

# LE POPOLAZIONI IN CONSERVAZIONE

In ecologia, una popolazione è un gruppo di individui della stessa specie che vive e si riproduce nella stessa area geografica (detta *areale* della popolazione) .

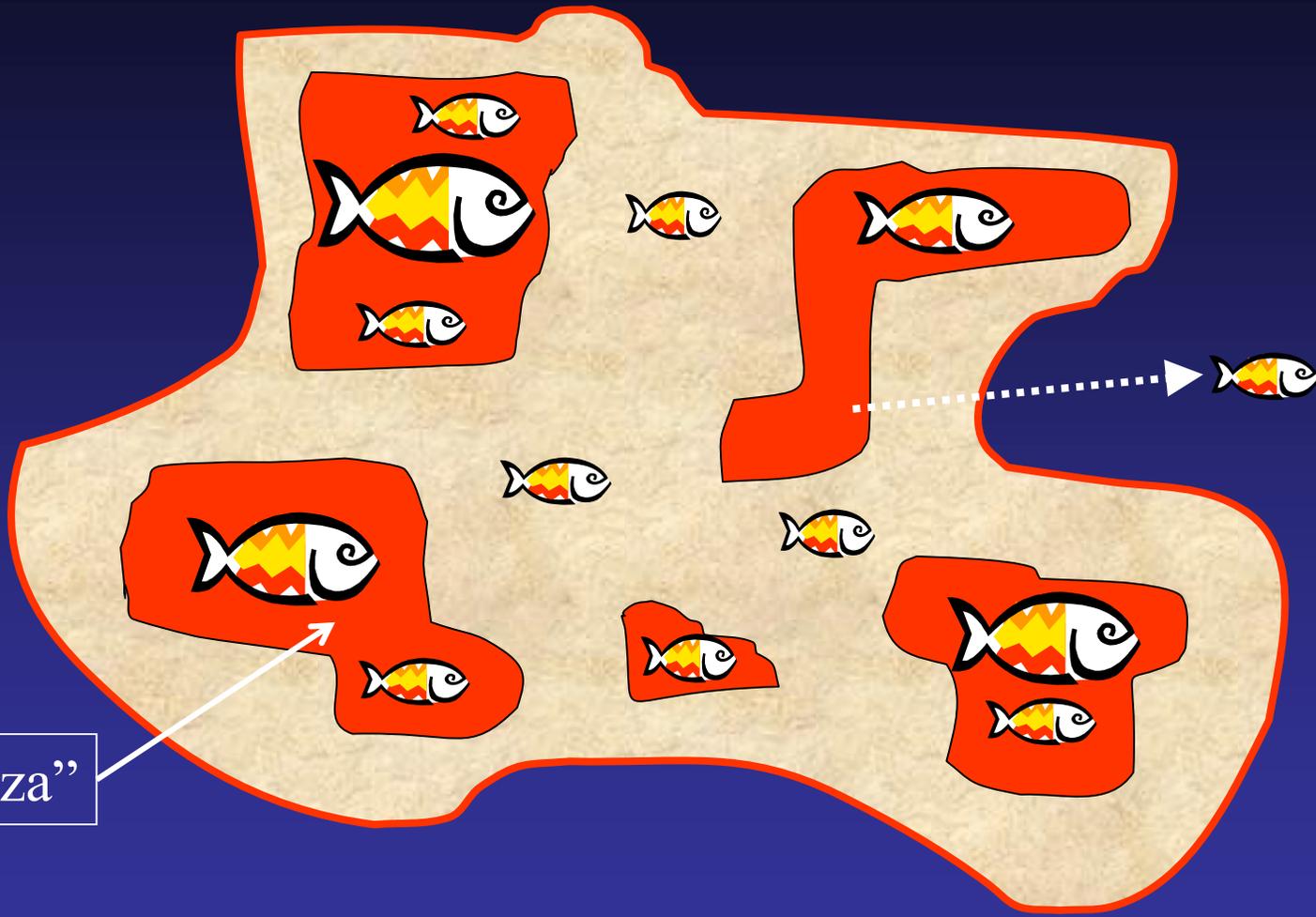
I confini della popolazione possono essere quelli naturali (*geografici*) o possono essere definiti scientificamente a seconda del tipo di studio da svolgere.

All'interno del suo areale, una popolazione occupa principalmente delle “chiazze” (*patches*), cioè delle porzioni di territorio idonee alle funzioni che gli individui devono svolgere (alimentazione, rifugio, riproduzione, ecc.).

Dell'*areale* fanno parte tutte le “chiazze” occupate da una specie durante le diverse fasi del ciclo vitale (embrione -> larva -> adulto).

Alcuni individui “dispersi” possono essere occasionalmente trovati anche al di fuori dell'*areale* della popolazione.

# Areale di una popolazione



"chiazza"

Le popolazioni sono sistemi omogenei al loro interno:

- nel tempo, poiché gli individui in vita in un determinato tempo sono i discendenti di altri in vita in un tempo precedente;
- nello spazio, poiché gli individui presenti in luoghi diversi all'interno dello stesso areale discendono da progenitori comuni.

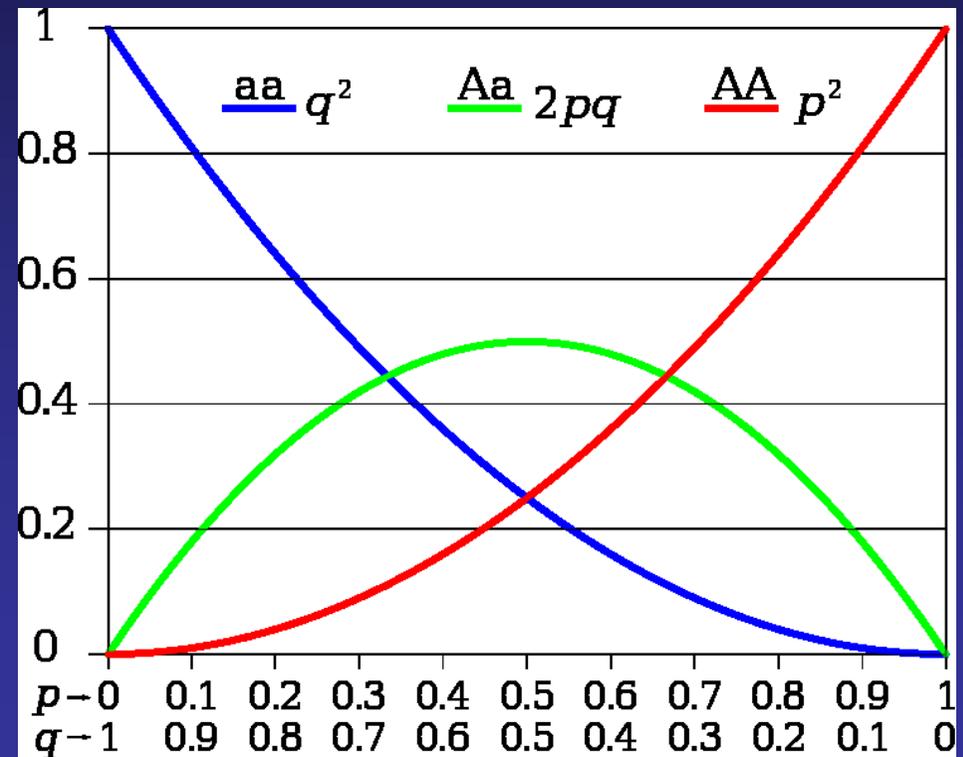
Gli individui all'interno di una popolazione ricevono geni provenienti da un “insieme” (*pool*) comune e, perciò, condividono una comune storia di “adattamento” all'ambiente.

Una popolazione *ideale* (teorica), cioè di grandi dimensioni, chiusa, panmittica e non soggetta a mutazioni e disturbi, ha *frequenze alleliche* in equilibrio di Hardy-Weinberg.

**L'equilibrio di Hardy-Weinberg, o legge di Hardy-Weinberg è un modello della genetica delle popolazioni che postula che all'interno di una popolazione (*teorica*), vi è equilibrio delle *frequenze alleliche e genotipiche* da una generazione all'altra, cioè queste frequenze non cambiano col passare del tempo a meno che non intervengano fattori esterni di disturbo.**

*Equilibrio di Hardy-Weinberg per due alleli: in ascissa le frequenze alleliche “p” e “q” e in ordinata le frequenze genotipiche.*

*Ciascuna curva rappresenta uno dei tre possibili genotipi (“aa”, “Aa” e “AA”).*



Grazie all' omogeneità interna della popolazione, informazioni relative a porzioni della popolazione (*campioni*) possono essere estese a tutta la popolazione: ad es. i *tassi di natalità e mortalità* “medi”, ottenuti da un certo numero di piccoli campioni, possono essere estrapolati come parametri generali della popolazione.

Però, all'interno delle popolazioni esiste anche una componente di eterogeneità, che dipende dalla *variabilità genetica*, in parte dovuta all'interazione degli individui con il loro ambiente di vita (es. “inseguimento” dell'habitat) ed in parte dovuta ai processi evolutivi.

Una variazione dell'idoneità all'habitat (grado di *fitness* della specie) può determinare una variazione della densità di popolazione per lo spostamento di individui della popolazione verso habitat meno affollati (se la *fitness* aumenta) o più idonei (se la *fitness* diminuisce).

# Sistema ambiente-popolazione

## PROPRIETÀ AMBIENTE

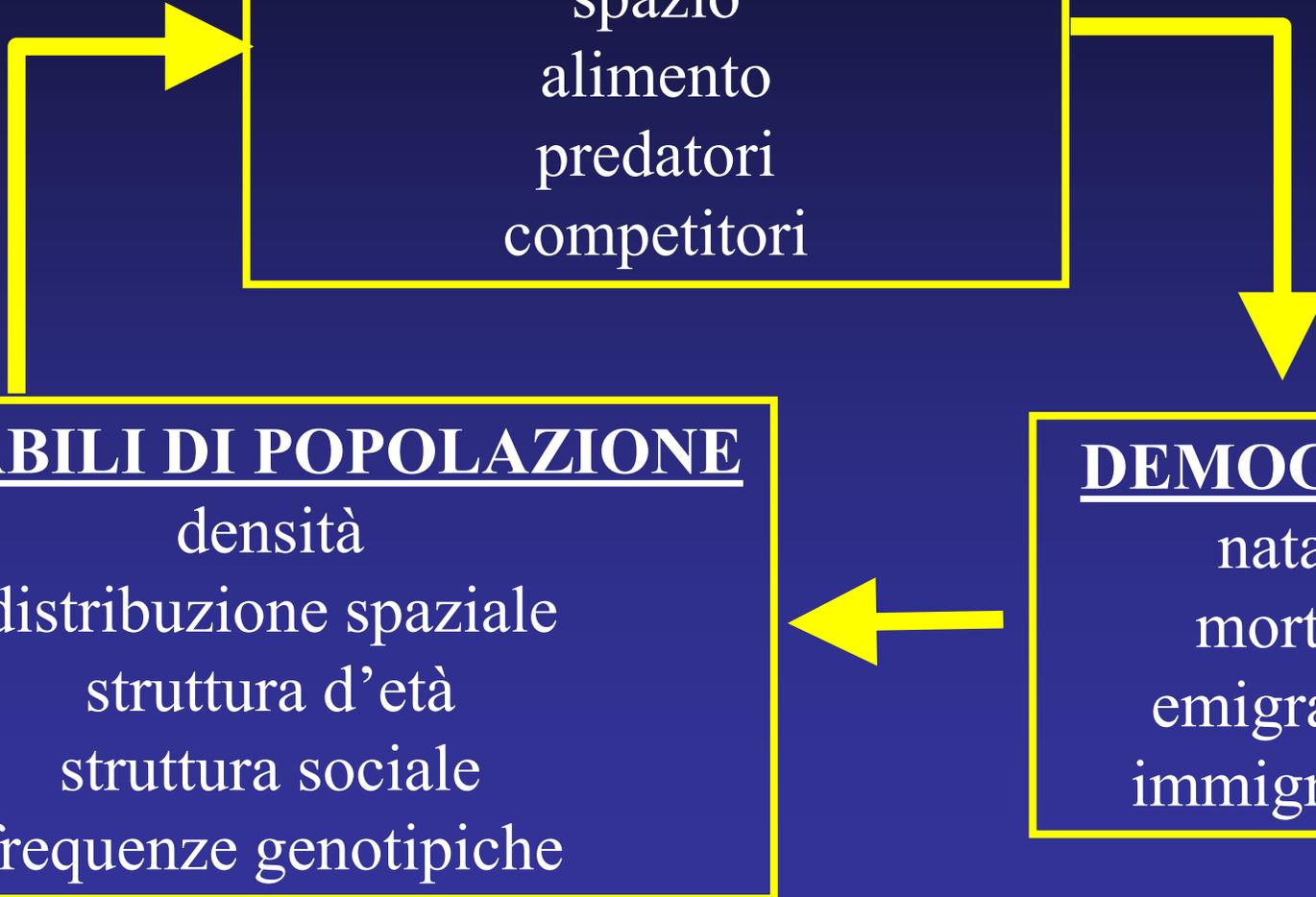
condizioni climatiche  
spazio  
alimento  
predatori  
competitori

## VARIABILI DI POPOLAZIONE

densità  
distribuzione spaziale  
struttura d'età  
struttura sociale  
frequenze genotipiche

## DEMOGRAFIA

natalità  
mortalità  
emigrazione  
immigrazione



Gli sforzi della conservazione sono spesso rivolti ad evitare l'*estinzione locale* (o *totale*) delle specie.

Un adeguato piano di conservazione deve prevedere che una determinata quantità d'individui di una specie sia preservata all'interno della più grande area possibile di habitat protetti.

MA ... QUANTI INDIVIDUI DEVONO  
ESSERE PROTETTI ?

... 10,... 100,... 1000,... 10000 ?



ANALISI DELLA SOPRAVVIVENZA

(PVA – *Population Viability Analysis*)

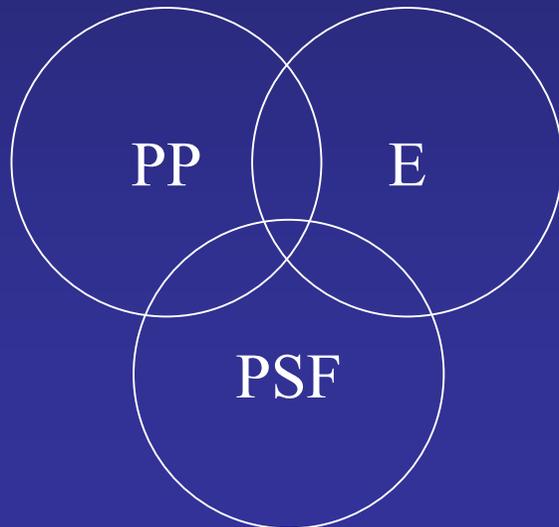
# Analisi di sopravvivenza della popolazione (PVA)

Si basa sulla interazione di 3 “campi” d’indagine:

(PP) Fenotipo di popolazione (*autoecologia* della specie)

(PSF) Fitness di popolazione (*demoecologia* della specie)

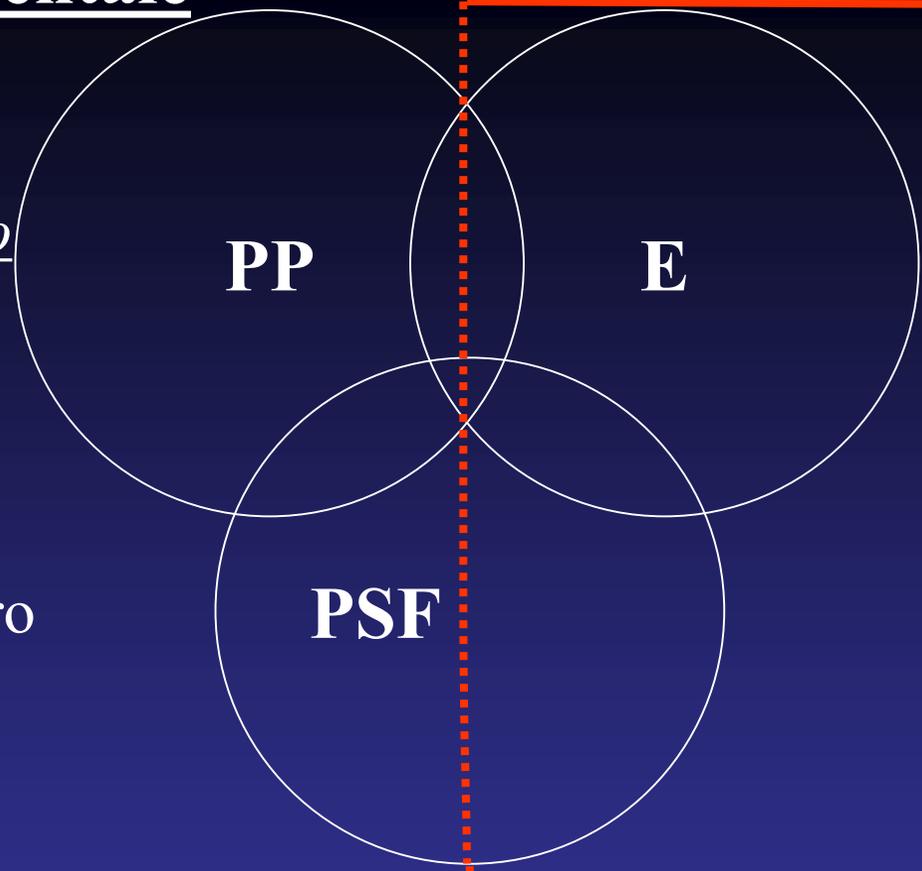
(E) Ambiente



Campo	Componente
Fenotipo della popolazione (PP)	<p><u>Morfologia</u>: variazioni in taglia, forma, pattern.</p> <p>Variazione geografica e temporale</p> <p><u>Fisiologia</u>: metabolismo, efficienza metabolica, riproduzione, resistenza alle malattie</p> <p><u>Comportamento</u> (inter- ed intraspecifico): corteggiamento, riproduzione, comportamento sociale, interazioni interspecifiche</p> <p>Comportamento (distribuzione): dispersione, migrazione, selezione dell'habitat</p>
Ambiente (E)	<p>Quantità di habitat</p> <p>Qualità dell'habitat: abbondanza (densità) di risorse, abbondanza di specie interagenti, pattern di disturbo (durata, frequenza, severità, scala spaziale del disturbo)</p>
Struttura e fitness della popolazione (PSF)	<p>Dinamica della distribuzione spaziale: distribuzione delle chiazze, struttura della metapopolazione e funzione,</p> <p>Struttura d'età</p> <p>Struttura delle taglie</p> <p>Sex-ratio</p> <p>Densità di saturazione</p> <p>Tasso di crescita "r"</p> <p>Varianza di "r": individuale, nelle chiazze, tra chiazze</p>

# 1- Disturbo ambientale

- Riduzione ↓ di:
- ( $r$ ) tasso intrinseco di crescita della popolazione ;
  - ( $N_e$ ) dimensione effettiva della popolazione (numero riproduttori)
  - ( $D$ ) dispersione.



