



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Partnerství pro rozvoj vzdělávání a komunikace v ochraně přírody

reg. číslo: CZ.1.07/2.4.00/17.0073

**PROSTOROVÁ EKOLOGIE, metapopulace, kvantitativní změny
populace**

Filip Harabiš

Katedra ekologie, FŽP, ČZU v
Praze; harabis@fzp.czu.cz

- Ekologie a ochrana vážek (Odonata)
- Diverzita člověkem pozměněných biotopů



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Cíle přednášky

- Modifikace krajiny a fragmentace prostředí
- Teorie ostrovní biogeografie
- Kvantitativní změny v populacích v prostoru (migrace a disperze)
- Populace a metapopulace
- Metodika výzkumu (meta-)populací (odhady abundance, studium disperze ...)

Studijní literatura

Populační ekologie

Struktura, růst a dynamika populací



Emil Tkadlec

INTRODUCTION TO Population Ecology

LARRY L. ROCKWOOD



CORRIDOR ECOLOGY

*The Science and Practice of
Linking Landscapes for
Biodiversity Conservation*

Edited by
Jodi A. Hilty
William Z. Lidicker Jr.
Adina M. Merenlender



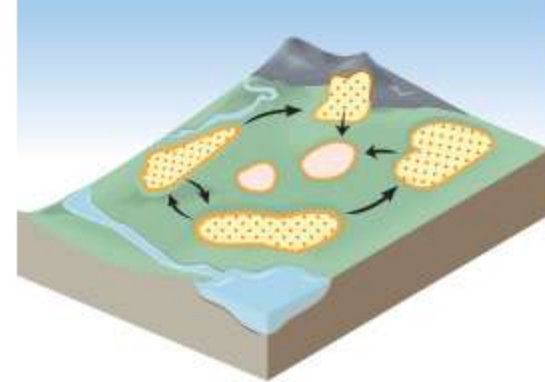
Oxford Series in Ecology and Evolution

Metapopulation Ecology

Ilkka Hanski



Prostorová ekologie (spatial ecology)



Snaží se popsat prostorovou variabilitu a komplexitu prostředí ve vztahu k biodiverzitě

Dva přístupy:

- 1) **Krajinná ekologie** (landscape e.) – širší měřítko, měřítkem je heterogenita (ploškovitost) prostředí (nezabývá se populační dynamikou)
- 2) **Metapopulační ekologie** – zaměřují se na prostorovou i časovou dynamiku lokálních populací (vliv emigrace, imigrace, extinkce)

Prostorová ekologie (spatial ecology)



Dále se zaměřuje na pohyb organismů

Zahrnuje procesy (podle Begon et al.):

- 1) **Rozptyl (disperze)** – šíření jedinců dál od sebe
- 2) **Migrace** – pohyb jedinců nebo populací z jednoho místa (regionu) do druhého

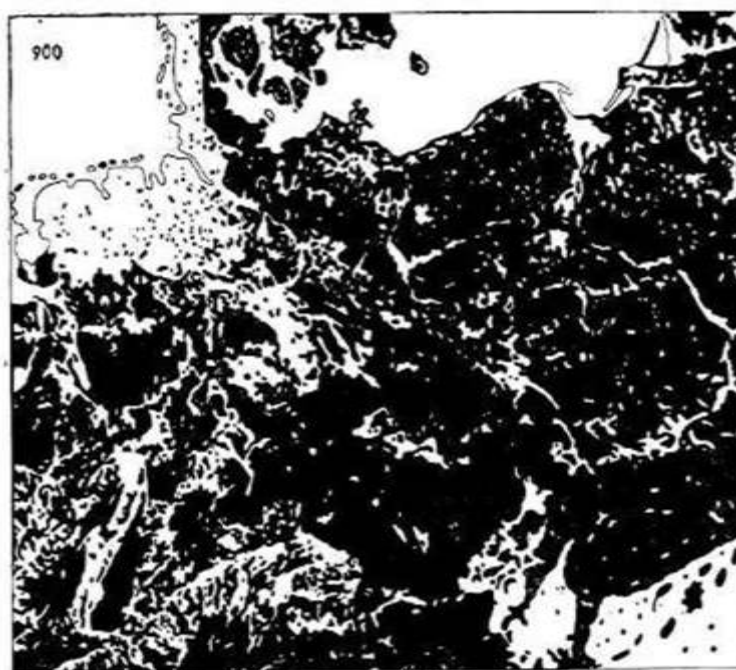
Ekologie modifikované krajiny

- **Ekologická konektivita** – propojenost ekologických procesů v mnoha prostorových škálách
- **Fragmentace prostředí (krajiny)** – krajina charakterizovaná výrazným kontrastem mezi ploškami (např. s vegetací) a okolní matrix; plošky tvoří obvykle 10-60% původního prostředí





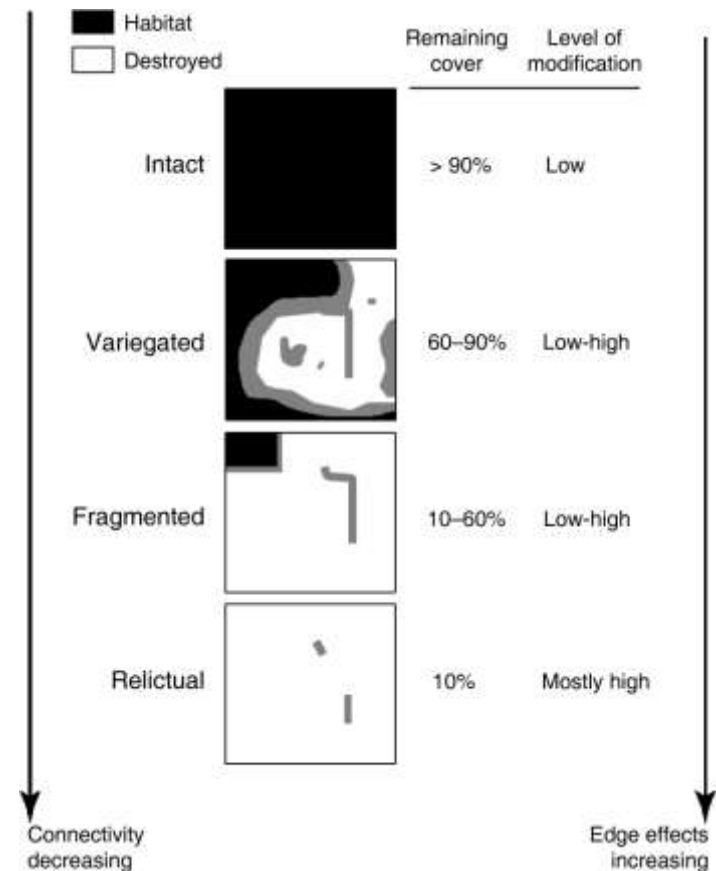
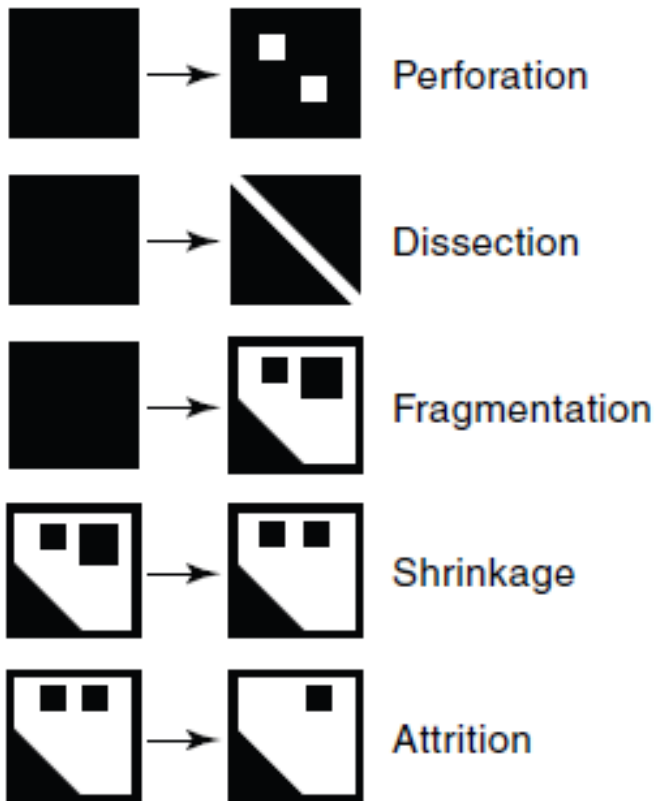
Evropa v r. 1900 (podle SCHLÜTTERA, 1952, z HENDRYCHA, 1972)



