

# Γενετική Διαχείριση



Εισηγητής  
Αναπλ. Καθ. Πουλακάκης Νίκος  
roulakakis@nhmc.uoc.gr

# Βιοποικιλότητα

## Τι είναι η Βιοποικιλότητα ή Βιολογική Ποικιλότητα;

*Η ποικιλομορφία των ζωντανών οργανισμών κάθε προέλευσης (χερσαίοι, θαλάσσιοι και όλων των υπόλοιπων υδάτινων οικοσυστημάτων και οικολογικών συμπλεγμάτων), συμπεριλαμβανομένης της ενδοειδικής ποικιλομορφίας, της ποικιλομορφίας μεταξύ ειδών και μεταξύ οικοσυστημάτων (Matthews et al. 2001).*

ΤΕΥΧΟΣ ΠΡΩΤΟ

Αρ. Φύλλου 60

31 Μαρτίου 2011

ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 3937

Διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις.

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ  
ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Εκδίδομε τον ακόλουθο νόμο που ψήφισε η Βουλή:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α΄  
ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ  
ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ

Άρθρο 1

Σκοπός

1. Σκοπός των ρυθμίσεων είναι η αιεφόρος διαχείριση και αποτελεσματική διατήρηση της βιοποικιλότητας, ως πολύτιμου, αναντικατάστατου και σπουδαίας σημασίας εθνικού κεφαλαίου.

2. Η διατήρηση της βιοποικιλότητας προϋποθέτει διαδικασίες προγραμματισμού και διαχείρισης, στο πλαίσιο των οποίων εξασφαλίζεται ευρεία φάση διαβούλευσης, ώστε να αξιολογείται η βέλτιστη επιστημονική γνώση και η διαθέσιμη τεχνολογία.

3. Οι ειδικότεροι στόχοι είναι οι ακόλουθοι:

ζ) Προώθηση της σημασίας της διατήρησης της βιοποικιλότητας και των προστατευόμενων περιοχών γεωκότερα στην κοινωνία.

Άρθρο 2

Ορισμοί

Κατά την έννοια του παρόντος νόμου, νοούνται ως:

1. Βιολογική ποικιλότητα ή βιοποικιλότητα: η ποικιλία των ζώντων οργανισμών πάσης προελεύσεως, περιλαμβανομένων, μεταξύ άλλων, των χερσαίων, θαλασσιών και άλλων υδατικών οικοσυστημάτων και οικολογικών συμπλεγμάτων, των οποίων αποτελούν μέρος. Επίσης, περιλαμβάνεται η ποικιλότητα εντός των ειδών, μεταξύ ειδών και οικοσυστημάτων (άρθρο 2 του ν. 2204/1994, ΦΕΚ 59 Α΄). Στη βιολογική ποικιλότητα περιλαμβάνεται τέλος η ποικιλότητα των γονιδίων μέσα και μεταξύ των ειδών.

2. Γεώτοποι: οι γεωλογικές-γεωμορφολογικές δομές που συνιστούν φυσικούς σχηματισμούς και αντιπροσωπεύουν σημαντικές στιγμές της γεωλογικής ιστορίας της γης, είναι σημαντικοί μάρτυρες της μακράς εξέλιξης της ή δείχνουν σύγχρονες φυσικές, γεωλογικές διεργασίες που συνεχίζουν να εξελίσσονται στην επιφάνεια



