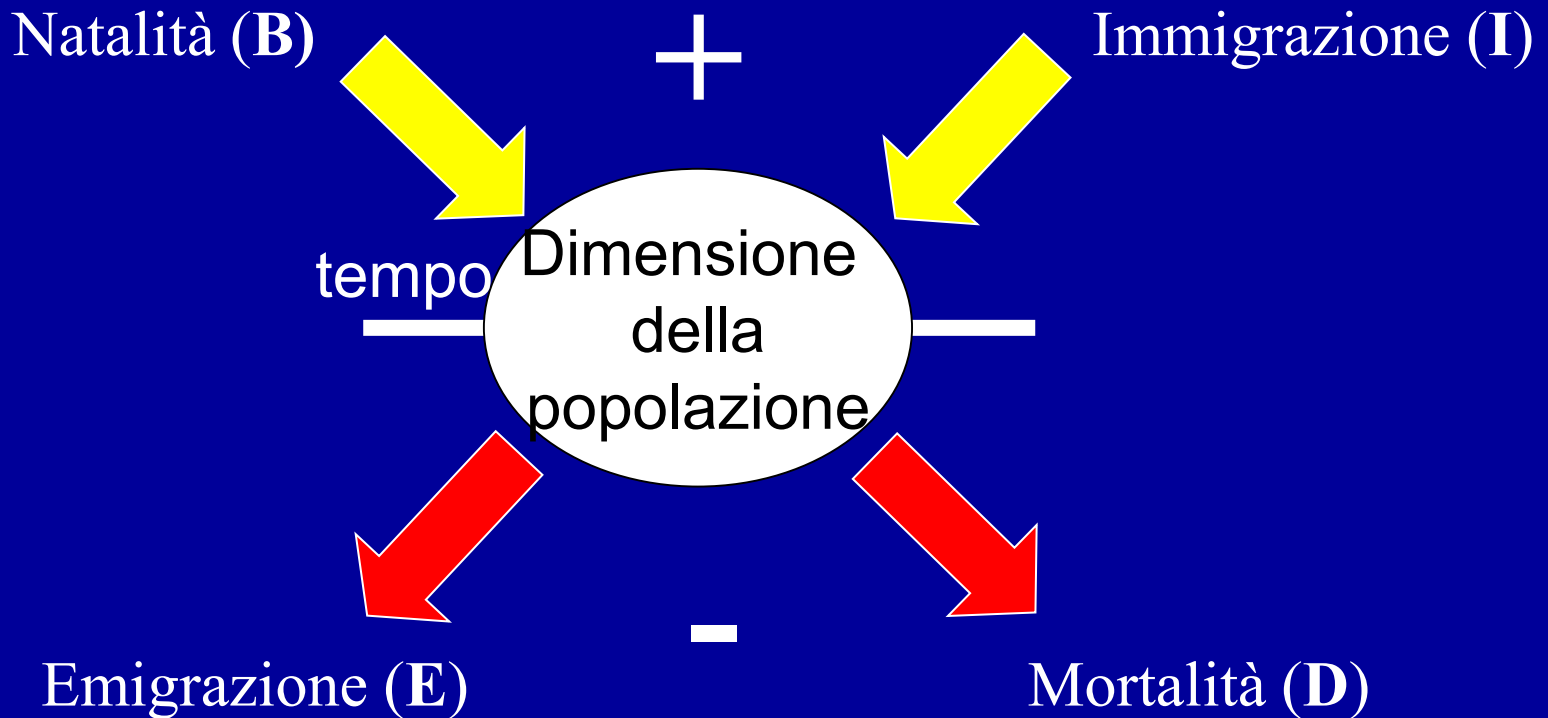


LE META-POPOLAZIONI

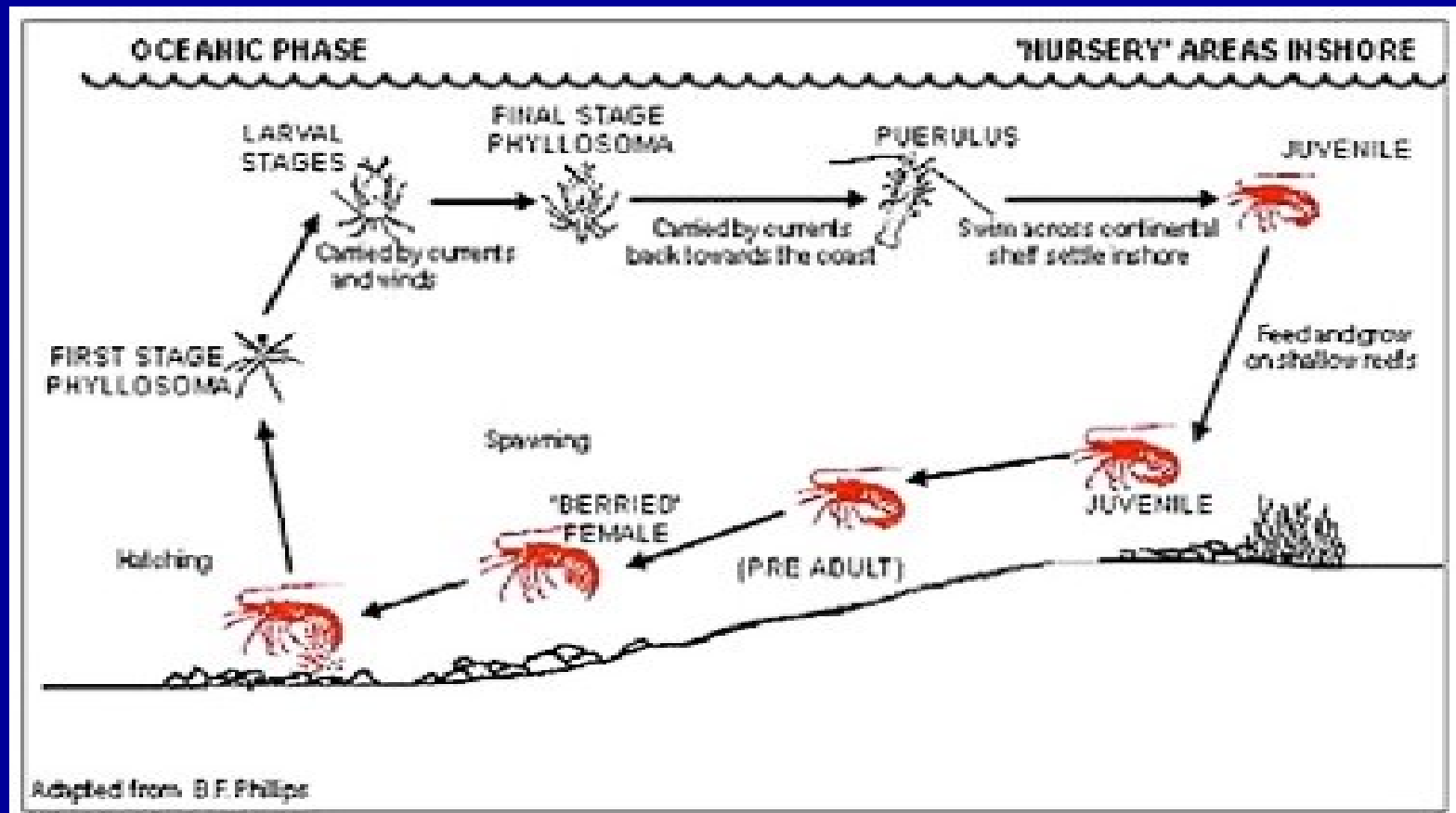


Le popolazioni presentano una differente persistenza :
alcune possono persistere in un sito anche per centinaia di
anni, altre invece possono persistere solo in funzione di
immigrazioni da aree adiacenti.



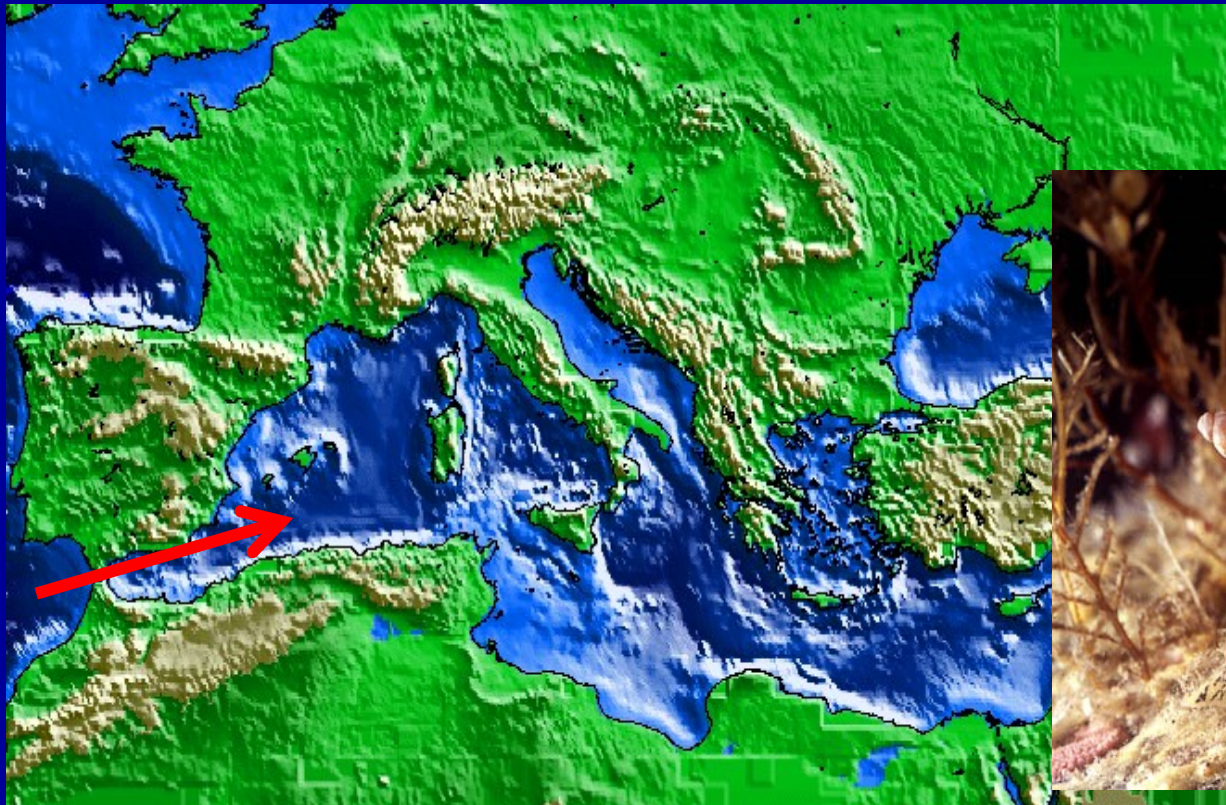
1- Emi-popolazioni

Vi sono popolazioni “temporanee”, che consistono di insiemi di individui di una popolazione che vivono in un determinato habitat solo in un particolare stadio del loro ciclo vitale (cfr. concetto di *avatar*).