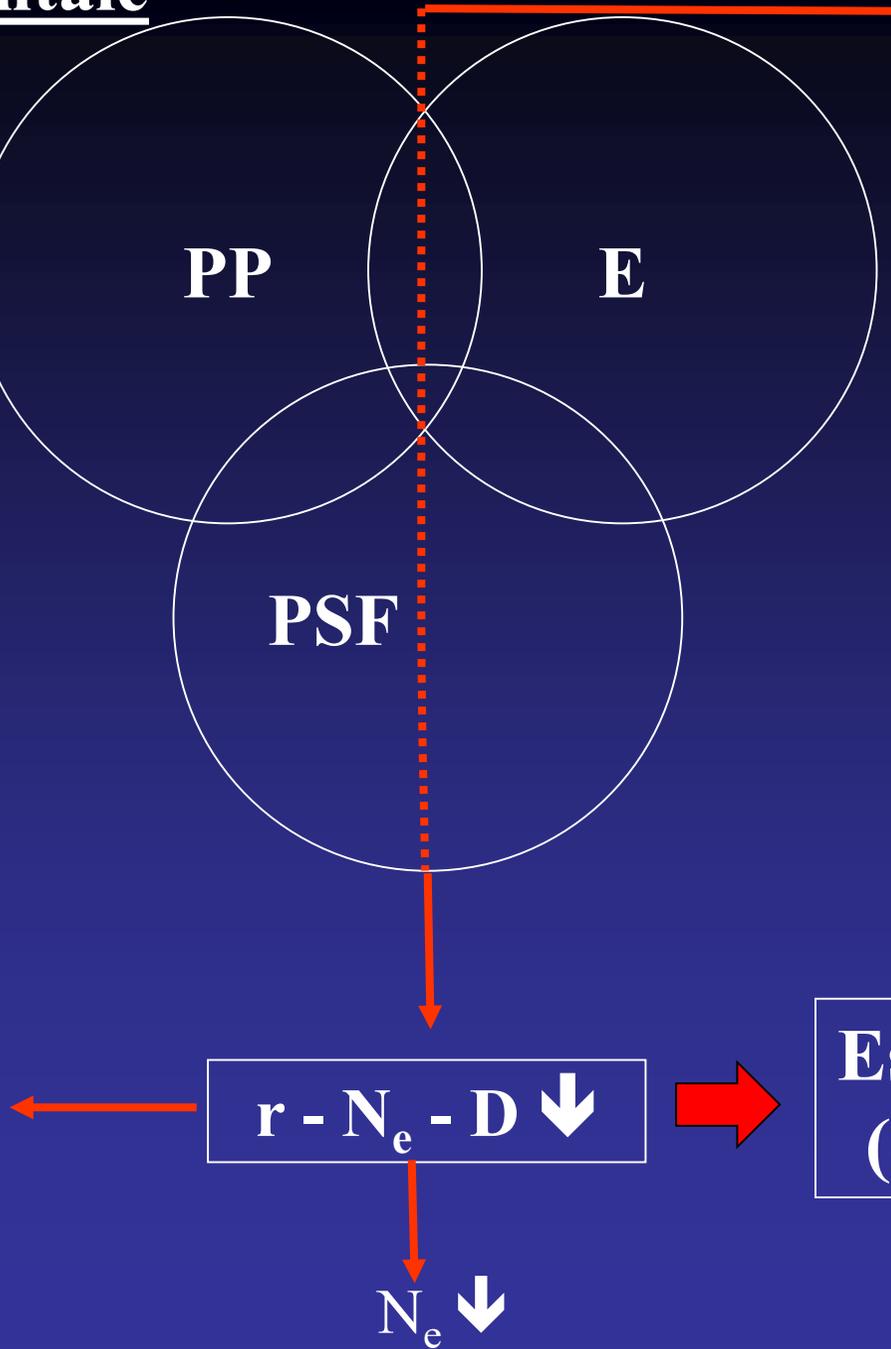
**Disturbo ambientale**

**Casualità demografica ↑**

$r - N_e - D \downarrow$

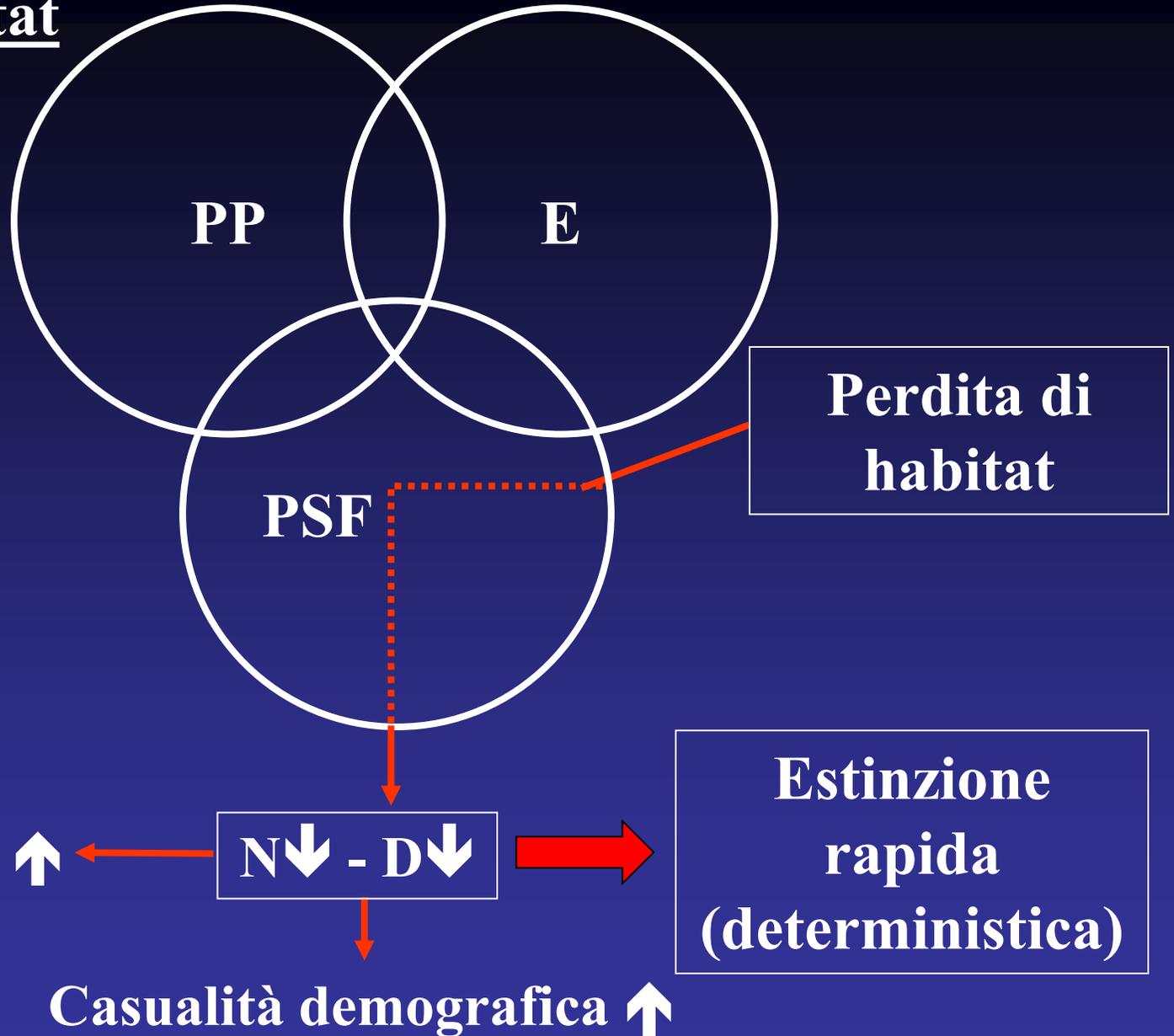
**Estinzione rapida (deterministica)**

$N_e \downarrow$



## 2- Perdita di habitat

Riduzione ↓ di:  
- (N) dimensione  
della popolazione;  
- (D) dispersione.



## I “vortici” di estinzione

Più una popolazione diminuisce di numero, più diventa vulnerabile alle variazioni ambientali, alla perdita di variabilità genetica, alle fluttuazioni casuali demografiche, e tutti questi fattori portano ad una ulteriore riduzione delle popolazioni.

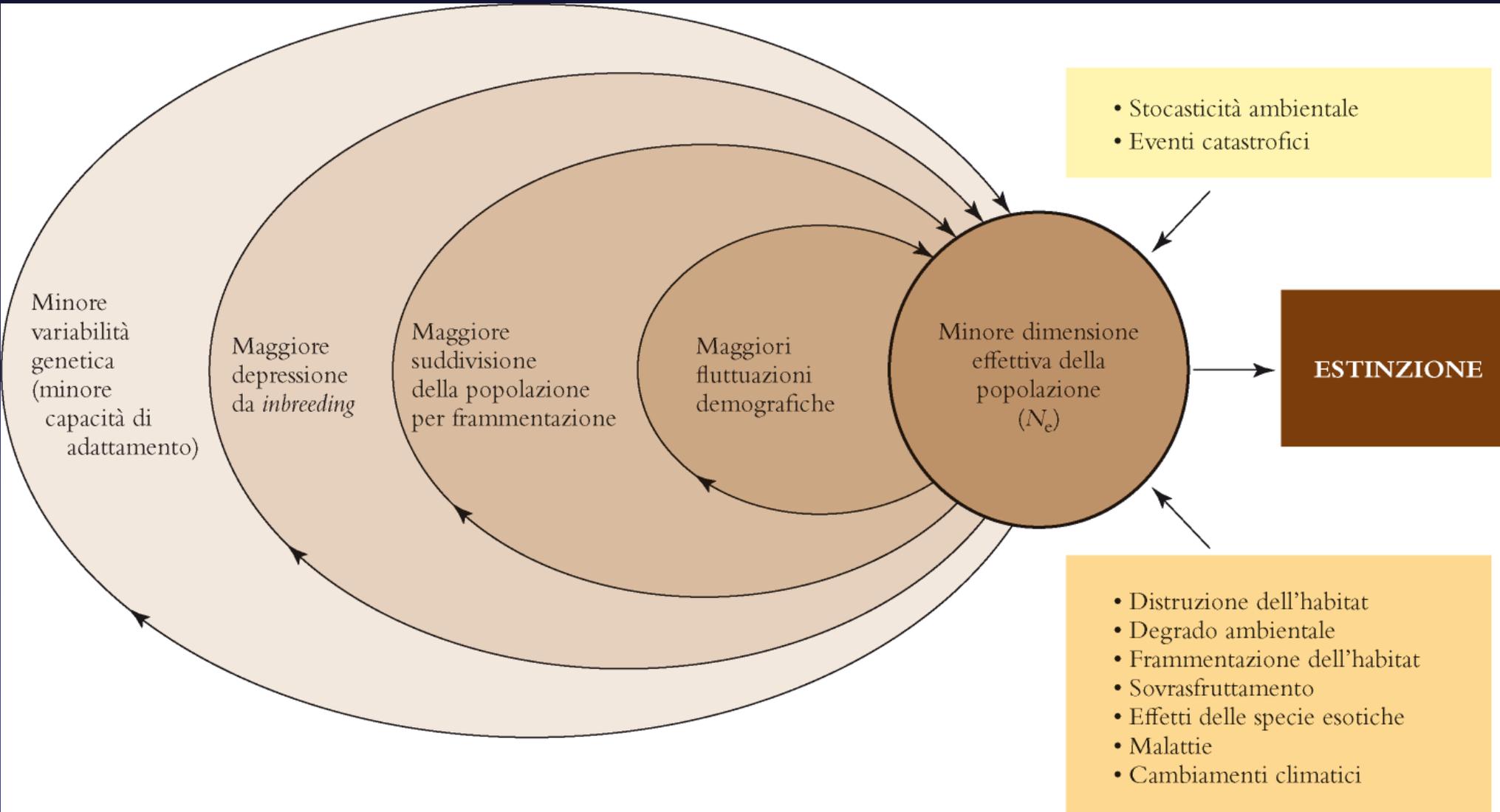
Questa continua tendenza alla diminuzione della dimensione della popolazione è stata definita vortice di estinzione.

E' un processo che porta una *piccola popolazione* a contrarsi sempre più, fino a giungere all'estinzione, nonostante sia scomparso il disturbo.

La casualità demografica è la variazione, individuale e casuale, di nascite e morti ed è indipendente per ogni singolo individuo.

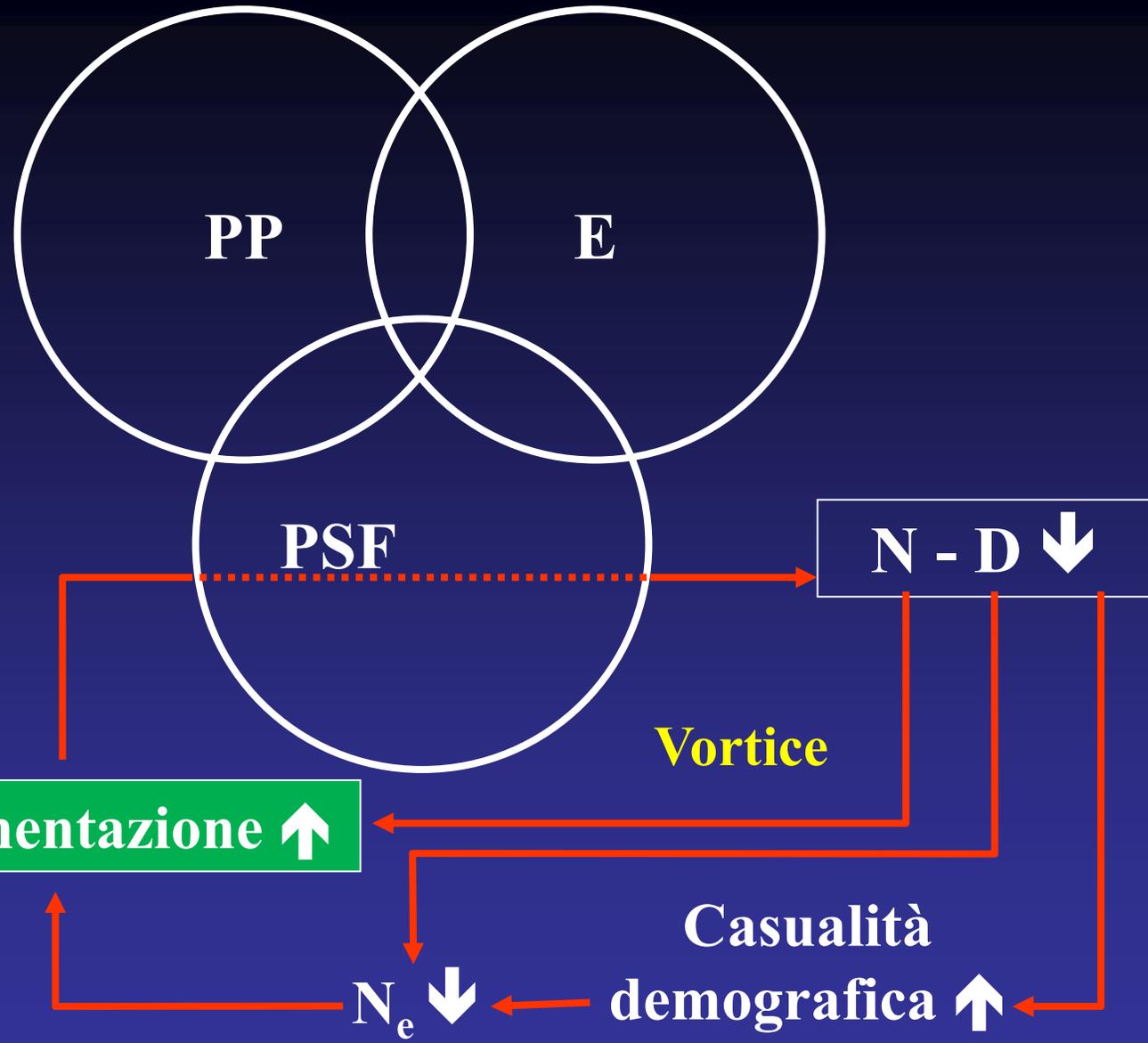
Nelle piccole popolazioni l'effetto della casualità demografica è più rilevante mentre tende ad annullarsi con l'aumentare della dimensione delle popolazioni.