58. Rekonstrukce lesnatosti stř. Evropy v r. 900 n. l. (podle SCHLÜTTERA, 1952, z HENDRYCHA, 1972)

Fragmentace krajiny

Spatial processes





Ekologie modifikované krajiny

- **Habitat** – nabídka vhodného prostředí pro daný druh
- **Konektivita habitatů** – propojenost habitatů pro daný druh (opak habitatové izolace)
- **Izolace habitatů** – míra izolace habitatových plošek pro daný druh
- **Ztráta habitatu** – ztráta vhodného habitatu (plošky)
- **Lokální extinkce** – zánik lokální populace v důsledku stochasticity
- **Rozparcelování a izolace habitatu (plošky)** – proces, kdy se velké souvislé plošky dělí na menší plošky



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



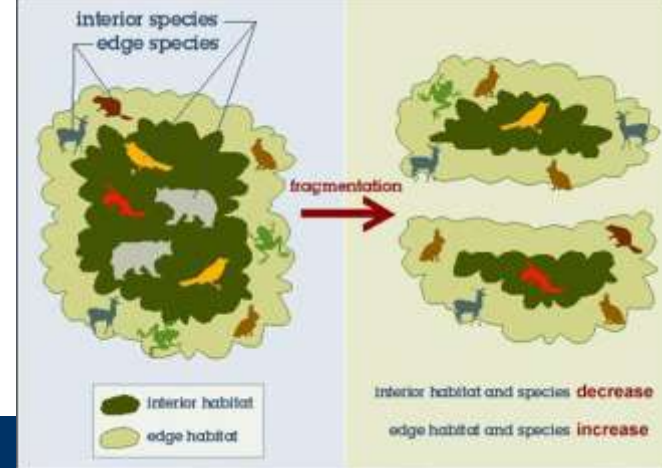
OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

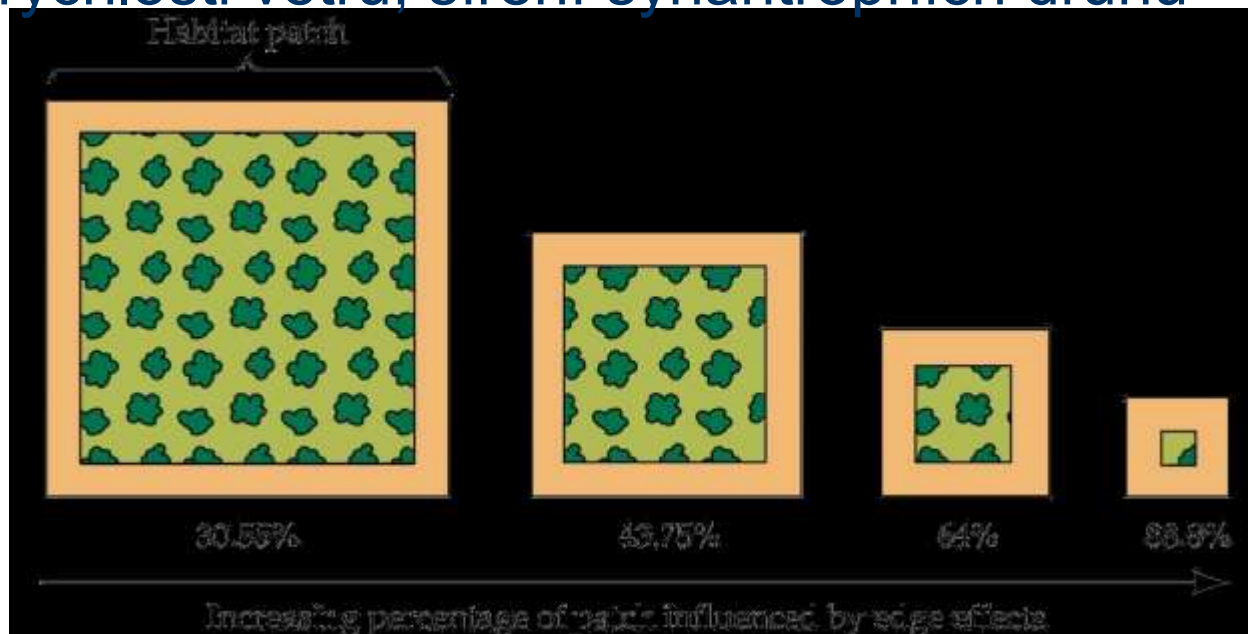
Ekologie modifikované krajiny

- **Krajina** – člověkem definovaná oblast o velikosti 3 až cca. 300 km²
- **Konektivita krajiny** – propojenost nativní vegetace v krajině tak jak člověkem vnímána
- **Heterogenita krajiny** – člověkem vnímané zastoupení environmentálních gradientů a land-cover v krajině

Okrajový (ekotonální) efekt

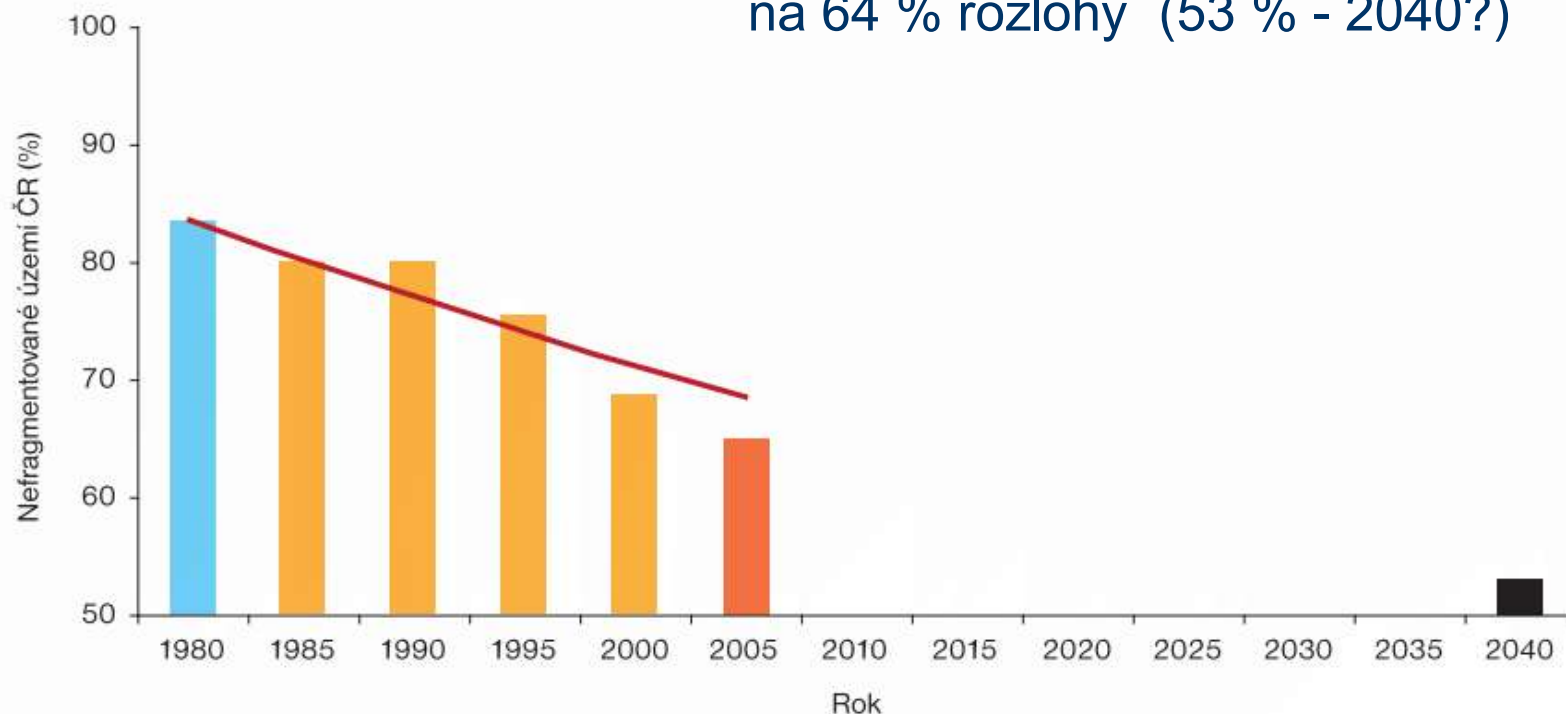


- **okrajové efekty:** komplex změn biotického i abiotického charakteru, až do hloubky 250 m (změny v množství dopadajícího světla, teplotě, vlhkosti, rychlosti větru, šíření synantropních druhů)



Fragmentace jako důsledek urbanizace a výstavby silnic a dálnic

1980-2005 klesl podíl nefragmentované krajiny v ČR z 81 procent na 64 % rozlohy (53 % - 2040?)