2- Pseudo-popolazioni

E' un tipo di popolazioni “temporanee” che per la loro sopravvivenza dipendono solo da immigrazioni (larve, giovanili o adulti) perché gli individui non riescono a riprodursi nei luoghi dove la specie è presente (“morti viventi”).

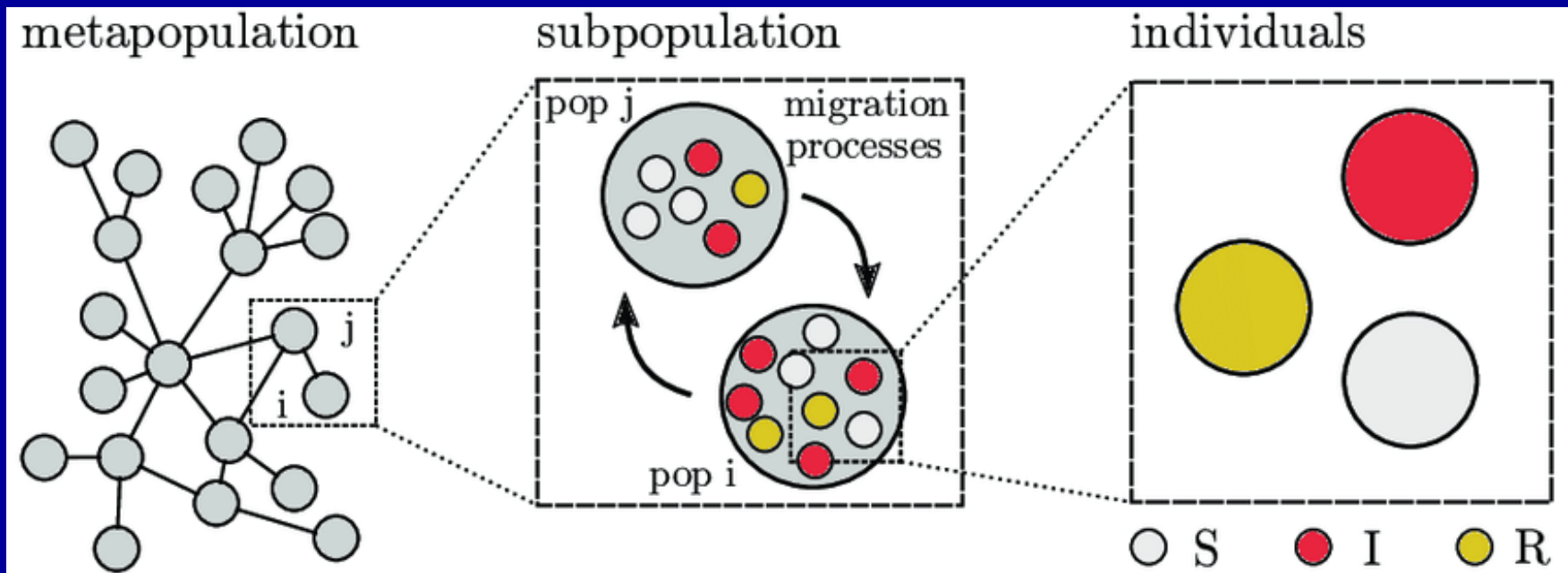
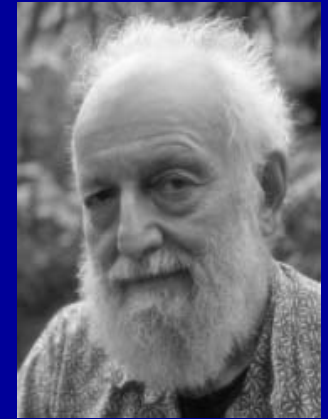


Buccinum undatum



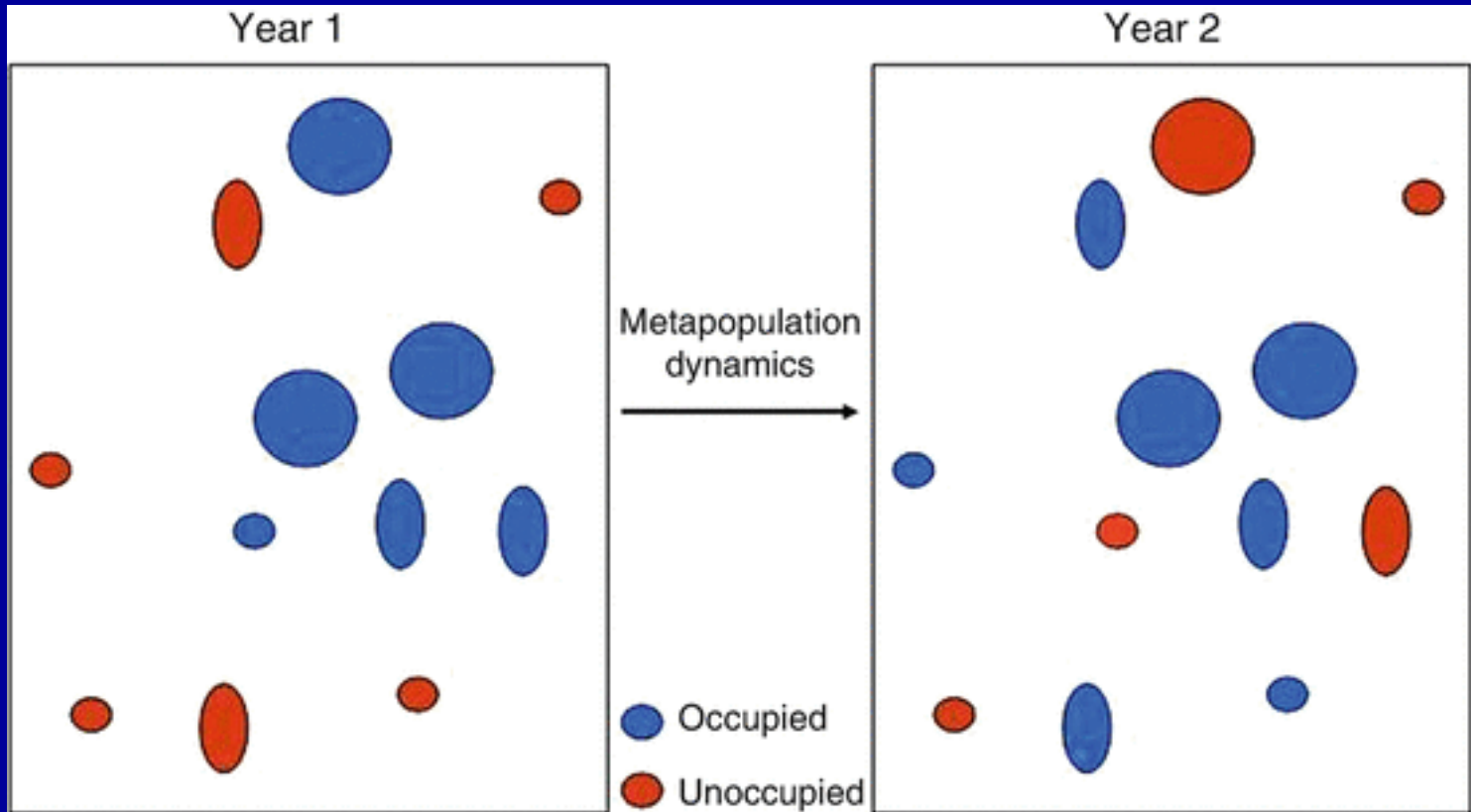
3- Meta-popolazioni

Per Richard Levins (1969), la metapopolazione è una popolazione di popolazioni (ovvero un insieme di sub-popolazioni), che si estinguono in un luogo e poi, tempo dopo, ri-colonizzano lo stesso luogo.



S= senescente; I= giovanile; R= riproduttore

Nel corso del tempo, alcune popolazioni di una specie possono estinguersi in qualcuna delle aree che occupano. In tempi successivi, nuovi individui della stessa specie, provenienti da popolazioni vicine, possono ricolonizzare le aree (“chiazze” di territorio) nelle quali le prime si erano estinte localmente.