# Βιοποικιλότητα



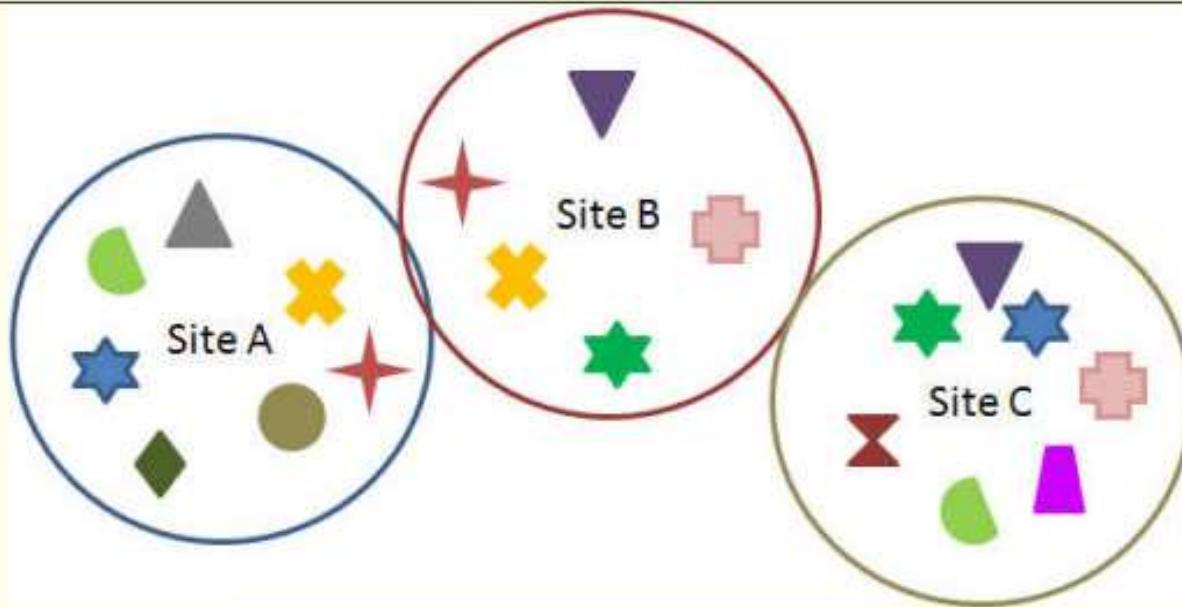
Ο Whittaker (1972) περιέγραψε 3 όρους για την μέτρηση της βιοποικιλότητας σε χωρικό επίπεδο: άλφα, βήτα και γάμα ποικιλότητα.

**άλφα ποικιλότητα:** αναφέρεται στην ποικιλότητα μιας περιοχής ή ενός οικοσυστήματος και αφορά συνήθως τον αριθμό των ειδών ενός οικοσυστήματος.

**βήτα ποικιλότητα:** η σύγκριση της ποικιλότητας μεταξύ των οικοσυστημάτων, η οποία συνήθως εκτιμάται ως ο αριθμός των ειδών που αλλάζει από το ένα οικοσύστημα στο άλλο.

