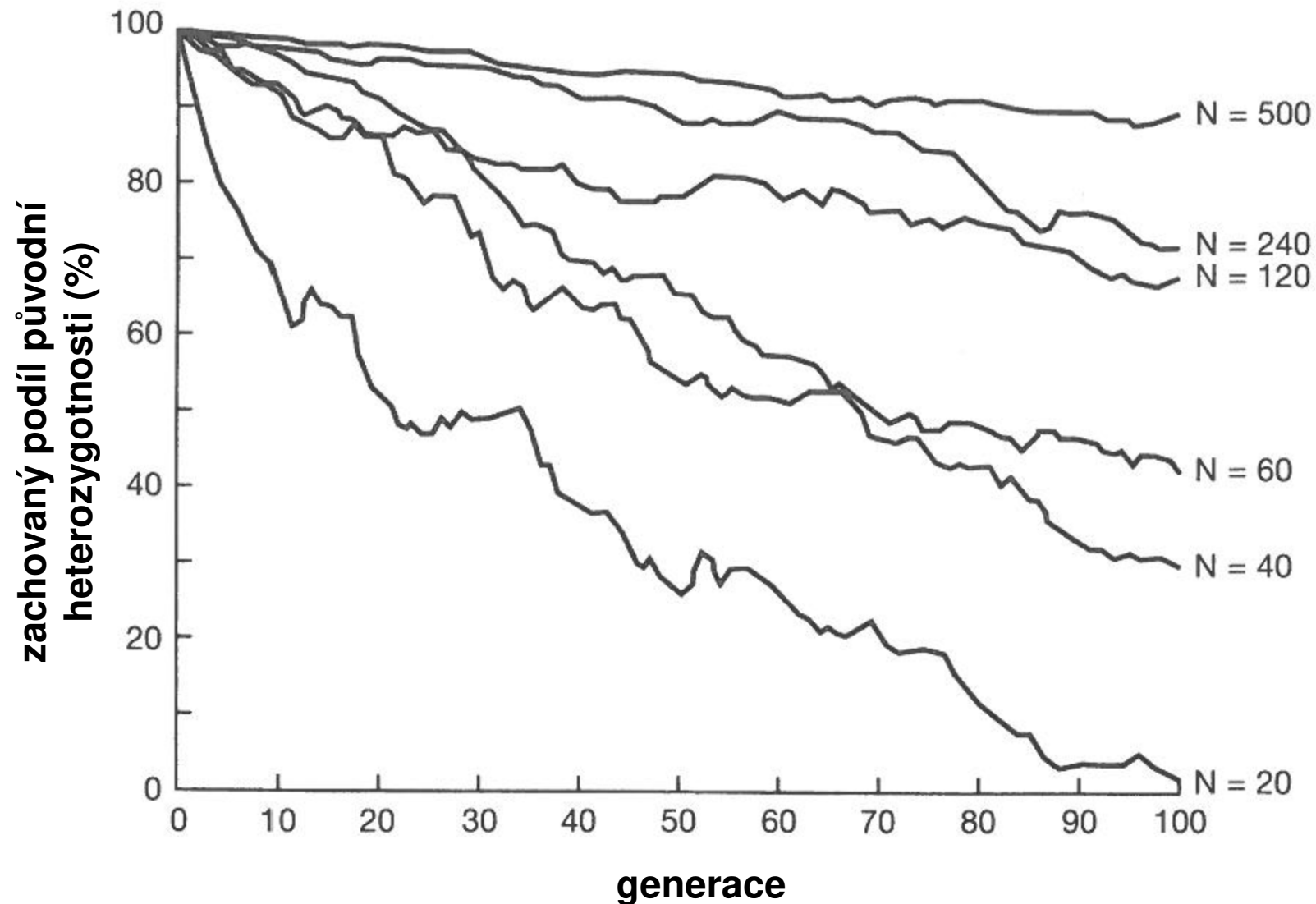
$$1/N_e = 1/5 (1/10 + 1/20 + 1/100 + 1/20 + 1/10) = 31/500$$

$$N_e = 500/31 = 16,1 \quad (\text{aritm. průměr} = 160/5 = 32)$$

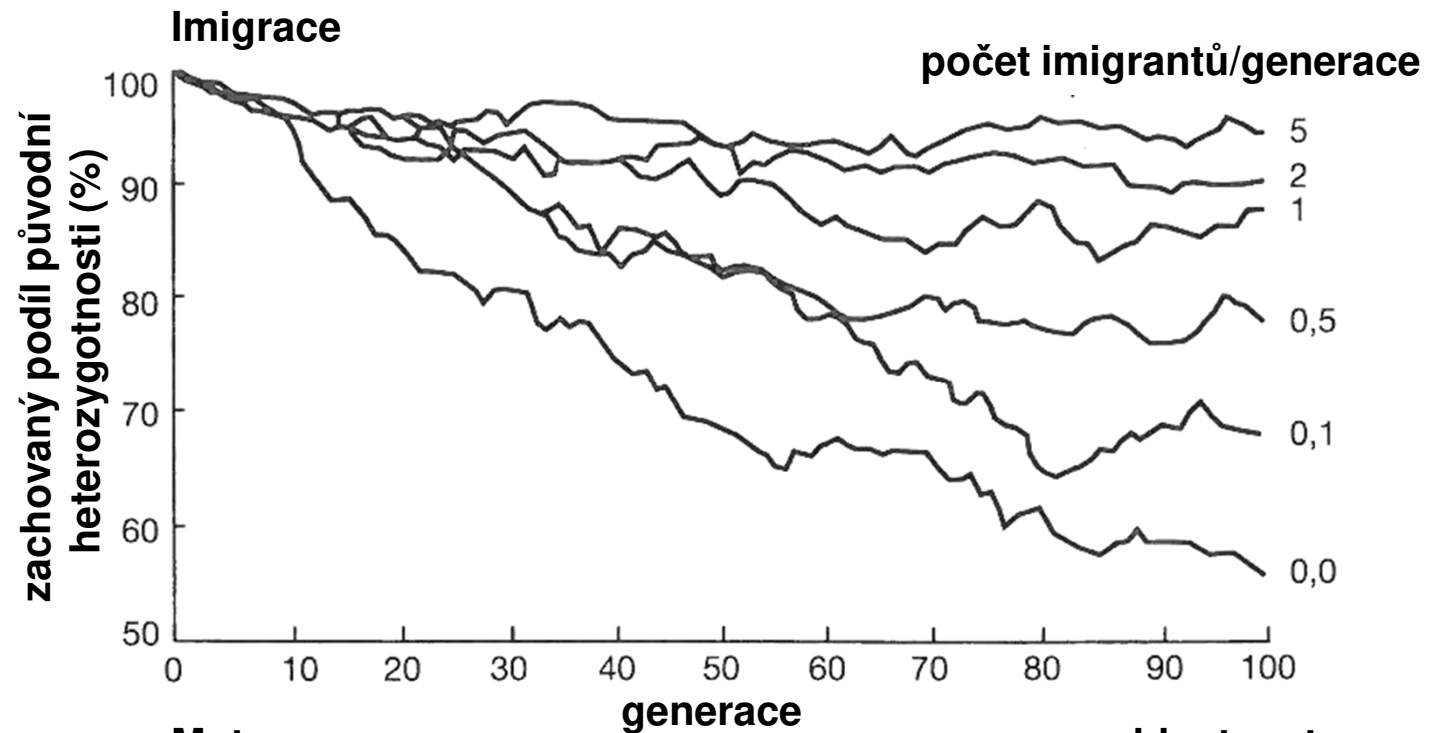
Snížená zdatnost vlivem genetických defektů

- Snížená zdatnost (fitness) při **příbuzenském křížení (inbreeding depression)** jako důsledek exprese recesivních alel (nevhodné vlastnosti, gen. choroby)
- Snížená zdatnost vlivem **křížení s geneticky příliš odlišnými jedinci (outbreeding depression)**, zpravidla ze vzdálených populací příslušících jiným poddruhům, jako důsledek neslučitelnosti chromosomů a enzymových systémů
 - nižší fertilita / natalita
 - vyšší mortalita
 - nižší odolnost vůči nemocem
 - menší schopnost se přizpůsobit změnám prostředí resp. obstát v daných podmínkách (outbreeding depression!)

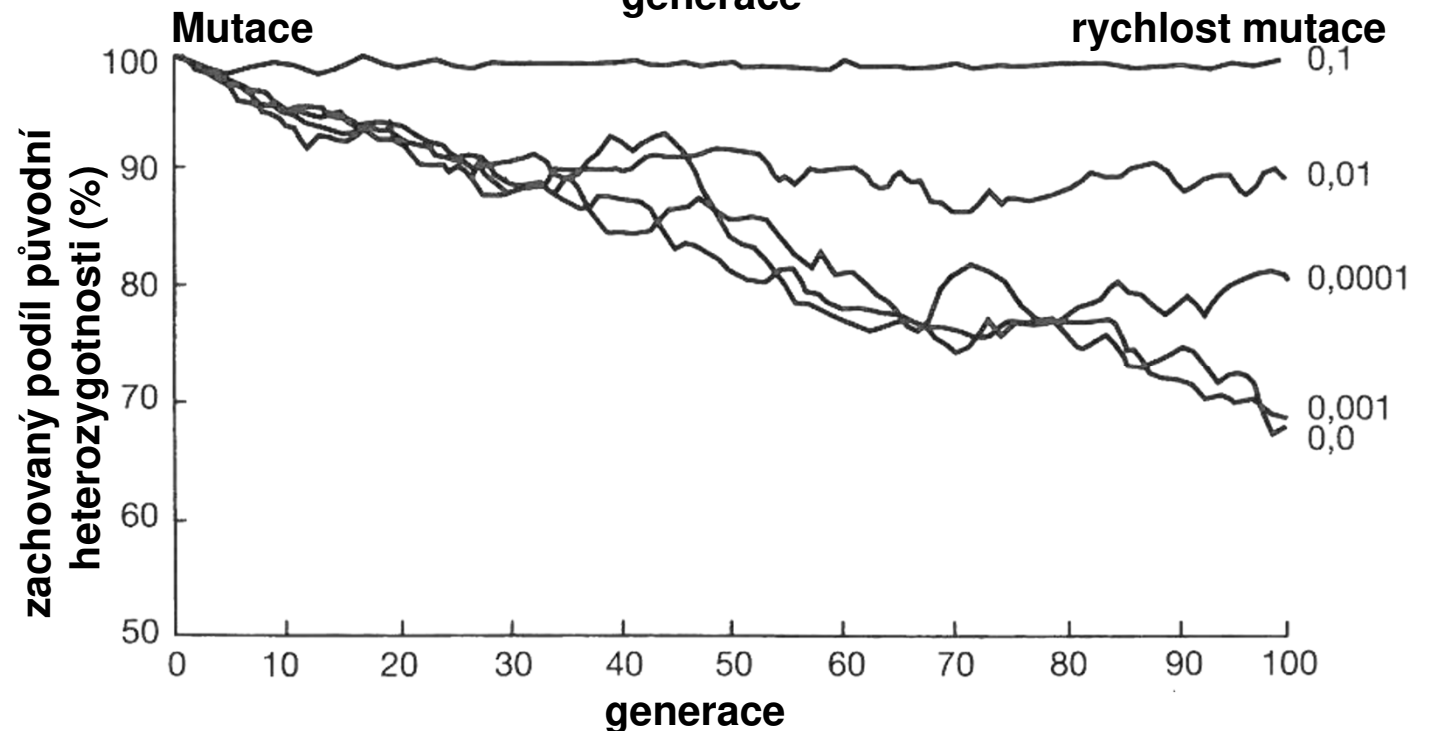
Viv genetického driftu na heterozygotnost populace (průměrné hodnoty ze simulace - po 25 populacích stejné velikosti)