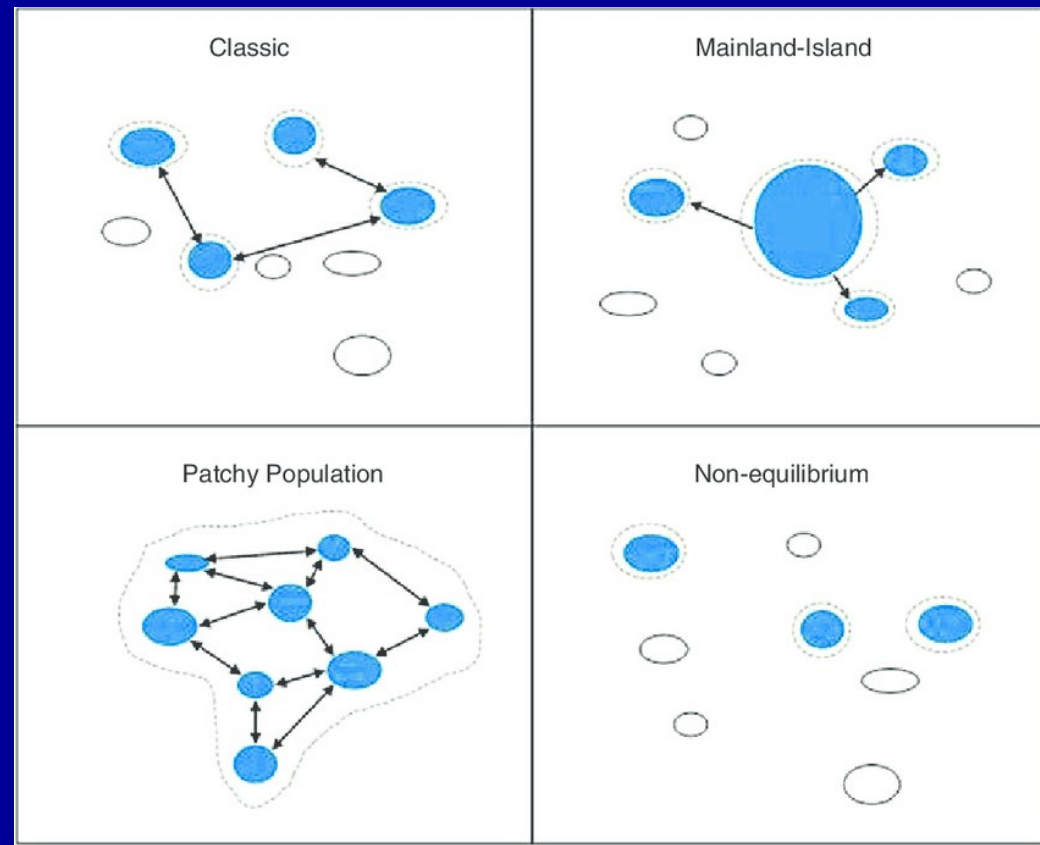


Esistono diversi modi in cui le popolazioni di una specie possono utilizzare nel tempo le “chiazze” di territorio, estinguendosi oppure persistendo in esse.

Come per la **teoria delle biogeografia insulare**, il processo dipende in sostanza da due fattori:

1 - il **tasso di estinzione locale**, in funzione delle *fluttuazioni ambientali* locali e della *dinamica stocastica* della popolazione, se di piccole dimensioni;

2 - il **tasso di immigrazione**, in funzione della capacità di *dispersione* della specie e della *distanza* tra l'area indagata e quelle circostanti, in cui la specie vive.

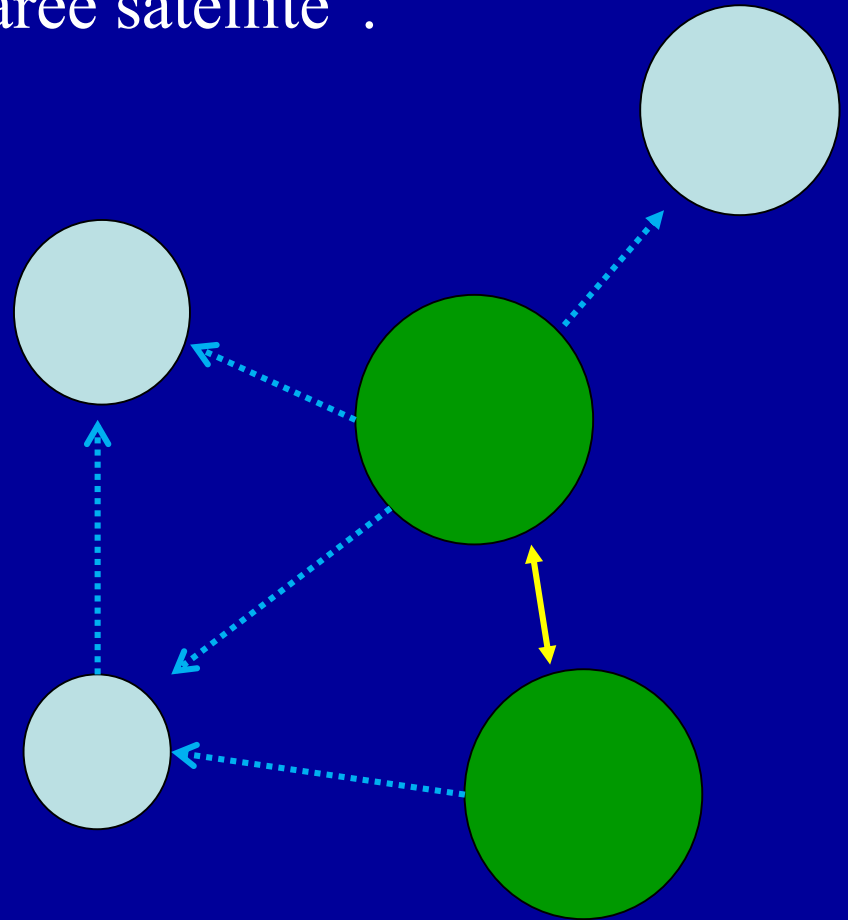


Modello “a chiazze vuote”.

Le specie che presentano *metapopolazioni* sono caratterizzate da una o più popolazioni “centrali”, presenti con numeri stabili di individui, e diverse popolazioni “marginali”, fluttuanti nel tempo, presenti in “aree satellite”.

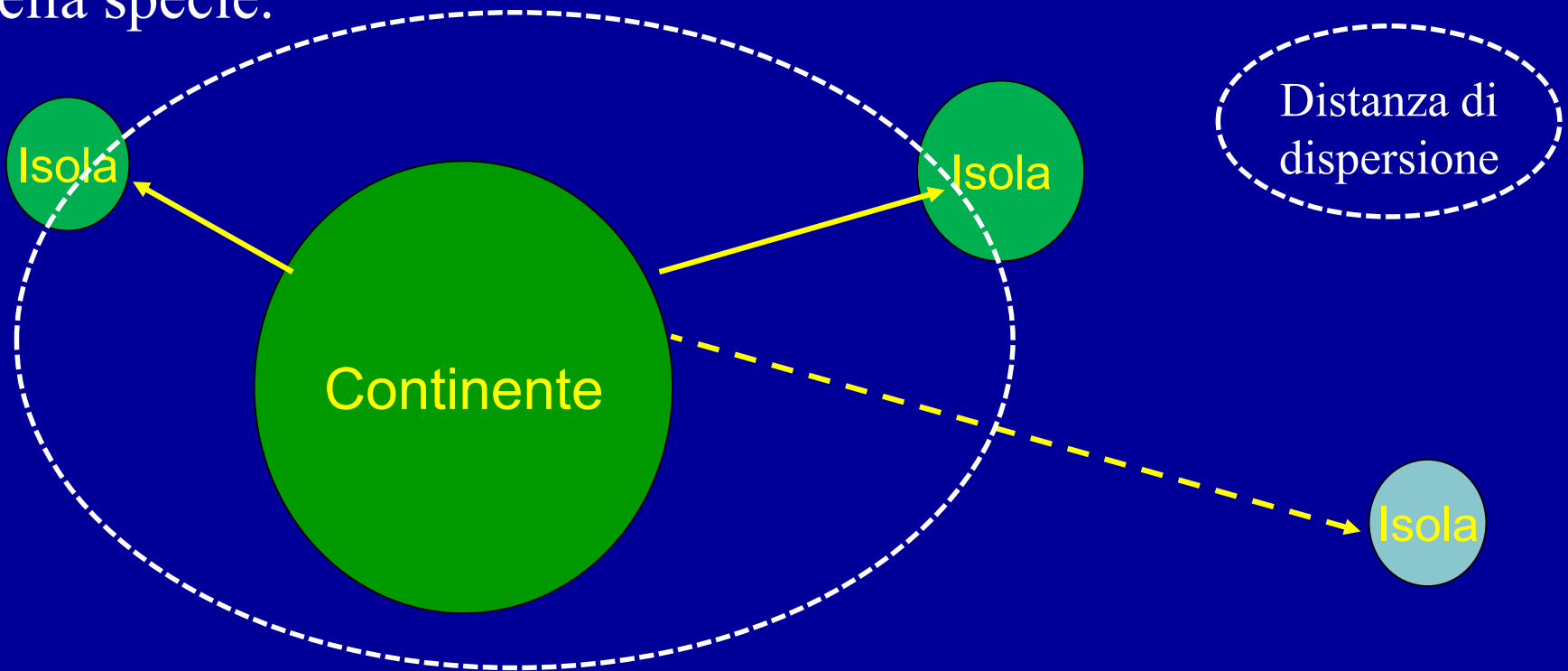
Queste ultime, in periodi sfavorevoli, possono andare incontro ad *estinzione locale* lasciando vuote delle “chiazze” di territorio.

Le chiazze lasciate vuote possono poi successivamente essere *ricolonizzate* da propaguli (esemplari adulti, semi, spore o larve) provenienti dalle popolazioni “centrali”.

