



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



Διατήρηση μεταπληθυσμών

Κώστας Θεοδώρου, Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου



Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Δυναμική των κατακερματισμένων πληθυσμών

- Αιτίες εξαφάνισης των κατακερματισμένων πληθυσμών

Κλίμακα

Ενδογενείς παράγοντες

Εξωγενείς παράγοντες

Τοπική

Δημογραφικές διακυμάνσεις
Περιβαλλοντική αβεβαιότητα
Γενετικές διαδικασίες
Φαινόμενο Allee

Απώλεια/κατακερματισμός του
ενδιαιτήματος

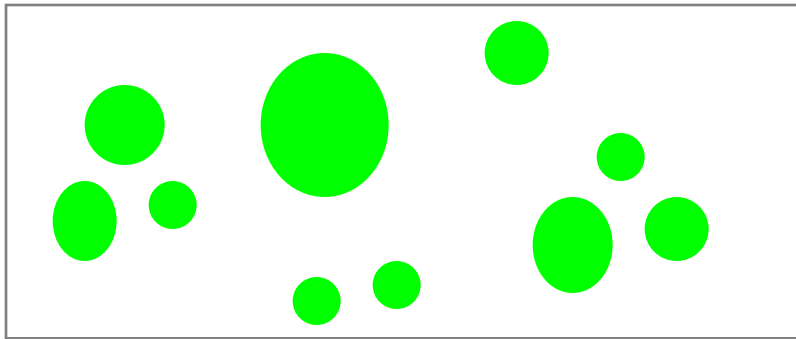
Τοπίο

Ικανότητα διασποράς,
Δυναμική
εξαφάνισης-επανεποίκησης,
Συγχρονισμός,

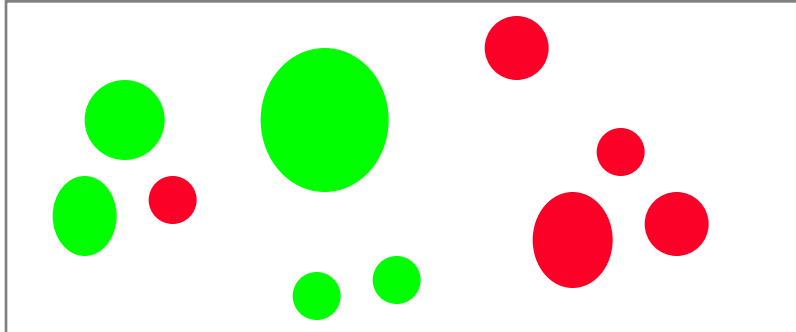
Χωρική δομή,
Ποιότητα του περιβάλλοντος
χώρου,
Απομόνωση των
κατατμημάτων

Δυναμική των κατακερματισμένων πληθυσμών

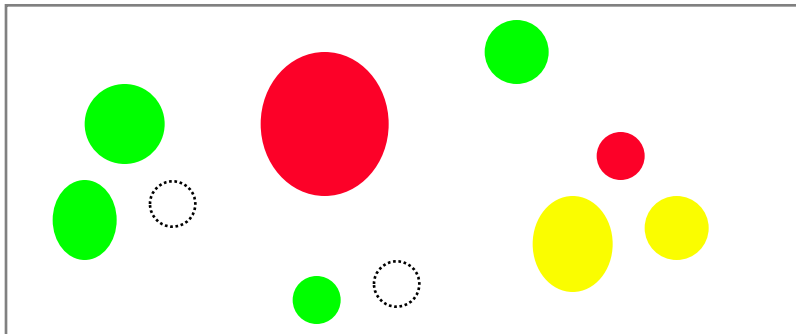
- Απαραίτητα δεδομένα του τοπίου για την εκτίμηση της μεταπληθυσμιακής δυναμικής



- Συνολική επιφάνεια
- Βαθμός κατακερματισμού
- Βαθμός απομόνωσης



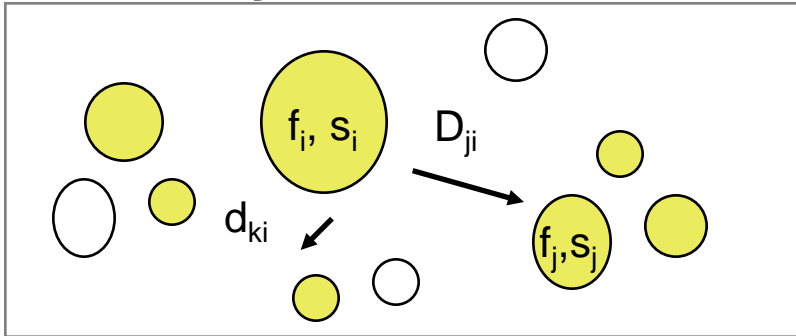
- Ποιότητα και επιφάνεια των κατατμημάτων
- Ποιότητα και επιφάνεια των γειτονικών κατατμημάτων
- Ποιότητα του περιβάλλοντος χώρου



- Χωρική ετερογένεια
- Χρονική ετερογένεια

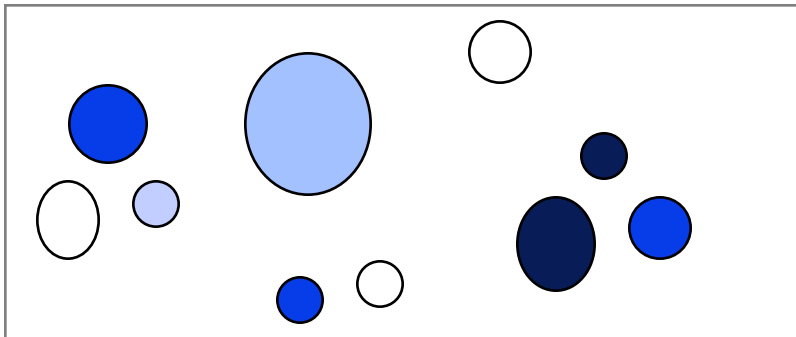
Δυναμική των κατακερματισμένων πληθυσμών

- Απαραίτητα πληθυσμιακά δεδομένα για την εκτίμηση της μεταπληθυσμιακής δυναμικής



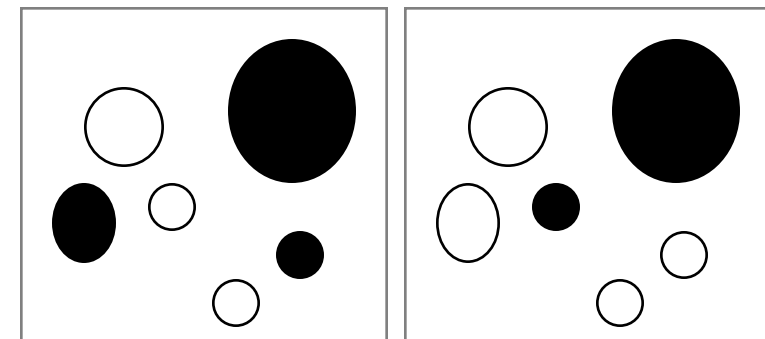
Τοπικές δημογραφικές παράμετροι

- γεννήσεις-θάνατοι στο εσωτερικό των κατατμημάτων
- Αποίκηση-εποίκηση



Τοπικές πληθυσμιακές παράμετροι

- Μέγεθος πληθυσμών των κατατμημάτων
- Τοπικά γενετικά χαρακτηριστικά
- Τοπική πιθανότητα εξαφάνισης