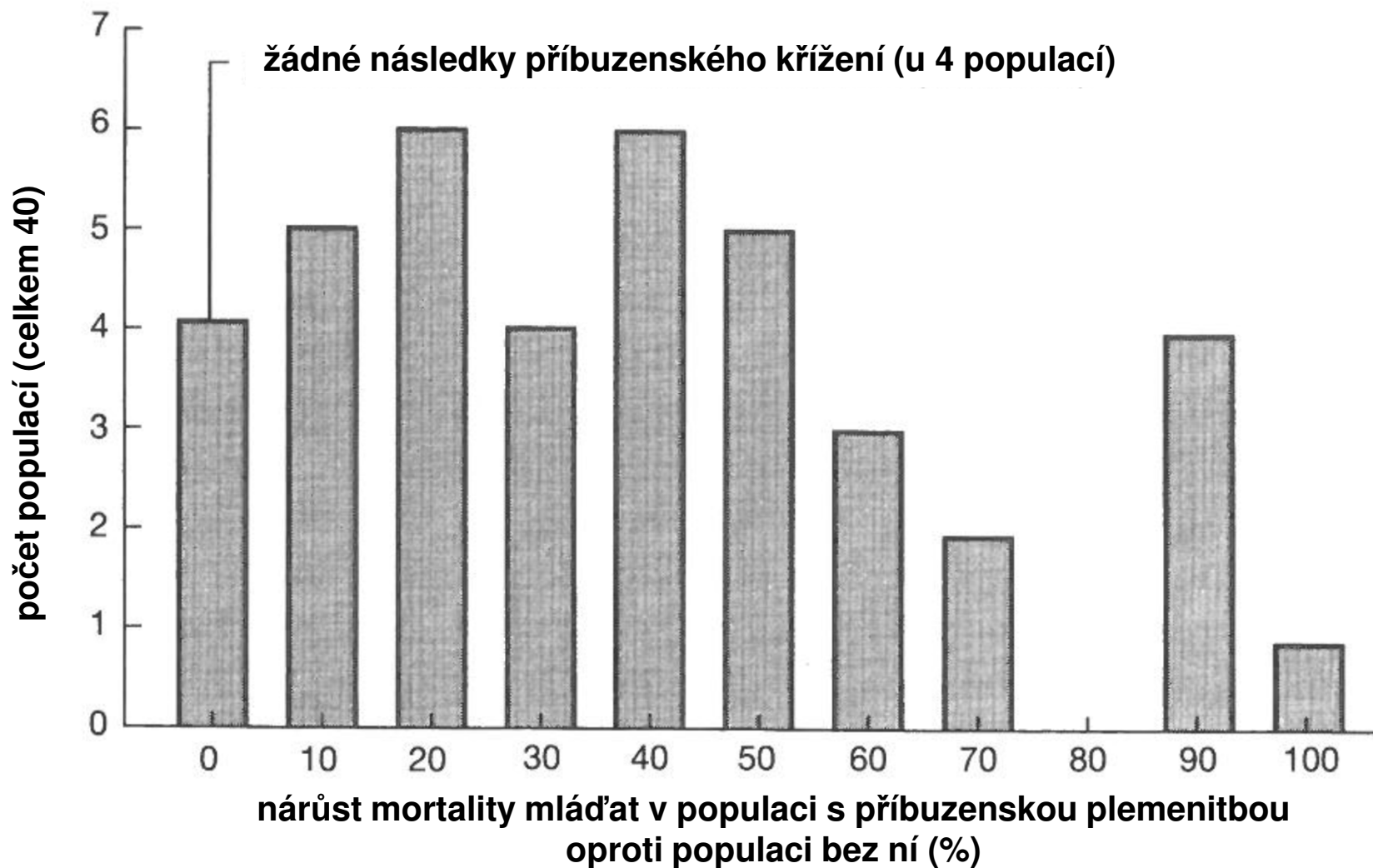
Vliv imigrace na genetickou variabilitu populace (simulace při $N = 120$, po 25 populacích na každou míru imigrace)



Vliv mutace na genetickou variabilitu populace (simulace při $N = 120$, po 25 populacích na každou míru mutace)

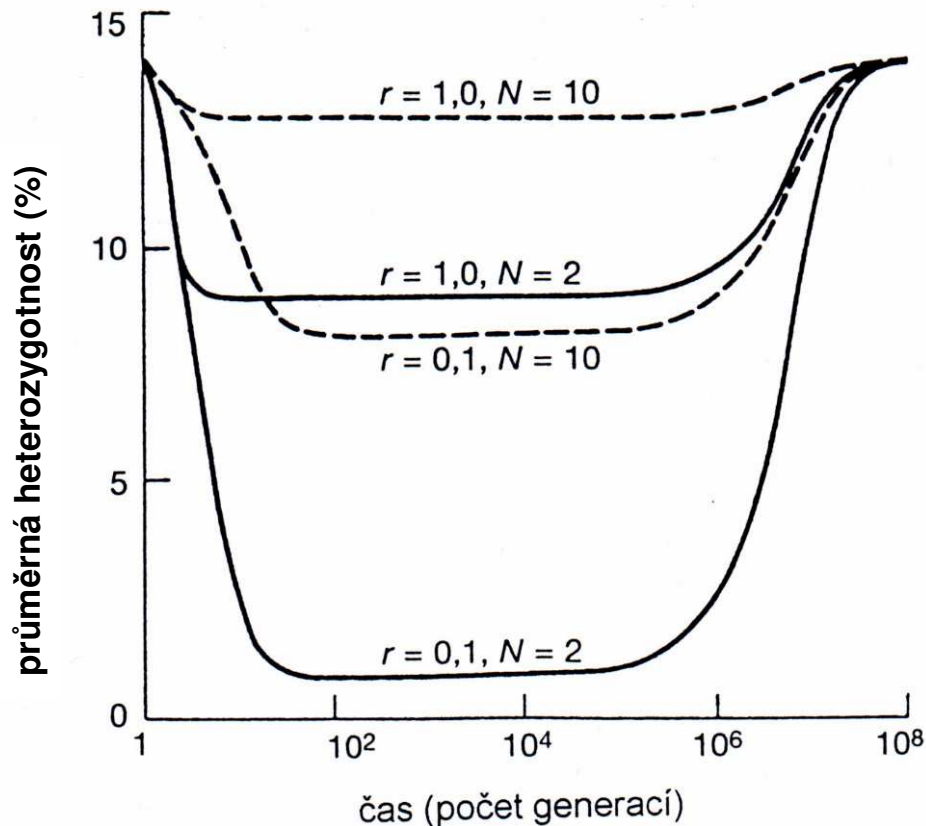


Vliv příbuzenského křížení (příbuzenské plemenitby) na úmrtnost mláďat jako jednoho z důsledků tzv. inbreeding depression (40 různých savčích populací)

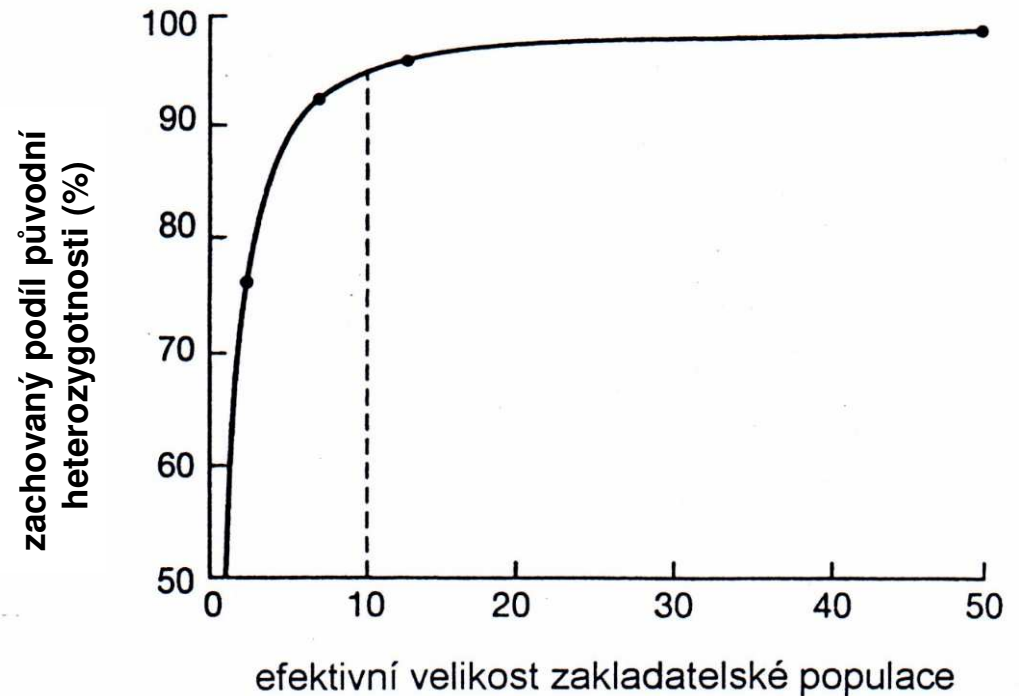


Genetické úzké místo („hrdlo lahve“ - genetic bottleneck)

a efekt zakladatele (founder effect)



Vliv míry dočasného poklesu velikosti (N) a růstu populace (r) na její genetickou variabilitu



Vliv efektivní velikosti zakladatelské populace (nepříbuzných jedinců!) na genetickou variabilitu