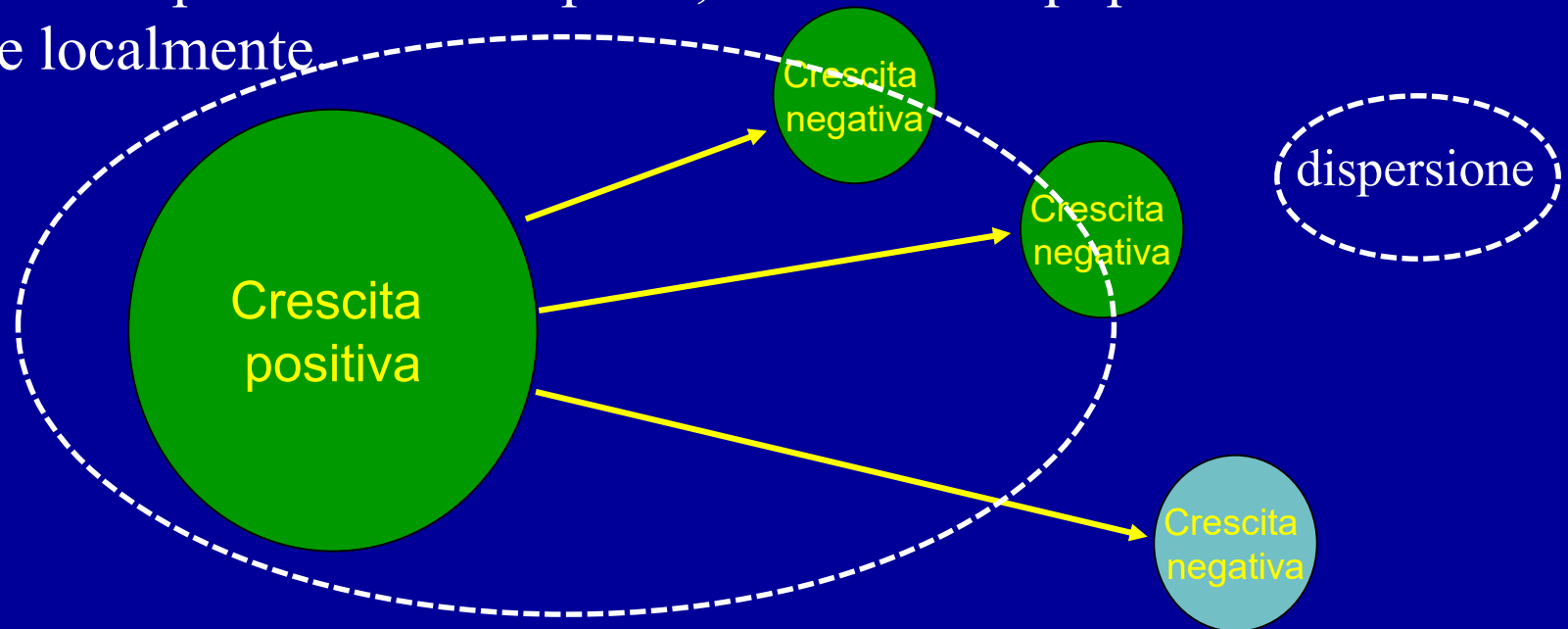


Il modello “a chiazze vuote” è più semplice di quello “isola-continente”, nel quale se sulle *isole* (chiazze “marginali”) a causa di disturbi si estingue la popolazione, queste possono essere ri-colonizzate da dispersori che provengono dalla popolazione sul *continente* (chiazza “centrale”).

Affinché avvenga la ricolonizzazione la distanza tra continente ed isola non deve essere superiore alla *distanza di dispersione* della specie.



Simile al precedente è il modello sorgente-ricevente, nel quale le popolazioni “marginali” (pseudo-popolazioni), pur se presenti, hanno *crescita negativa* e vengono continuamente mantenute da dispersori che provengono dalla popolazione “centrale” a *crescita positiva*. La distanza tra “sorgente” e “riceventi” non deve essere superiore alla distanza di dispersione della specie, altrimenti la popolazione si estingue localmente



La definizione di sistemi source-sink richiede una profonda conoscenza della storia naturale e del ciclo biologico delle specie da proteggere, soprattutto per quello che riguarda la demografia.

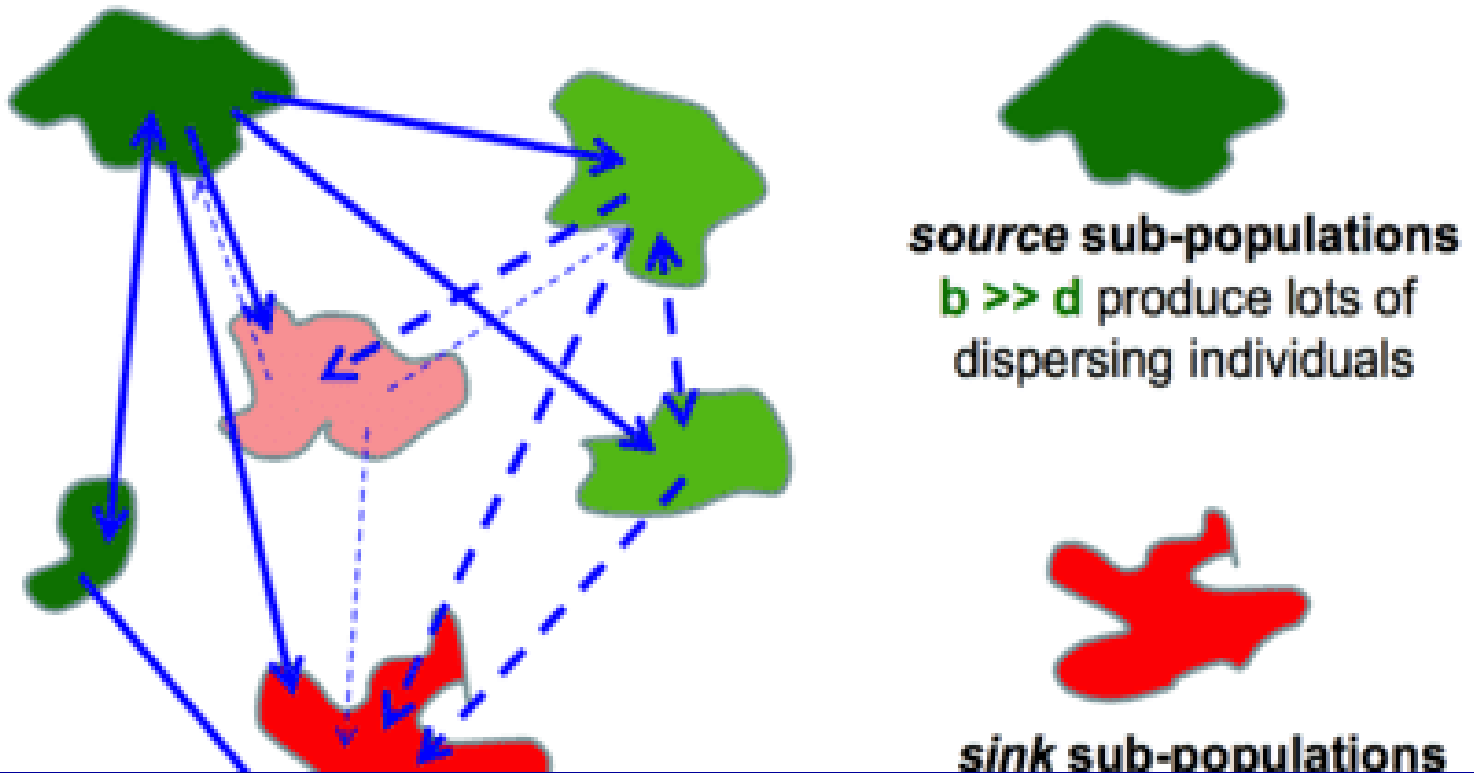
Sulla base dei modelli demografici habitat-specifici, il concetto di **metapopolazione** può essere quindi integrato con la **dinamica *source-sink***.

- Habitat “favorevoli”, nei quali il successo riproduttivo è maggiore della mortalità, sono detti sorgente (***source***). La popolazione presente produce quindi un eccesso di individui, che possono disperdersi al di fuori dell’habitat.
- Viceversa, habitat “sfavorevoli”, nei quali la mortalità è maggiore del successo riproduttivo, sono detti ricevente (***sink***). Allora, per non estinguersi localmente, la popolazione presente dipende da dispersori provenienti da habitat sorgente.
- In alcuni casi può verificarsi che soltanto il **10%** della popolazione vive negli habitat “sorgente” riuscendo a mantenere il restante 90% della popolazione presente in habitat “riceventi”.

Source : natalità (b) > mortalità (d)

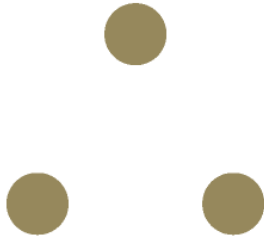
Sink : natalità (b) < mortalità (d)

Some patches may be *usually good* and others may be *usually bad* (and others *sometimes good* and *sometimes bad*)

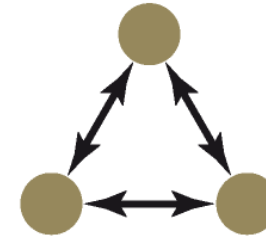


Modalità (*pattern*) di metapopolazioni

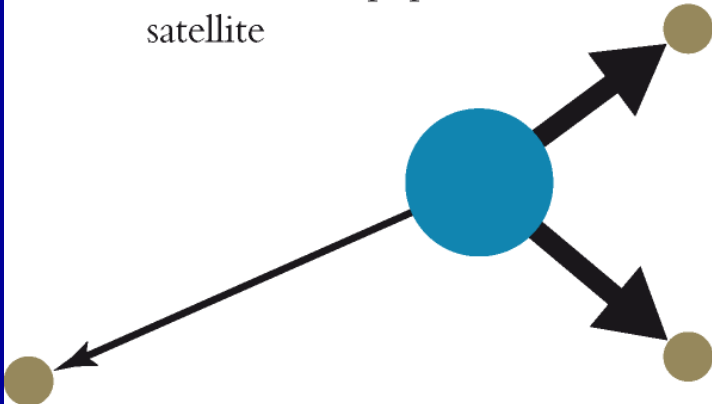
Tre popolazioni
indipendenti



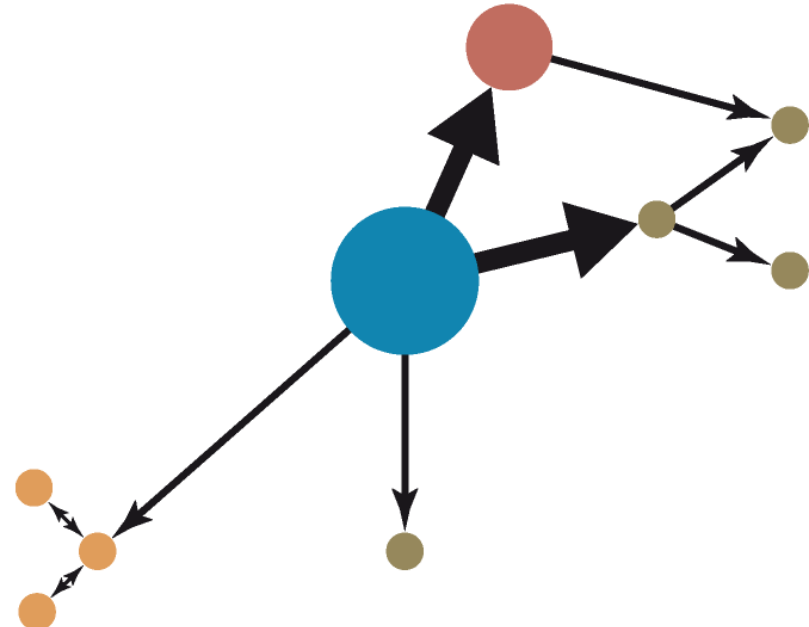
Metapopolazione semplice con
tre popolazioni che interagiscono