# Vortice di estinzione



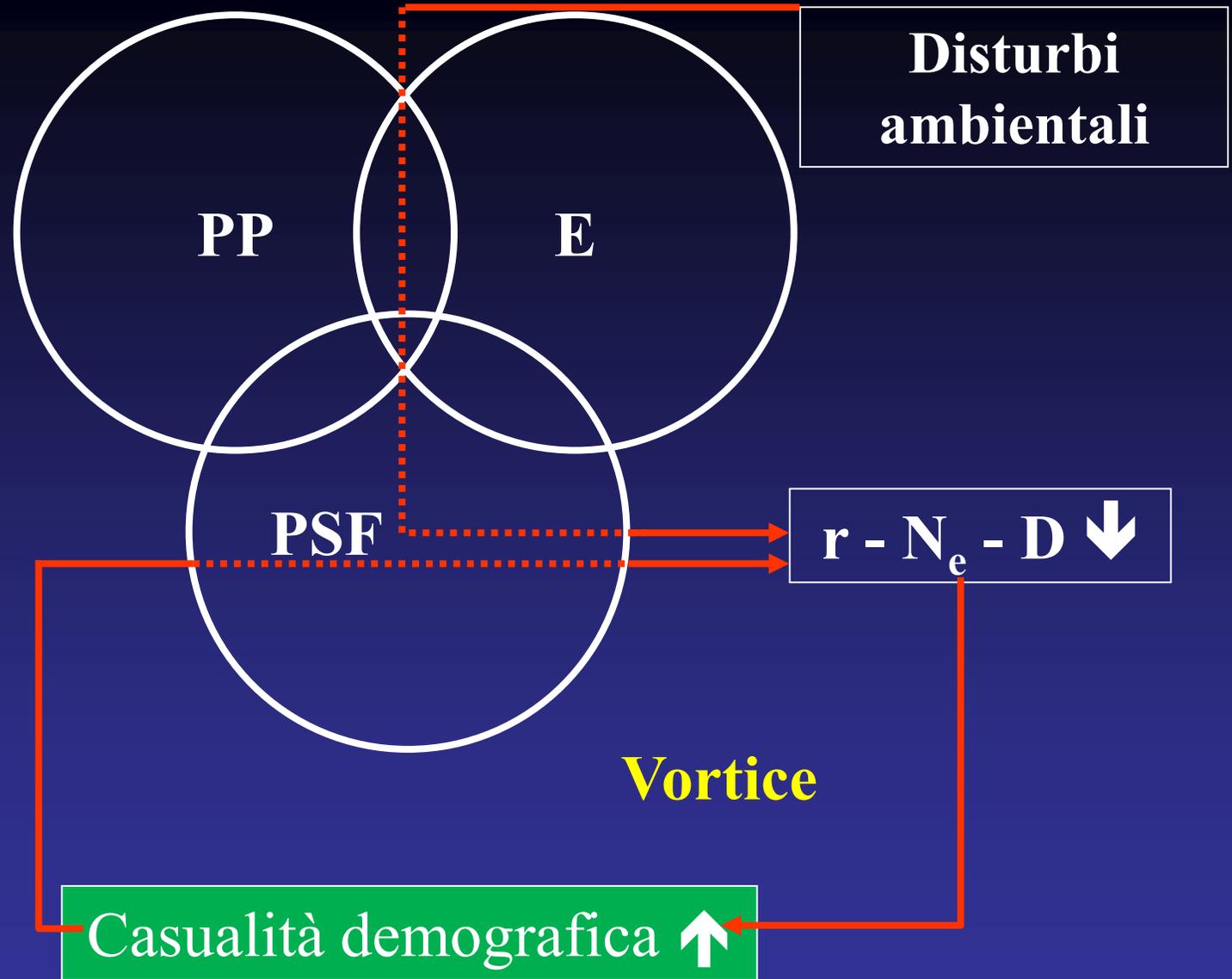
# Il vortice di frammentazione

Altera la dispersione spaziale (D) della popolazione, introducendo frammentazione ed *isolamento* delle popolazioni residue.



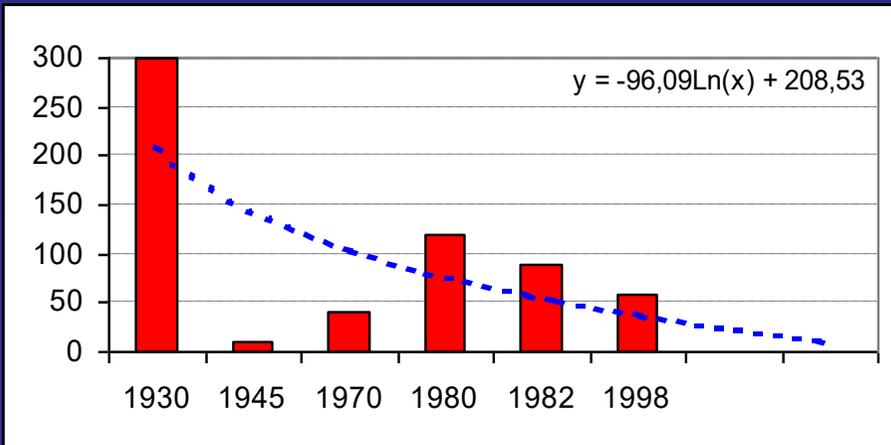
# Vortice demografico

Si presenta quando, con l'aumento di *casualità demografica* diminuisce  $N_e$ , rendendo la popolazione ancora più vulnerabile a ulteriori disturbi ambientali.



Esempio: il cervo del bosco della Mesola

Cervo (*Cervus elaphus*) nel Bosco della Mesola: ultima popolazione autoctona italiana (mai ripopolamenti e reintroduzioni).



$N_e = 15,2$   
Media negli ultimi 15 anni

## Due “paradigmi” della conservazione delle popolazioni

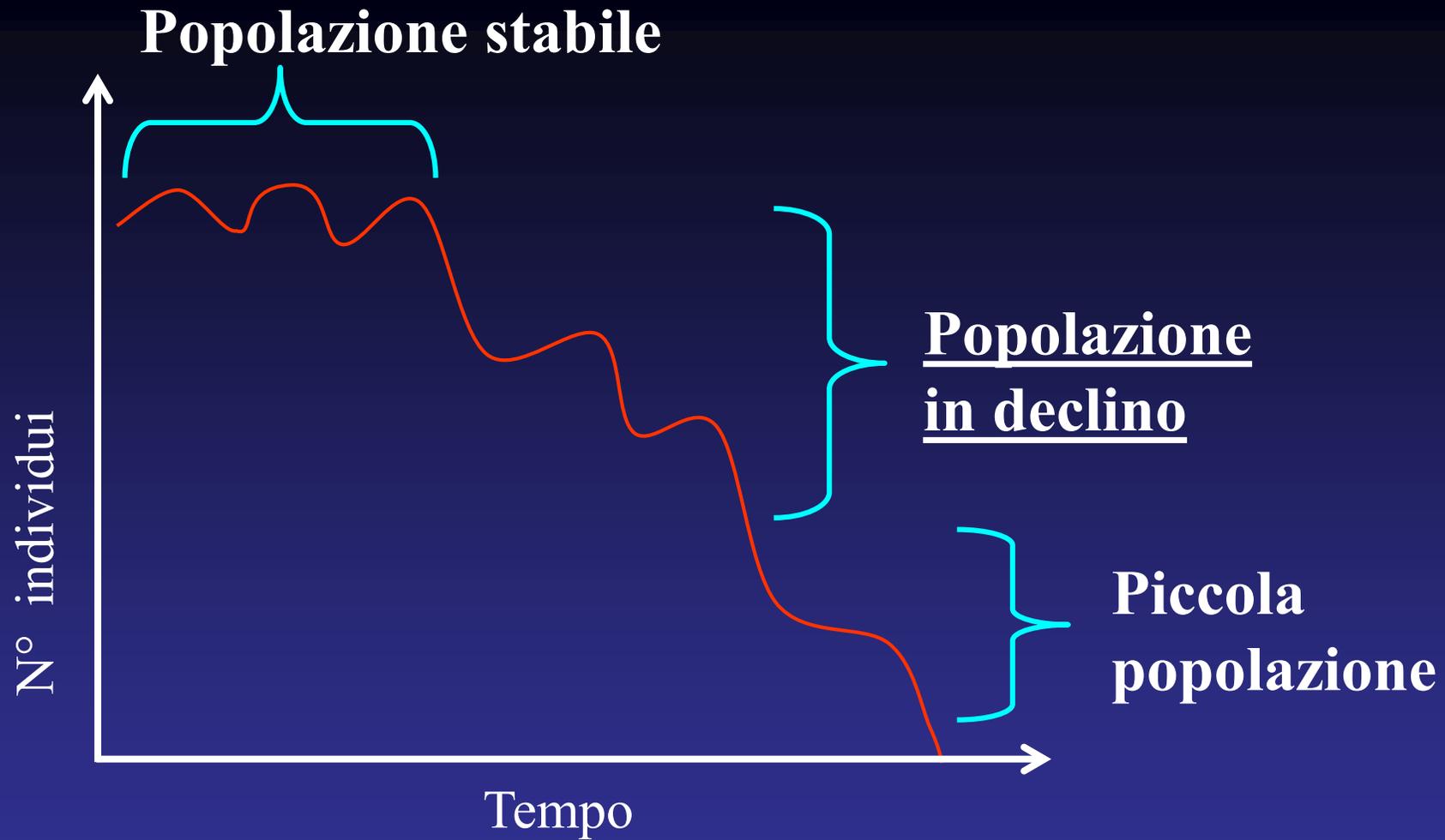
1) Il paradigma delle popolazioni in declino:

- si interessa delle “cause” e delle “cure” della *rarietà*;
- ha un interesse soprattutto pratico.

2) Il paradigma delle piccole popolazioni:

- si interessa delle “conseguenze” della *rarietà* sulla persistenza delle popolazioni;
- ha un interesse soprattutto teorico.

# Le popolazioni in declino



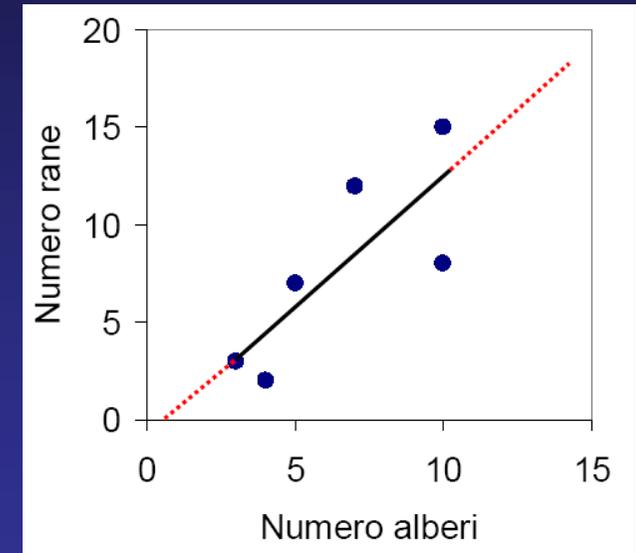
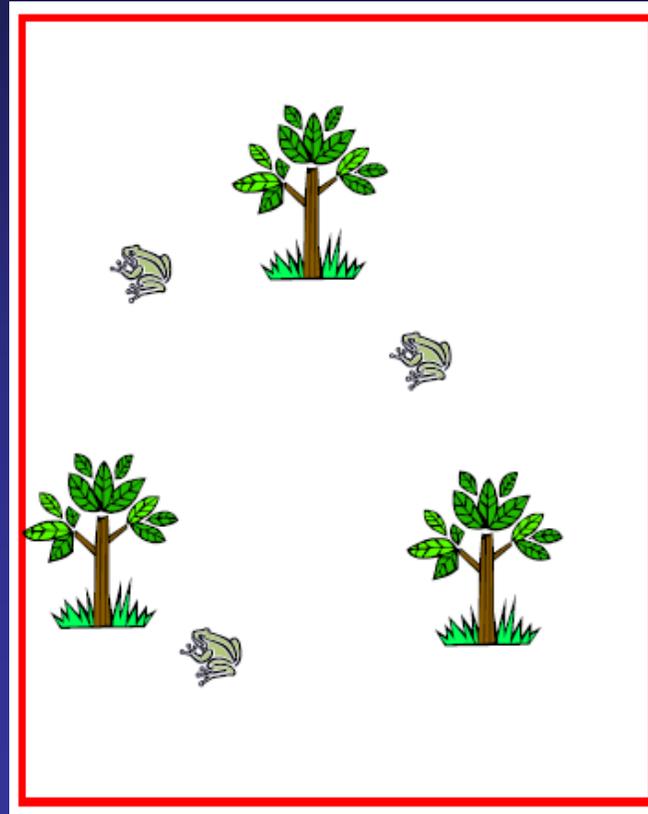
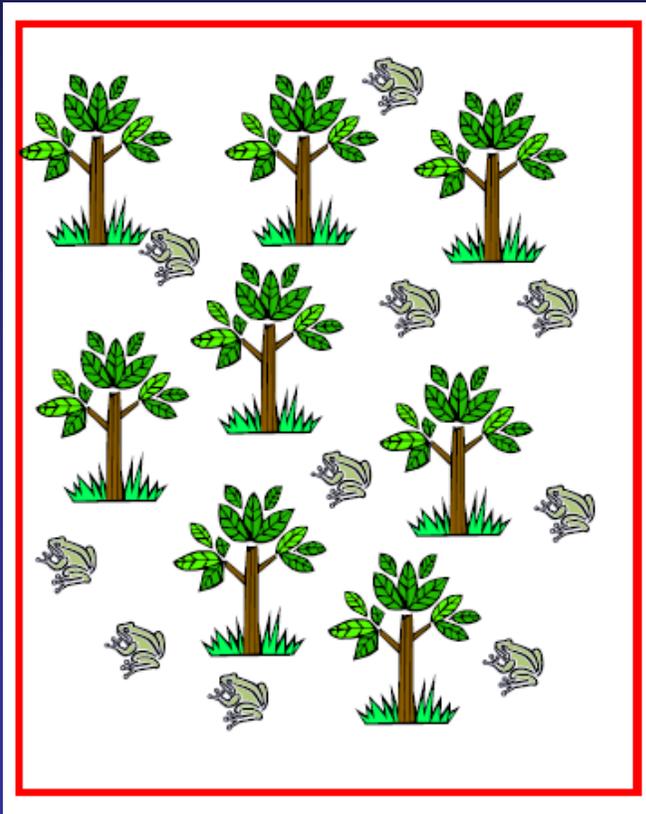
Esistono vari modelli per la *gestione* di popolazioni in declino:

1 – Modelli *associativi*

2 - Modelli *basati su processi*

# 1) Modelli associativi

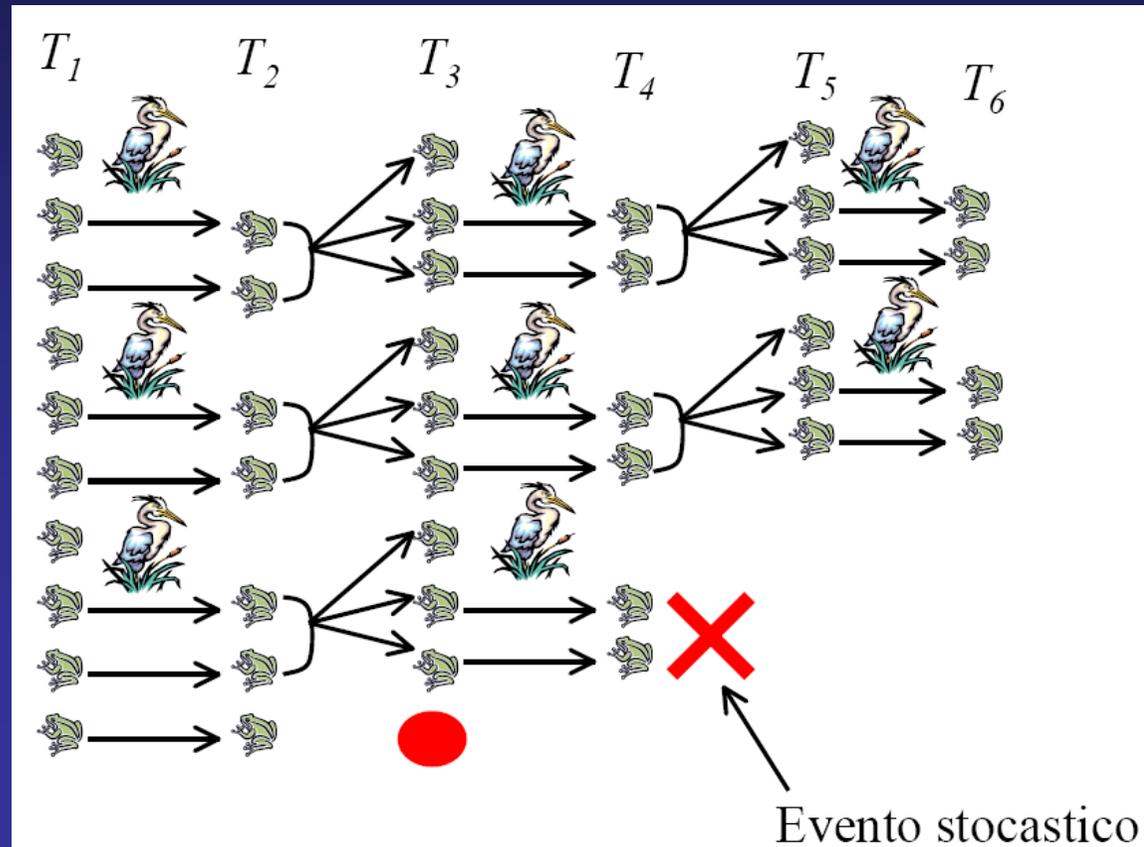
Legano la distribuzione degli organismi (N° di rane, variabile dipendente) a variabili di habitat esposte al disturbo (N° di alberi, variabile indipendente).



## 2) Modelli basati su processi

Sono *modelli di simulazione* al computer, nei quali viene costruito il comportamento di singoli individui sulla base delle loro *interazioni*, sia con altri individui (della stessa specie e di specie diverse), sia con l'ambiente.

Dall'analisi delle diverse interazioni emergono i processi di popolazione.



Tra gli obiettivi principali dei *modelli di gestione delle popolazioni in declino* vi è la definizione delle dimensioni della



**POPOLAZIONE MINIMA VITALE**

## Popolazione minima vitale (MVP – *Minimum Viable Population*)

Shaffer (1981) per la prima volta l'ha concepita come “**numero di individui necessario per assicurare la sopravvivenza di una specie**”.

*“la popolazione minima vitale di una data specie, in un dato habitat, è la più piccola popolazione isolata che ha il 99% di probabilità di rimanere ancora esistente per 1000 anni, nonostante i prevedibili effetti demografici, ambientali, la stocasticità genetica e le catastrofi naturali ...”*

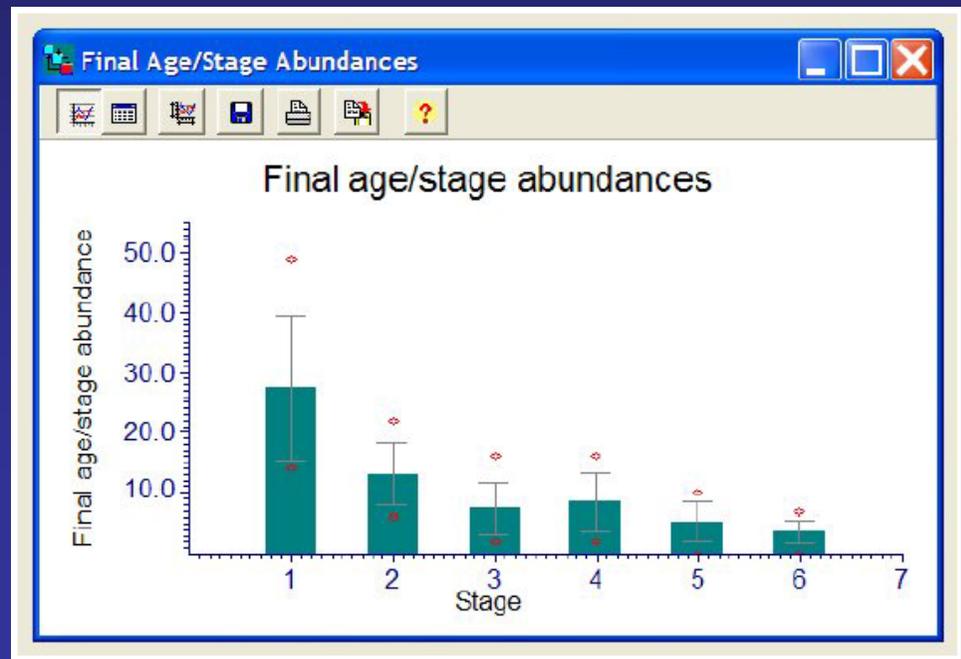
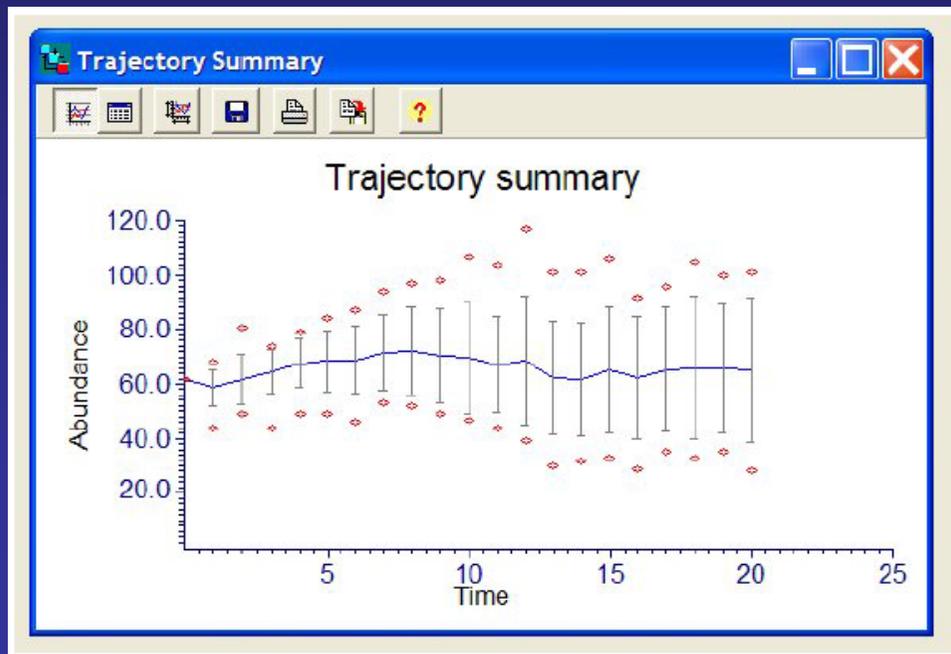
Quindi, è la più piccola popolazione per la quale si possa prevedere un'elevata probabilità di persistere nel futuro.

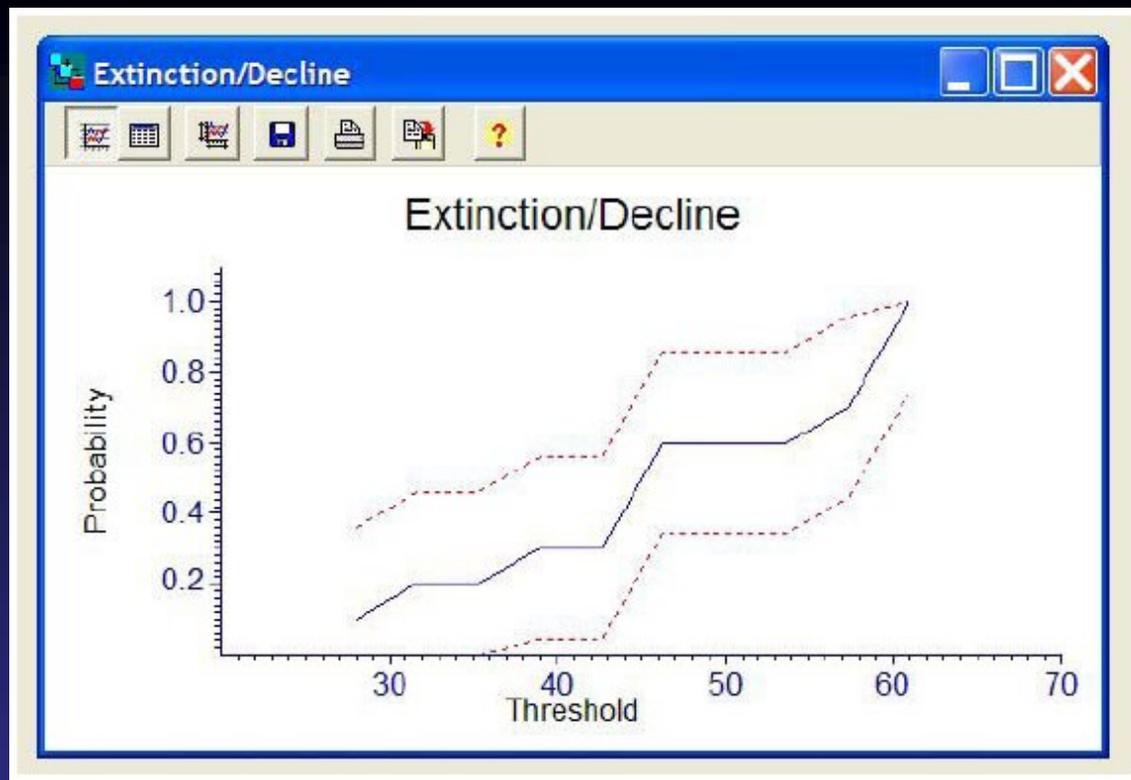
Problemi: sono richieste molte informazioni dettagliate sulla storia vitale della specie, che spesso non sono disponibili.

Alcuni vantaggi del concetto:

- 1 - definisce la “popolazione” come unità di studio;
- 2 -il termine “minima” evidenzia che ci sono aspetti critici nel rapporto tra *popolazione* e suo *ambiente*;
- 3 -il termine “vitale” evidenzia che la popolazione deve persistere per lungo tempo in futuro.

## TAVOLE DEMOGRAFICHE



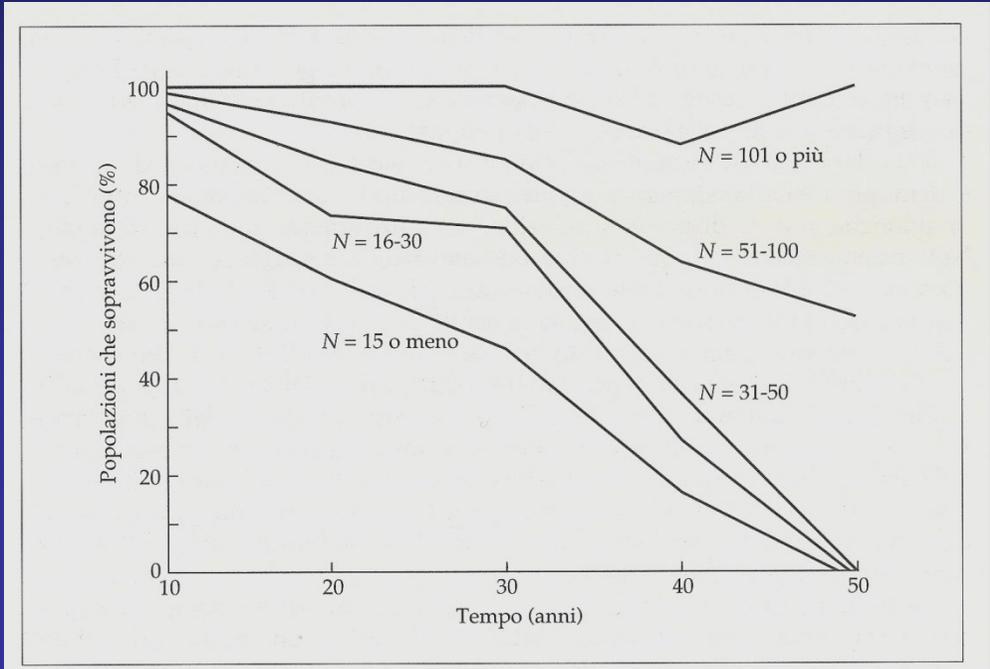
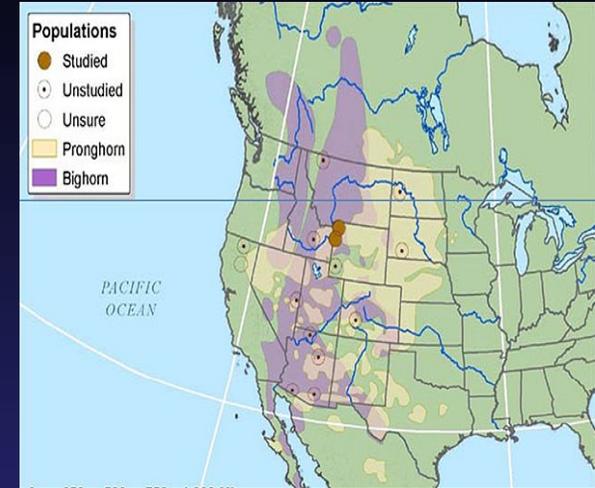


In figura, l'andamento della *probabilità di sopravvivenza* se la popolazione scendesse al di sotto di una determinata dimensione “soglia” (*threshold*), ad es. partendo da una popolazione di 60 individui e considerando i parametri demografici (sopravvivenza età specifica,  $l_x$ , e maternità,  $m_x$ ) specifici per quella popolazione.

# BIGHORN (*Ovis canadensis*)

In uno studio sulla sopravvivenza delle 120 popolazioni di *Bighorn* nelle zone steppe degli Stati Uniti sud-occidentali, alcune di queste popolazioni sono state seguite per circa 70 anni.

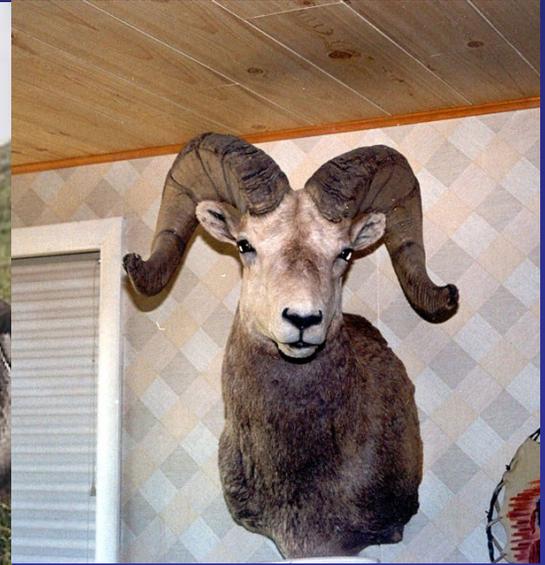
E' stato osservato che il 100% delle popolazioni con meno di 100 individui si sono estinte in meno di 50 anni, mentre tutte le popolazioni con più di 100 individui sono sopravvissute per più di 50 anni.



È stato recentemente dimostrato che la caccia ha funzionato come attivo agente selezionante.

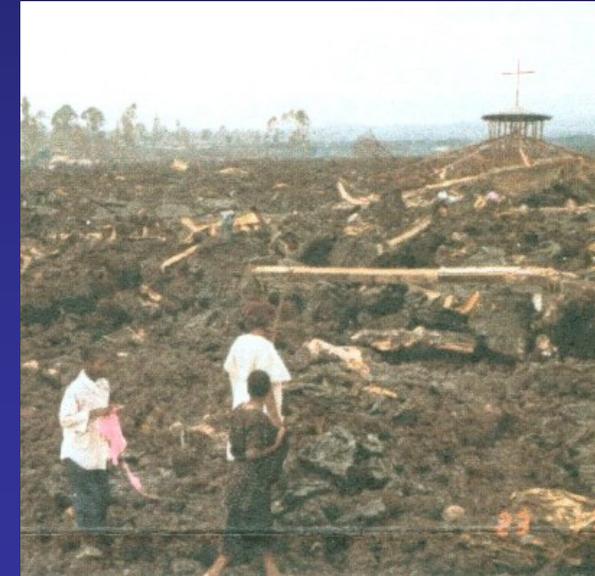
In meno di 50 anni, le popolazioni di *bighorn* presentano maschi con i *palchi* (corna) di dimensioni inferiori al periodo precedente.