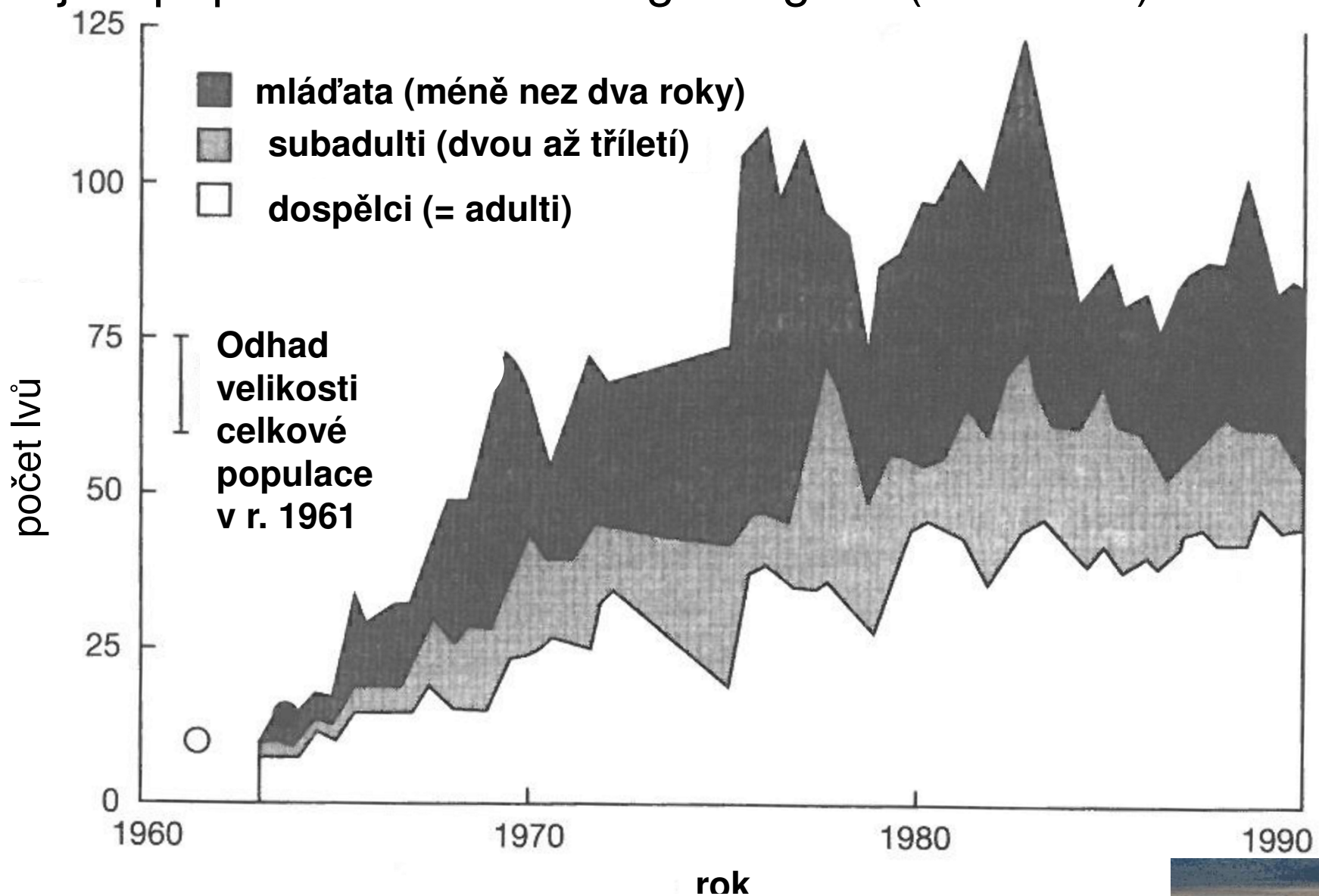
Minimální životaschopná populace

(Minimum Viable Population - MVP)

„Minimální velikost životaschopné populace jakéhokoli druhu na jakémkoli stanovišti je nejmenší možná **izolovaná** populace mající 99% pravděpodobnost existence po dobu 1000 let navzdory předvídatelným vlivům demografické, environmentální a genetické stochasticity či přírodních katastrof“ (Schaffer, 1981).

- Smysluplně vyjádřitelná pro **efektivní velikost** populace
- Definice je z hlediska délky přežití (1000 let) a míry pravděpodobnosti přežití (99 %) subjektivní ale také **flexibilní**:
lze upravit např. na 500 či 100 let, 95% pravděpodobnost.

Vývoj lví populace v kráteru Ngorongoro (Tanzánie) 1962-1990

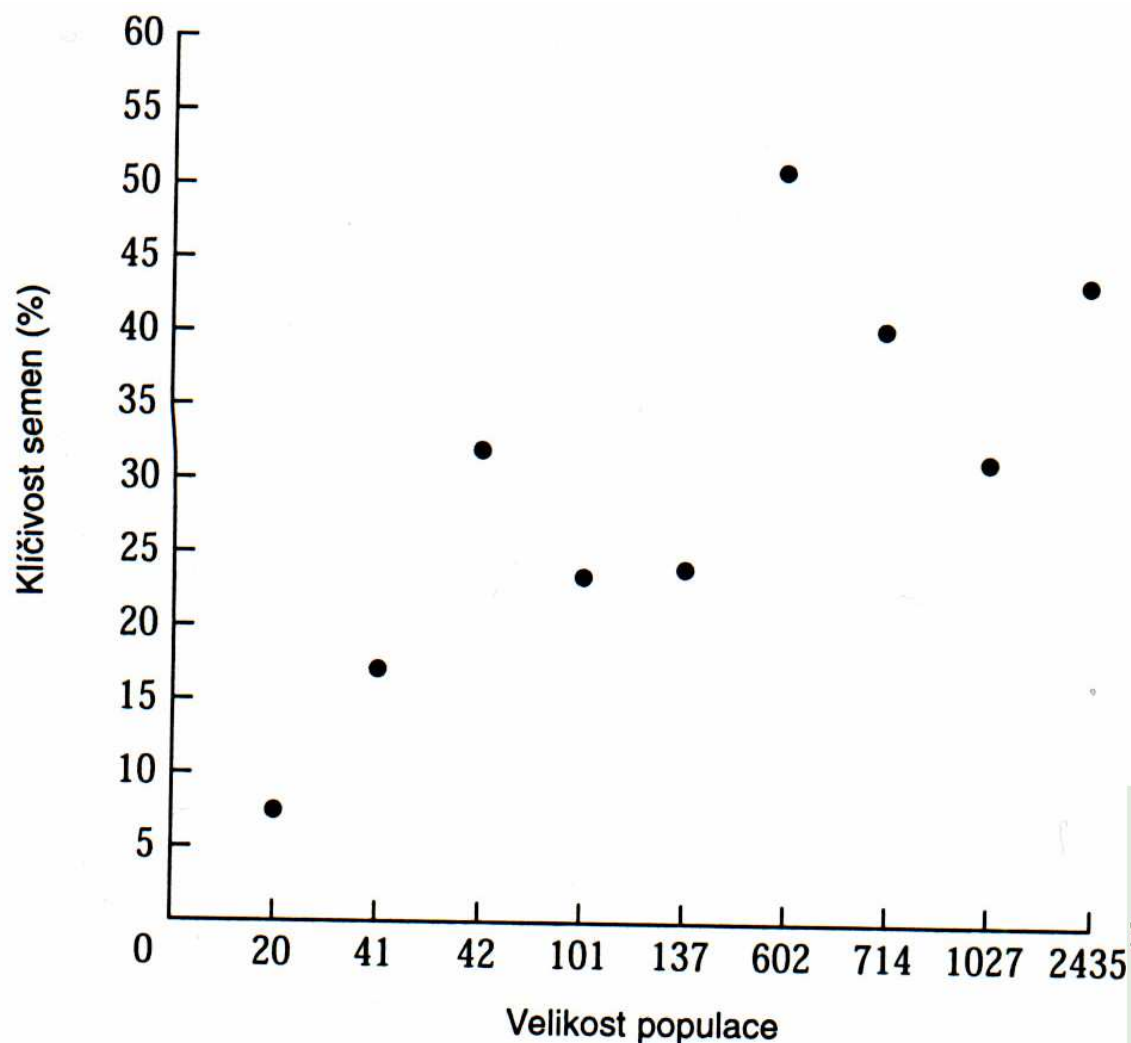


1962: Zhroucení populace – pokles na 10 (9 samic, 1 samec)

1964: Imigrace sedmi samců



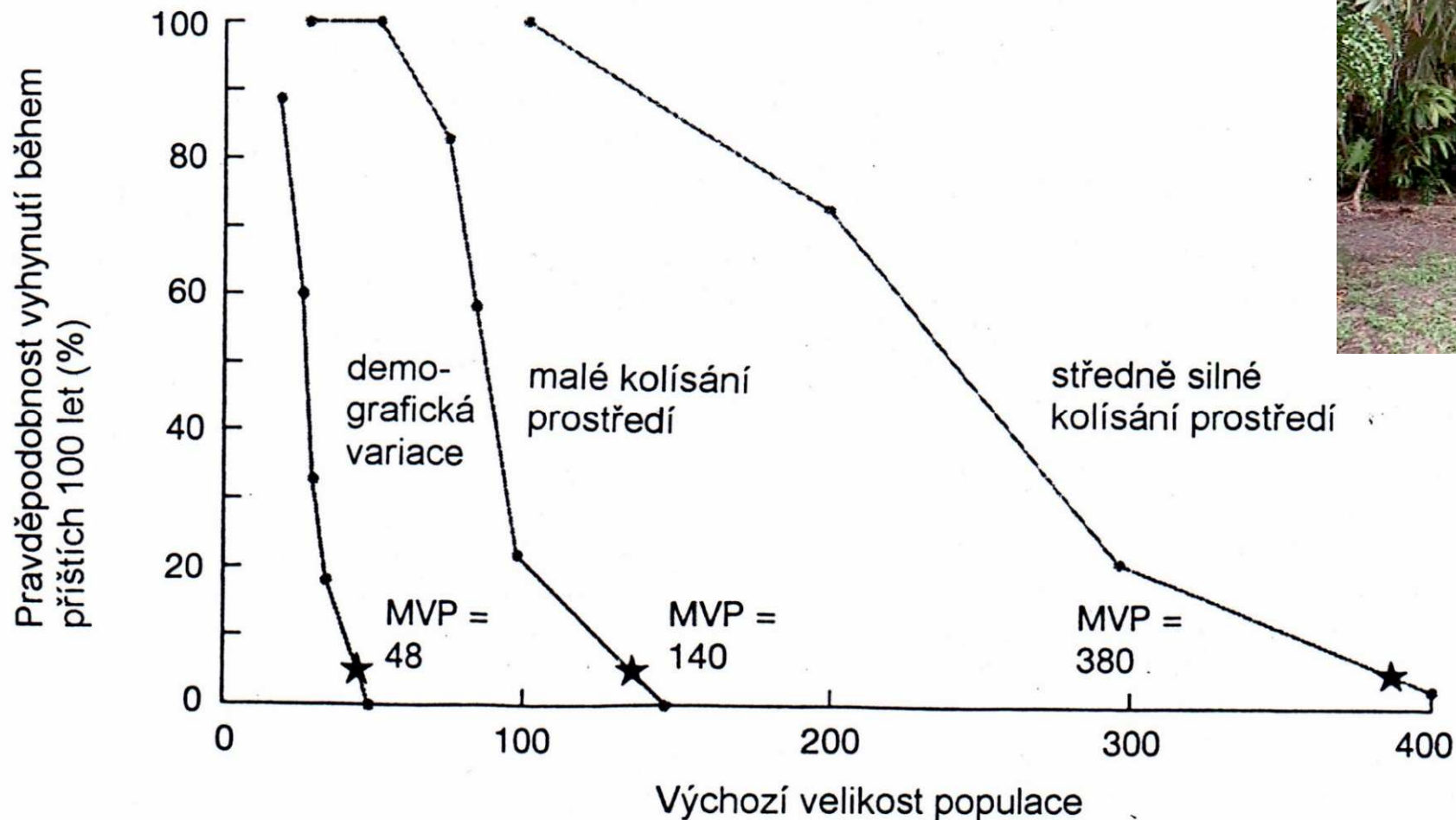
Klíčivost druhu *Ipomopsis aggregata* (*Polemoniaceae* - jirnicovité) v horách Arizony (USA) v závislosti na velikosti populace



Minimální životaschopná populace

- Pravidlo 50 / 500 (pouze k zachování genetické variability)
 - 50 jedinců: krátkodobé hledisko - zabránění negativním dopadům příbuzenského křížení (na základě zkušenosti s chovy domácích zvířat)
 - 500 jedinců: dlouhodobé hledisko – zabránění ztráty genetické variability genetickým driftem (na základě zkušeností z laboratorních chovů octomilek)
- Závislost MVP na
 - příslušnosti ke konkrétnímu druhu (a vyššímu taxonu):
 - počet potomků, délka generačního cyklu atd.
 - genetické variabilitě v rámci dané populace (její historii)
 - vnějších podmínkách a jejich kolísání: klima, míra predace a výskytu nemocí či parazitů, míra konkurence,...)
 - např. ovce tlustorohá v již. Kalifornii: 100 jedinců (prostředí!)
- Problém nedostatku demografických studií na různých druzích (časově náročné, nákladné, obtížný výběr vhodných studijních objektů)
- Obecně jsou uváděny (a zpochybňovány) jako orientační čísla pro MVP
 - Průměrný poměr mezi N a N_e je odhadován na 10 : 1
 - 1000 jedinců u populace obratlovců
 - 10 000 jedinců u populace bezobratlých