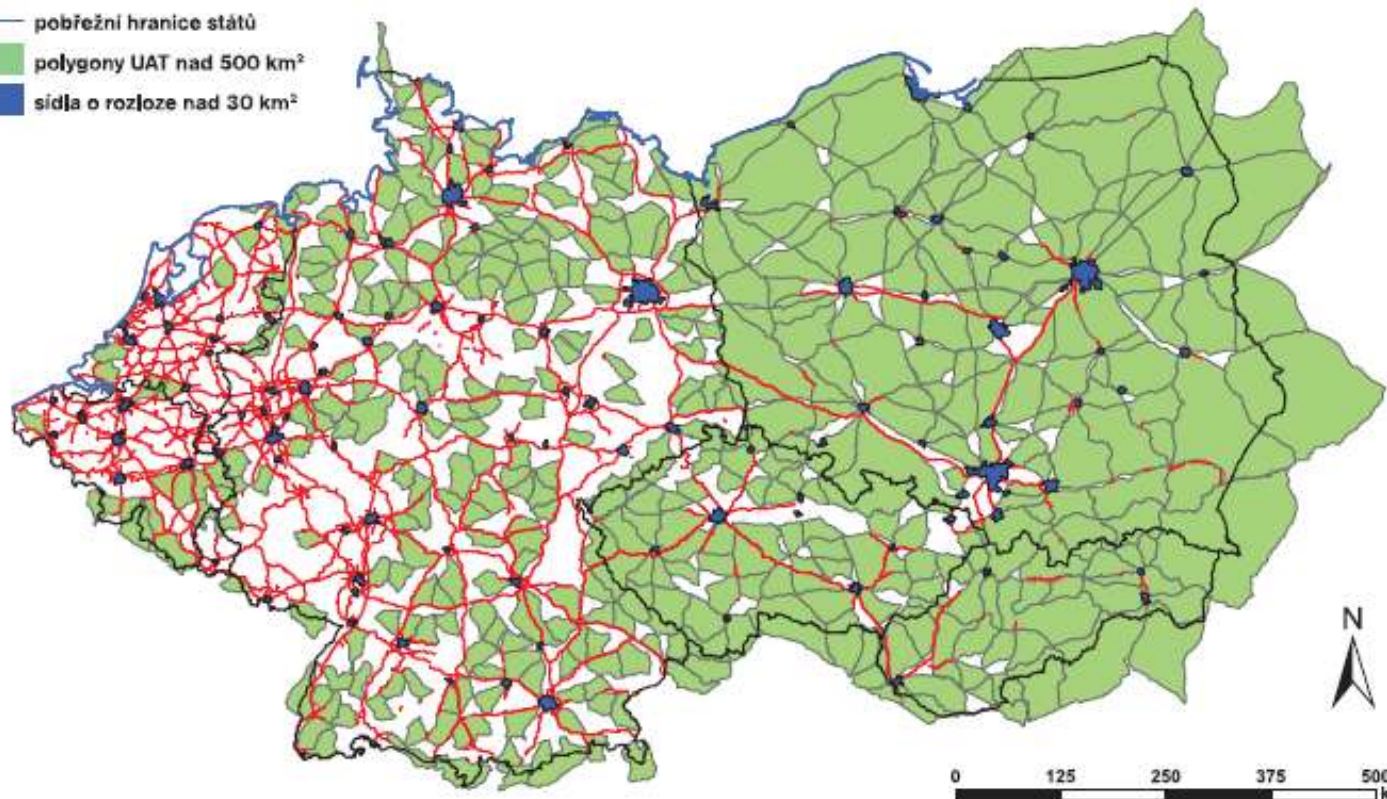


Obr. 1.27 Pokles rozlohy nefragmentovaného území ČR s prognózou do roku 2040

Zdroj: Evernia 2008

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

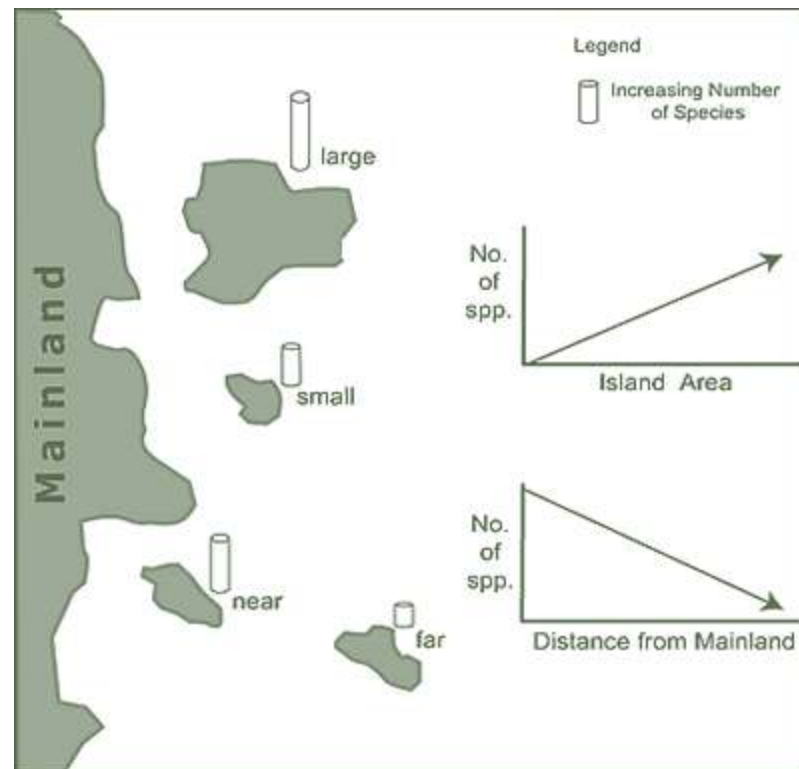
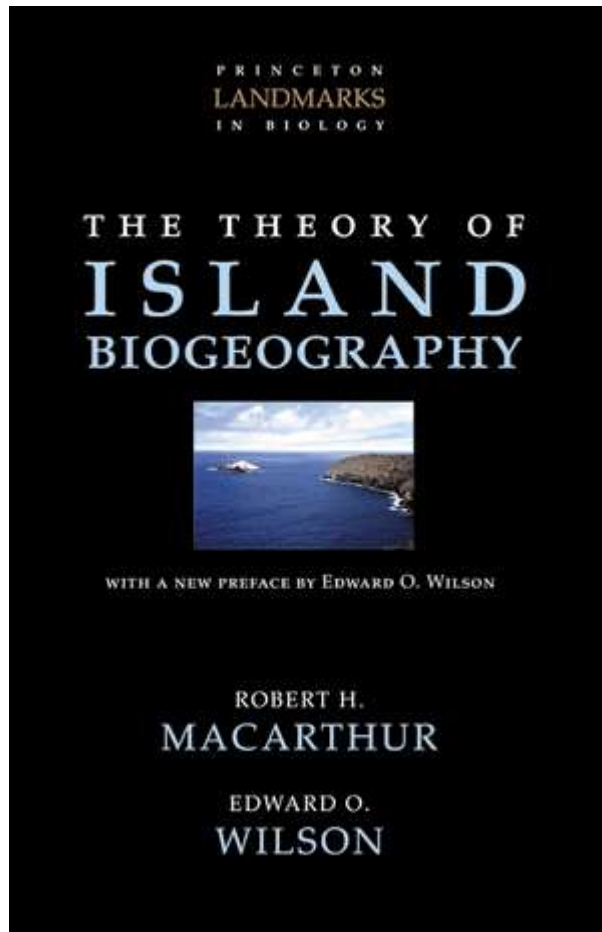
- dálnice a rychlostní komunikace
- hranice států
- pobřežní hranice států
- polygony UAT nad 500 km²
- sídla o rozloze nad 30 km²



Obr. 1.20 Rámcové hodnocení fragmentace krajiny ve střední a v západní Evropě. Zeleně jsou vyznačeny nefragmentované oblasti v evropském měřítku s minimální rozlohou 500 km², oblasti vyznačené bíle jsou již fragmentovány. Rozdíly mezi západní a východní částí, způsobené především rozdílnou intenzitou změn v minulosti, jsou více než zřetelné.