Μεταπληθυσμιακές παράμετροι :

- Συνολικό μέγεθος
- Ποσοστό κατηλειμένων κατατμημάτων
- Ρυθμός εξαφάνισης-επανεποίκησης
- Συγχρονισμός της δυναμικής ανάμεσα στα κατατμήματα

Μεταπληθυσμιακή δυναμική

- Μοντέλο του (1969)

$$\frac{dP}{dt} = cP(1-P) - eP \Rightarrow \hat{P} = 1 - \frac{e}{c}$$

P: ποσοστό κατειλημμένων κατατμημάτων

Υποθέσεις:

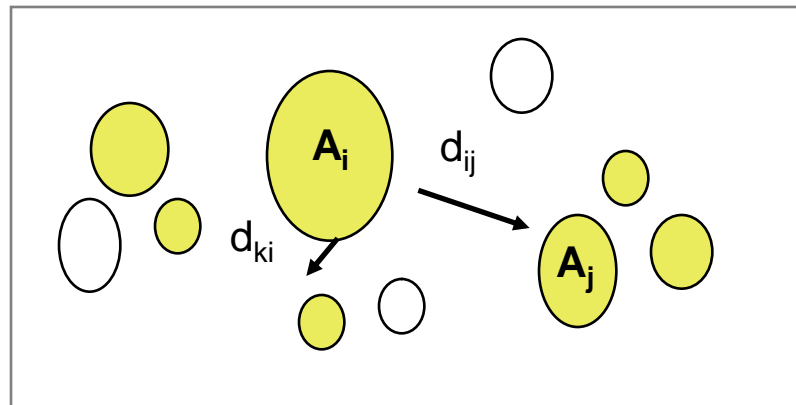
- Τα κατατμήματα είναι είτε γεμάτα είτε άδεια
- Άπειρα πανομοιότυπα κατατμήματα
- Η εξαφάνιση σε κάθε κατάτμημα είναι ανεξάρτητη από τα άλλα κατατμήματα
- Ο ρυθμός διασποράς είναι σταθερός και ομοιόμορφος ανάμεσα στα κατατμήματα

Συμπεράσματα:

- Ο μεταπληθυσμός μπορεί να είναι βιώσιμος έστω και αν συμβαίνουν τοπικές εξαφανίσεις
- Η βιωσιμότητα εξαρτάται από τους ρυθμούς εξαφάνισης και επανεποίησης

Μεταπληθυσμιακή δυναμική με χωρική κατανομή

- Εισαγωγή της χωρικής κατανομής και της ετερογένειας των κατατμημάτων:



Μεταπληθυσμιακή δυναμική με χωρική κατανομή

• Παρατηρήσεις:

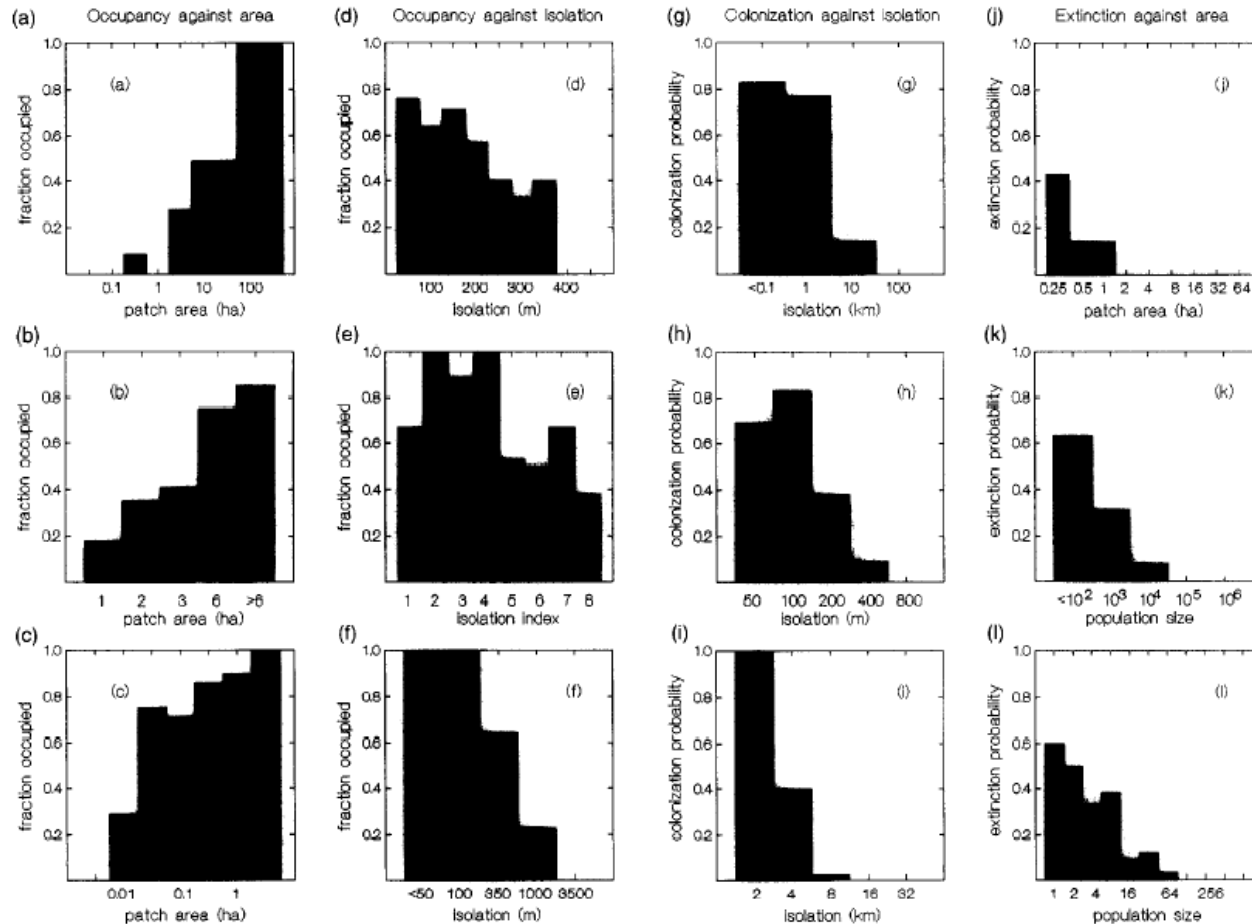


Fig. 1. Metapopulation patterns and processes: (a) the masked shrew (*Sorex caecutiens*) on small islands in lakes in Finland ($n = 68$ islands³²); (b) the nuthatch (*Sitta europaea*) in small woodlots in the Netherlands ($n = 68$ woodlots³³); (c) the butterfly *Hesperia comma* on dry meadows in England ($n = 67$ meadows; C.D. Thomas, unpublished); (d) the pika (*Ochotona princeps*) in discrete habitat patches in California ($n = 78$ patches³⁴); (e) the butterfly *Scolitantides orion* in discrete habitat patches in Finland [$n = 72$ patches, isolation measured by S_i , eqn (4); P. Saarinen, unpublished]; (f) the common shrew (*Sorex cinereus*) on islands in North America ($n = 39$ islands, omitting the smallest one; combined from Refs 27 and 35); (g) the butterfly *Hesperia comma* on dry meadows in England ($n > 100$ meadows, colonization over nine years³⁶); (h) the cricket *Metroptera bicolor* in discrete habitat patches in Sweden ($n = 43$ patches, colonization in one year³⁷); (i) the butterfly *Euphydryas editha* in discrete habitat patches in California ($n = 59$ patches, colonization over nine years²³); (j) the cricket *Metroptera bicolor* in discrete habitat patches in Sweden ($n = 90$ patches, extinction in one year³⁷); (k) pooled data for four species of spiders (*Metepira datona*, *Gasteracantha cancriformis*, *Argiope argentata* and *Eustala cazieri*) on small islands in the Bahamas ($n = 222$ island-populations, extinctions in four years²⁶); (l) the butterfly *Plebejus argus* in discrete habitat patches in the UK ($n = 55$ patches; extinctions in seven years³⁸).

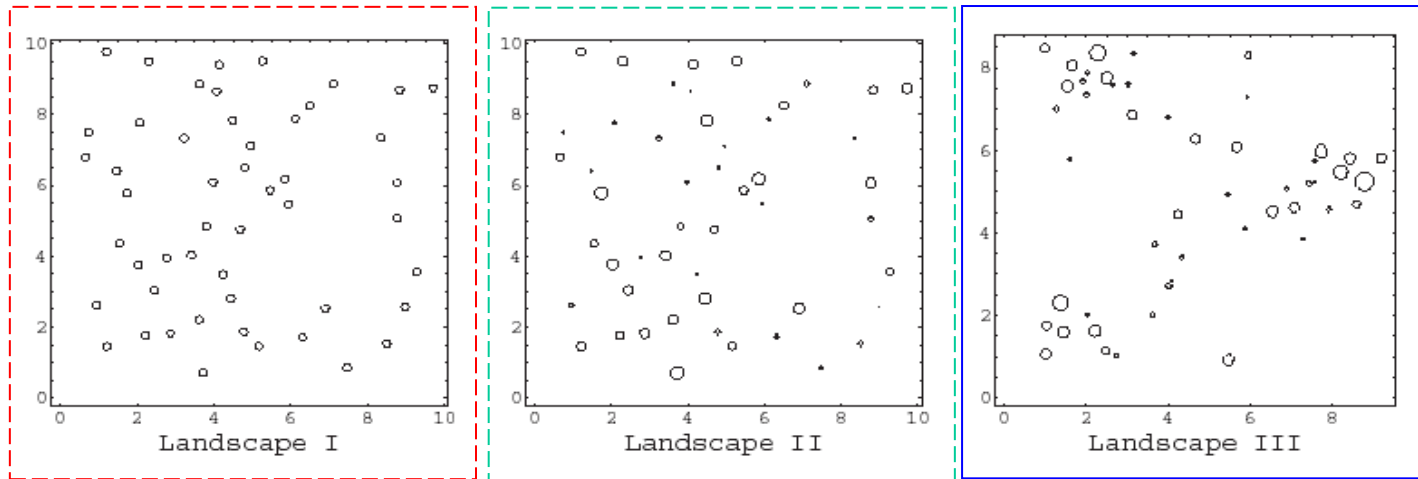
Μεταπληθυσμιακή δυναμική με χωρική κατανομή

Ερωτήσεις στις οποίες μπορούμε να απαντήσουμε με αυτού του τύπου τα μοντέλα:

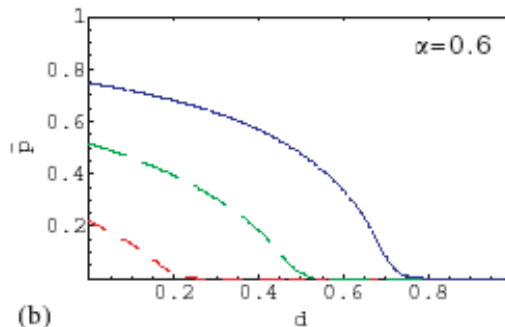
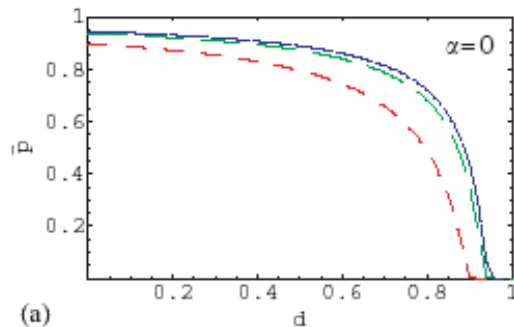
- Επίδραση της βιωσιμότητας από το μέγεθος και τη χωρική δομή των κατατμημάτων
- Επίδραση της βιωσιμότητας των διαταραχών πάνω στη βιωσιμότητα (π.χ. καταστροφή ή υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων)
- Εκτίμηση της σπουδαιότητας κάθε κατατμήματος για τη συνολική βιωσιμότητα του μεταπληθυσμού

Μεταπληθυσμιακή δυναμική με χωρική κατανομή

- Βιωσιμότητα και απώλεια ενδιαιτημάτων σε ένα ετερογενές τοπίο



Ποσοστό «γεμάτων» καταμημάτων



α^{-1} : μέση απόσταση διασποράς

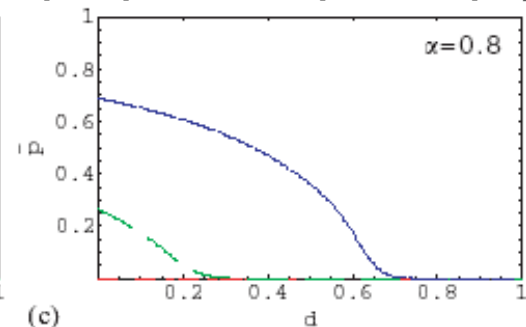
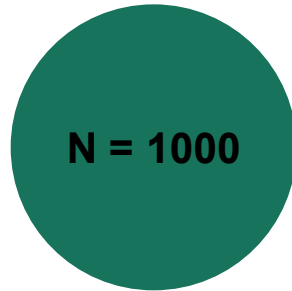


Fig. 3. \bar{p} , the long-term proportion of suitable habitat occupied by the focal species, vs the long-term destruction rate d . The patterns of lines in these figures and the following figures have the same meaning as in Fig. 2. In these cases, $e^* = 1$, $e^* = 0.1$, $\beta^* = 0.001$.