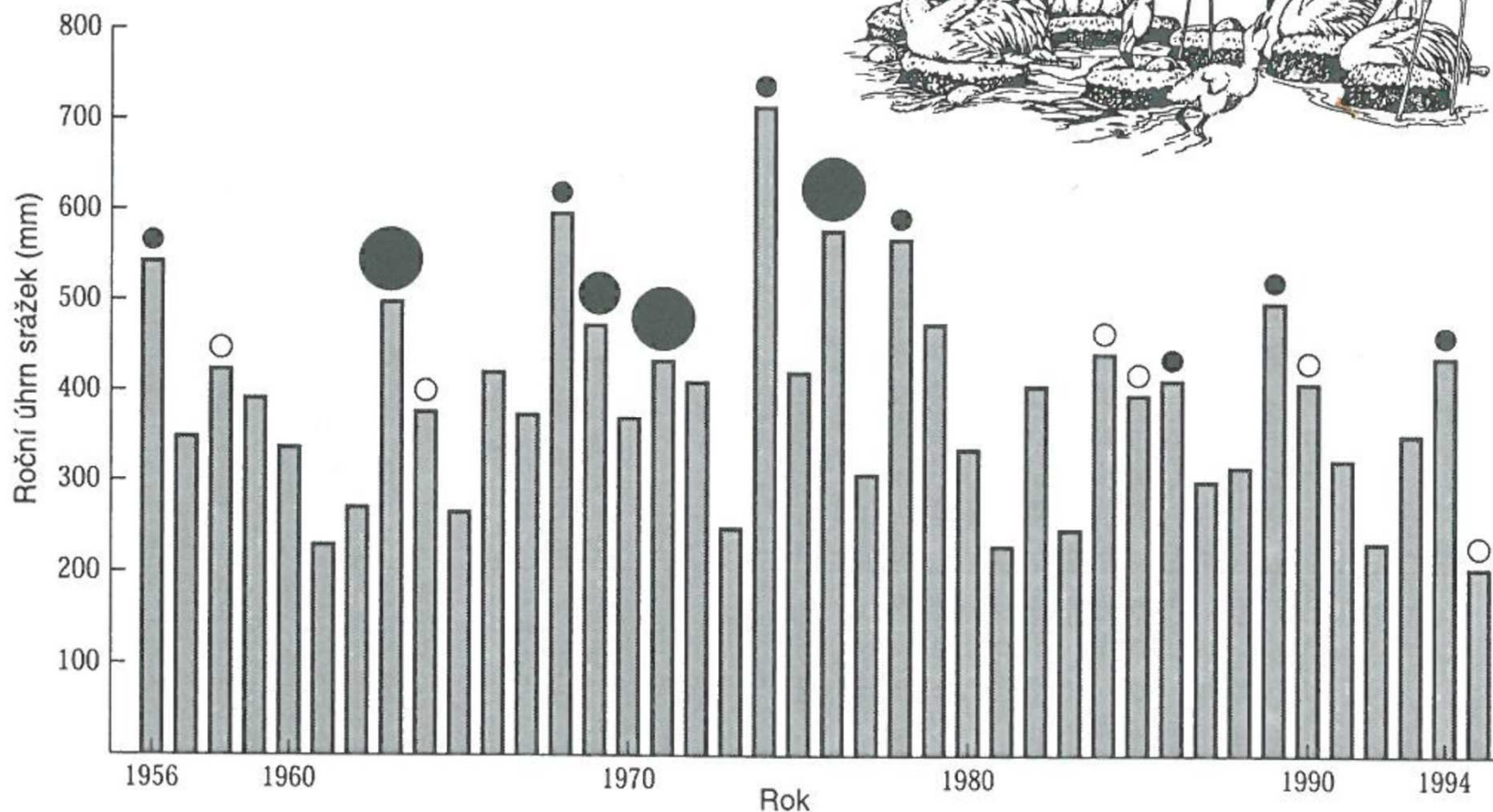
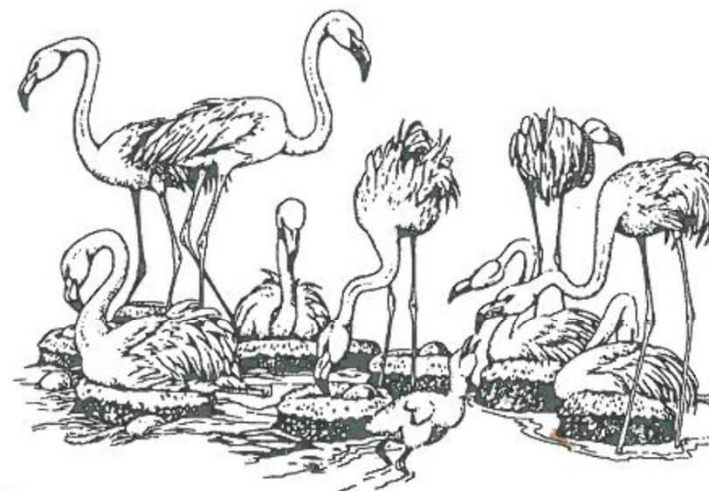
Vliv demografické variace a míry kolísání životních podmínek (prostředí) na pravděpodobnost vyhynutí populace palmy *Astrocaryum mexicanum* v průběhu 100 let v závislosti na výchozí velikosti populace



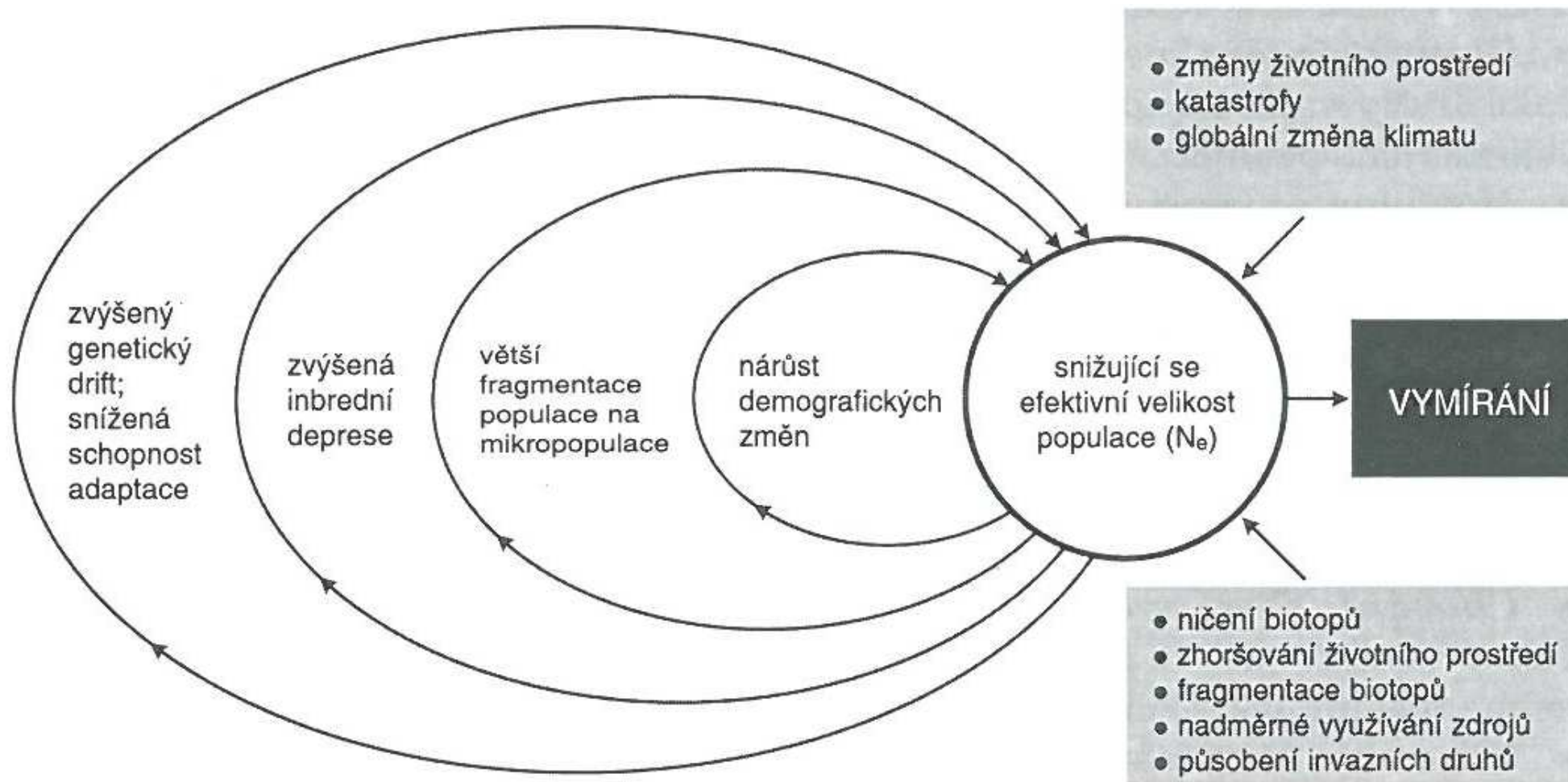
★ Pravděpodobnost vyhynutí pod 5 %

Kolísání přírodních podmínek ovlivňuje až podmiňuje existenci a velikost populace

Obr. 3.12 Sloupce ukazují srážkové údaje z Národního parku Etosha v letech 1956–1995. Páření plameňáků v daných letech je označeno kroužky. Prázdné kroužky označují neúspěšné množení – vejce byla nakladena, ale mláďata se nevylíhla. Plné kroužky naznačují, že se mláďata vylíhla: malé kroužky = méně než sto, střední = stovky; velké = tisíce mláďat. Poslední velké líhnutí se vyskytlo v roce 1976. (Simmons 1996)



Vír vymírání (extinkční vír - extinction vortex)



Minimální dynamické území

(minimální velikost území, Minimum Dynamic Area - MDA)

- Plocha (vhodného životního prostředí) potřebná k zachování minimální životaschopné populace
- Odhad na základě znalosti velikosti životního prostoru (domovského okrsku) jedinců a skupin daného druhu.
 - Populace drobných savců: 10 000–100 000 ha
(= 100–1000 km²)
 - Populace velké šelmy (medvěd grizzly):
50 000–2,5 miliónů km²

Případová studie II: **Medvěd grizzly** (*Ursus arctos horribilis*) v severní Americe



Rozšíření medvěda grizzlyho v severní Americe

■ Současný areál

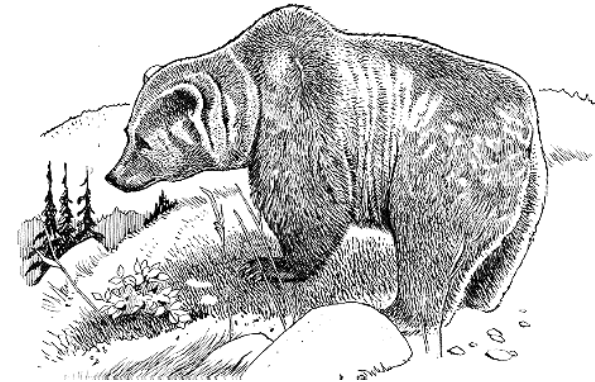
▨ Historický areál



Medvěd grizzly (*Ursus arctos horribilis*)

v severní Americe:

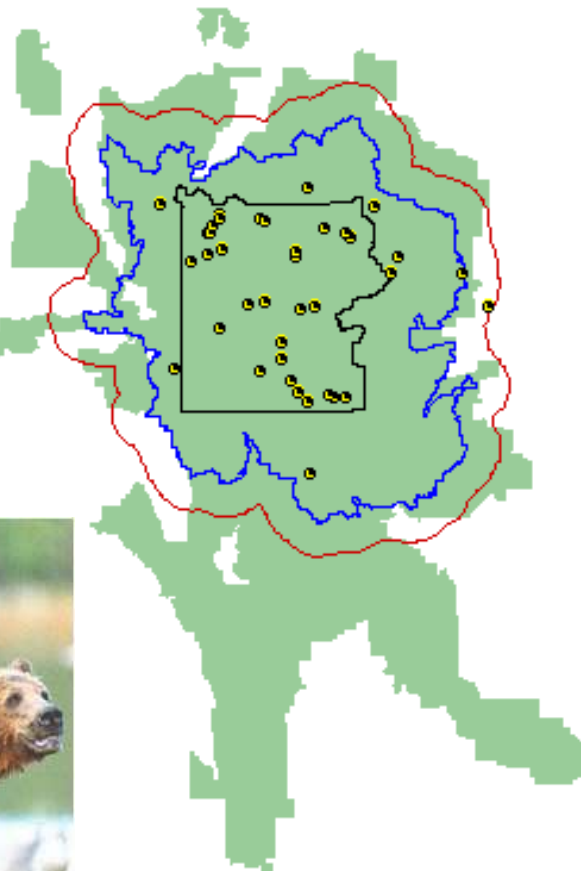
- Minimální životaschopná populace: 50-90 jedinců (95% pravděpodobnost přežití po dobu 100 let)
- Minimální dynamické území
 - 50 jedinců: 50 000 km²
 - 1000 jedinců: **2 500 000 km²**
- Národní parky v USA jsou příliš malé na to, aby umožnily existenci MVP (**Yellowstone NP: 9 000 km²**), nadto jsou od sebe odděleny často nepřekonatelnými vzdálenostmi a překážkami.
Mnoho stávajících populací patrně vyhyne!



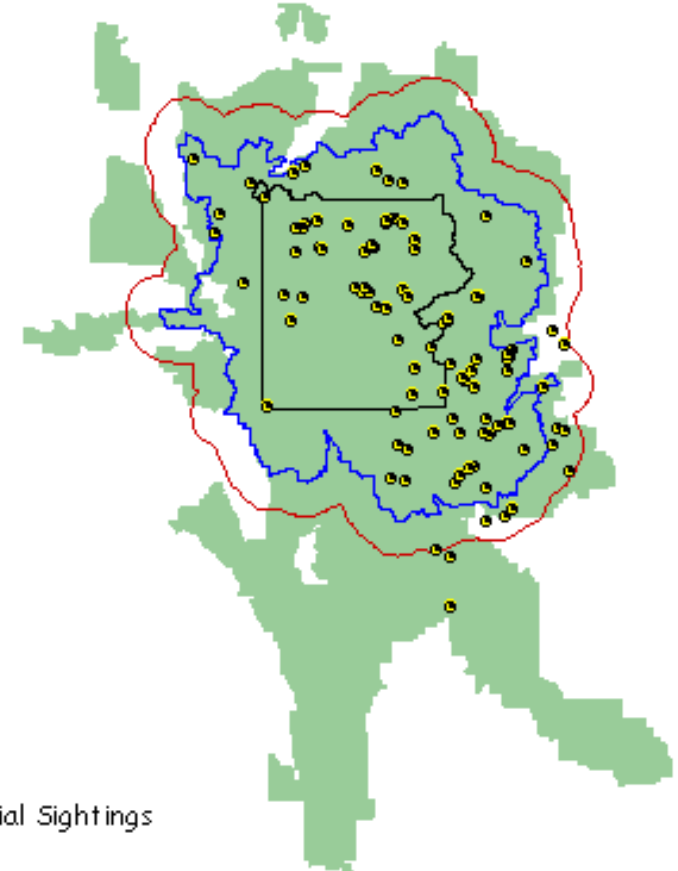
Medvěd hnědý - grizzly (*Ursus arctos horribilis*) v národním parku Yellowstone (USA) a jeho okolí (Greater Yellowstone Ecosystem):

- 34,5 tis. km²
- cca 170 dospělých jedinců
- 42 samic (1996-2001 průměrně 36)

Initial sightings of females with cubs of the year, 1979-1981.



Initial sightings of females with cubs of the year, 1999-2001.



- Initial Sightings
- ▭ YNP
- ▭ Recovery Zone
- ▭ 10-mile perimeter
- Federal Lands

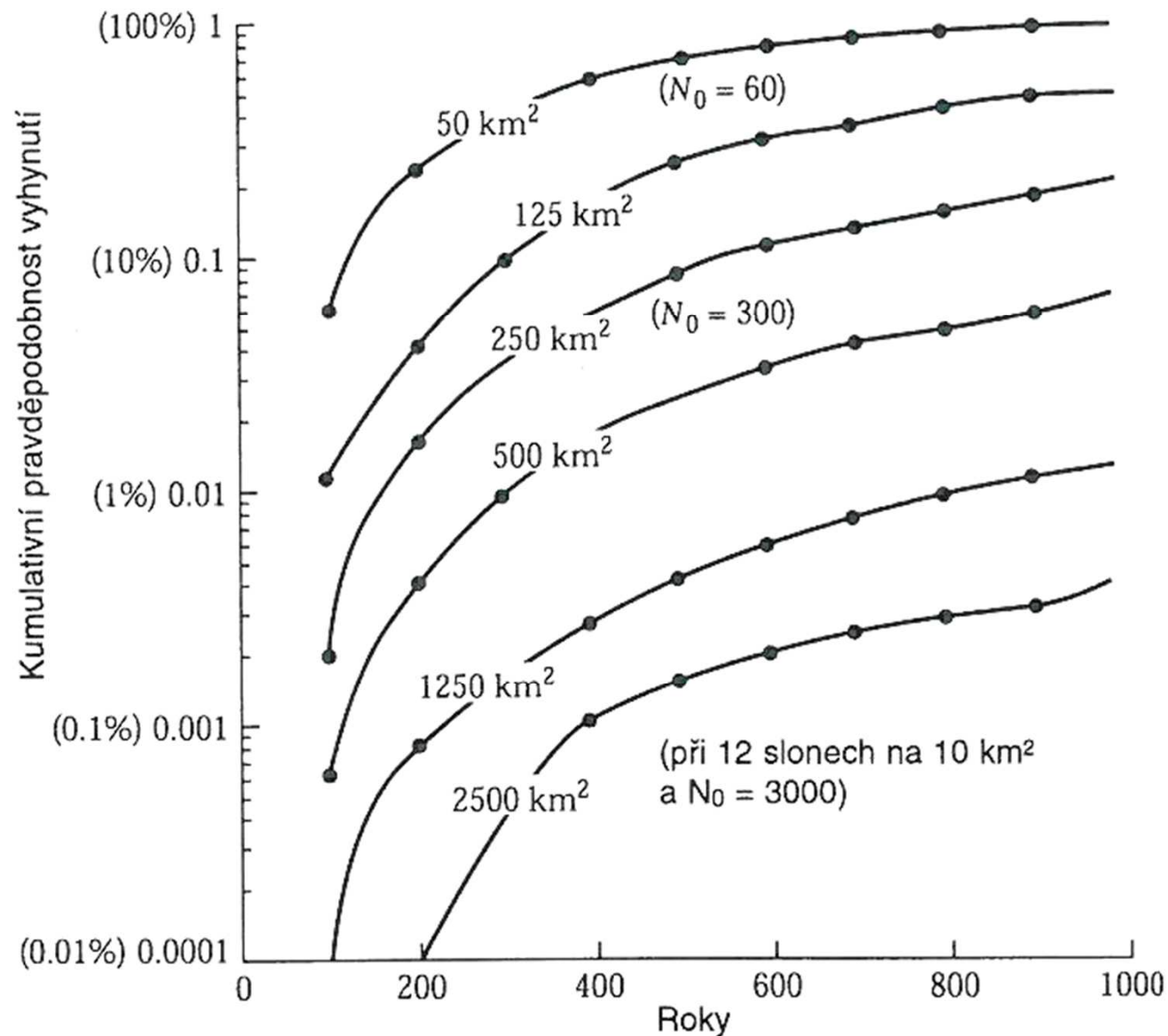
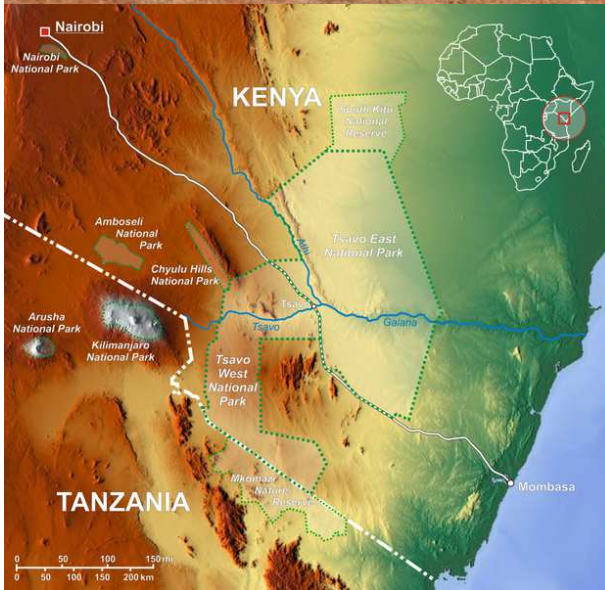


Analýza životaschopnosti populace (Population Viability Analysis - PVA)

- Kombinace demografické studie populace (ohroženého druhu) se studiem
 - nároků druhu na prostředí
 - dostupnosti požadovaných „zdrojů“ (potrava, úkryty atd.)
 - identifikace slabých míst v bionomii druhu (zranitelných stádií v jeho vývojovém cyklu)
- Předpověď trendů vývoje pomocí statistických metod
- Metodika je stále ve vývoji

J. Schlaghamerský: Ochrana přírody – využití populační biologie v ochraně přírody

PVA pro slona afrického v Národním parku Tsavo (Keňa, cca 22 tis. km²) ukázala, že pro 99% pravděpodobnost přežití populace po dobu 1000 let je potřeba území velké minimálně 2500 km² tak, aby populace čítala aspoň 3000 jedinců (při hustotě 12 slonů/10 km²).