**γάμα ποικιλότητα:** η μέτρηση της συνολικής ποικιλότητας μέσα σε μία μεγάλη, σε έκταση, περιοχή.

# Βιοποικιλότητα



Site A = 7 Species

Site B = 5 Species

Site C = 7 Species



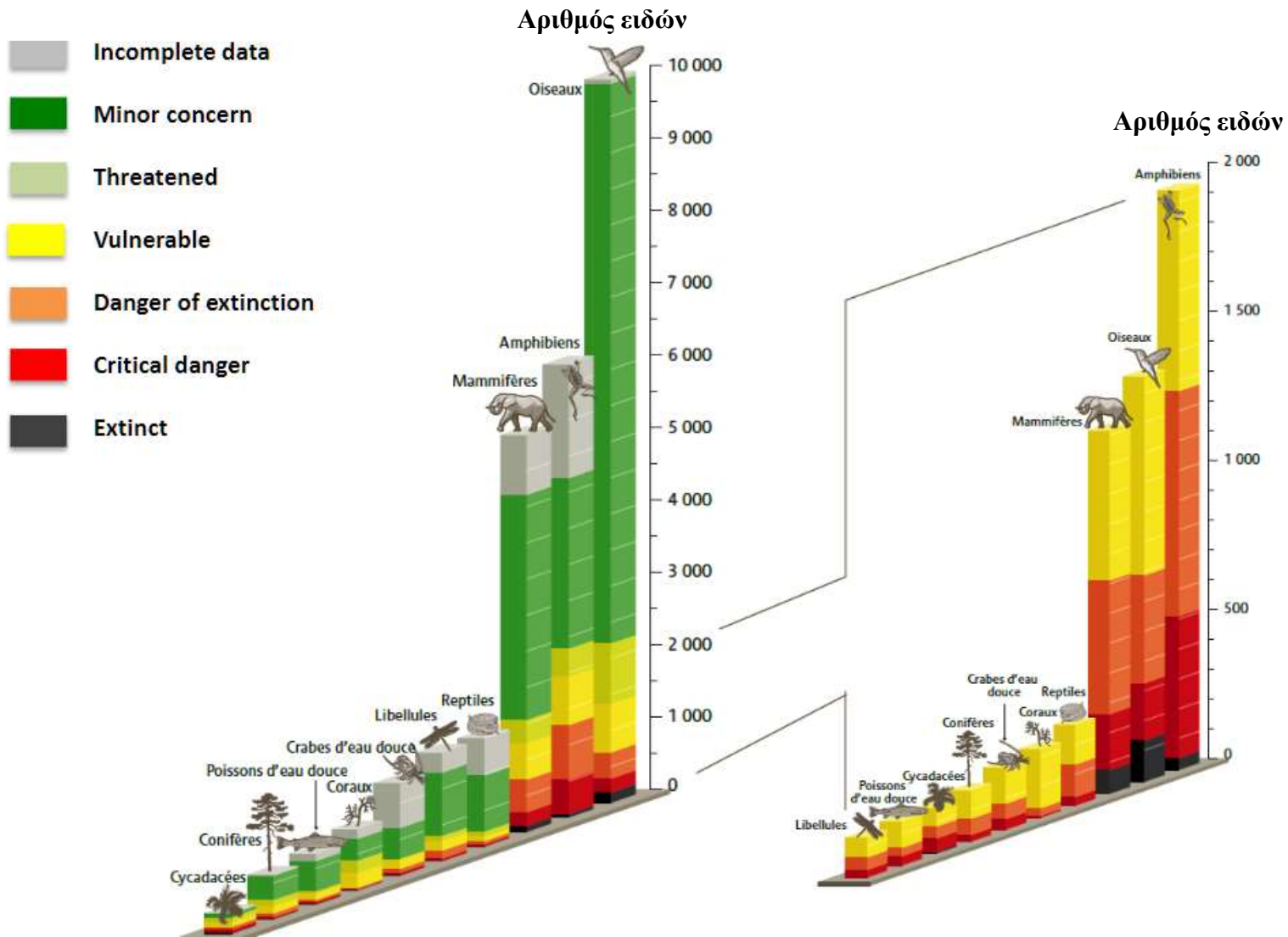
# Βιοποικιλότητα

Υποθετικά είδη	Φρύγανα	Μακκία	Δάσος
A	X		
B	X		
Γ	X		
Δ	X		
E	X		
Z	X		
H	X		
Θ	X	X	
I	X	X	
K	X	X	
Λ	X	X	
M	X	X	
N	X	X	
Ξ		X	
O		X	X
Π		X	X
P		X	X
Σ		X	X
T		X	X
Υ			X
Φ			X
X			X
Ψ			X
Ω			X
<b>άλφα ποικιλότητα</b>			
<b>βήτα ποικιλότητα</b>			
<b>γάμα ποικιλότητα</b>			

# Βιοποικιλότητα

Βάσει αυτού του ορισμού, υπάρχουν 3 διακριτά επίπεδα ποικιλότητας:

- ✓ **Ποικιλότητα ειδών:** ο αριθμός των ειδών και η σχετική τους αφθονία σε μία περιοχή.
- ✓ **Ποικιλότητα οικοσυστημάτων:** η ποικιλότητα μιας περιοχής σε επίπεδο οικοσυστημάτων.
- ✓ **Γενετική ποικιλότητα:** αναφέρεται στο συνολικό αριθμό των γενετικών χαρακτηριστικών που συνθέτουν το γενετικό προφίλ ενός είδους.