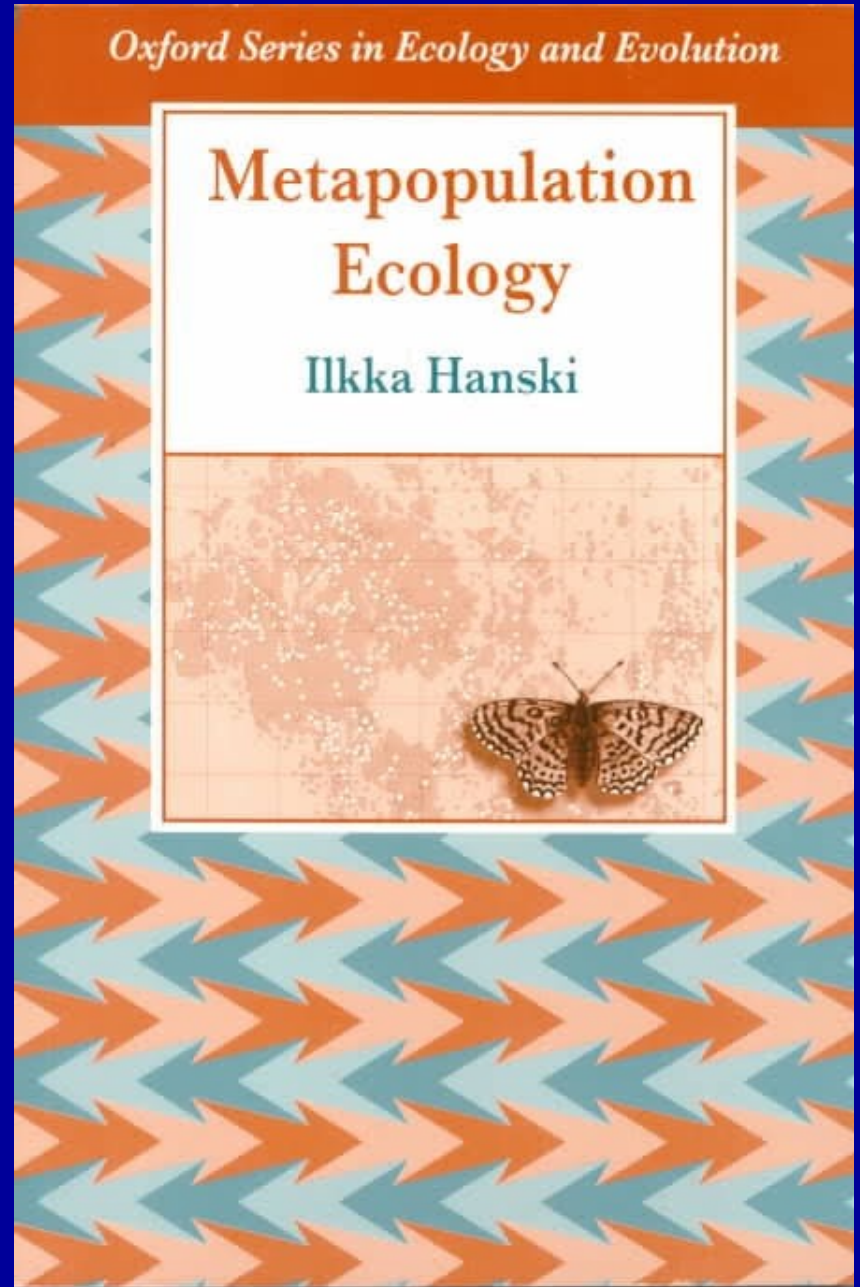
Metapopolazione con
una grande popolazione
centrale e tre popolazioni
satellite



Metapopolazione con
interazioni complesse

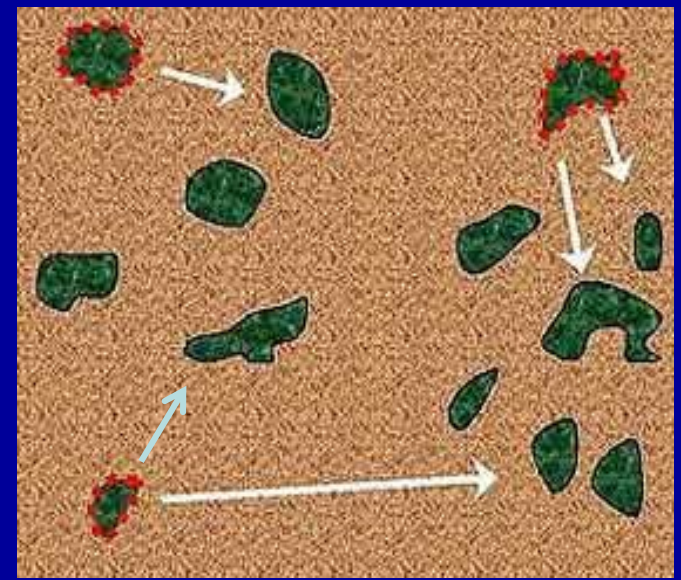


Particolarmente significativi sono gli studi di lungo periodo condotti negli ultimi 30 anni circa da Hanski su una metapopolazione di farfalle fritillarie della specie *Melitaea cinxia*, in un habitat molto frammentato come i prati della Finlandia.



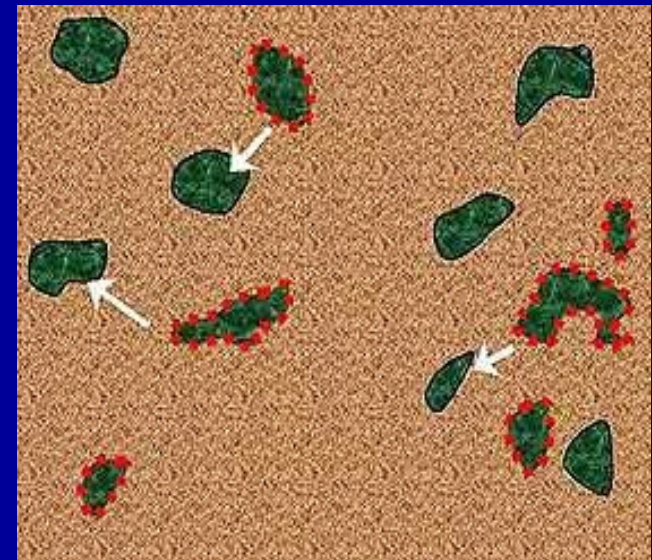
1993: una popolazione locale si estingue nel tempo mentre c'è dispersione verso chiazze vuote. Così nasce una metapopolazione.

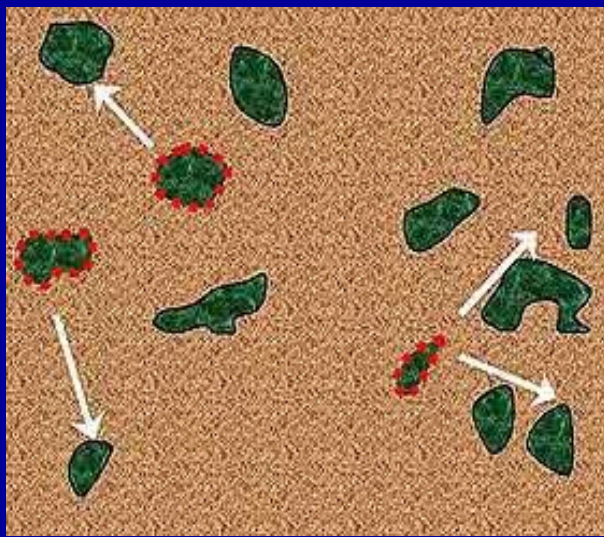
Ogni popolazione locale andrà verso l'estinzione (linea rossa tratteggiata), mentre alcuni esemplari si sposteranno (freccette bianche) e si stabiliranno in chiazze vuote, formando popolazioni locali "temporalmente instabili".



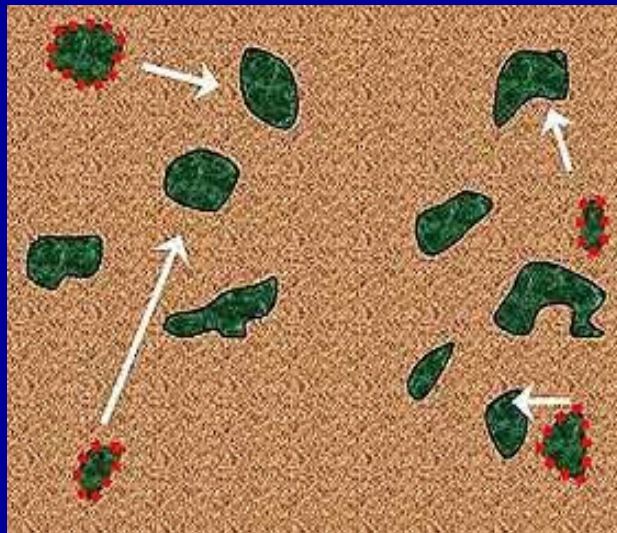
1998: sebbene le prime popolazioni si siano estinte localmente, nuove popolazioni (a persistenza breve) sono comparse nelle altre chiazze.

Il bilancio tra estinzioni e mantenimento del sistema metapopolazione dipende soprattutto dalla capacità di dispersione della specie.





2009



2015

Il bilancio locale tra estinzioni e ricolonizzazione mantiene la specie “stabile regionalmente”, sebbene nessuna popolazione sia persistente nel tempo.