Zdroj: Evernia 2009

Teorie ostrovní biogeografie



Předpoklady Teorie ostrovní biogeografie

1. Existuje přímá úměra mezi velikostí ostrova a počtem druhů, které na něm žijí (vyjádřená species–area křivkou)
2. Lokální extinkce je normálním, často se opakujícím jevem, zejména u malých populací na malých ostrovech

Předpoklady Teorie ostrovní biogeografie

3. Lokální diverzita ostrova je výsledkem působení dvou protichůdných jevů – A) kolonizací ze zdrojové populace = „pevniny“ a B) extinkcí lokálních populací, jejichž výsledkem je vyvážený počet druhů (tzv. “equilibrium”)
4. Velikost ostrova a vzdálenost od zdrojové populace (pevniny) má vliv na vyvážený počet druhů – proto velké ostrovy blízko pevniny mají více druhů než malé ostrovy daleko od pevniny

Teorie ostrovní biogeografie

- The species–area relationship
- Počet druhů na ostrově je přibližně:

$$S = CA^z$$

Kde: **S** = počet druhů na ostrově, **A** = rozloha ostrova, **C** = míra kolonizace, **z** = konstanta související s taxonem a daným typem ostrova



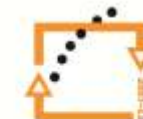
evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

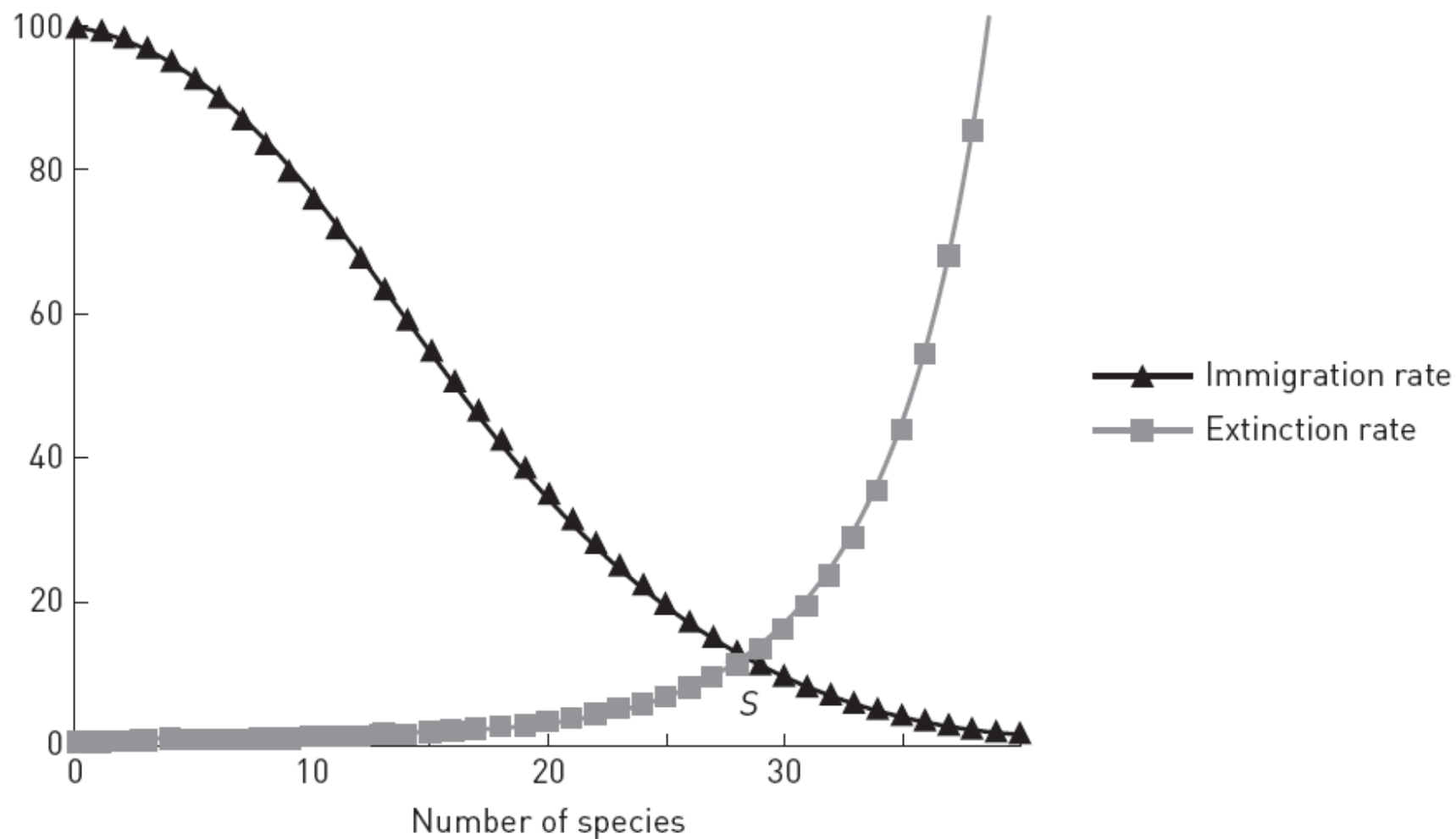


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

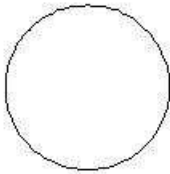
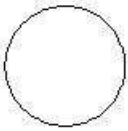
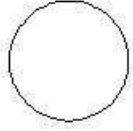
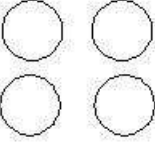
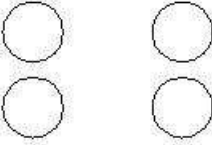
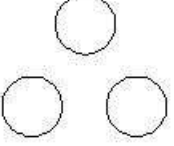
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Není ostrov jako ostrov



Aplikace v konzervační biologii

	Better	Worse	WHY?
A			Bigger better than smaller; includes more species, allows bigger populations, more interior per edge.
B			Intact better than fragmented; larger single population, no dispersal problem, more interior per edge
C			Close better than isolated; easier to disperse among patches, allows easier recolonization in case local patch loses all individuals
D			Clumped better than linear; easier to disperse among multiple patches
E			Connected with corridors better than not connected; facilitates dispersal
F			Round better than any other shape; decreases amount of edge