Ποσοστό απώλειας ενδιαιτημάτων

Ανάλυση βιωσιμότητας κατακερματισμένων πληθυσμών

- Συνέπειες του κατακερματισμού σε 30 πληθυσμούς σπονδυλωτών



r : συσχέτιση των περιβαλλοντικών διακυμάνσεων ανάμεσα στα κατατμήματα

m : ρυθμός μετανάστευσης

MP > SP : αριθμός ειδών που επιβιώνουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα
Όταν είναι κατακερματισμένοι

Table 2. Mean percentage of populations (1000 replicates per population) going extinct, for 30 species of vertebrates, at a carrying capacity of 1000, over 40 generations

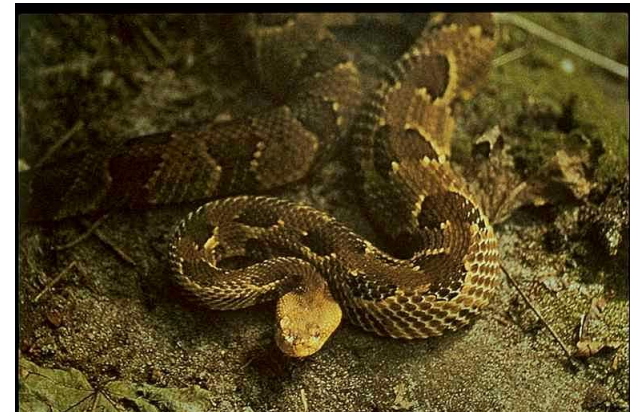
Population	Percentage extinct	MP > SP
Single population	28.1 ± 3.6	
$r = 0.0, m = 0\%$	36.0 ± 4.9	6/30
$r = 0.0, m = 4\%$	25.6 ± 4.5	22/30
$r = 0.0, m = 8\%$	21.8 ± 4.2	24/30
$r = 0.35, m = 0\%$	44.0 ± 5.0	0/30
$r = 0.35, m = 4\%$	34.5 ± 4.7	8/30
$r = 0.35, m = 8\%$	30.6 ± 4.5	16/30
$r = 0.70, m = 0\%$	57.6 ± 5.3	0/30
$r = 0.70, m = 4\%$	48.4 ± 5.3	0/30
$r = 0.70, m = 8\%$	45.0 ± 5.2	0/30

Metapopulations differed in the correlation (r) in environmental variation between subpopulations and the dispersal rate (m). The final column shows the number of species, out of 30, for which the metapopulation (MP) persisted longer than a single population (SP).

Ανάλυση βιωσιμότητας κατακερματισμένων πληθυσμών

- Πιθανότητα εξαφάνισης για $n = 1, 2, 4$ κατατμήματα

	$n = 1$	$n = 2$	$n = 4$
Species: <i>Crotalus horridus</i>			
20 Generations			
$K = 200$	0.615	0.761	0.970
$K = 400$	0.369	0.378	0.579
$K = 800$	0.202	0.136	0.143
40 Generations			
$K = 200$	0.852	0.968	1.000
$K = 800$	0.364	0.362	0.526
$K = 1600$	0.201	0.132	0.131
100 Generations			
$K = 400$	0.900	0.983	1.000
$K = 1600$	0.429	0.459	0.656
$K = 3200$	0.244	0.184	0.034



Ανάλυση βιωσιμότητας κατακερματισμένων πληθυσμών

Συμπεράσματα:

Οι συνέπειες του κατακερματισμού εξαρτώνται από

- το ρυθμό μετανάστευσης ανάμεσα στα κατατμήματα**
- την περιβαλλοντική συσχέτιση ανάμεσα στα κατατμήματα**
- το μέγεθος και τον αριθμό των τοπικών πληθυσμών**

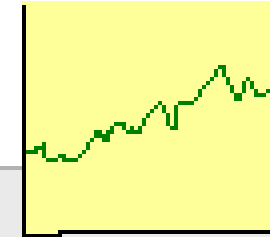
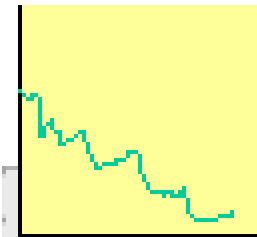
Ετερογένεια των κατατμημάτων – Πηγές - καταβόθρες