Questo è un caso di metapopolazione «estrema»: nessuna chiazza è occupata stabilmente nel tempo ma tutto il sistema dipende dalla interazione tra chiazze, attraverso la dispersione.

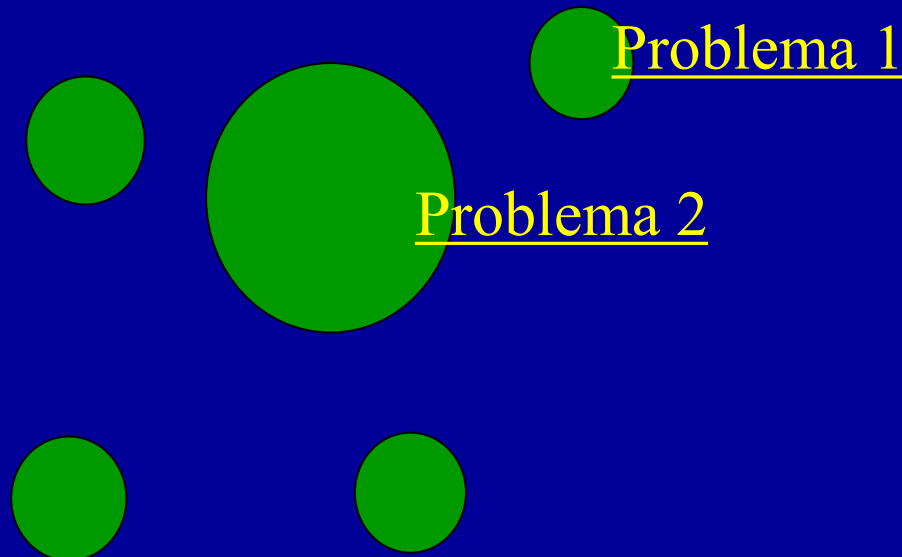
Questo delicato sistema dipende dalla disponibilità di chiazze vuote, colonizzabili successivamente da popolazioni di dispersori.

Meta-popolazioni e conservazione

In conservazione, generalmente si studiano una o poche popolazioni di una data specie (vulnerabile o minacciata) in relazione ad un singolo habitat (vulnerabile o minacciato).

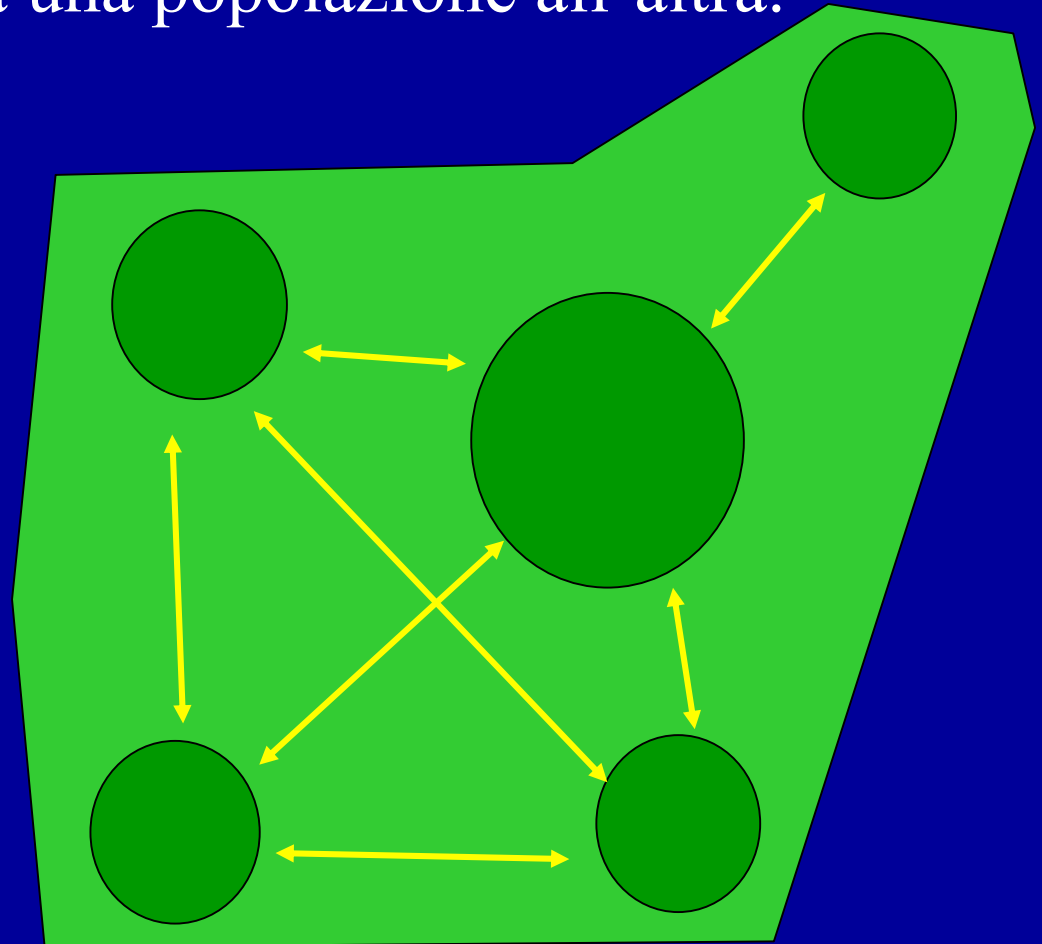
Problema 1 - Si devono studiare e proteggere le piccole popolazioni, che sembrano maggiormente minacciate di estinzione ?

Problema 2 - Si devono studiare e proteggere le popolazioni più grandi, perché sono quelle che possono garantire la migliore riuscita del processo di conservazione?

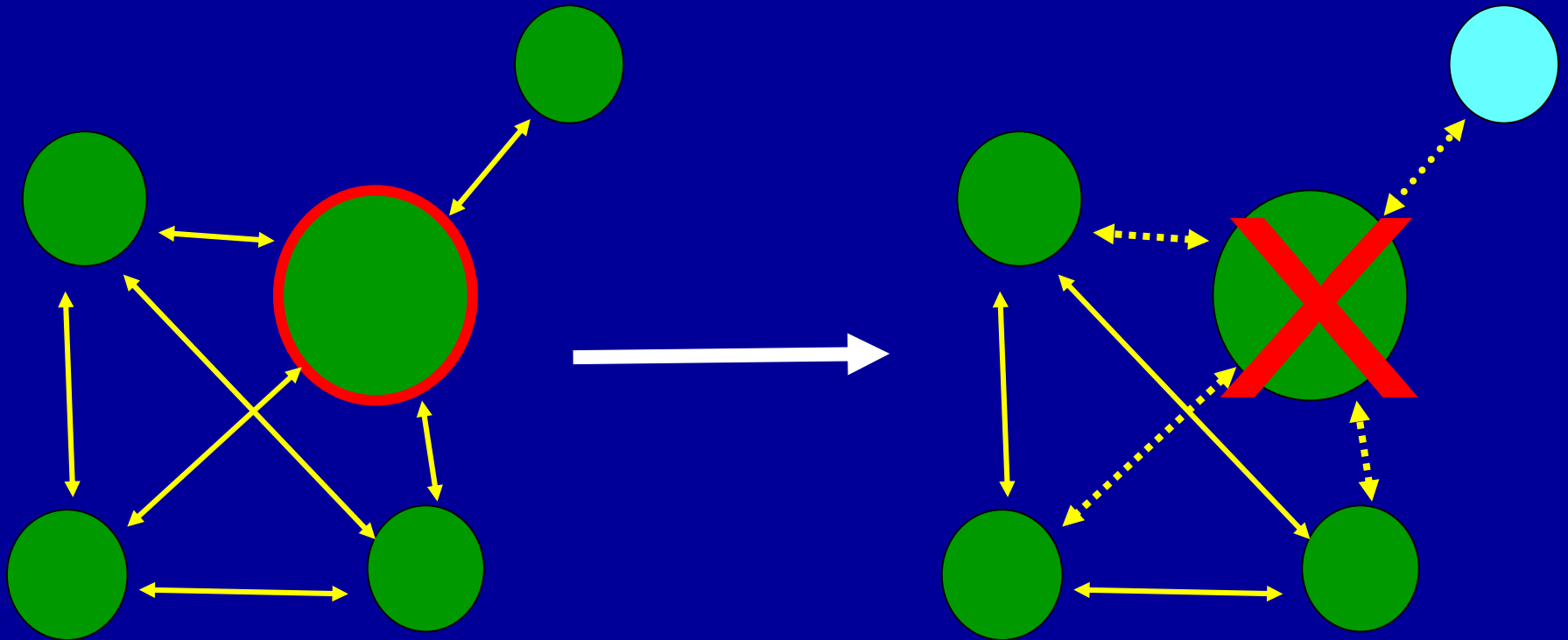


Un'indagine condotta a livello di *metapopolazione* potrebbe portare ad una migliore definizione del problema, tenendo conto che le piccole popolazioni locali sono “entità dinamiche” grazie allo spostamento di organismi o propaguli da una popolazione all'altra.