Plánování
chráněných území

ÚSES



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ÚSES

Územní Systém Ekologické Stability

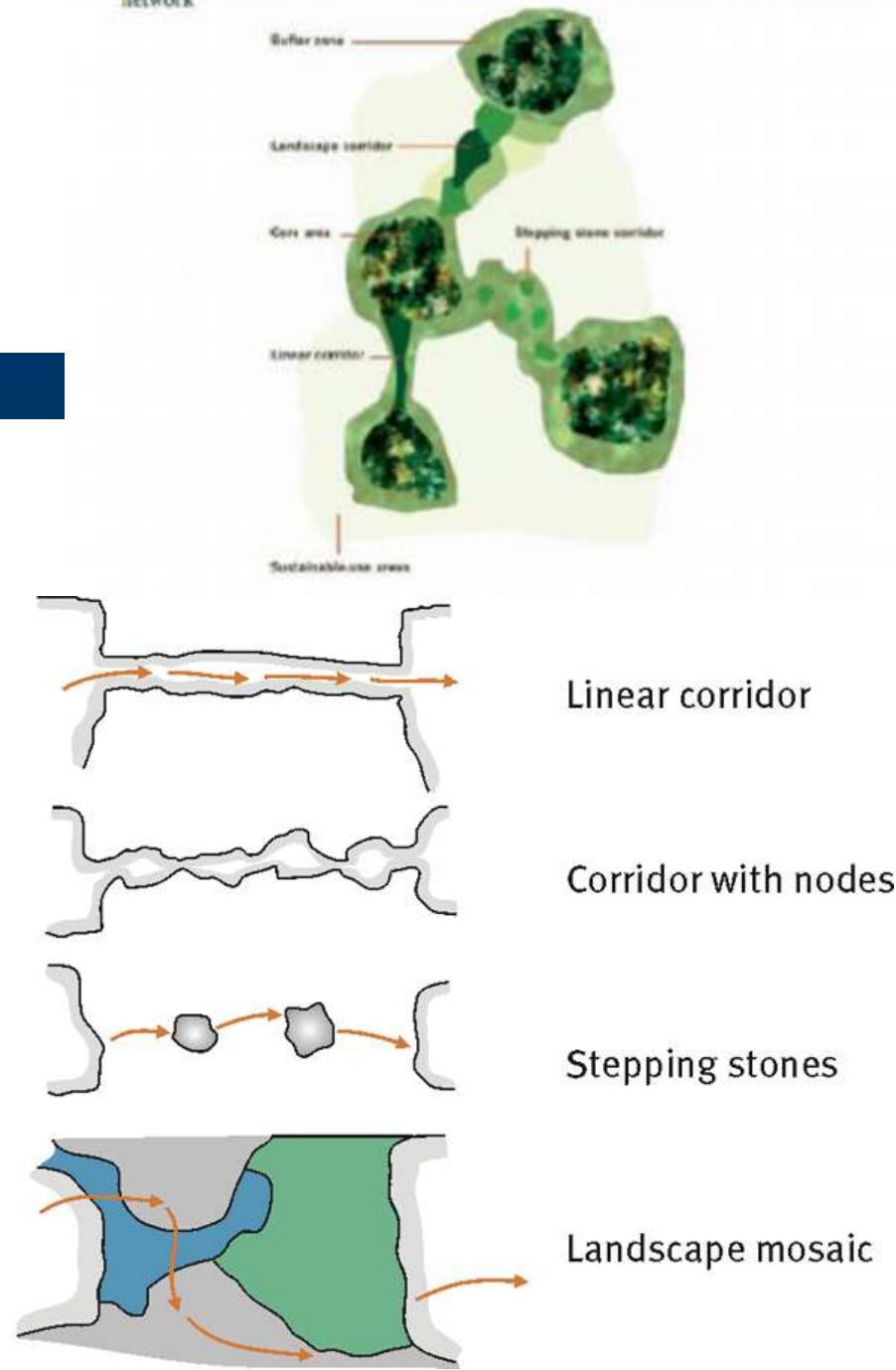


ÚSES

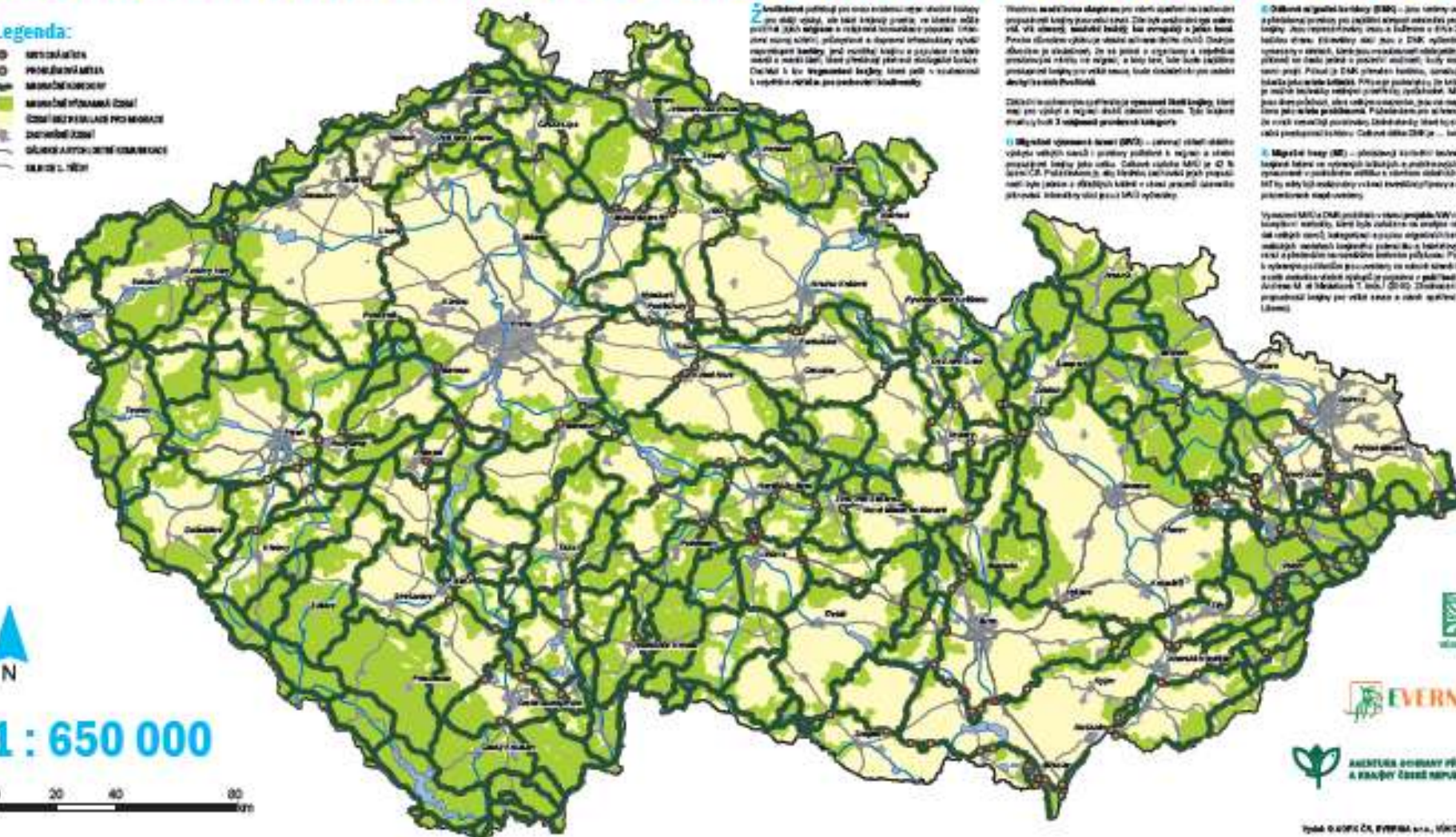
Územní Systém Ekologické Stability

- = snaha o obnovu konektivity v krajině
- Biocentrum (+buffer)
- Biokoridor

Figure 1.1. Diagrammatic representation of the spatial configuration of an ecological network



MIGRAČNÍ KORIDORY PRO VELKÉ SAVCE V ČESKÉ REPUBLICE

[illegible]

Potenciální rizika

Box 6.1.

Potential Disadvantages of Corridors or Causes of Failure

1. Corridors dominated by edge effects
 - a. avoidance by potential dispersers
 - b. adverse abiotic conditions
 - c. increased risk of predation
 - d. increased risk of parasitism or disease
 - e. competition from exotic species
 - f. noise and artificial lighting from adjacent matrix
2. Community drift
 - a. species-specific corridor efficacy
 - b. inappropriate habitat, length, width
 - c. corridor gaps and bottlenecks
 - d. sex and age filtering of target species
 - e. inadequate assessment of dispersal distances
 - f. loss of mutualists or food species
3. Invasions of exotic species
 - a. from matrix
 - b. from other patches
4. Invasions of deleterious native species
 - a. predators
 - b. parasites and disease organisms
 - c. competitors

Demographic impacts

- a. unusual metapopulation processes
- b. synchrony among patches
- c. corridors as dispersal sinks
- d. increased exposure to human depredations

Social impacts

- a. corridor inadequate for dispersal of social group
- b. inhibition of movements by territorial residents (social fence effect)

Genetic impacts

- a. outbreeding depression
- b. loss of local adaptation
- c. hybridization between taxonomic units

Conflicting scientific objectives

- a. habitat versus conduit
- b. needs of target species versus metacommunity maintenance
- c. urgent short-term objectives versus long-term sustainability
- d. alternative conservation strategies

Economic impacts

- a. costs of acquisition and construction
- b. costs of maintenance
- c. costs of monitoring
- d. lost opportunity costs
- e. unforeseen negative impacts on adjacent matrix





Pohyb jedinců



Rozptyl (disperze)

- probíhají difúzně různými směry
- často nejsou aktivní (forézie)
- nepravidelné
- krátké vzdálenosti
- příčinou reprodukce
dále rizika zániku stanoviště,
eliminace kompetice, inbreeding...

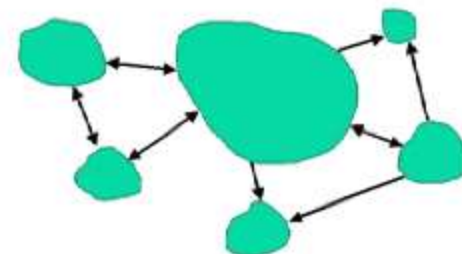
Migrace

- hromadné, směrované,
- aktivní
- časově předvídatelné
- větší vzdálenosti
- motivace: potravní zdroje

Metapopulace

- Je regionální soubor živočichů a rostlin, kde dlouhodobé přežití daného druhu závisí na rovnováze mezi mírou lokálních extinkcí a mírou rekolonizace uvnitř „ploškovité“ struktury (fragmentované prostředí)

Metapopulation: Population of Populations





evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

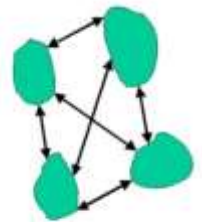
Extinkce (E) a Kolonizace (C)

- **E** = pravděpodobnost, že populace okupované plošky zanikne
- **C** = pravděpodobnost, že okupovaná ploška pošle úspěšného „kolonizátora“ na neobsazenou plošku
- Oba parametry jsou z rozsahu od 0 do 1