Πηγή : Ρυθμός αύξησης, $\lambda > 1$

Καταβόθρα : Ρυθμός αύξησης
(χωρίς εποίκηση) $\lambda < 1$

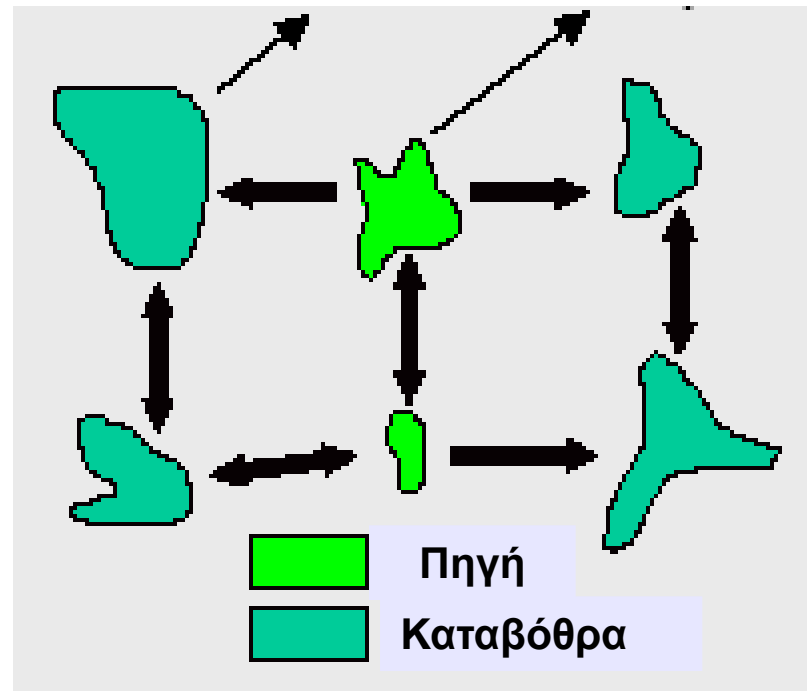
Καταβόθρα

Πηγή



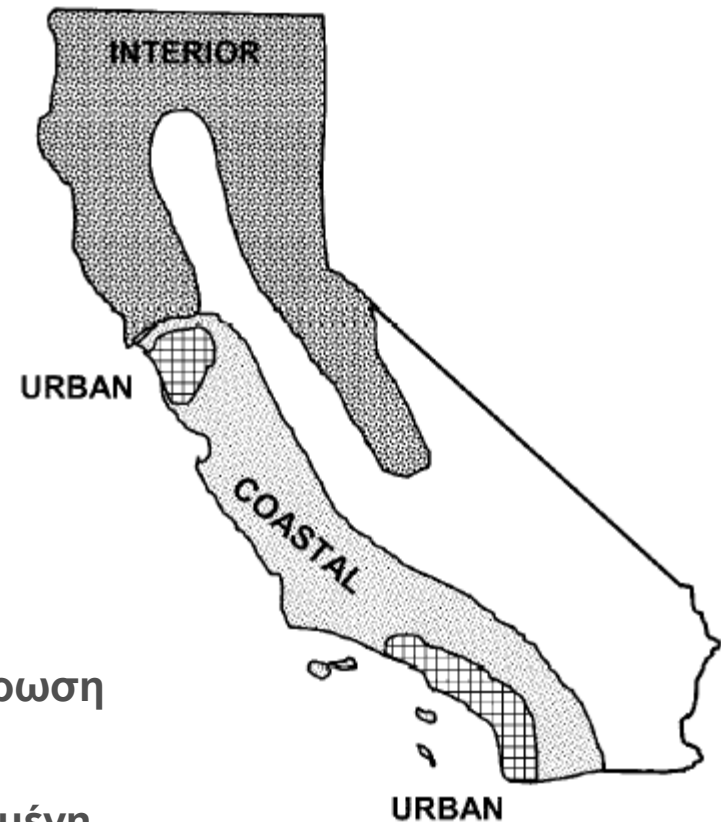
Χρόνος

Χρόνος



Πηγές - καταβόθρες – Η περίπτωση του πετρίτη στην Καλιφόρνια

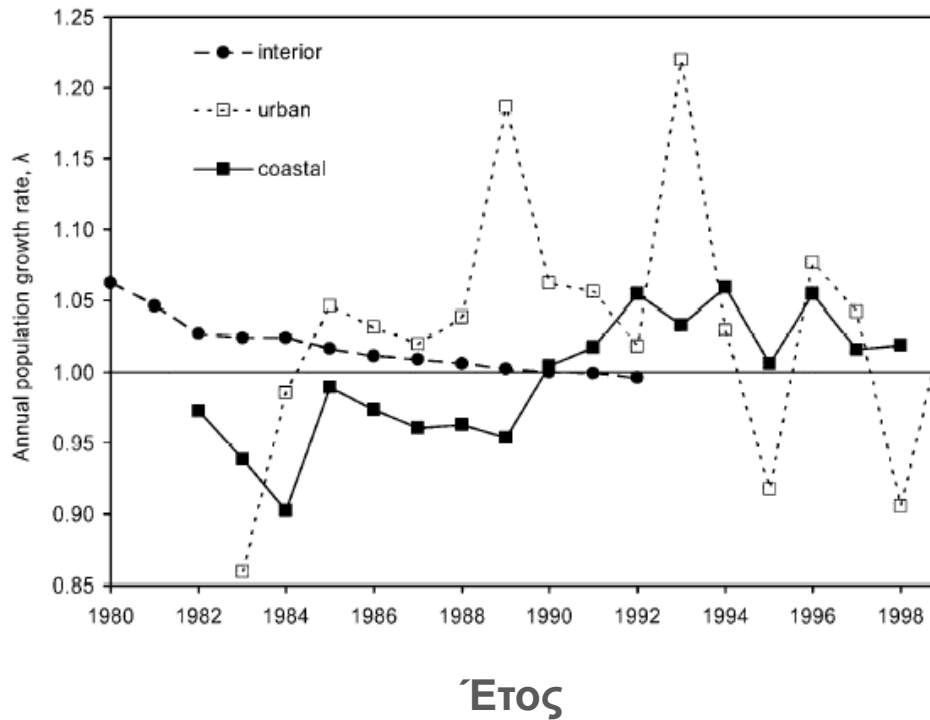
- Η χρήση ζιζανιοκτόνων (DDT) αποδεκάτισε τον πληθυσμό : 2 ζεύγη το 1971
- 1977 – 1992 : 702 άτομα απελευθερώθηκαν από την αιχμαλωσία στη φύση
- + Επώαση αυγών με λεπτό κέλυφος στην αιχμαλωσία



- Διακρίνουμε 3 ζώνες ανάλογα με τη συγκέντρωση DDT και την εν γένει ανθρώπινη παρέμβαση
(η παραθαλάσσια περιοχή είναι πιο επιβαρυσμένη από την εσωτερική)

Πηγές - καταβόθρες – Η περίπτωση του πετρίτη στην Καλιφόρνια

Ρυθμός αύξησης, λ

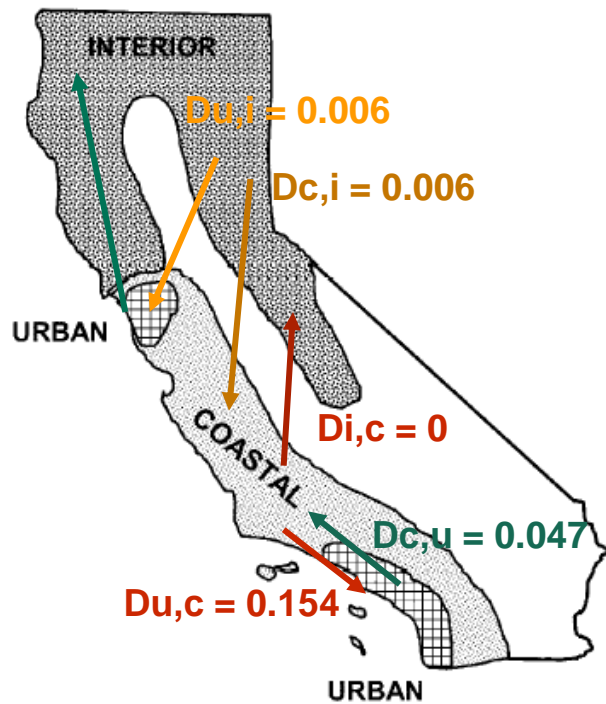


Ερωτήσεις:

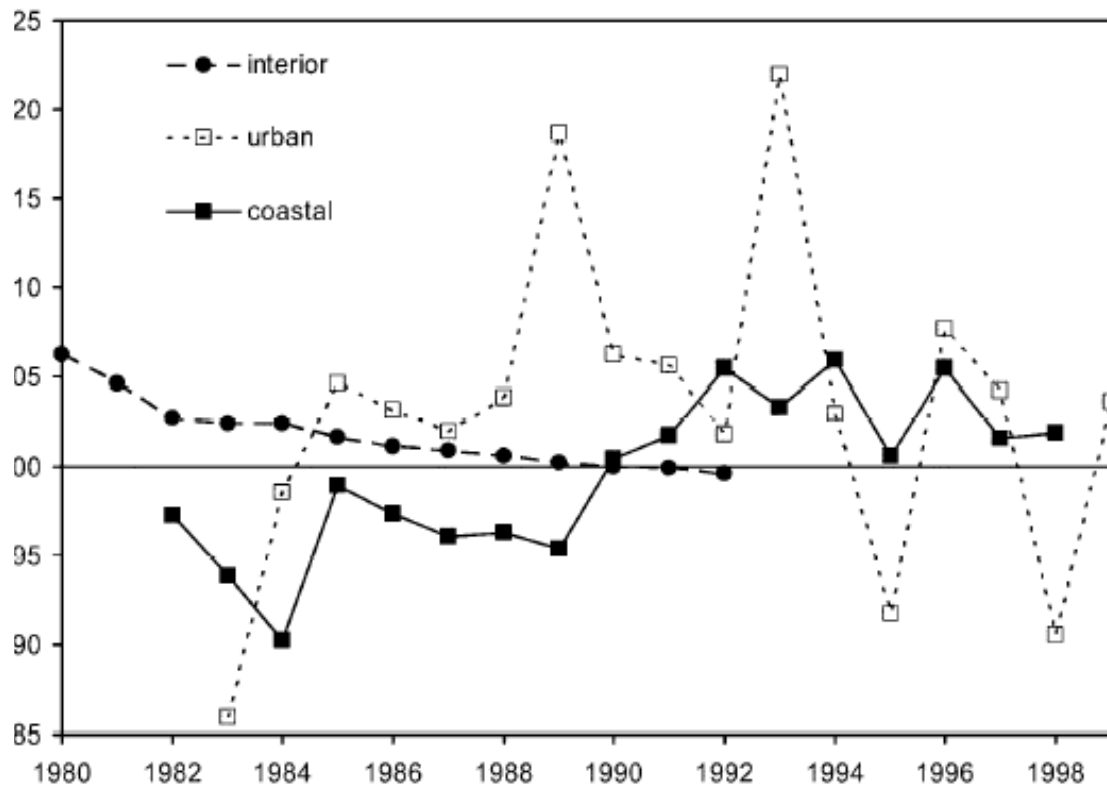
- Σε ποια περιοχή είναι προτιμότερο να εισάγουμε άτομα;
- Πως η απάντηση αλλάζει με το χρόνο;