Questa selezione dipende dalla caccia, che ha sempre privilegiato gli esemplari con i palchi più imponenti, lasciando ai soli maschi con i palchi più piccoli la maggiore probabilità di riprodursi.

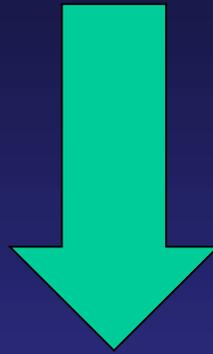


Ottenere una stima accurata della **MVP** per una particolare specie può richiedere uno studio demografico dettagliato della popolazione ed un'analisi ambientale del sito, che possono essere costosi e richiedere diversi mesi o anni di ricerca.

Per pianificare la conservazione a lungo termine di un qualsiasi sistema naturale, bisogna anche considerare la possibilità che si verifichino eventi eccezionali di disturbo (uragani, terremoti, incendi, eruzioni vulcaniche, epidemie).



Oltre a definire la popolazione minima vitale di una specie, per assicurarne la sopravvivenza bisogna identificare anche la



**AREA MINIMA DINAMICA**

L'area minima dinamica (MDA) è costituita dall'estensione minima degli habitat idonei e necessari per il mantenimento di una popolazione minima vitale (MVP).

Può essere stimata studiando la dimensione dell'*home range* dei singoli individui o di gruppi di individui (tipo, quantità e distribuzione degli habitat nel territorio e loro uso).

Ad esempio, alcune stime hanno stabilito che sono necessari dai 10.000 ai 100.000 ettari (100-1000 km<sup>2</sup>) di riserva naturale per mantenere le popolazioni di molte specie di piccoli mammiferi, come il toporagno.

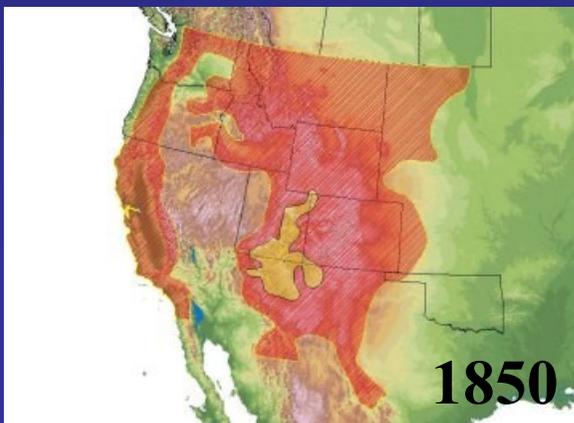
Toporagno  
(*Mus musculus*)



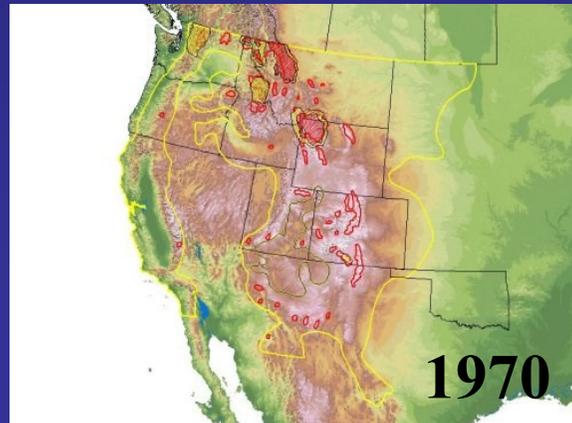
# GRIZZLY (*Ursus arctos horribilis*)

In Canada sono rimasti c.a. 25.000 orsi *Grizzly*, in USA solo poche decine.

Per preservare popolazioni minime vitali di specie di grandi mammiferi, con ampi *home range*, come gli orsi *Grizzly*, le aree minime dinamiche necessarie sono enormi: 49.000 Km<sup>2</sup> per 50 individui, e 2.420.000 Km<sup>2</sup> per 1000 individui.



1850



1970

Alcuni biologi della conservazione hanno suggerito una regola empirica generale:

1 - nel caso di vertebrati di grandi dimensioni, il numero di individui da proteggere, adeguato a preservare la variabilità genetica e a permettere la sopravvivenza anche in anni catastrofici, si stima intorno a 500-1000.

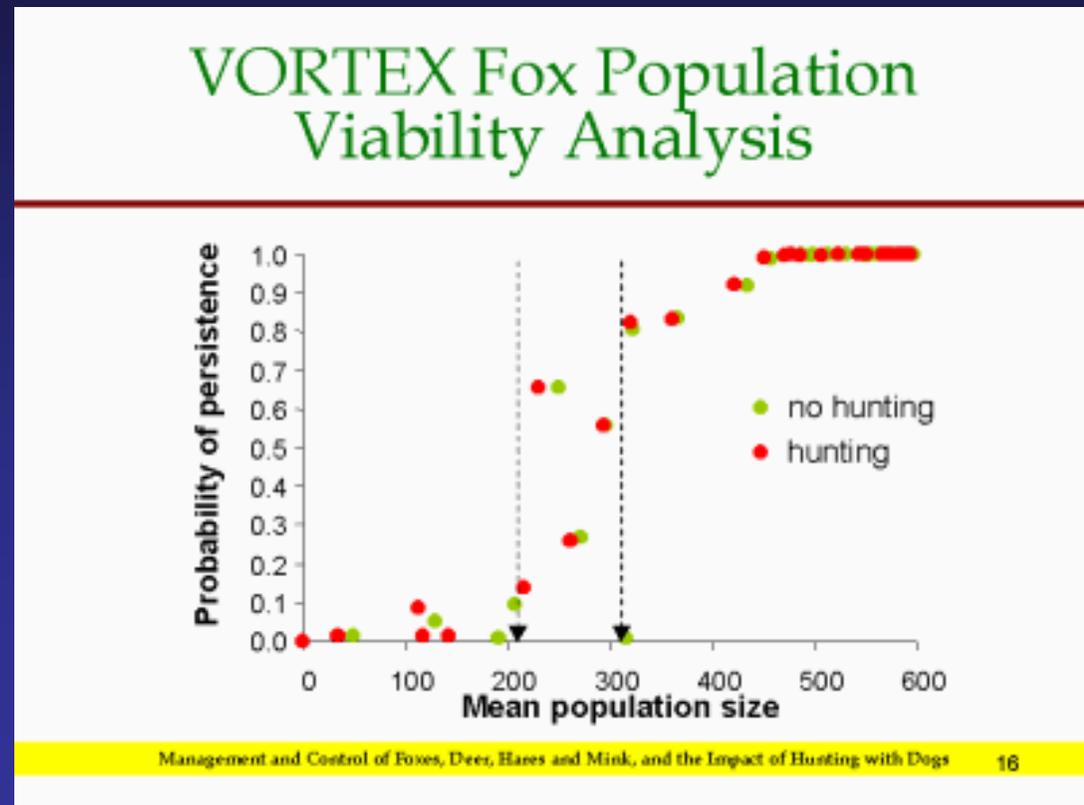
2 - per specie con dimensioni di popolazione estremamente variabili (certi piccoli vertebrati, invertebrati e piante annuali) una strategia efficace consiste nel proteggere una popolazione di circa 10.000 individui.

Comunque, il numero va valutato a seconda della specie e per ciascuna popolazione di una determinata specie, in rapporto alle caratteristiche del territorio che occupa (areale).

**Analisi di Sopravvivenza  
della popolazione**  
(PVA- *Population Viability Analysis*)

La analisi della sopravvivenza di una popolazione (*Population Viability Analysis, PVA*) è un insieme di procedure (ne sono state descritte di almeno 35 tipi diversi!) attraverso le quali si calcola la probabilità di sopravvivenza di una popolazione, per periodi di tempo definiti, sulla base dei meccanismi o delle probabili cause di estinzione.

La PVA è basata su alcuni modelli di *dinamica di popolazione*, dai quali si può prevedere la probabilità che la popolazione sopravviva (o si estingua) su un dato periodo (30, 50 o 100 anni). In alcuni modelli, particolare attenzione viene data a *disturbi catastrofici*, esterni al sistema (caccia).



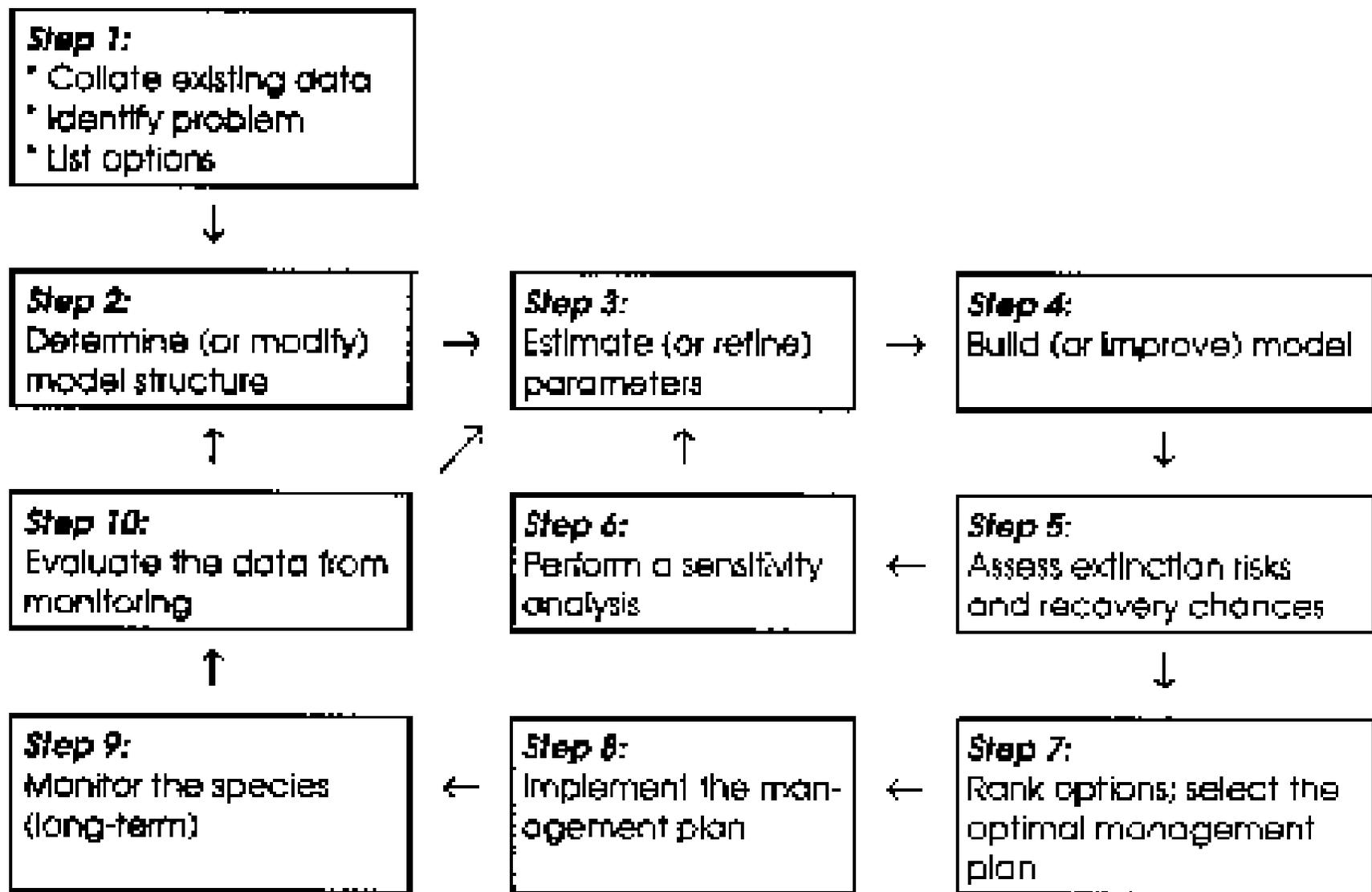
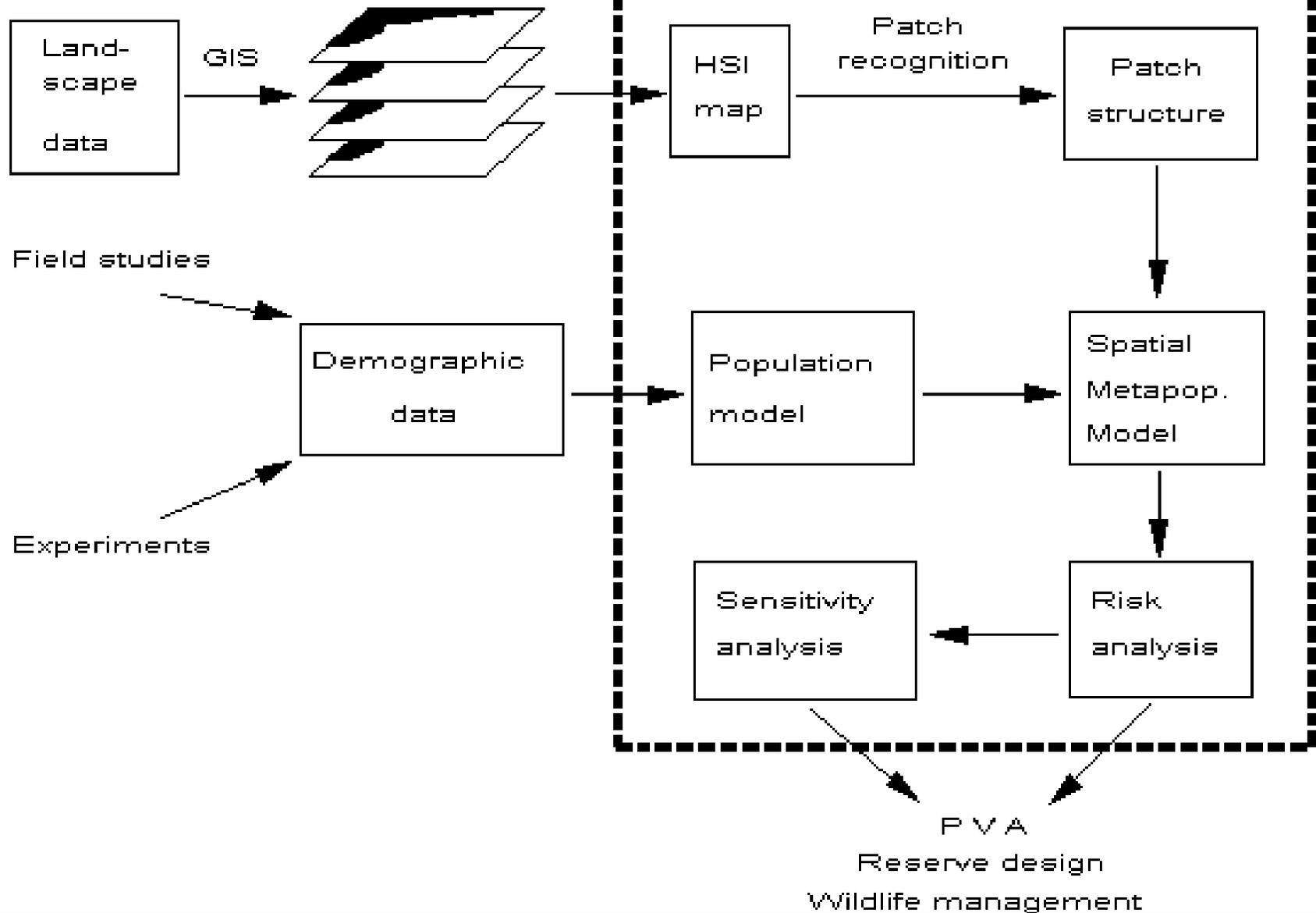


Figure 1. Components of a population viability analysis. From Akçakaya et al. (1997), copyright by Applied Biomathematics.

RAMAS/GIS



La PVA è specie-specifica ed è funzione della *popolazione minima vitale* (MVP), cioè della dimensione minima di una popolazione, che consente la sua *non* estinzione immediata.

Tre fattori determinano la MVP:

1 - la stocasticità demografica (servono almeno **20 individui** per rallentarla);

2 - la depressione da inincrocio (servono almeno **50 individui** per alleviarla);

3 - il cambiamento evolutivo/adattativo (servono almeno **500 individui** per consentirlo).