Levinsova (klasická) metapopulace

(Levins 1969)

1. Okupované i neokupované biotopy představují izolované plošky uvnitř matrix (nevhodné prostředí)
2. Všechny populace jsou ohroženy extinkcí
3. Jednotlivé plošky jsou rovnoměrně propojeny rozptylem
4. Dynamika plošek je asynchronní
5. **Ignoruje populační dynamiku uvnitř plošky !!!**



Levinsova (klasická) metapopulace

(Levins1969)

$$\frac{dP}{dt} = cP(1 - P) - \epsilon P$$

Míra kolonizace

Míra extinkce

- Míra změny okupovaných plošek je funkcí míry kolonizace (c) a míry extinkce (ϵ), kde P je proporce osídlených plošek

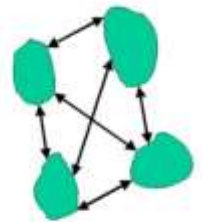
Levinsova (klasická) metapopulace

(Levins 1969)

$$\frac{dP'}{dt} = cP'(T - P') - \epsilon P$$

Míra kolonizace Míra extinkce

- **P** - je počet fragmentů habitatů okupovaných druhem a **T** - je celkový počet vhodných plošek
- Ostatní parametry zůstaly nezměněny: míra kolonizace (**c**) a míry extinkce (**ε**), kde **P** je proporce osídlených plošek

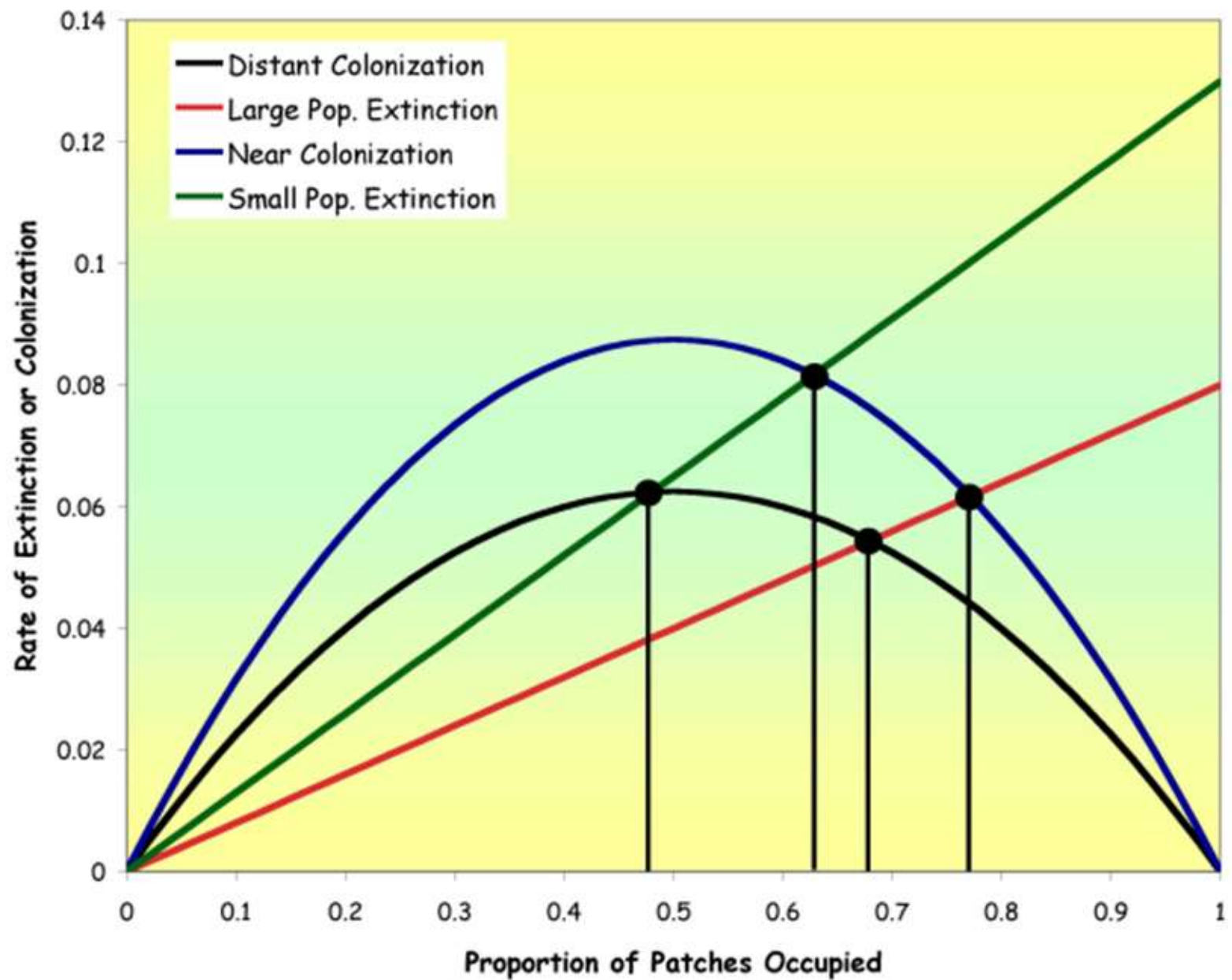


Metapopulační dynamika

- Rovnováha mezi extinkcí (E) a kolonizací (C)
- % okupovaných plošek (P) = $1 - E/C$
- Co se stane když $E > C$?

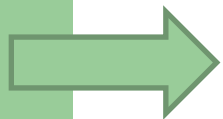
Extinkce uvnitř metapopulací

	Lokální extinkce	Extinkce metapopulace
Stochastické procesy	a) Demografické	a) Interakce mezi extinkcí a kolonizací
	b) Environmentální	b) Regionální procesy
Vnější příčiny	Likvidace habitatů	Likvidace habitatů a fragmentace prostředí



Co ovlivňuje kolonizaci?

- C stoupá nepřímo úměrně se vzdáleností plošek (význam v ochraně přírody)
- Pravděpodobnost kolonizace = $C \cdot P \cdot (1 - P)$
- **1-P** je proporce neobsazených plošek



Máme tedy udržovat prázdné plošky?