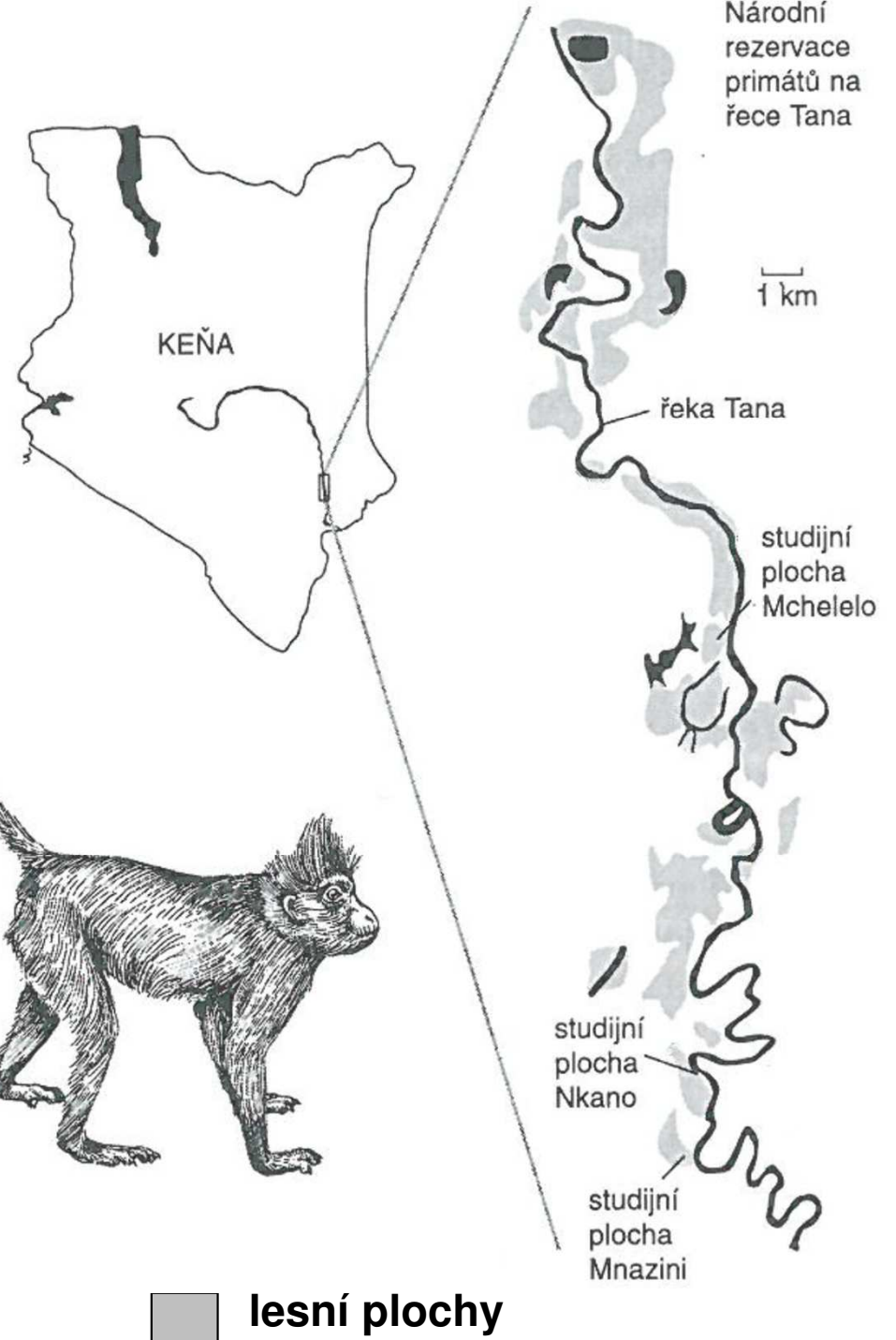
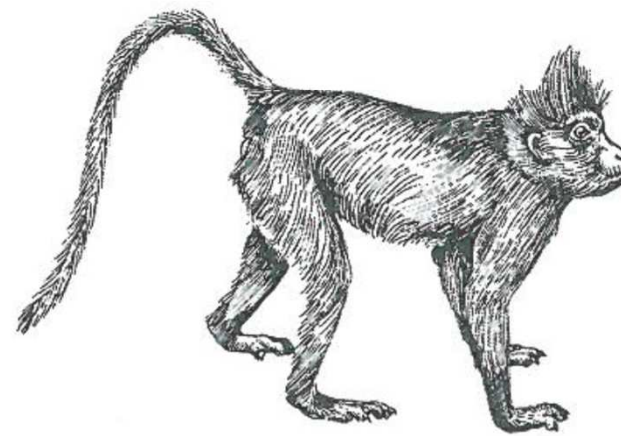


Zdroj: Primack, Kindlmann, Jersáková (2001): Biologie ochrany přírody. Portál, Praha.

Případová studie III: Mangabej chocholatý (*Cercocebus g. galeritus*) v lesích na řece Tana (Keňa)



Výskyt pouze v zaplavovaných
lužních lesích na dolním toku řeky.



Mangabej chocholatý (*Cercocebus g. galeritus*) v lesích na řece Tana (Keňa):



- Výrazné zmenšení a fragmentace habitatu během 20 let vlivem zemědělské činnosti
- Pokles jak celkové populace tak počtu skupin o cca 50 %
- Stav 1989: 700 jedinců, avšak **efektivní populace** jen cca **100** jedinců:
 - velký počet nereprodukcujících jedinců
 - velká variabilita v počtu potomků
- **Analýza životaschopnosti populace: 40% pravděpodobnost vyhynutí** během příštích 100 let. **MVP: skoro 8 000 jedinců** (pouze demografické faktory!)
- Sčítání v r. 1994 vedlo k odhadu velikosti populace 1000–1200 jedinců.
- Rezervace (Tana River Primate National Reserve) založena v r. 1976 byla v r. 2007 zrušena soudním rozhodnutím, stoupá tlak na zemědělské využití

Případová studie IV:

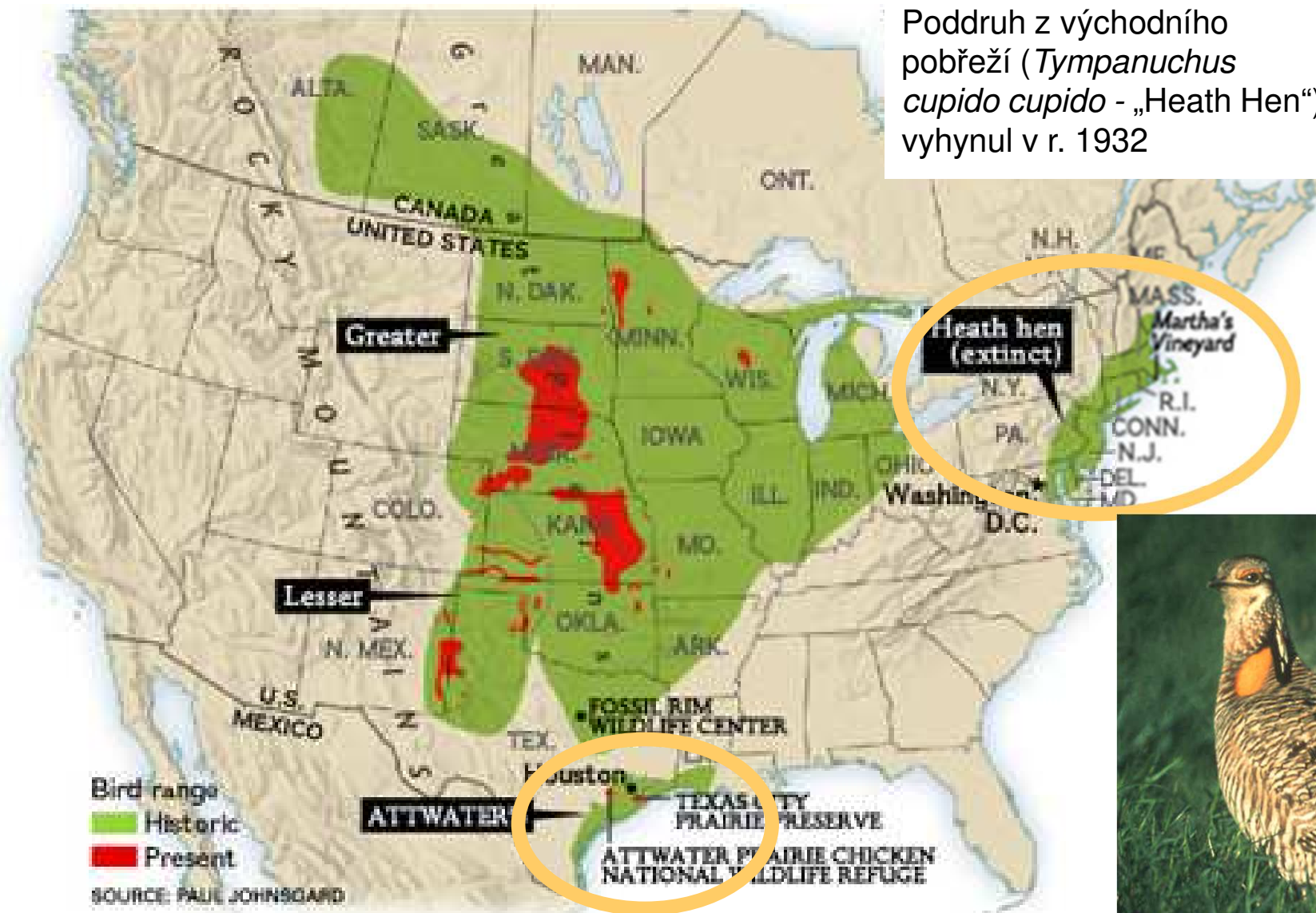
Tetřívek prériový Attwaterův (*Tympanuchus cupido attwateri* - Attwater's Prairie Chicken)

v Texasu (USA)



Foto: Joel Sartore, National Geographic

Historické a současné rozšíření tetřívka prériového (*Tympanuchus cupido*) v severní Americe



Poddruh z východního pobřeží (*Tympanuchus cupido cupido* - „Heath Hen“) vyhynul v r. 1932



Tetřívěk prériový Attwaterův žije na prérii jihovýchodního pobřeží sev. Ameriky (Texas). Vyžaduje kombinaci **porostů vysokých a nízkých trav**.

Hrozí mu vyhynutí v důsledku úbytku a fragmentace jeho habitatu. Hlavní příčiny: přeměna prerie na ornou půdu či stavební pozemky (zvětšování měst), příliš intenzivní pastva.



Foto: Joel Sartore, National Geographic

Úbytek vhodného habitatu pro **tetřívka prériového Attwaterova** o 97 % z 2,4 milionů hektarů (1900) na 80 200 ha (1993), z toho o 57 % do r. 1937.

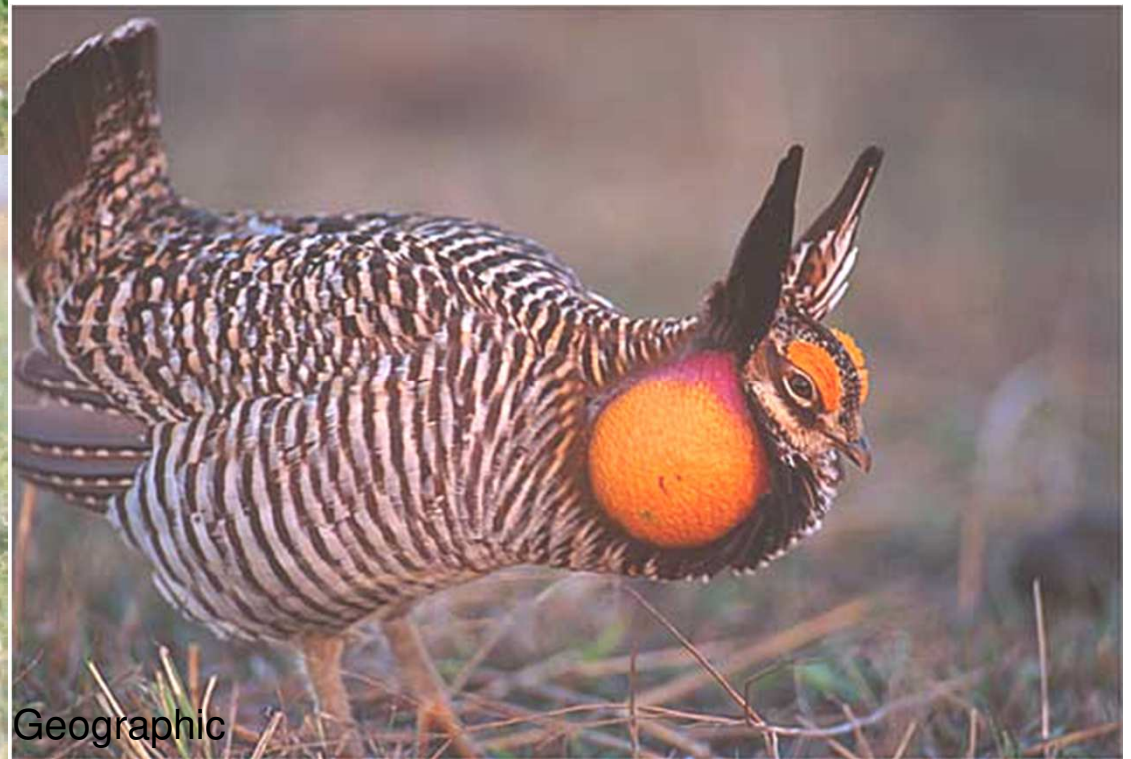


Tetřívěk prériový vyžaduje vhodná tokaniště.