Il primo valore di abbondanza (20), che serve a evitare la *stocasticità demografica*, è sottostimato dai modelli utilizzati (più ragionevole è un numero di 50-100 individui).

Gli altri due valori presuppongono una popolazione “ideale” in senso genetico (cioè in *equilibrio di Hardy-Weinberg*) e, quindi, anche questi sono sottostimati e andrebbero aumentati di un ordine di grandezza:

500, per evitare la *depressione da inincrocio*,

5000 per consentire il *cambiamento evolutivo*.

Questi valori sono solo orientativi. I casi vanno vagliati e valutati uno per volta, popolazione per popolazione, indipendentemente gli uni dagli altri.

Alcuni esempi:

# IL MANGABEY

Specie: Mangabey crestato  
(*Cercocebus galeritus*)

Luogo: riserva naturale del  
fiume Tana, Kenya



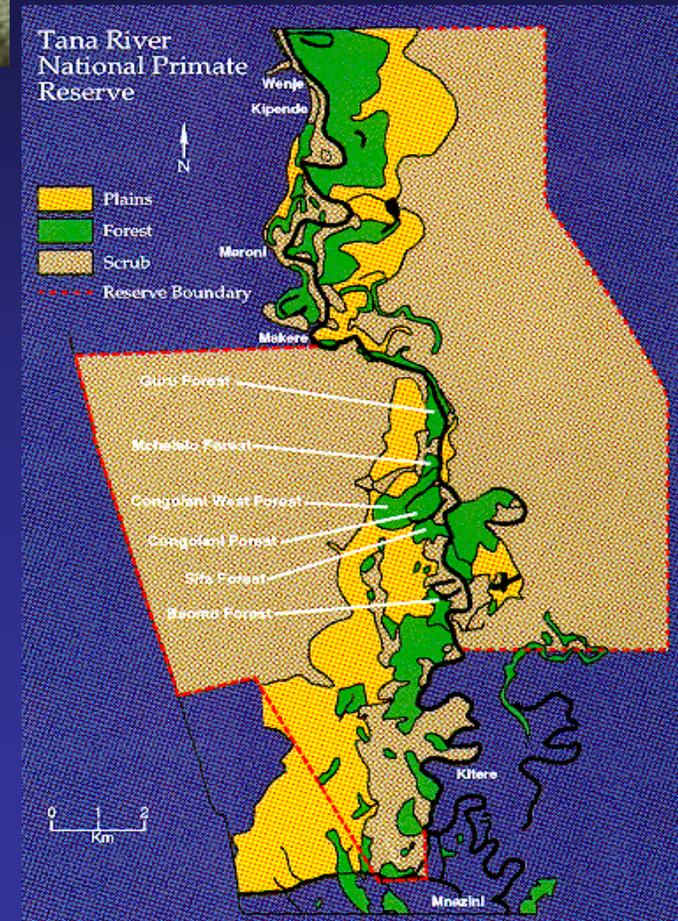
Habitat: foreste alluvionali lungo il fiume

Struttura sociale: gruppi di 10-25 individui

Areale: da 10 a 100 ha per gruppo

Problemi: habitat ridotto in dimensioni,  
frammentato dalle attività agricole negli  
ultimi 15-20 anni.

Declino: 50% nella dimensione complessiva  
della popolazione e nel numero di gruppi.



La popolazione totale ( $N$ ) è di  $\sim 700$  individui, la dimensione effettiva della popolazione ( $N_e$ ) è di  $\sim 100$  individui, con un'alta variabilità nel numero di discendenti, prodotti da differenti individui.

Con una bassa  $N_e$ , il *mangabey* rischia di perdere una quantità significativa della sua variabilità genetica.

Per mantenere la  $N_e$  intorno ai 500 individui (numero considerato sufficiente per mantenere la variabilità genetica), dovrebbe essere mantenuta una  $N$  di circa 5.000 mangabey.

L'analisi demografica suggerisce che, nella situazione attuale, la probabilità che la popolazione si estingua nei prossimi 100 anni è del 40%.

Per assicurare che la popolazione abbia il 95% di probabilità di sopravvivere per 100 anni, solo sulla base di fattori demografici, la  $N$  dovrebbe essere di  $\sim 8.000$  individui.

## Prospettive per il mangabey

Sia l'analisi *genetica*, sia la *demografica*, suggeriscono che il futuro a lungo termine dell'attuale popolazione di **mangabey** è pessimo.

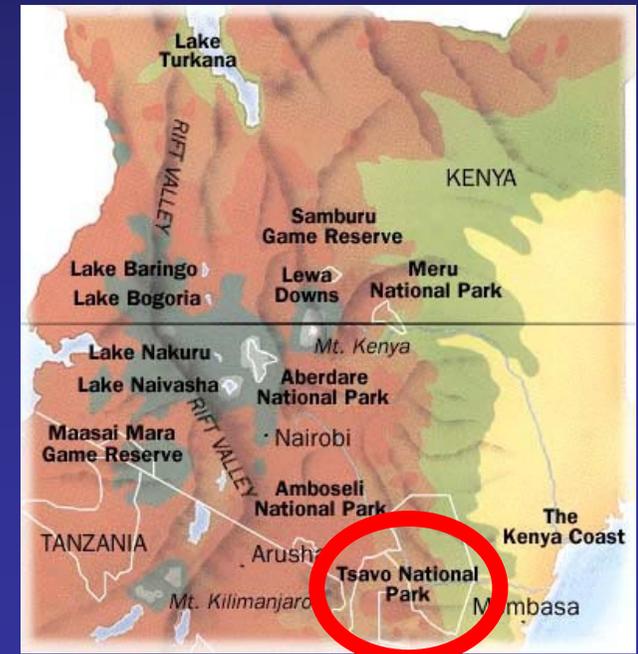
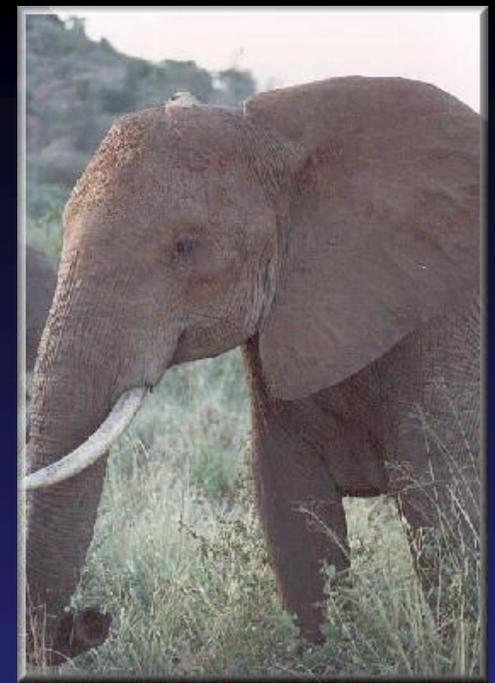
Considerando l'areale e l'habitat ristretti della specie e la crescita della popolazione umana all'interno dell'area, l'obiettivo di aumentare la dimensione della popolazione fino a 5000-8000 individui è probabilmente irrealistico.

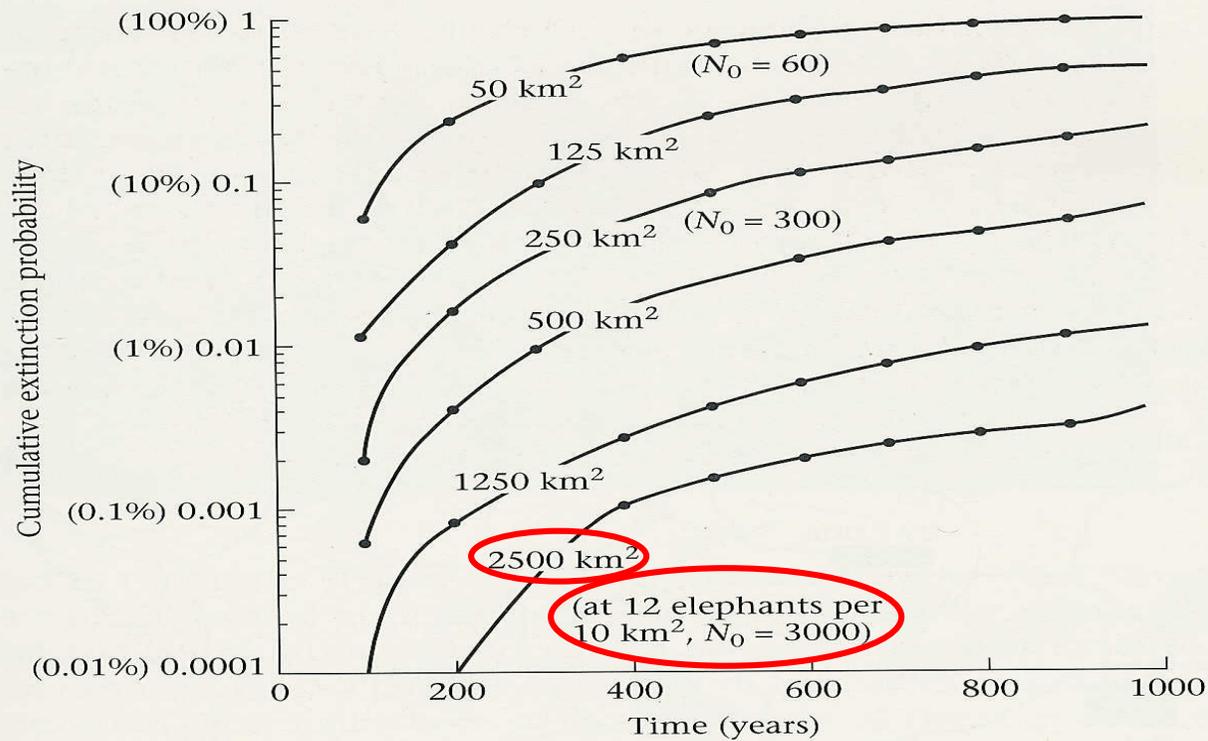
Un piano di gestione che combini l'aumento dell'area delle foreste protette, l'arricchimento delle piante di cui si ciba il **mangabey**, e la costruzione di corridoi per facilitare il movimento tra i frammenti di foresta potrebbe aumentare la probabilità di sopravvivenza del mangabey crestato.

# ELEFANTE AFRICANO

Gli sforzi della conservazione a favore dell'elefante africano hanno avuto una rilevanza internazionale a causa del declino della specie, “simbolo” della vita selvaggia che essa rappresenta in tutto il mondo (*specie bandiera*).

La PVA delle popolazioni di elefante nelle terre semiaride nel Parco Nazionale di Tsavo, in Kenya, ha indicato che è necessaria una superficie minima della riserva di circa 2500 Km<sup>2</sup> per arrivare alla probabilità del 99% di sopravvivenza della popolazione per 200 anni.





Ad una densità di circa 12 animali per 10 Km<sup>2</sup> corrisponde una dimensione della popolazione iniziale di circa 3000 individui.

Con questi provvedimenti la popolazione dovrebbe poter “tollerare” un modesto grado di cattura, sostanzialmente senza accrescere la sua probabilità di estinzione.

# Le piccole popolazioni

Le piccole popolazioni sono soggette ad un rapido declino nel numero di individui e all'estinzione locale per tre motivi principali :

1 – Fluttuazioni genetiche, dovute a: perdita di variabilità genetica, deriva genetica, accoppiamento tra consanguinei;

2 - Fluttuazioni demografiche, dovute a: variazioni nei tassi di natalità e mortalità;

3 – Fluttuazioni ambientali, dovute a eventi naturali di tipo catastrofico che incidono su: variazioni nelle interazioni interpecifiche (predazione, competizione, mutualismo ecc.)  
incidenza di malattie, mutata disponibilità di risorse alimentari.

# 1. Fluttuazioni genetiche

La variabilità genetica (VG) esiste a tre livelli:

- 1 - variabilità all'interno di un singolo individuo (*eterozigosità*)
- 2 - variabilità tra individui di una popolazione
- 3 - variabilità tra popolazioni diverse della stessa specie



La depressione genetica è la *perdita di variabilità* ed è dovuta a:

- a - Deriva genetica (*genetic drift*)
- b - Inincrocio (*Inbreeding*)
- c - Incrocio con specie simili (*Outbreeding*)

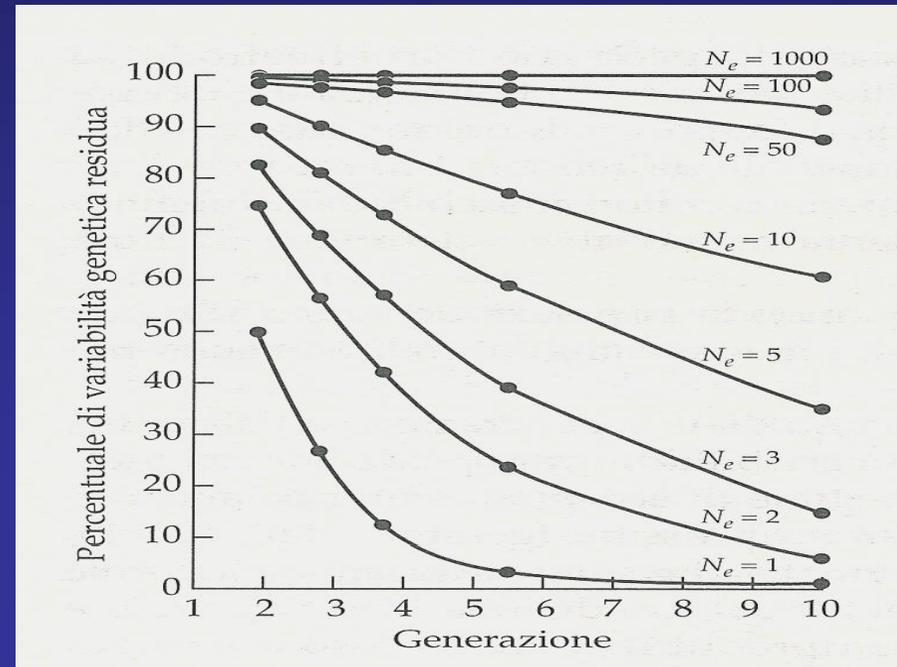
## a) Depressione con deriva genetica (*genetic drift*)

La VG consente alle popolazioni di adattarsi ai cambiamenti ambientali: capacità di “inseguimento” dell’habitat (aumento di *fitness*) ed evoluzione sono le modalità di sopravvivenza per ogni specie.

La deriva genetica consiste nel *cambiamento casuale* nel tempo delle frequenze alleliche.

Quando il numero di individui riproduttori (la popolazione *effettiva*) è basso, facilmente un certo allele può non essere trasmesso nel pool genico della generazione successiva.

Se la popolazione è piccola, il cambiamento delle frequenze alleliche può essere molto drastico e fluttuante: d’altro canto, mutazioni casuali e flusso genico potrebbero intervenire ad aumentare la VG.



## b) Depressione da inincrocio (*inbreeding*)

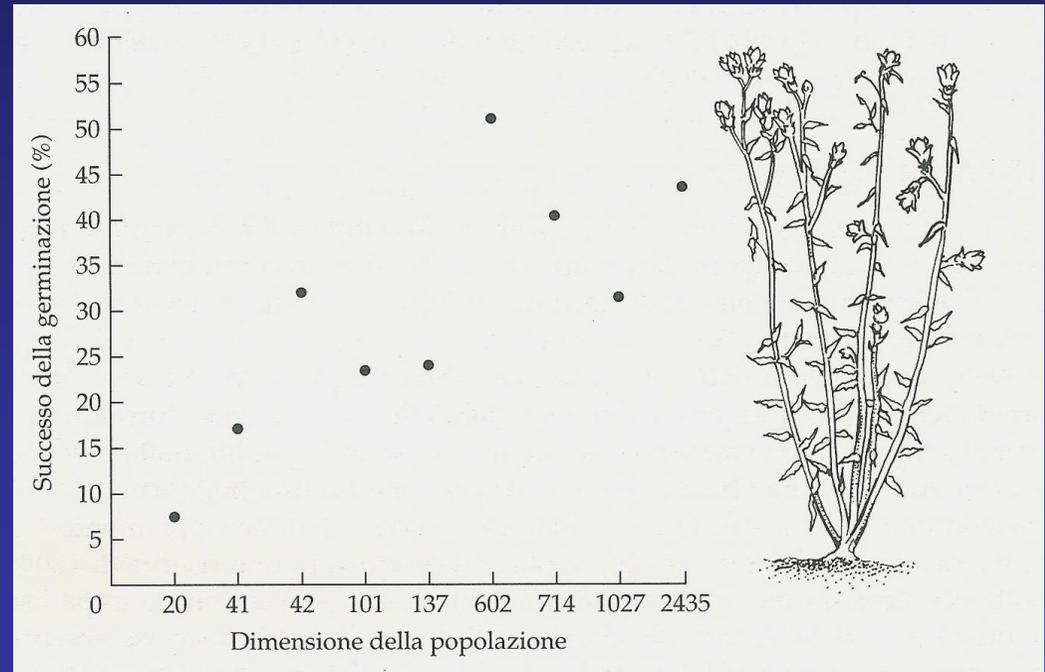
L'*inincrocio* è la riproduzione tra individui strettamente imparentati, cioè aventi antenati recenti in comune.