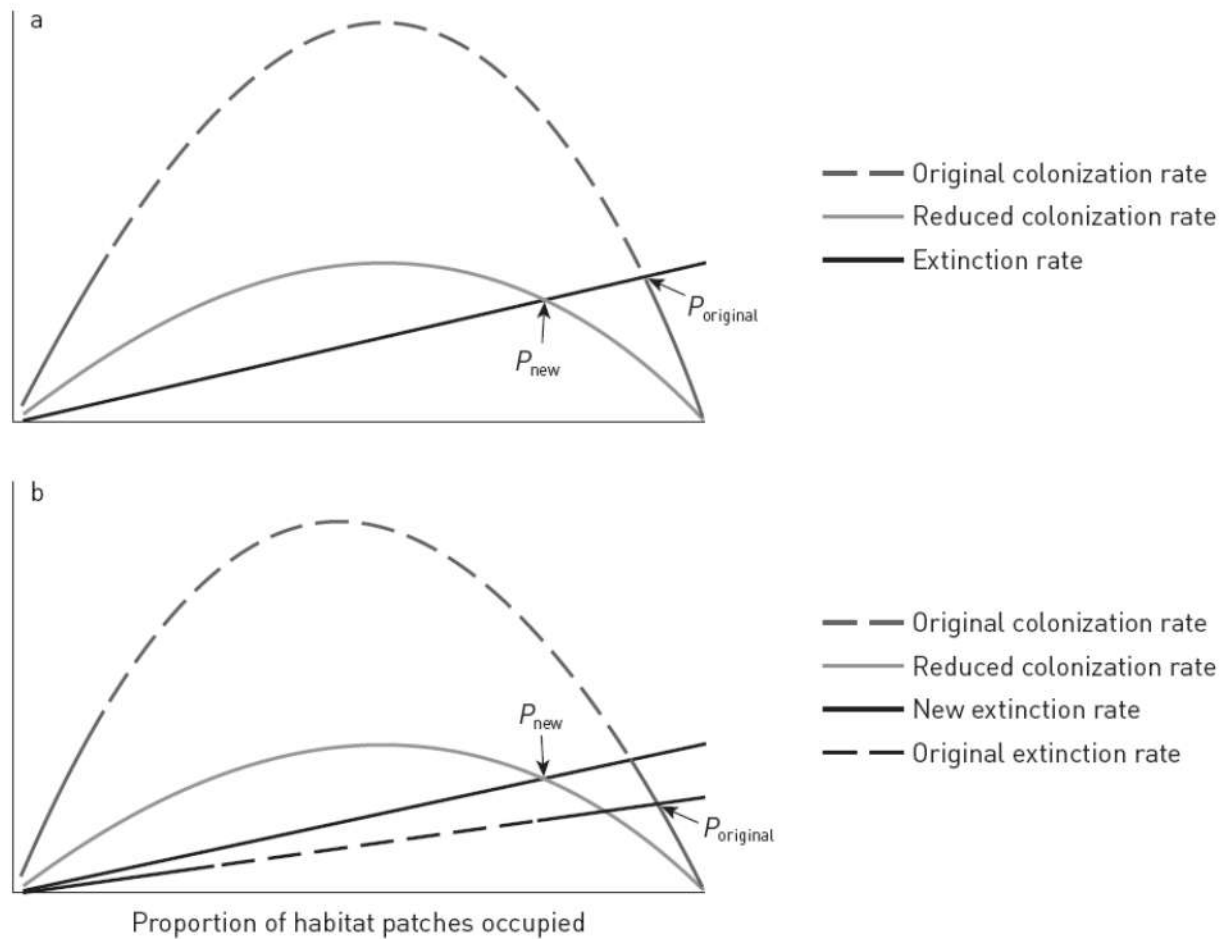


Figure 5.3 (a) The effect on patch occupancy of a lowered colonization rate due to a reduction in the number of habitat patches. (b) Expected changes in patch occupancy with lower colonization rate and increased extinction rate. Colonization rate is reduced by loss of habitat number; extinction rate is increased by reduction in patch area. Adapted from Hanski (1999).

Význam prázdných plošek

- Likvidace habitatů = H vede k zániku prázdných plošek
- Proporce plošek je tedy: $1-P-H$
- Pravděpodobnost kolonizace je: $C \cdot P \cdot (1-P-H)$



Likvidace habitatů snižuje míru efektivní kolonizace

Source–sink metapopulace

(Pulliam 1988)

- Vychází z konceptu, že kvalita jednotlivých plošek je různá
- Kvalitní plošky produkují rozsáhlé populace ($r > 0$) a jsou zdrojem emigrantů
 zdrojové (**source**) plošky
- Na méně kvalitních ploškách je $r < 0$, tedy bez imigrace  propadové (**sink**) plošky

Záchranný efekt (rescue effect)

- Imigranti „zachraňují“ populaci před vymřením v důsledku demografické či environmentální stochasticity
- Izolací dané populace od zdrojové dochází k zániku populace sink plošky
- Pseudo-sink – velikost populace se izolací od zdrojové populace výrazně sníží, ale nezanikne

Neequilibriální a ploškovitá metapopulace

- Neequilibriální (metapopulace) – přechodný stav kdy uvnitř dané metapopulace $E > C$; bez obnovení funkce jednotlivých plošek je tato struktura je odsouzena k zániku
- Ploškovitá (meta)populace – je systém velmi dobře propojených sub-populací, které fungují jako jedna populace

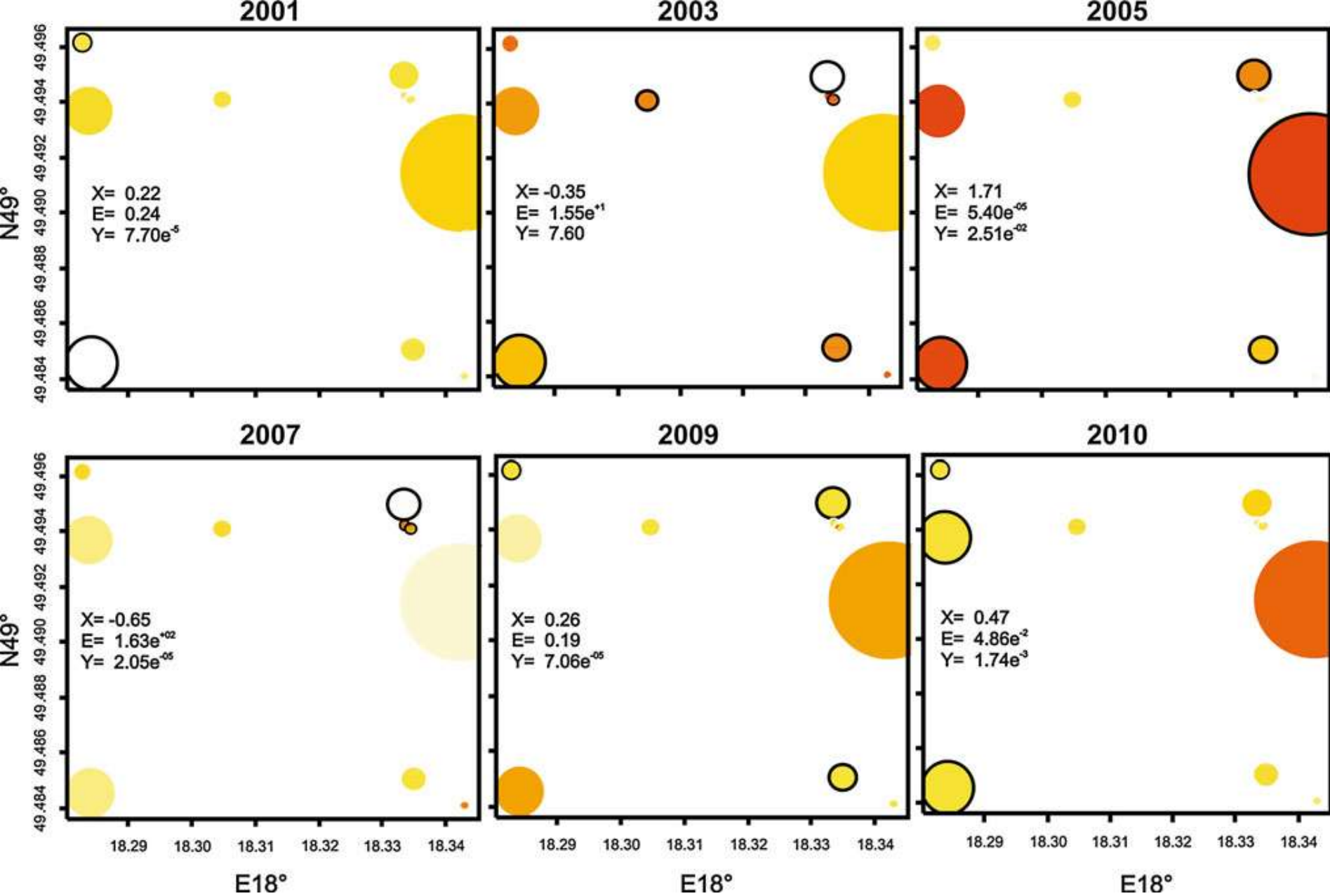
Prostorově realistické modely

- Metapopulační modely jsou příliš obecné a přispívají spíše k pochopení procesů kolonizace a extinkce
- V praxi (zejména při managementu chráněných druhů) je zásadní otázkou pochopení významu jednotlivých plošek pro fungování celé metapopulace, zásadní je rovněž zjištění zda vůbec může daná plošková struktura vůbec existovat ... jednoduchý a velmi populární je **model incidenční funkce (IFM)**

Model incidenční funkce

- Využívá jednoduchá data o osídlenosti plošek p_i (přítomnosti a nepřítomnosti) plošky i , vzdáleností d_{ij} mezi ploškami i a j (často GPS) a velikostí plošek A_i