Πηγές - καταβόθρες – Η περίπτωση του πετρίτη στην Καλιφόρνια

$$D_{i,u} = 0.226$$



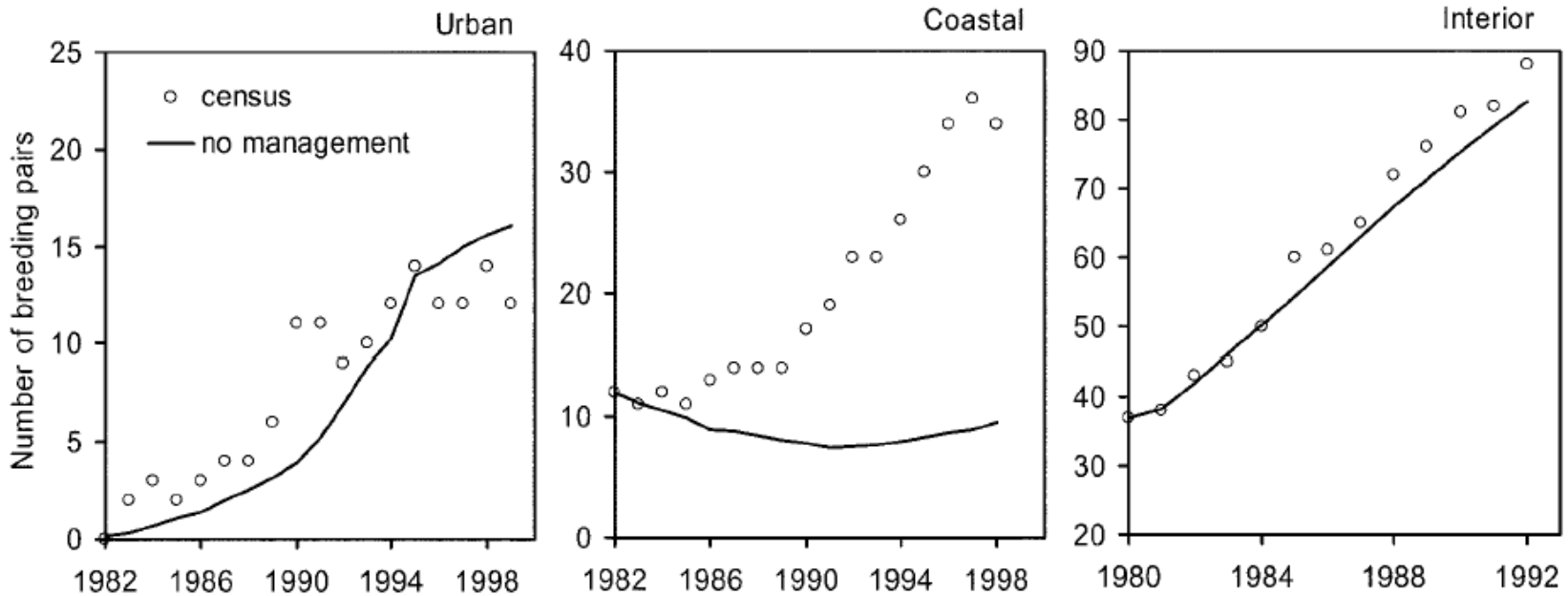
Ρυθμός αύξησης, λ



Έτος

Πηγές - καταβόθρες – Η περίπτωση του πετρίτη στην Καλιφόρνια

- Αποτελέσματα της διαχείρισης πάνω στη δυναμική των πληθυσμών



Ερώτηση:

- Σε ποια περιοχή είναι προτιμότερο να εισάγουμε άτομα; 😊

Ανάλυση βιωσιμότητας – Αναγνώριση σημαντικών κατατμημάτων

- Η περίπτωση του μαρσιποφόρου της Ν. Αμερικής *Micoureus demerarae*

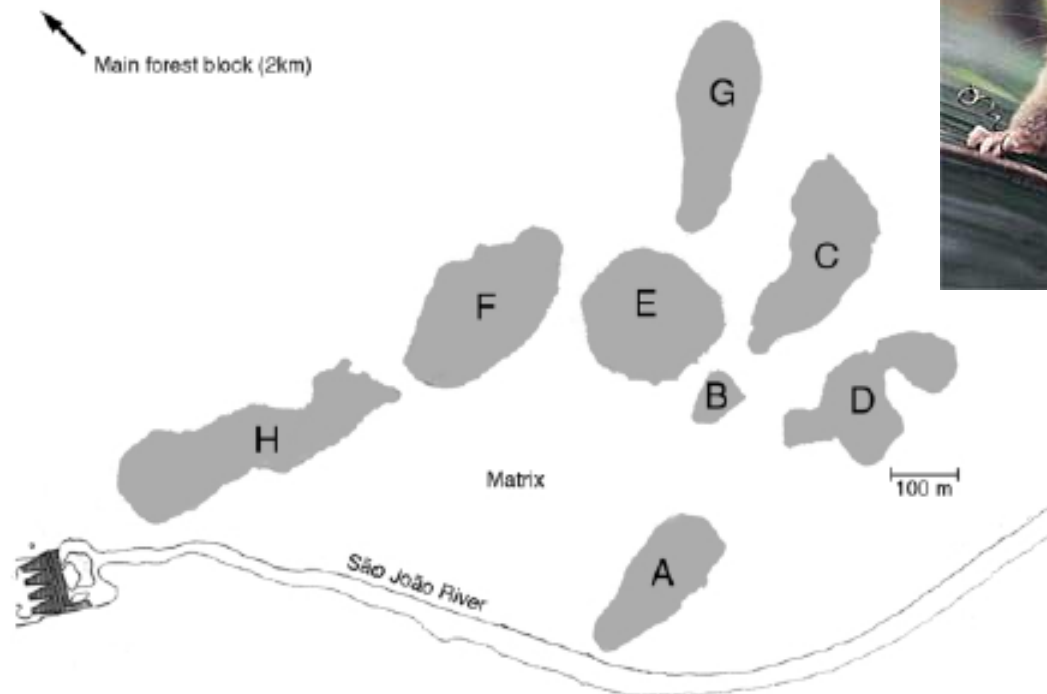


Fig. 1. The study area: a group of eight Atlantic Forest fragments known as the Howler Monkeys' Islands, within Poço da Antas Biological Reserve, southeastern Brazil.