In natura, i livelli di *inincrocio* sono determinati da: comportamento, strategie riproduttive, densità e dispersione degli individui nell'habitat.

La dispersione dei giovanili, segnali sensoriali ed altro impediscono o limitano l'*inincrocio*.

La depressione da *inincrocio* produce prole poco numerosa, poco vitale, con scarso successo riproduttivo o sterile.

Grave conseguenza è anche l'espressione di alleli dannosi ereditati.



### c) Depressione da incrocio con altre specie (*outbreeding*)

Quando una specie è rara, o l'habitat è ridotto o danneggiato, può presentarsi l'*outbreeding*, ovvero l'incrocio tra popolazioni geneticamente e geograficamente lontane; dipende da migrazioni (per perdita di habitat) o basse densità della popolazione.

La prole è spesso sterile o con vitalità molto bassa a causa della mancanza di compatibilità tra genitori a livello di corredo cromosomico o di sistemi enzimatici.

Un esempio di incrocio di specie diverse con produzione di ibridi sterili:

mulo = asino + cavalla.

bardotto = asina + cavallo



## 2- Fluttuazioni demografiche

## Dimensione “effettiva” della popolazione

In un ambiente stabile, ideale, una popolazione crescerà fino a raggiungere una dimensione persistente, detta *capacità portante dell'ambiente* (K): in questo stato il tasso medio di natalità eguaglia quello di mortalità.

Tuttavia, nelle popolazioni reali gli individui non producono “valori medi” di discendenti, ma possono non produrne proprio, oppure averne meno, o di più, del valore medio.

La dimensione effettiva ( $N_e$ ) della popolazione è il numero degli individui che *effettivamente* si riproducono.

$N_e$  può essere minore di quella attesa per:

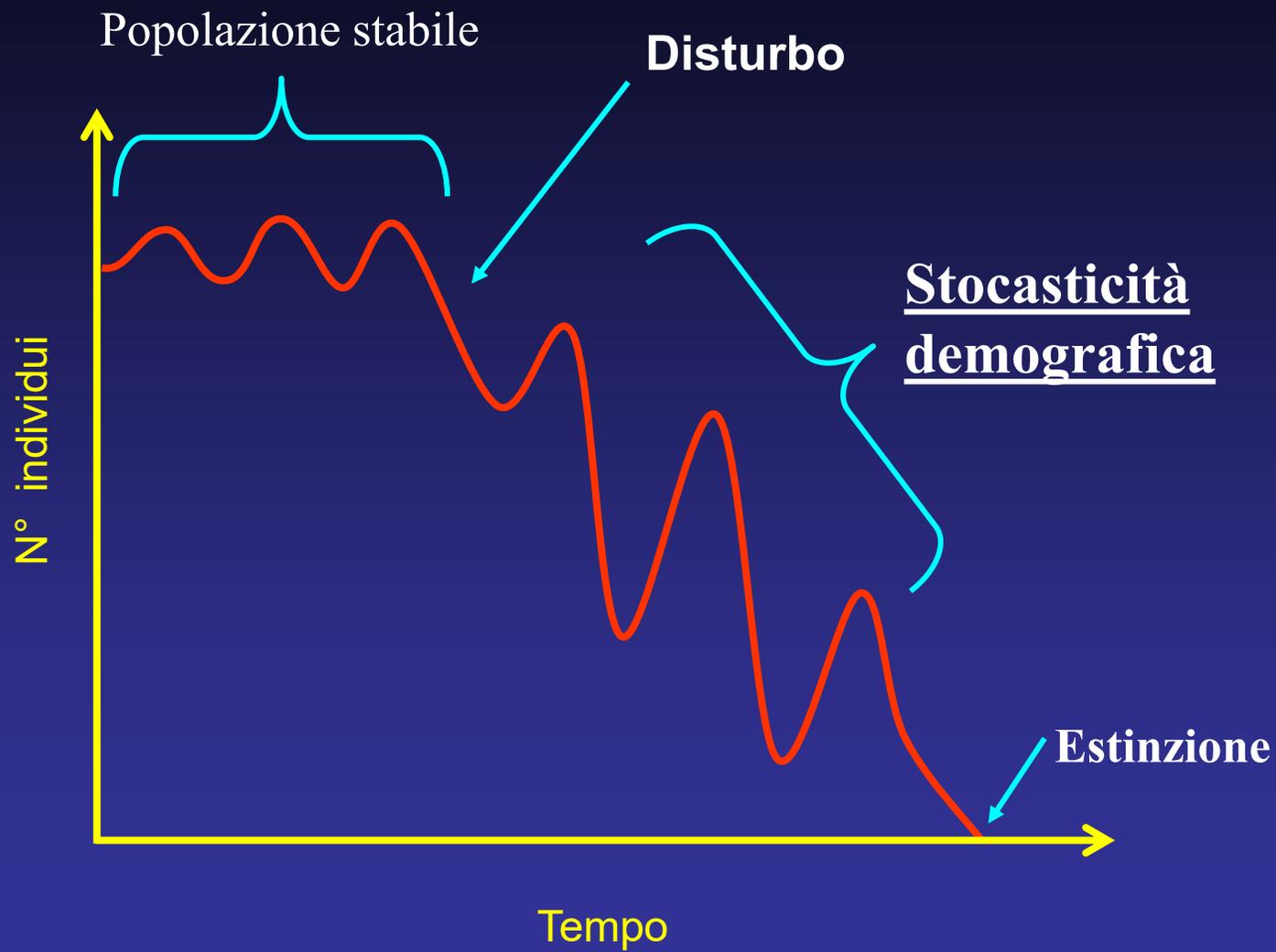
- a) fluttuazioni nella dimensione della popolazione;
- b) oscillazioni nel numero di discendenti;
- c) rapporto sessi sbilanciato;
- d) genetica di popolazione (effetti “fondatore” e “collo di bottiglia”).

## a) Fluttuazione della dimensione di popolazione

Finché la dimensione effettiva della popolazione è grande, la *media* dei tassi di natalità e mortalità fornisce una buona descrizione delle dimensioni della popolazione (stabile, in crescita, in declino).

Però, se il numero di individui scende al di sotto di un certo numero (... magico?), la dimensione della popolazione comincia a *fluttuare*.

Quando una popolazione diventa troppo piccola, diventa un fattore importante la variazione demografica casuale (*stocasticità demografica*) e la popolazione ha un'alta probabilità di estinguersi semplicemente per la *casualità* dei risultati della riproduzione.



## “Effetto Allee”

E' stato osservato che in popolazioni di piccole dimensioni i tassi di riproduzione e di crescita degli individui possono aumentare con la crescita della popolazione.

Ciò è in contrasto con quanto avviene in popolazioni grandi, dove ad una maggior densità di popolazione il tasso di crescita della popolazione rallenta (*resistenza ambientale*) per effetto dell'aumento della competizione intra-specifica.

Tale “effetto”, di solito, scompare all'aumentare della dimensione della popolazione.

Se però la dimensione della popolazione è troppo piccola (al di sotto della *soglia* della “popolazione minima vitale”), i tassi di riproduzione e crescita possono diminuire.

Es. Animali che cacciano in branchi, come i dingo australiani e i leoni africani, necessitano di un certo numero minimo di individui per cacciare e sostenersi efficientemente.



Es. Molte specie animali, che vivono in popolazioni ampiamente disperse, come gli orsi e le balene, se la densità è troppo bassa possono non essere in grado di trovare i compagni con cui accoppiarsi.

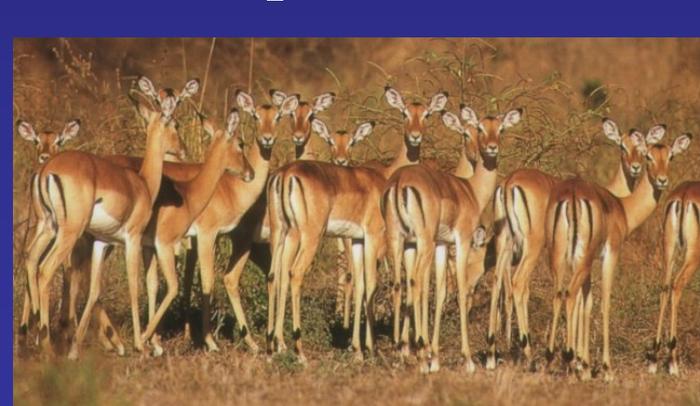


## b) Numero oscillante di discendenti

Quando la popolazione scende al di sotto di un certo numero di individui, molte piccole popolazioni possono essere instabili a causa del collasso della struttura sociale.

Quindi, per molte specie sono richieste alte densità di popolazione affinché venga stimolato, ad esempio, il corteggiamento oppure l'attività riproduttiva oppure la difesa dai predatori.

Greggi di erbivori, stormi di uccelli o branchi di pesci possono essere incapaci di trovare cibo e di difendersi dall'attacco di predatori quando il numero di individui è ridotto; i giovani ed i riproduttori sono i più vulnerabili.



### c) Rapporto sessi sbilanciato

La probabilità di estinzione è più grande nelle specie con bassi tassi di natalità (es. elefanti), perché impiegano più tempo per recuperare dopo una riduzione della dimensione della popolazione. Inoltre, quando la popolazione scende sotto una certa dimensione, è possibile anche un declino del tasso di natalità per alterazione del *rapporto sessi*.

“Passero americano delle coste” estinto nel 1987 nel *Disney World* ad Orlando in Florida.

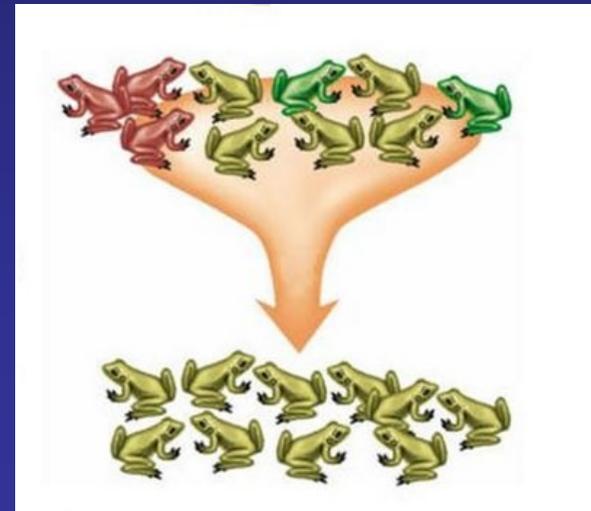
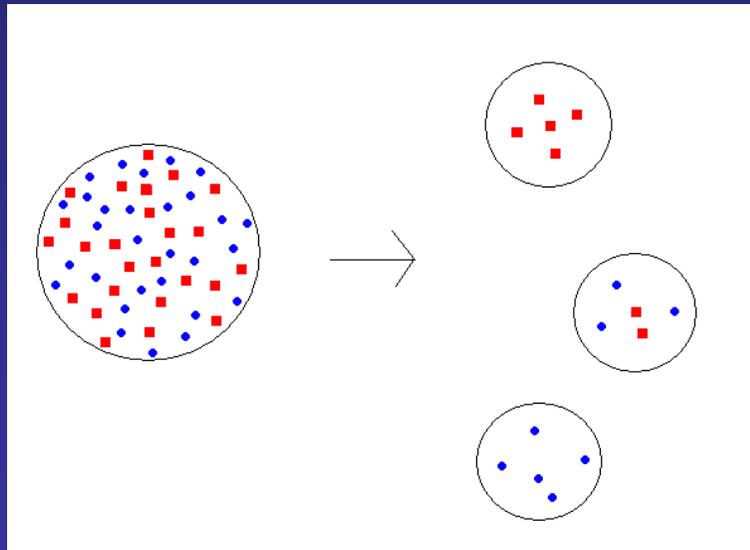
Gli ultimi individui sopravvissuti dell'estinto erano tutti maschi, così non c'è stata l'opportunità di stabilire un programma di accoppiamenti in cattività.



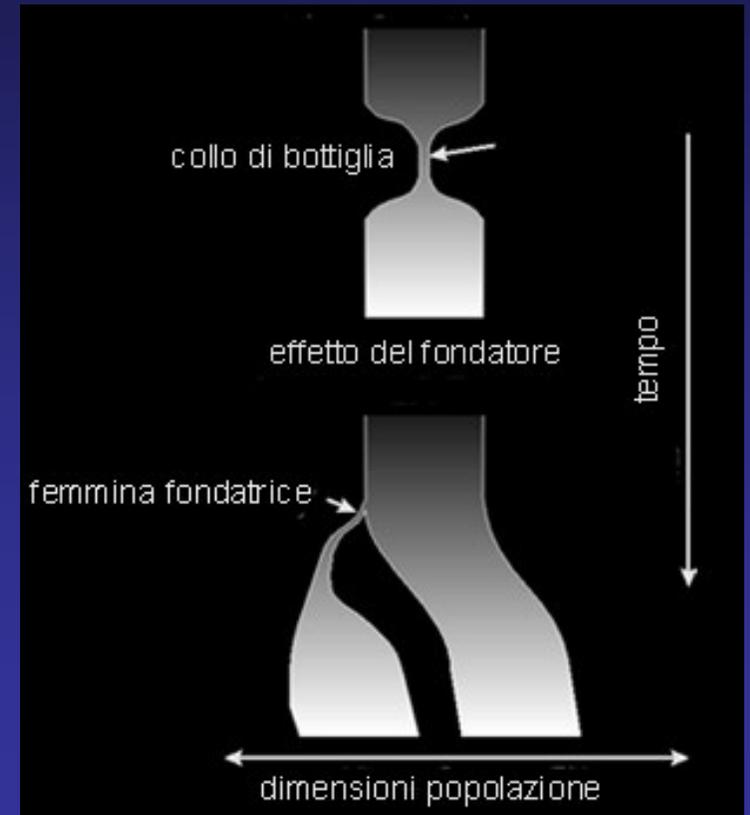
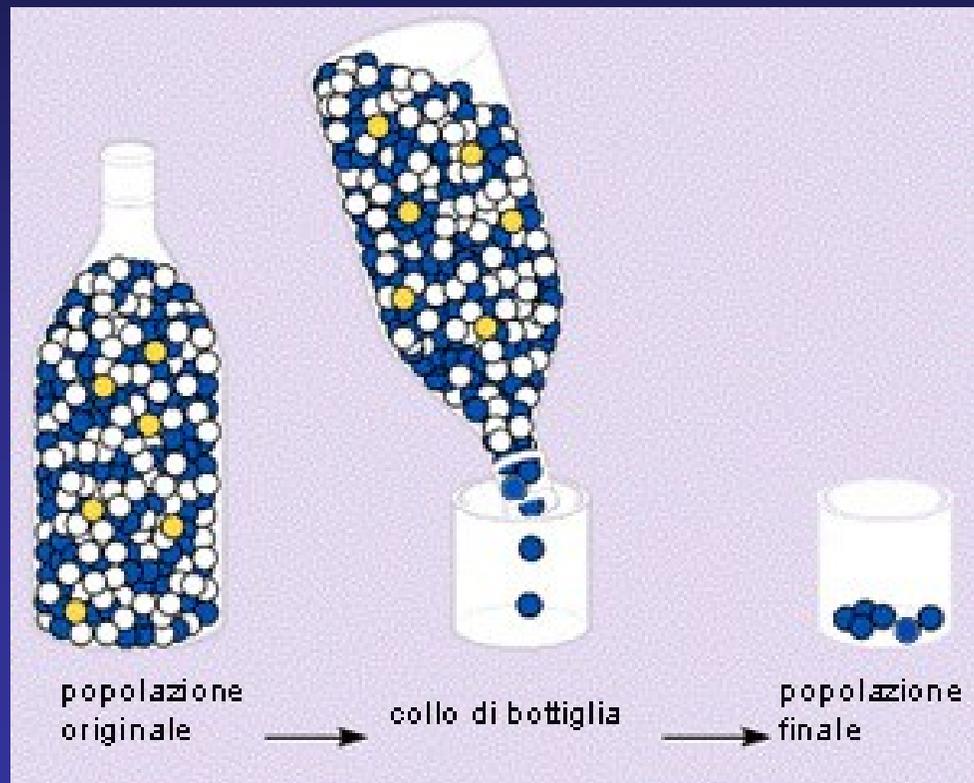
*Ammodramus  
maritimus nigrescens*

## d) Genetica di popolazione

**Effetto del fondatore**: quando una piccola popolazione *emigra* da quella madre per colonizzare un nuovo territorio, i pochi fondatori iniziali potranno essere rappresentativi solo di una piccola proporzione della *variabilità genetica* della popolazione di cui facevano parte e trasferiranno alla progenie solo i loro caratteri peculiari; in questo modo vi sarà una minore variabilità genetica ed una maggiore possibilità di estinzione.