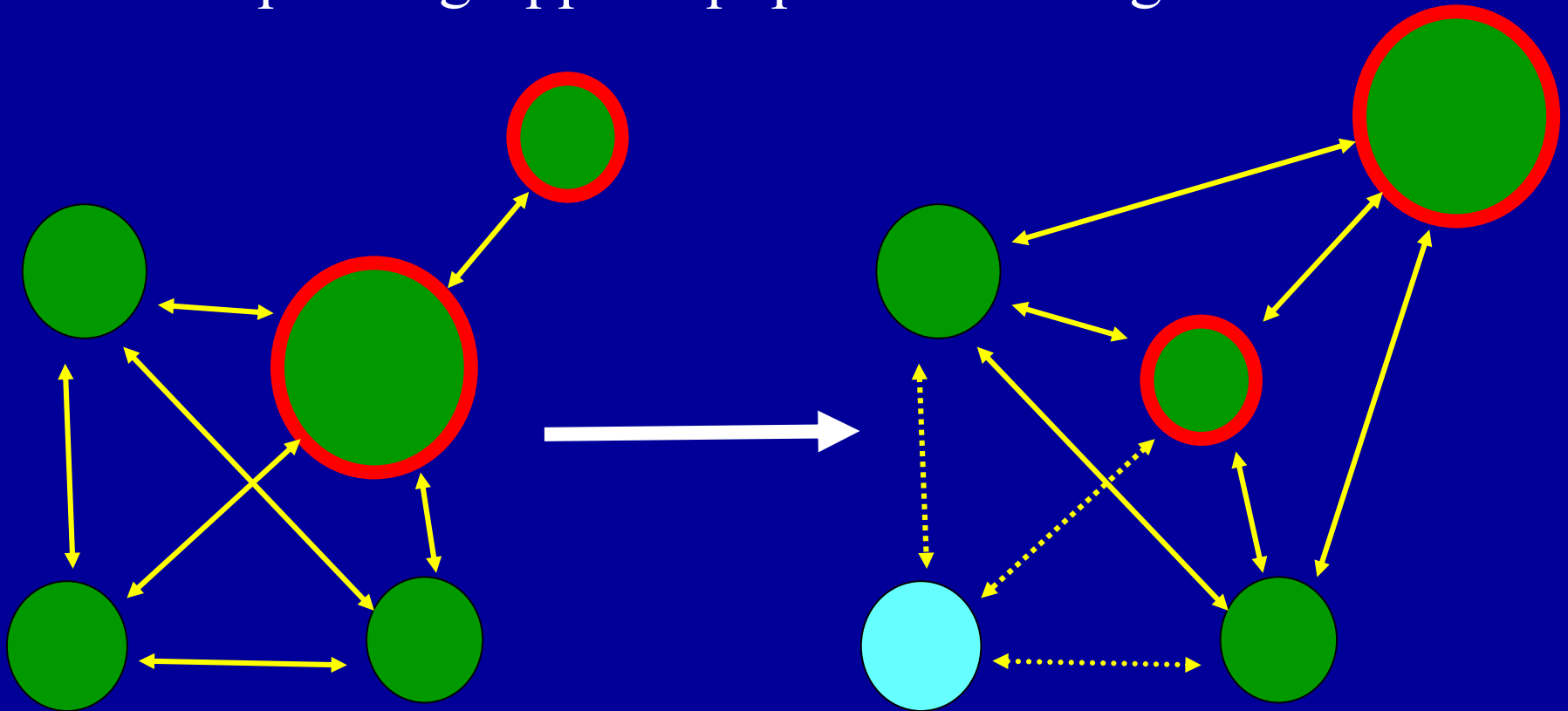
Ovviamente, l'ideale sarebbe garantire il mantenimento di tutto il complesso sistema di connessioni e non solo quello di una popolazione, “centrale” o “marginale” che sia.



Il pericolo principale sarebbe costituito dalla frammentazione dell'habitat (o addirittura la distruzione) di una *popolazione "centrale"*, che poi potrebbe portare all'estinzione a cascata di popolazioni satellite, dipendenti da colonizzazioni periodiche.



Tuttavia, sovrastimare l'importanza delle **popolazioni centrali** rispetto alle *marginali* può essere rischioso: è tutto il sistema (e la sua dinamica) a dover essere conservato. Infatti, dopo disturbi o fasi di cambiamento climatico, una popolazione dapprima “marginale” potrebbe poi diventare “centrale” per un gruppo di popolazioni marginali.



Poiché non esiste una singola popolazione “magica”, che garantisca la persistenza nel tempo della specie, e poiché l’estinzione è un fenomeno soprattutto probabilistico, anche in questo caso vale l’assioma:

“La probabilità più bassa di estinzione la possiede una specie presente con numerose popolazioni, tutte molto abbondanti e legate tra loro da rapporti dinamici”.

Quindi, più alto è il numero di popolazioni numerose, minore è il rischio di estinzione della specie nel suo complesso.

Queste considerazioni possono anche influenzare il design di una riserva.

Se, per esempio, una riserva è composta soprattutto da habitat *sink*, la specie da proteggere (pur conservando il 90 % della popolazione) corre ugualmente il rischio di estinguersi.

Viceversa, se si aggiungono delle aree *sink* ad una riserva che protegge una popolazione *source*, si può enfatizzare l'opera di protezione creando delle popolazioni “marginali” mantenute da quella “centrale”, che poi in futuro potrebbero diventare esse stesse *source*.

Futuri sviluppi ...

Il fallimento di molte azioni passate di conservazione e la scarsa applicabilità di alcune strategie (come la *Population Viability Analysis*), applicate con alterne fortune a pochi casi concreti, ha portato a studiare delle metodiche di indagine come i modelli di popolazione **spazialmente espliciti**.

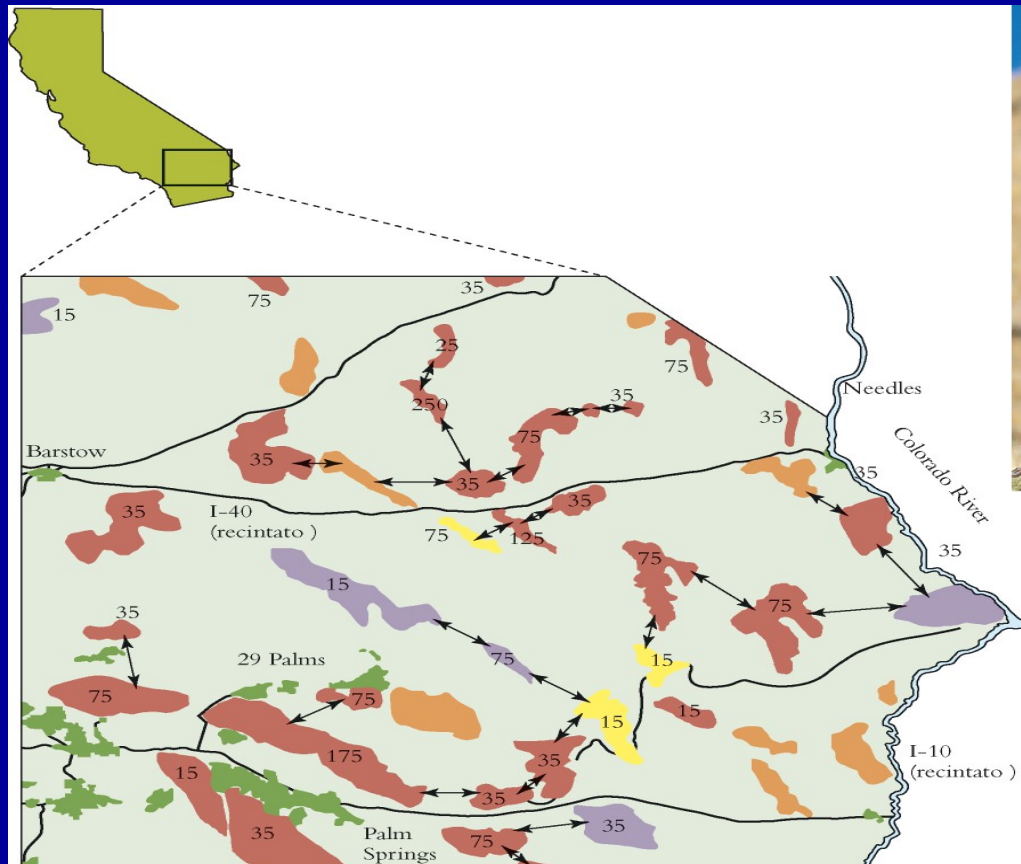
Un modello di simulazione **spazialmente esplicito** di una popolazione, prende in considerazione contemporaneamente: (a) lo spazio, (b) le differenze tra chiazze (in termini di qualità e quantità dell'habitat), (c) i movimenti tra chiazze della specie-bersaglio.

Sulla base di questi dati si può stimare l'andamento di una specie a livello di **metapopolazione** e si possono valutare gli effetti della gestione.

La pecora delle Montagne rocciose (*Bighorn*)

L'habitat della specie è stato frammentato e attraversato da barriere, come aree urbane (in verde) autostrade e canali (linee nere).

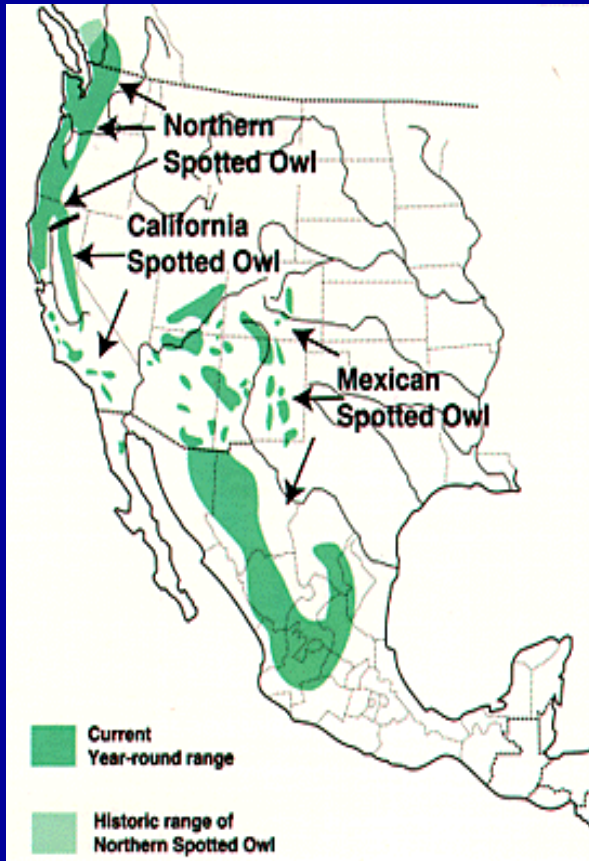
Alcune chiazze vuote di habitat idoneo sono state *ricolonizzate* dalla specie (in giallo), altre sono state oggetto di *reintroduzione* (in viola), altre sono rimaste ancora vuote (in arancio).