Na fotografiích je poddruh *Tympanuchus cupido pinnatus* (Greater Prairie Chicken) při toku.

Dnes tokaniště částečně zarůstají nepůvodními druhy keřů.

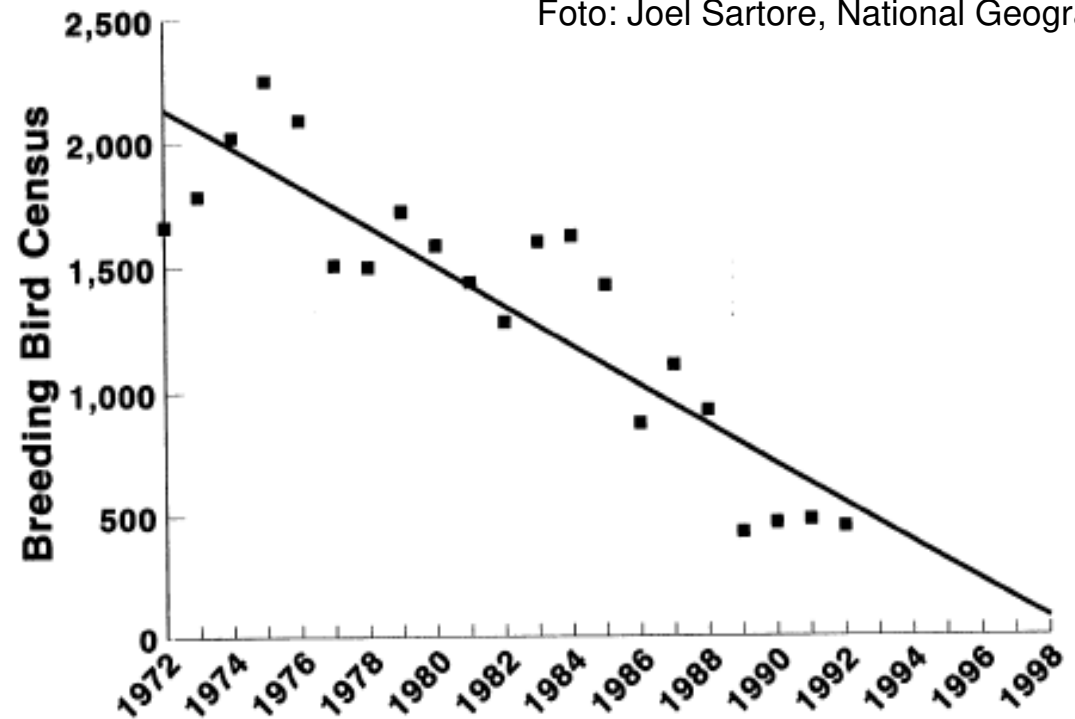


Odhad velikosti populace *T. cupido attwateri*:

1900:	cca 1 000 000
1937:	8 700
1967:	1 070
1981:	1 438
1987:	1 108
1989:	432
1993:	456
1994:	158
1995:	68
1996:	42
2001:	42
2005:	40
2009:	90
2014:	100
	(+ 130 v chovech)
2016:	46
2018:	12
2019:	108
	(na jaře po reintrodukci 200)



Foto: Joel Sartore, National Geographic



Početnost hnízdících jedinců v období 1972-1992

Méně dramatický avšak rovněž znepokojivý je pokles populací kurovitých ptáků z podčeledi tetřevů ve střední Evropě:



Tok tetřívků obecných (*Tetrao tetrix*)



Tetřev hlušec (*T. urogallus*)



Jeřábek lesní (*Bonasa bonasia*)

Případová studie V: Tetřev hlušec (*Tetrao urogallus*)



Taiga - přirozený habitat

Habitat tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*) ve střední Evropě



Přirozená holina - zvětralá skála (azonální, orobiom)



Rozvolněný porost vlivem intenzivního hospodaření v minulosti



Přirozená holina - vývrát



Antropogenní holina - emisní

Habitat tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*) ve střední Evropě



Antropogenní holina - paseka



Lesní světlina

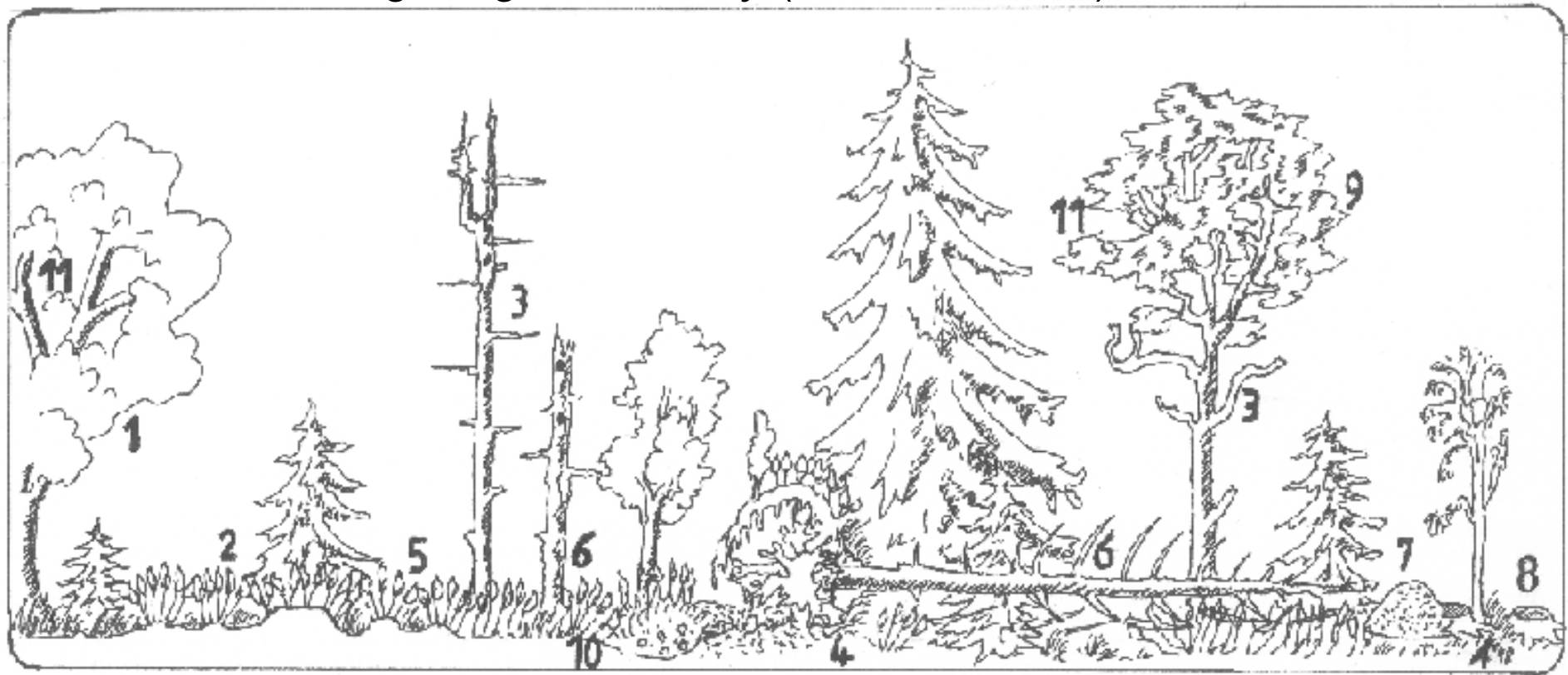


Zarůstající paseka: vyšší podrost vytlačuje borůvčí a brusinčí, brání ve výhledu (predátoři!)



Řídký les (možnost průletu!) s bohatým podrostem

Nároky tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*) na habitat ve střední Evropě - středohoří Fichtelgebirge / Smrčiny (bavorská část)



- 1) Pupeny buku jako jarní potrava slepice; 2) Borůvčí jako zdroj potravy od jara do podzimu; 3) Solitérní odumřelé stromy či nízké, neolistěné větve pro tok na stromě;
- 4) Ukryt pro hnízdo pod nízkými větvemi smrku; 5) Vyšší keřiky borůvky a brusinky jako kryt před špatným počasím; 6) Odumřelé dřevo jako zdroj hmyzu; 7) Mraveniště jako zdroj potravy (bílkovin!) - hlavně pro kuřata při špatném počasí; 8) Pařezy a jiná vyvýšená místa pro tok na zemi; 9) Jeřabiny jako potrava na podzim a v zimě;
- 10) Obnažená půda jako popeliště; 11) Husté koruny jako noční, resp. zimní úkryt.

Důležité prvky prostředí **tetřeva hlušce** (*Tetrao urogallus*)



Popeliště



Světlina, odumřelé dřevo (hmyz jako potrava!)



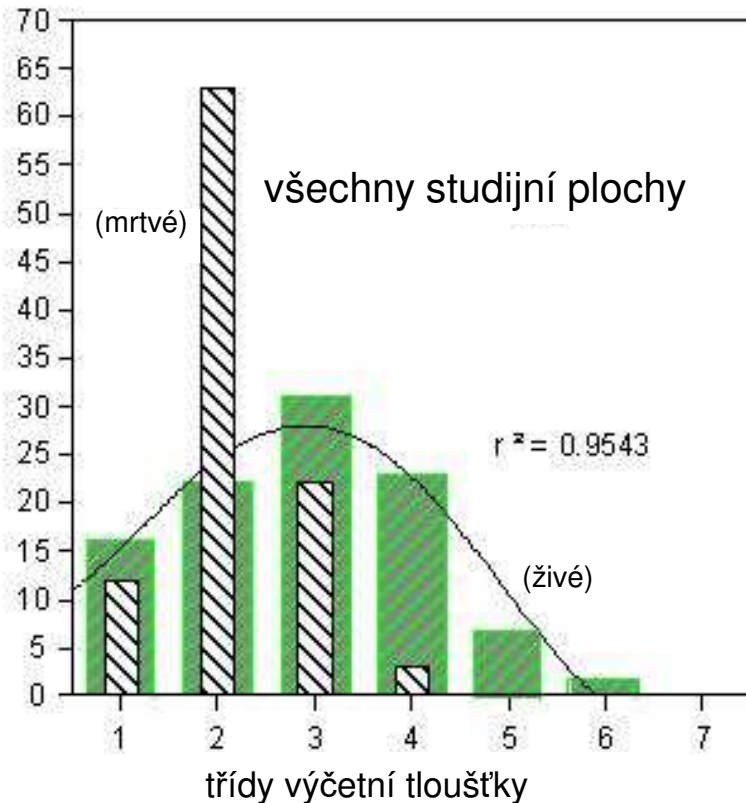
Borůvčí (*Vaccinium myrtillus*)