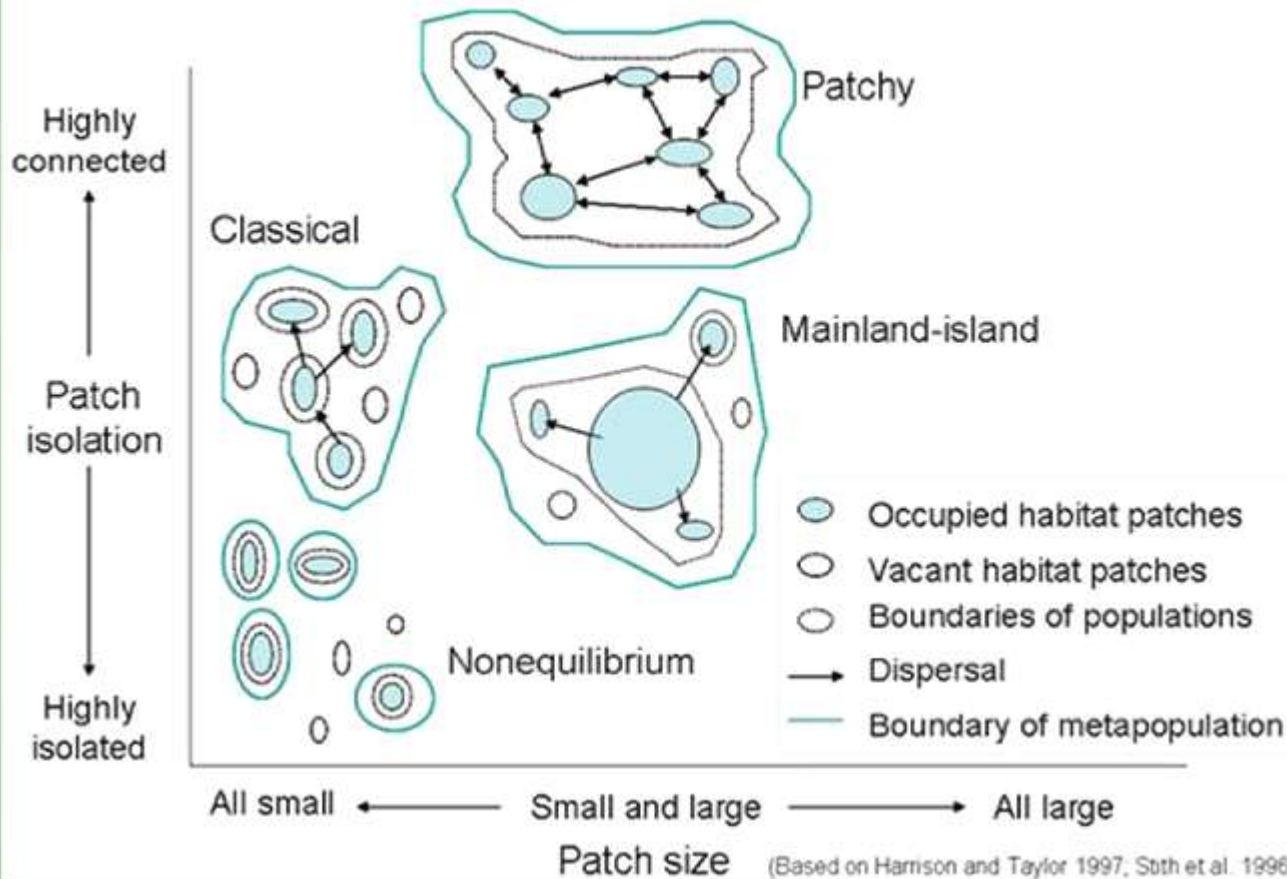
$$J_i = \frac{C_i}{C_i + E_i}$$



(Harabiš & Dolný 2012)

Shrnutí

Metapopulation structure



Předpoklady metapopulační dynamiky

1. Druh se vyvíjí na prostorově relativně izolovaných ploškách
2. Žádná z lokálních populací není dost velká, aby existovala stejně dlouho jako celá metapopulace
3. Existence prázdných (vhodných) plošek je častá
4. Jednotlivé plošky nejsou izolované navzájem natolik aby zabránili re-kolonizaci

Předpoklady metapopulační dynamiky

5. Lokální dynamika je dostatečně asynchronní
6. Zánik, znovuoobnovení i vznik nových populací
7. Velikost populace je ovlivněna rozptylem (source-sink dynamika)
8. Velikost populace, míra kolonizace i extinkce je ovlivněna velikostí ploška a její izolovaností

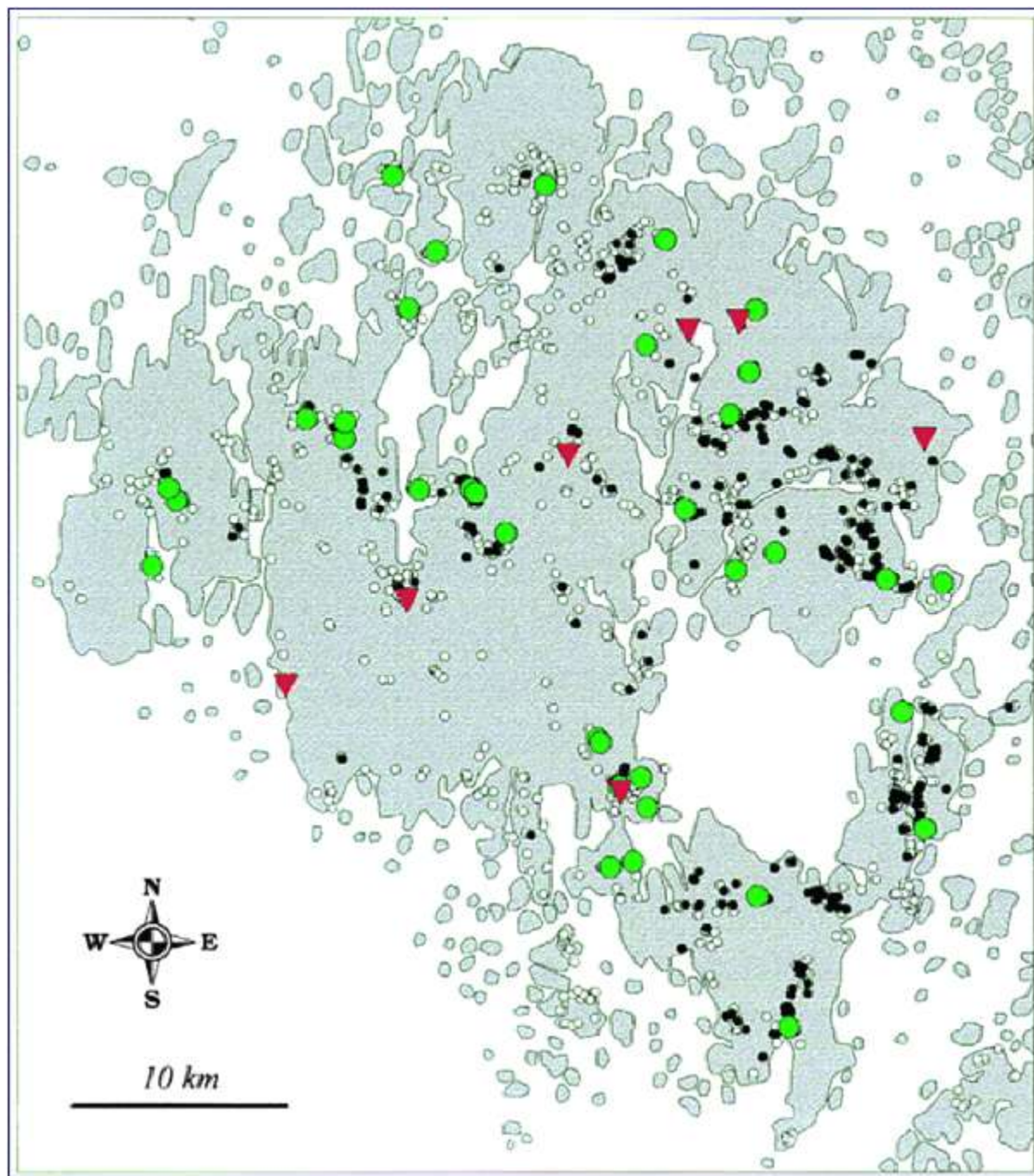
Dobrých příkladů metapopulací je málo

(Hanski 2004)

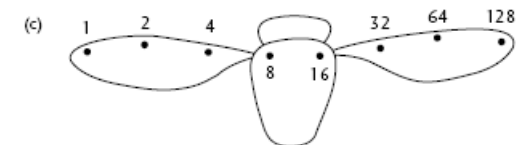
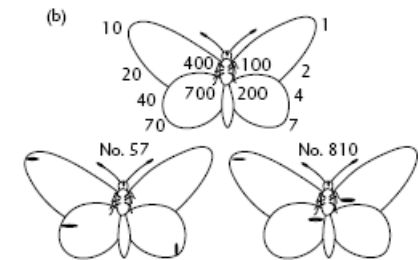
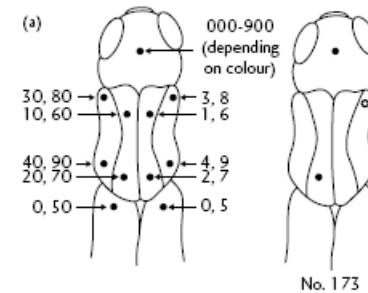
Year	Number of local populations	Number of extinctions	Number of colonizations	Total number of turnover events
1991	10	–	–	–
1992	5	5	0	5
1993	5	1	1	2
1994	6	2	3	5
1995	3	3	0	3
1996	6	0	3	3
1997	10	0	4	4
1998	14	0	4	4
1999	2	12	0	12
2000	11	0	9	9

Melitaea cinxia





Mark-release-recapture



Telemetry



Are pubic lice in danger of extinction due to habitat destruction?



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Děkuji za pozornost