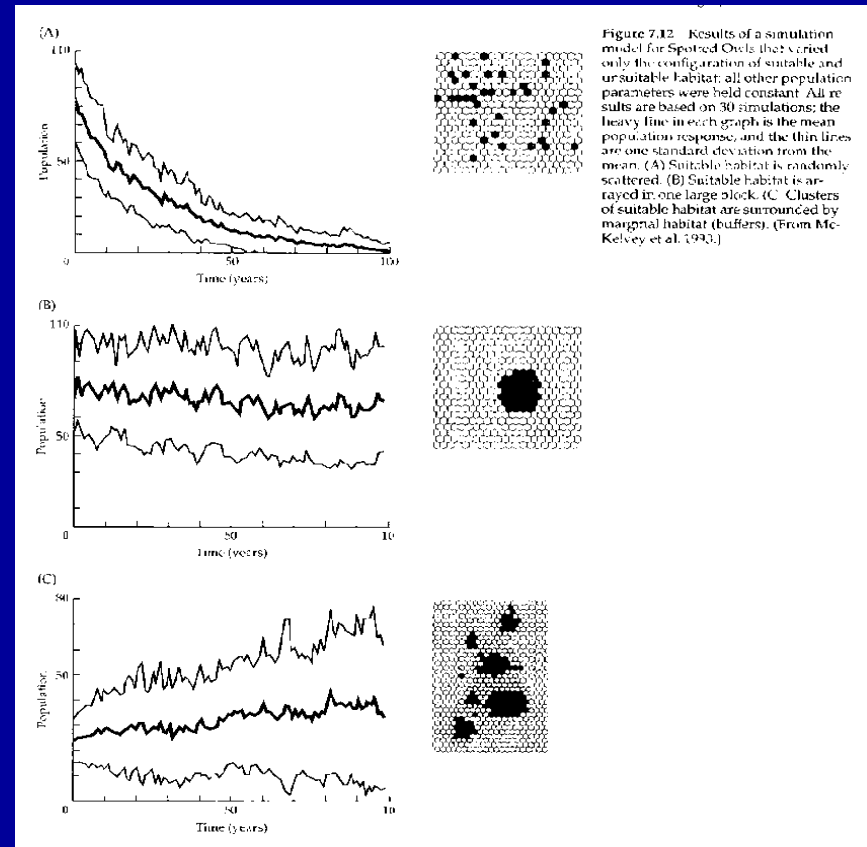
Ovis canadensis

Allocco maculato

Specie a grave rischio di estinzione, che vive nelle foreste pluviali temperate vetuste, preferite anche per il taglio a fini commerciali. Misure di conservazione spazialmente esplicite da circa 30 anni stanno indirizzando il taglio commerciale in modo da mantenere le aree forestali vetuste ed incrementare la popolazione di questi uccelli rapaci.



(*Strix occidentalis*)



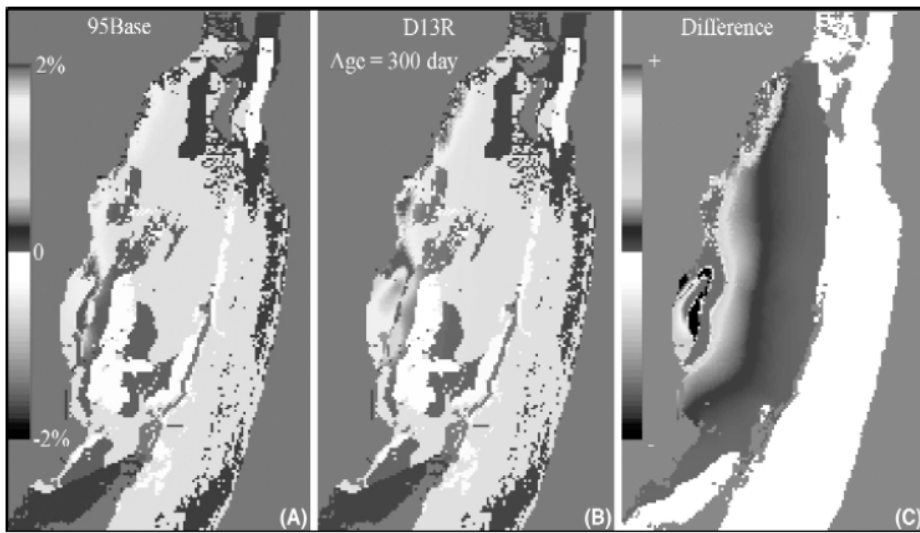


FIGURE 15.7 Modeled spatial growth potential or habitat quality for seatrout in typical scenario runs of (A) 95Base (B) D13R, as well as (C) the difference between scenarios expressed as 95Base minus D13R.

La trota di mare della Florida (*Cynoscion nebulosus*) è minacciata dalle attività di pesca e dall'inquinamento costiero delle acque. Per adottare le misure di conservazione si ricorre a modelli spazialmente espliciti.

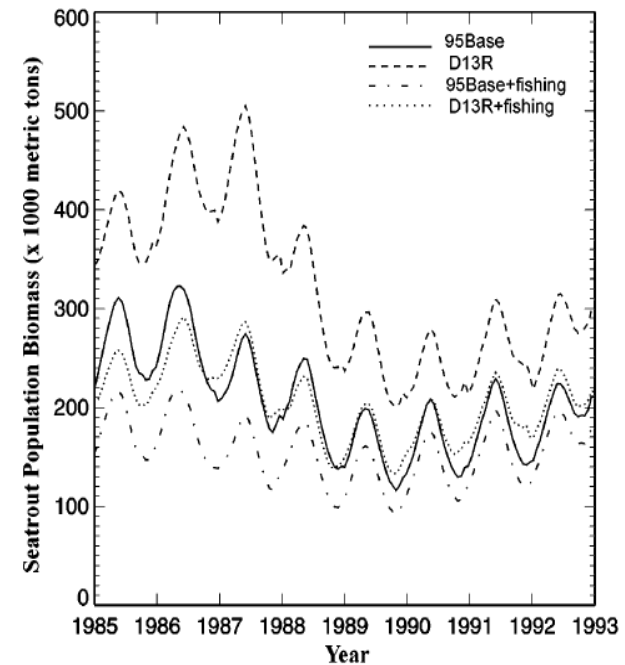


FIGURE 15.9 Simulated seatrout stock biomass model outputs for the period 1985 to 1993, using 95Base and D13R scenarios with and without exploitation.

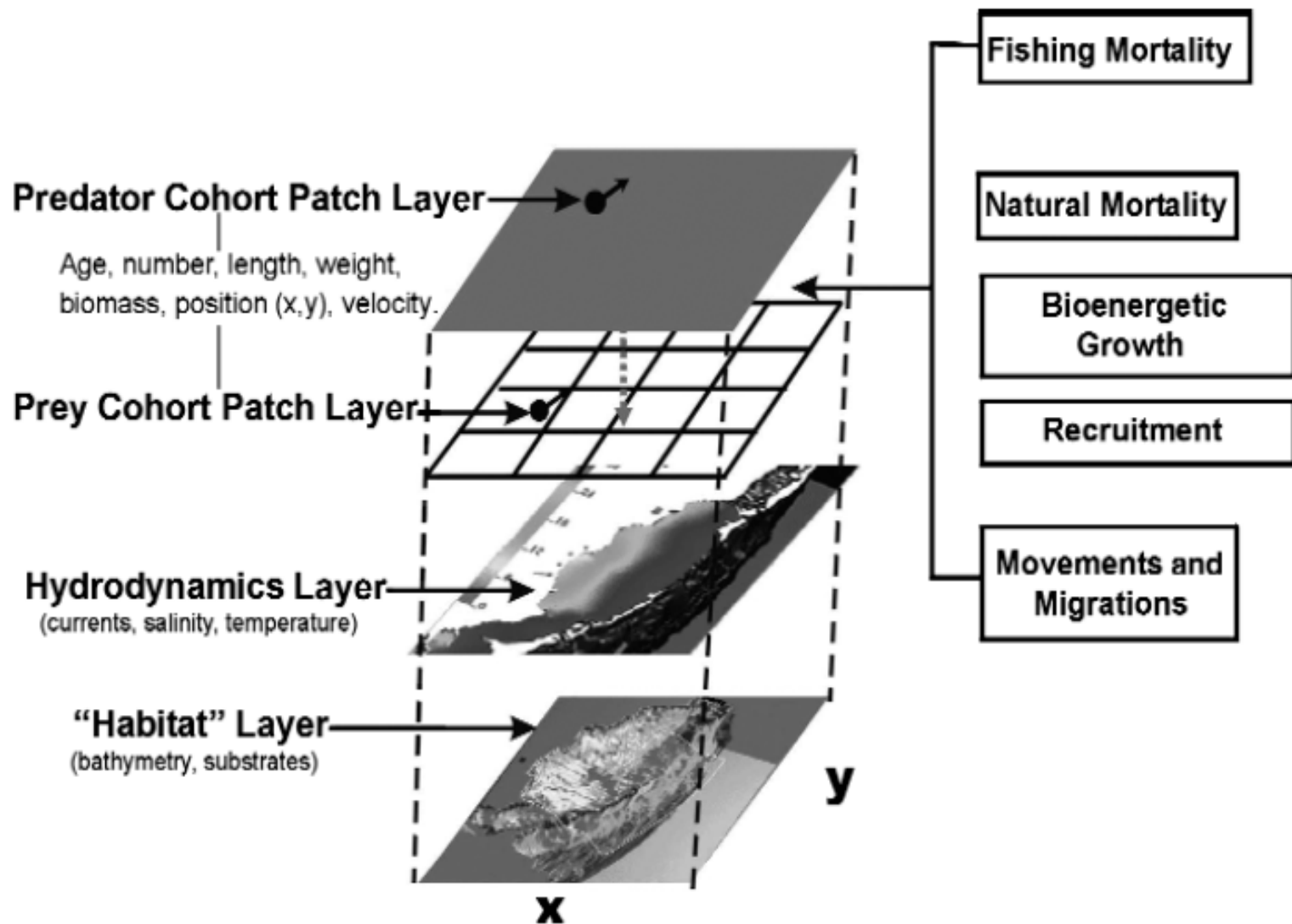


FIGURE 15.3 Conceptual diagram of two-dimensional spatial patch interaction model used for seatrout (predator)–shrimp (prey) community dynamics. Shown also are hydrodynamics and habitat layers overlain by predator and prey cohort object spatial domains.