Γκρί: δάσος (κατάλληλο ενδιαίτημα)

Λευκό: ανοικτή βλάστηση (matrix)

Ανάλυση βιωσιμότητας – Αναγνώριση σημαντικών κατατμημάτων

- Η περίπτωση του μαρσιποφόρου *Micoureus demerarae*

Φέρουσα ικανότητα

A: 23

B: 5

C: 35

D: 29

E: 37

F: 41

G: 32

H: 50

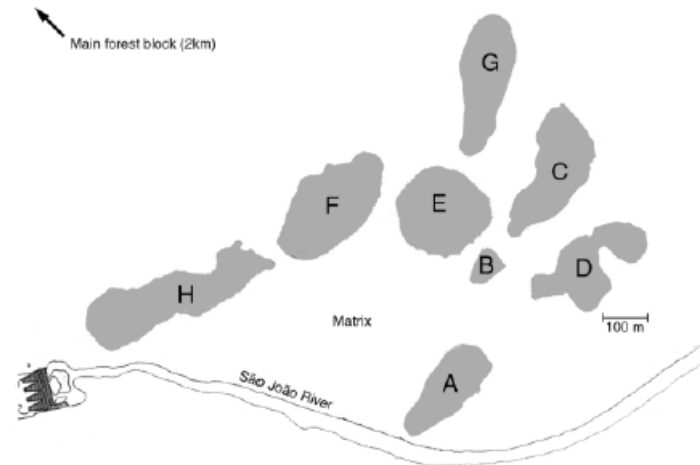


Fig. 1. The study area: a group of eight Atlantic Forest fragments known as the Howler Monkeys' Islands, within Poço da Antas Biological Reserve, southeastern Brazil.

Scenarios	PE (SE)	N (SE)
BL	0.3270 (0.0148)	60.54 (1.45)
A	0.3280 (0.0148)	56.89 (1.41)
B	0.2990 (0.0145)	58.50 (1.41)
C	0.4020 (0.0155)	50.87 (1.32)
D	0.3570 (0.0152)	53.96 (1.43)
E	0.4210 (0.0156)	46.95 (1.37)
F	0.4820 (0.0158)	44.60 (1.41)
G	0.3800 (0.0153)	52.07 (1.37)
H	0.6080 (0.0154)	36.03 (1.35)

PE probability of metapopulation extinction in a 50-year time period
N mean metapopulation final size in a 50-year time period

BL : Πρόβλεψη σύμφωνα με την παρούσα κατάσταση

A : Πρόβλεψη αφαιρώντας το ενδιαίτημα A κ.ο.κ.

Κατακερματισμένοι πληθυσμοί και γενετική

- Ο κατακερματισμένος πληθυσμός του φρύνου *Bufo calamita*



Κατακερματισμένοι πληθυσμοί και γενετική

- Ο κατακερματισμένος πληθυσμός του φρύνου *Bufo calamita*

Απόσταση από τις παρυφές της κατανομής (Saltfleeby, Southernness)

Απόσταση (km)	Ετεροζυγωτία
< 50	0.206
50 - 80	0.322
> 80 -100	0.356
Ηπειρωτική Ευρώπη	0.504

Κατακερματισμένοι πληθυσμοί και γενετική

- Ο κατακερματισμένος πληθυσμός του φρύνου *Bufo calamita*

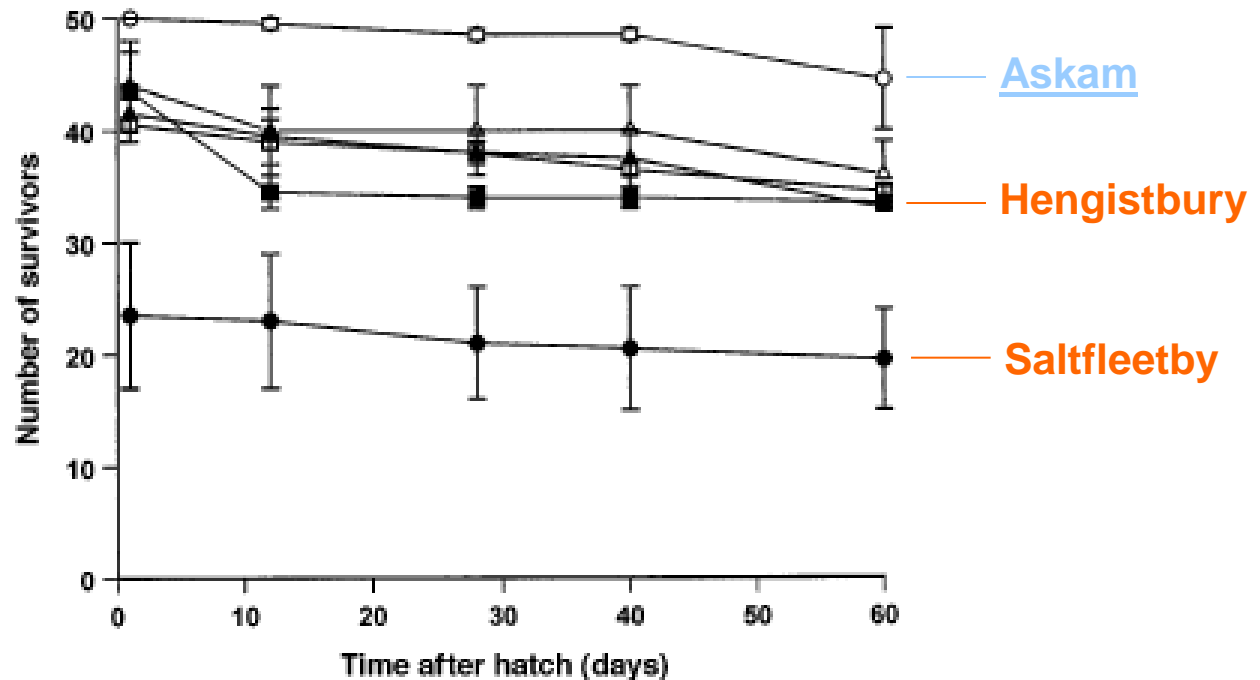


Fig. 2. Survival of larvae during development. Numbers are of survivors in each tank at each time point. Population of origin: ○, Woolmer; ●, Saltfleetby; △, Birkdale; ▲, Southernness; □, Askam; ■, Hengistbury. Bars represent standard deviations of means.