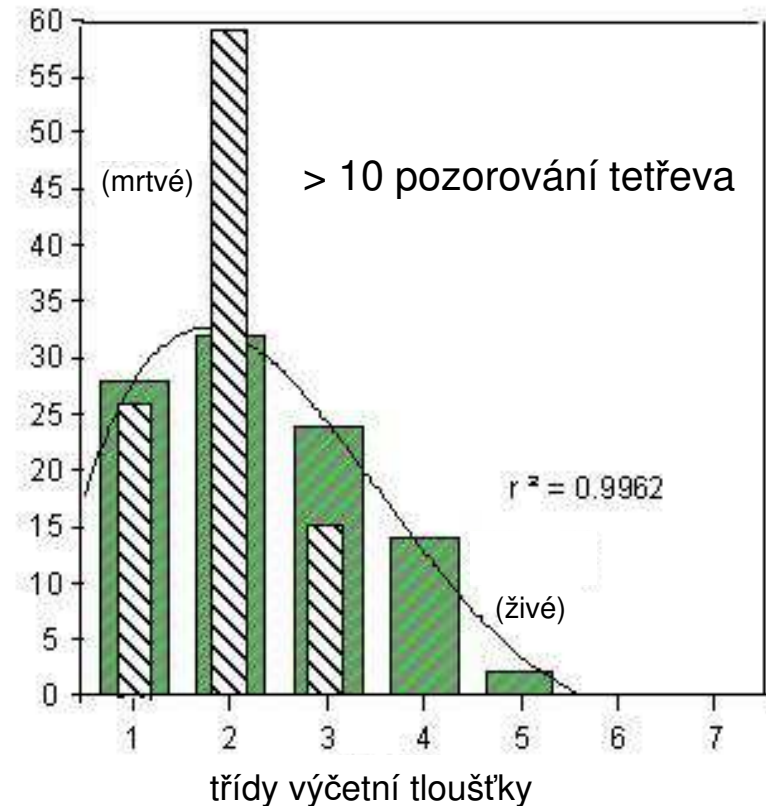
Brusinčí (*Vaccinium vitis-idea*)

Důležité prvky prostředí tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*)

Četnost (%)



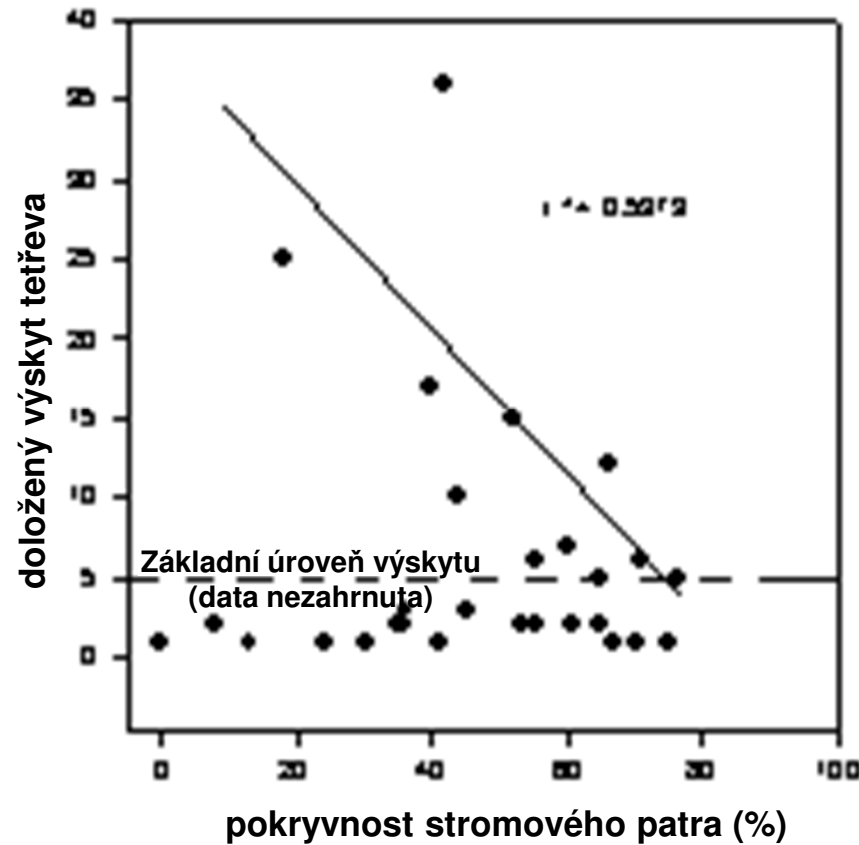
Četnost (%)



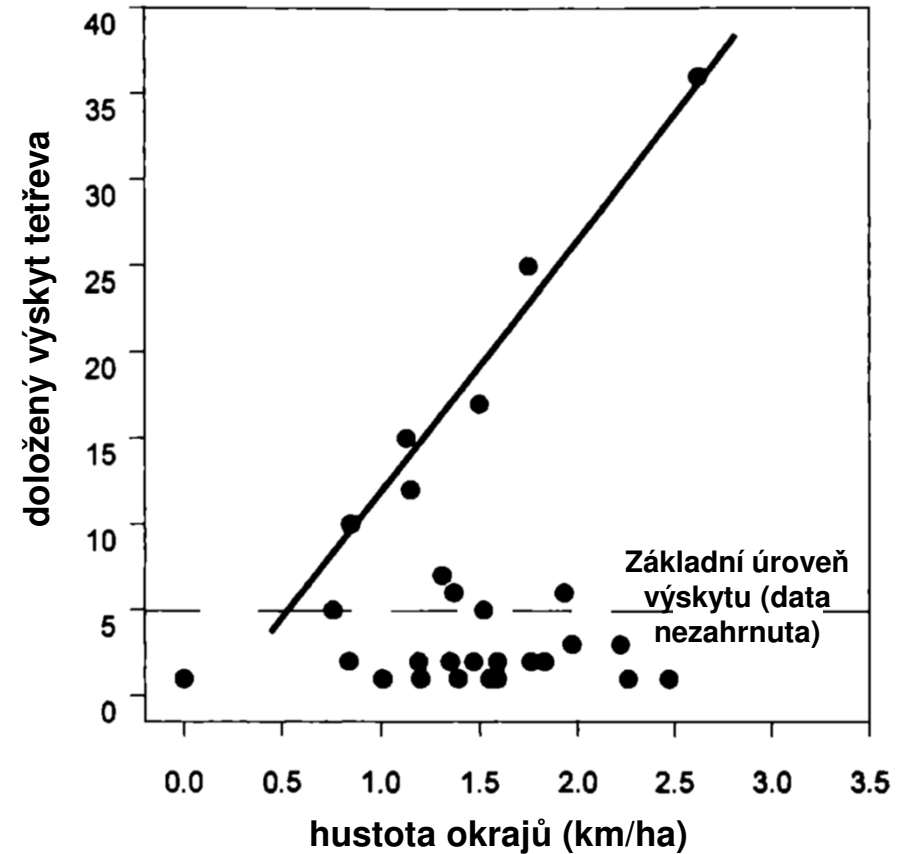
Zastoupení stromů různých průměru kmene (v prsní výšce) na všech studijních plochách (Smrčiny = Fichtelgebirge, Bavorsko): široké, zeleno-hnědě šrafované sloupce - živé stromy; úzké, šrafované sloupce bez barevné výplně - odumřelé stromy

Zastoupení stromů různých průměrů kmene (v prsní výšce) na studijních plochách (Smrčiny = Fichtelgebirge, Bavorsko) s více než 10 pozorováními tetřeva. Značení živých a odumřelých stromů jako u obrázku vlevo.

Důležité prvky prostředí tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*)

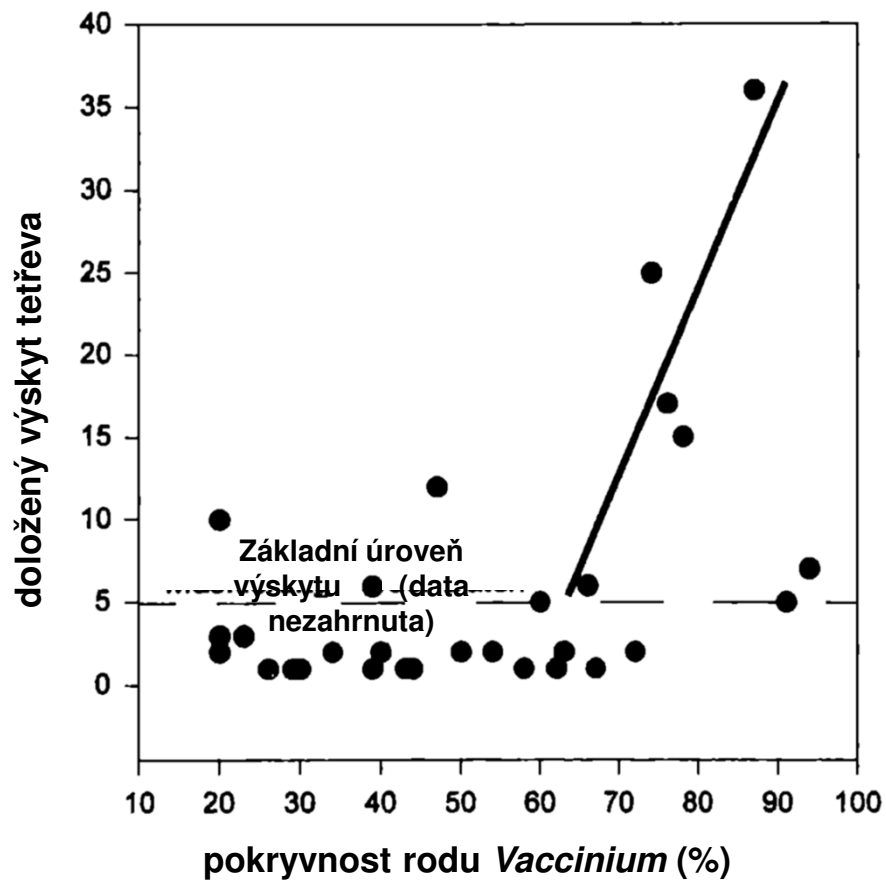


Vztah pokryvnosti stromového patra (zápoje porostu) a výskytu tetřeva



Vztah „hustoty okrajů“ (celková délka okrajů lesních porostů ku ploše lesa) a výskytu tetřeva

Důležité prvky prostředí tetřeva hlušce (*Tetrao urogallus*)



Vztah pokryvnosti rodu *Vaccinium* a výskytu tetřeva

Souhrn:

Chceme-li zachránit ohrožený druh, musíme chránit jeho existující populace na přírodních stanovištích (in situ), případně je udržovat v chovech (ex situ).

Přitom je třeba zohlednit poznatky o

- autekologii druhu (jeho nároky na prostředí),
- jeho bionomii a populační biologii (vývojový cyklus; způsob reprodukce)
- a etologii (sociální vazby v populaci, reprodukční chování),

stejně tak jako poznatky z

- populační genetiky,
- dem- a synekologie (vliv konkurence a predace).

Na základě dostupných resp. zjištěných údajů k těmto oblastem stanovíme **minimální životaschopnou populaci** daného druhu v daném prostředí, její **minimální dynamické území** a provedeme **analýzu životaschopnosti dané populace**. Ta nám napoví potřebná opatření a pravděpodobnost jejich úspěšnosti.