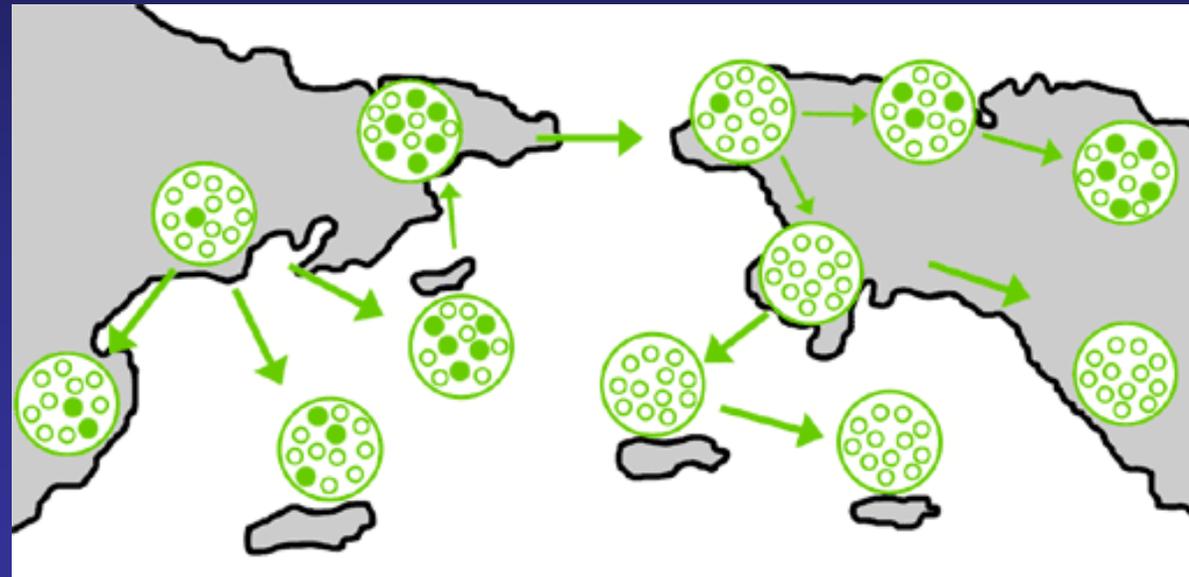
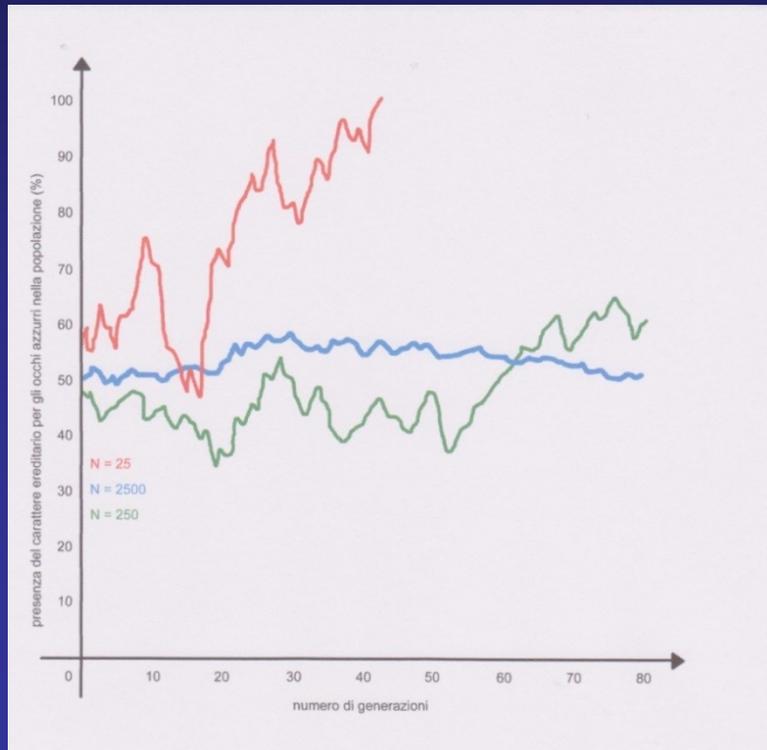


**Effetto collo di bottiglia**: quando una popolazione viene decimata da una catastrofe ambientale, fino a ridursi a pochi individui, vi sarà una bassa *variabilità genetica* (eterozigosi), che peggiora la *fitness* degli individui, determinando una minore possibilità di sopravvivenza.



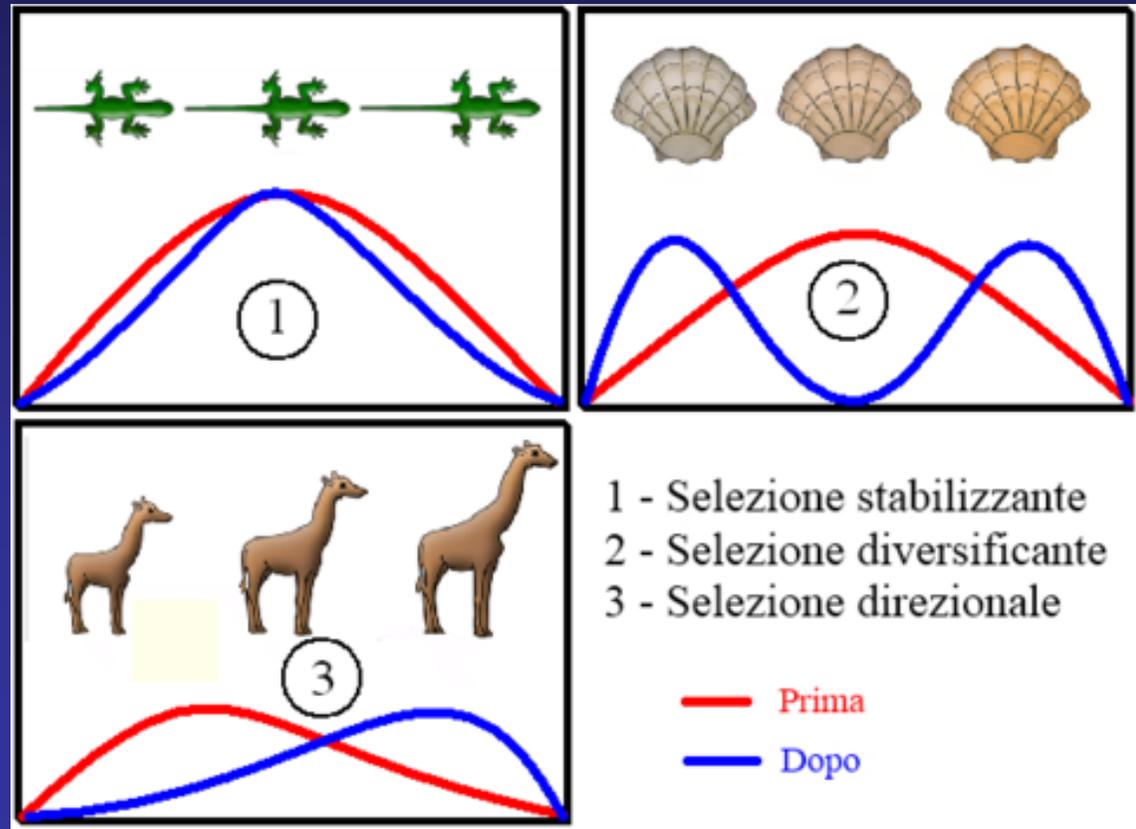
**Deriva genetica (Drift)**: in popolazioni di piccole dimensioni e distribuite in habitat ristretti, in assenza di pressioni selettive, si possono accumulare mutazioni genetiche che fluttuano casualmente, senza alcuna ragione selettiva o adattativa.

La velocità di cambiamento delle frequenze geniche nella deriva è inversamente proporzionale alla dimensione della popolazione.



**Mutazioni neutrali**, sono mutazioni *indifferenti* che la selezione “non vede” e che possono passare da una generazione all’altra accumulandosi e dando luogo a discendenti che differiscono dagli antenati senza alcuna apparente ragione selettiva.

E’ statisticamente dimostrato che in una popolazione di piccole dimensioni le mutazioni neutrali tenderanno o a estinguersi o a dominare del tutto.



## Quale rapporto tra genetica e conservazione ?

Rinoceronti, grizzly, salmoni del pacifico, tigri siberiane, elefanti africani e molte altre specie stanno beneficiando dei progressi delle tecniche della genetica.

Ci sono almeno due ragioni per credere che la genetica può essere la base per una parte della biologia della conservazione:

1 - Il teorema fondamentale della selezione naturale dice che il *tasso* dei cambiamenti evolutivi in una popolazione è proporzionale alla *quantità* di diversità genetica disponibile.

La perdita di diversità genetica riduce le opzioni evolutive per il futuro.

2 - L'eterozigosità, cioè la variabilità genetica all'interno delle popolazioni, è positivamente correlata alla *fitness*.

# **3. Fluttuazioni ambientali**

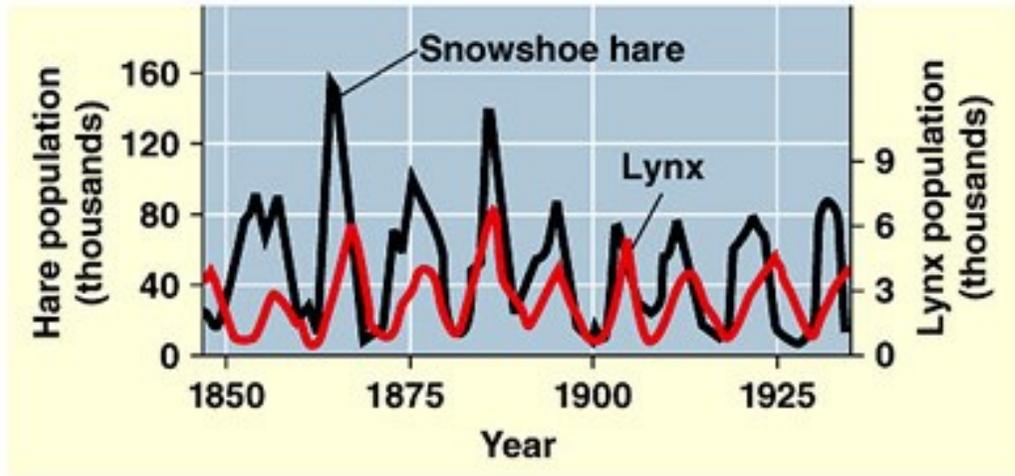
## Stocasticità ambientale

La variabilità casuale dell'ambiente, conosciuta come *stocasticità ambientale*, è determinata sia da fattori abiotici che biotici e può anche causare un aumento della *variabilità* della dimensione di una popolazione.

Esempio “abiotico”: l'incremento di piogge in un anno può causare un incremento della crescita delle piante ed un conseguente aumento della popolazione di conigli.

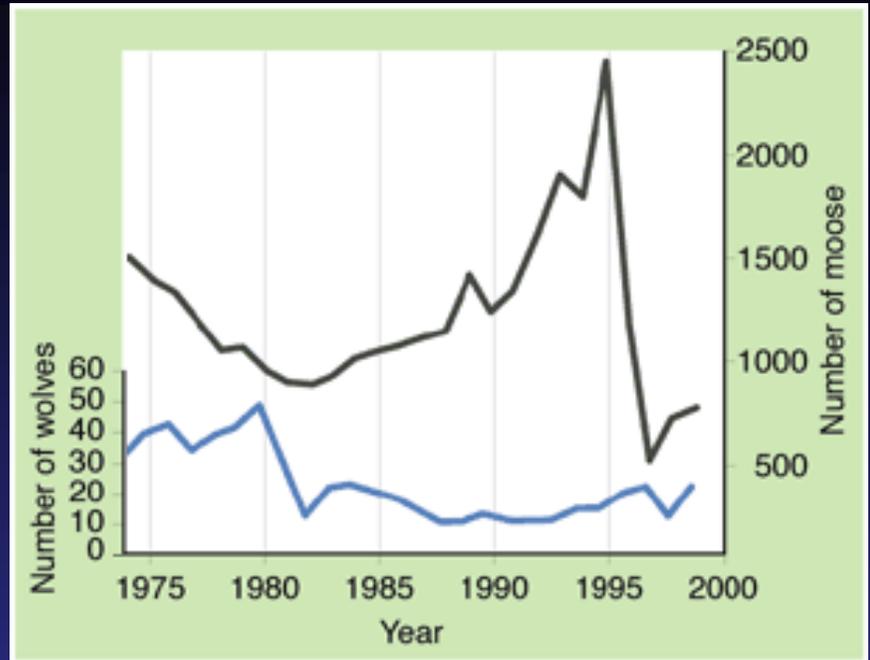
Esempio “biotico”: una popolazione di conigli può essere influenzata da fluttuazioni nella popolazione di cervi, che si cibano dello stesso tipo di piante, o nella popolazione di volpi, che predano i conigli, o dalla presenza di parassiti o da malattie.





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

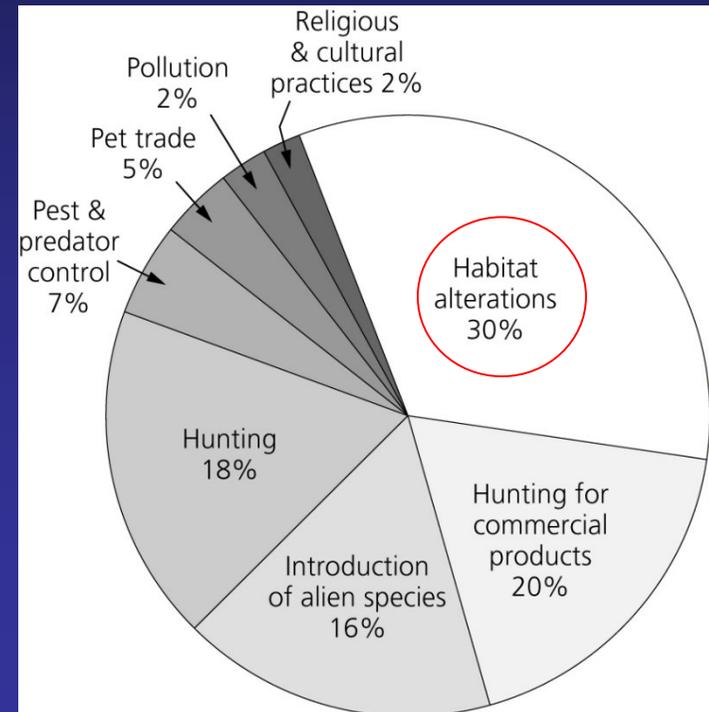
Lepri - Linci



Lupi - Alci

Le **catastrofi naturali** (siccità, uragani, alluvioni, terremoti, ecc.) possono causare fluttuazioni drammatiche nelle dimensioni di popolazione; possono, infatti, determinare la morte di una porzione o anche eliminare tutta una popolazione da un'area.

Anche se la probabilità che si verifichi una *catastrofe* naturale in un singolo anno è trascurabile, nell'ambito di decine o centinaia d'anni aumenta notevolmente.



## Fluttuazioni casuali demografiche ed ambientali

Molti ricercatori hanno dimostrato come la variabilità ambientale casuale sia generalmente *più importante* della variabilità demografica casuale nell'aumentare la probabilità di estinzione nelle popolazioni di piccole dimensioni.

In questi modelli, la variabilità ambientale accresce il rischio di estinzione anche in popolazioni che hanno una crescita *positiva*; infatti, la variabilità ambientale e le catastrofi possono anche interessare la vitalità di popolazioni molto grandi.

In effetti, con l'introduzione della variabilità ambientale nei modelli di PVA, le popolazioni risultano più realistiche, vicine alle condizioni reali, mostrando tassi di crescita più bassi, dimensioni di popolazione più basse ed una più alta probabilità di estinzione.

Con la sola *variabilità demografica*, la MVP di alcune specie di palme (numero di individui necessari per dare alla popolazione il 95% di probabilità di sopravvivere per 100 anni) era di 140 individui maturi( $N_e$ ).

Inserendo nel calcolo anche la *variabilità ambientale*, la stima di MVP aumentava a 380 individui maturi.



## **In conclusione:**

Lavorando con specie a rischio di estinzione, molto spesso ci si occupa degli effetti combinati dei vari fattori finora esaminati (*variabilità* genetica, demografica e ambientale), che influenzano specialmente le piccole popolazioni.

I piani di conservazione si propongono due obiettivi principali, finalizzati alla salvaguardia della vitalità delle popolazioni:

1 - Incrementare le “dimensioni” di ciascuna popolazione, affinché la variabilità genetica, demografica ed ambientale siano il meno catastrofiche possibile.

2 - Formare popolazioni “multiple”, affinché l’evento di una singola catastrofe non possa eliminare l’intera specie.



**METAPOPOLAZIONI**