➔ Η επιβίωση των γυρίνων είναι πιο χαμηλή στα περιφερειακά ενδιαιτήματα

Επιλογές διαχείρισης των κατακερματισμένων πληθυσμών

- Ενίσχυση του μεγέθους των τοπικών πληθυσμών

Αύξηση της επιφάνειας και/ή της ποιότητας των κατατμημάτων

- Εξασφάλιση της σύνδεσης ανάμεσα στα κατατμήματα

Μεταφορά ατόμων

Δημιουργία διαδρόμων

- Αύξηση του αριθμού των τοπικών πληθυσμών

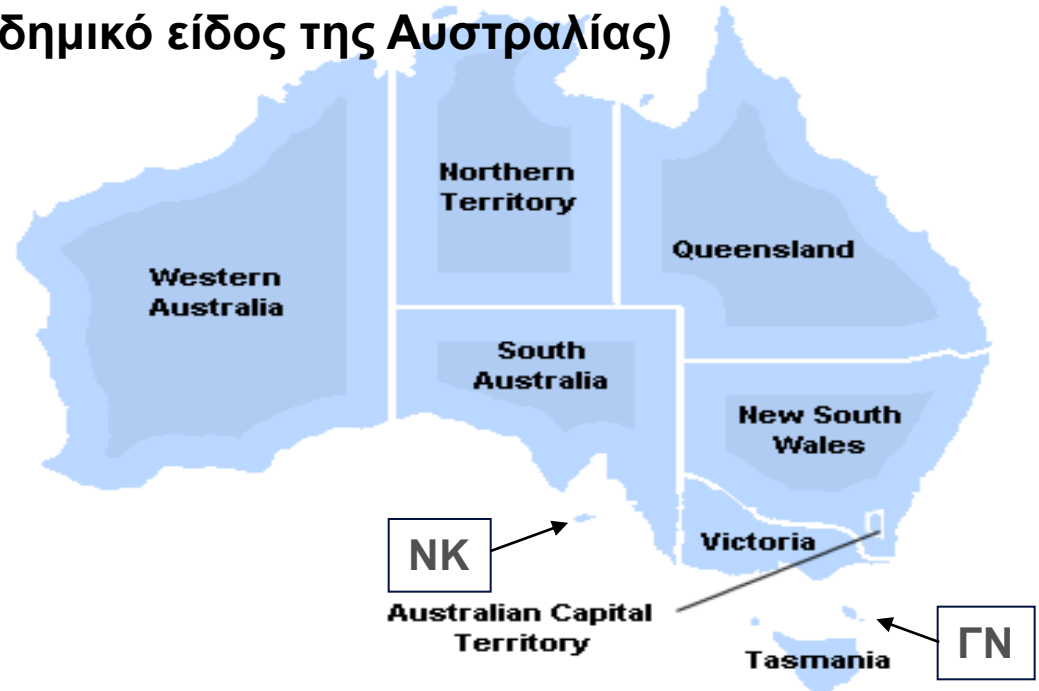
Ίδρυση νέων πληθυσμών

Διάνοιξη νέων διαδρόμων

Ερώτηση : Ποια επιλογή είναι πιο αποτελεσματική;

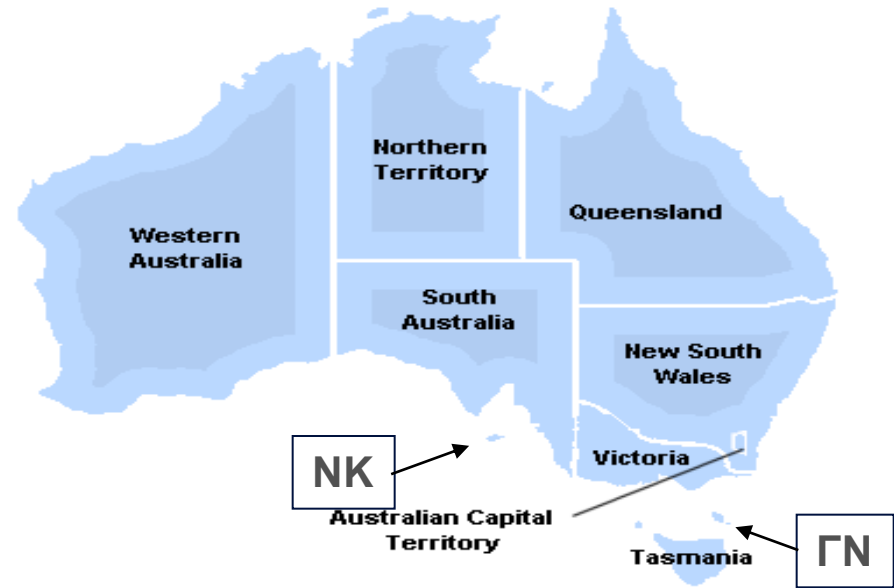
Ποιους πληθυσμούς να συνδέσω;

- Η περίπτωση των Κοάλα (ενδημικό είδος της Αυστραλίας)



- Έως το 19^ο αιώνα : άφθονο σε όλη την ανατολική ακτή
- 1930: < 50 % της αρχικής επιφάνειας – Εξαφανισμένο στο Νότο και τη Βικτόρια
- Δεκαετία '30: 2 – 3 άτομα ιδρύουν τον πληθυσμό του «Γαλλικού Νησιού» (ΓΝ)
- Δεκαετία '30: 18 άτομα του ΓΝ ιδρύουν τον πληθυσμό «Νησιού του Καγκουρό» (NK)

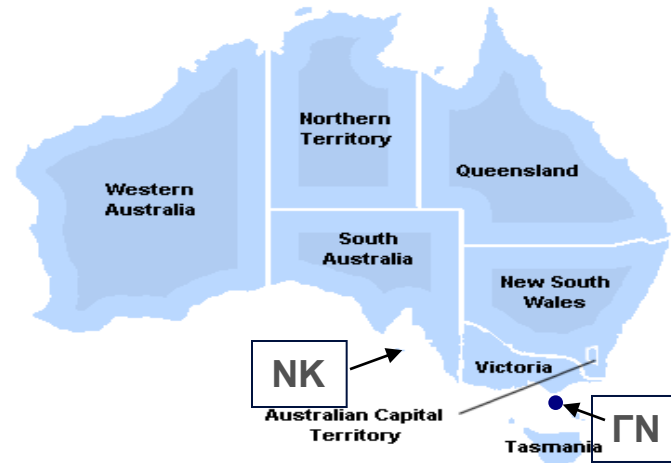
Ποιους πληθυσμούς να συνδέσω;



- Ο πληθυσμός του ΓΝ ίδρυσε τον πληθυσμό του ΝΚ
- ο πληθυσμός του ΝΚ ίδρυσε τον πληθυσμό της Νότιας Αυστραλίας

Ερώτηση: Πως κρίνετε το πρόγραμμα επανεισαγωγών των Κοάλα;

Ποιους πληθυσμούς να συνδέσω;



- Ο πληθυσμός της Νότιας Αυστραλίας έχει περάσει από δύο στενωπούς

Πληθυσμοί	Αρ. αλληλόμορφων / γεν. τόπο	Ετεροζυγωτία
N. Αυστραλία + Βικτόρια	5.3	0.44
Queensland	11.5	0.85

- Μειωμένη αντίσταση στο βακτήριο Chlamydia
- Μειωμένη κινητικότητα σπέρματος + απλασία των όρχεων