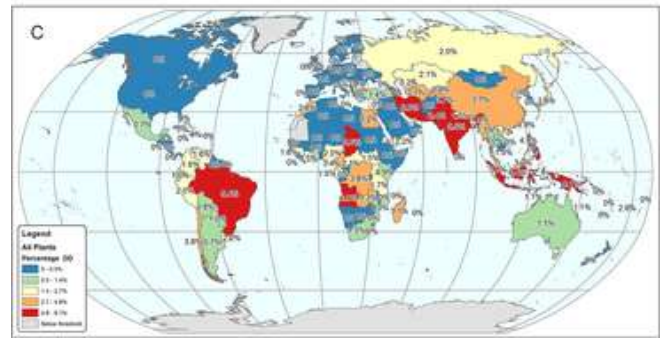
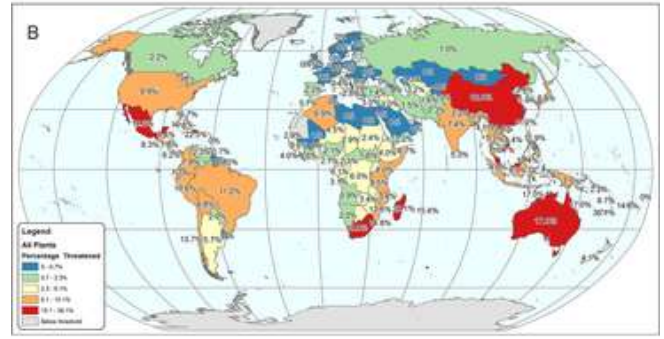
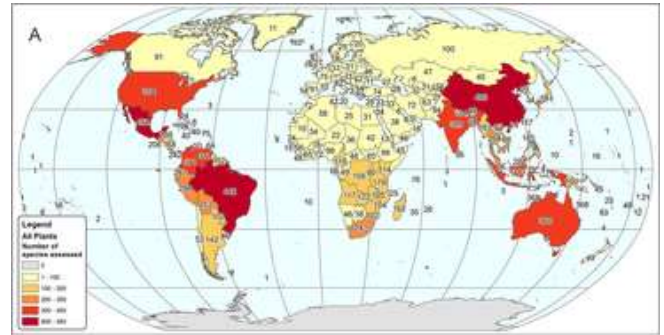
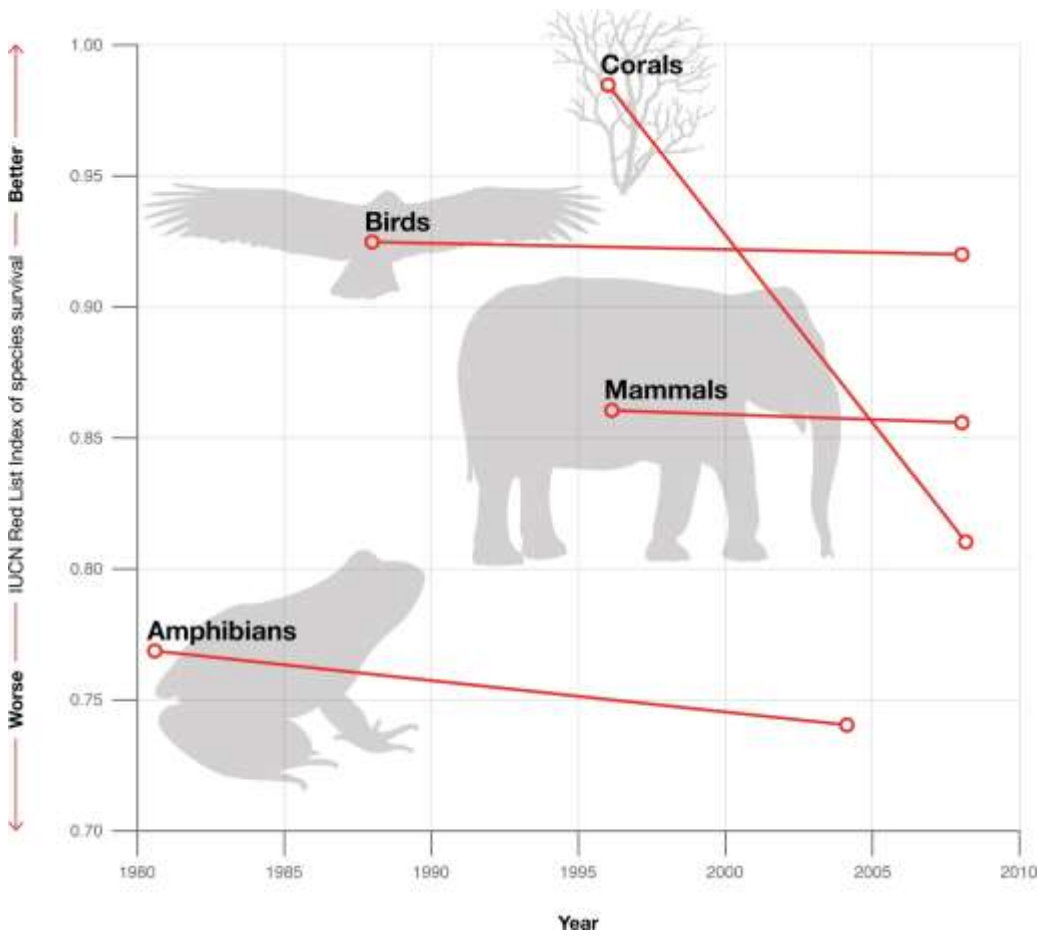


**Το 1/3 των αμφιβίων είναι από απειλούμενα ως κρίσιμως κινδυνεύοντα**

# IUCN Sampled Red List Index (SRLI)

↑ SRLI = μικρότερος κίνδυνος εξαφάνισης  
 ↓ SRLI = μεγαλύτερος κίνδυνος εξαφάνισης

# Global map of average extinction risk of species per country from the combined SRLI



Brummitt NA, Bachman SP, Griffiths-Lee J, Lutz M, Moat JF, et al. (2015) Green Plants in the Red: A Baseline Global Assessment for the IUCN Sampled Red List Index for Plants. PLOS ONE 10(8): e0135152.



Ο όρος **βιοποικιλότητα** αναφέρεται σε όλους τους διαφορετικούς οργανισμούς του πλανήτη μας και περιλαμβάνει τόσο την ποικιλότητα σε επίπεδο ειδών, όσο και τη γενετική ποικιλότητα.

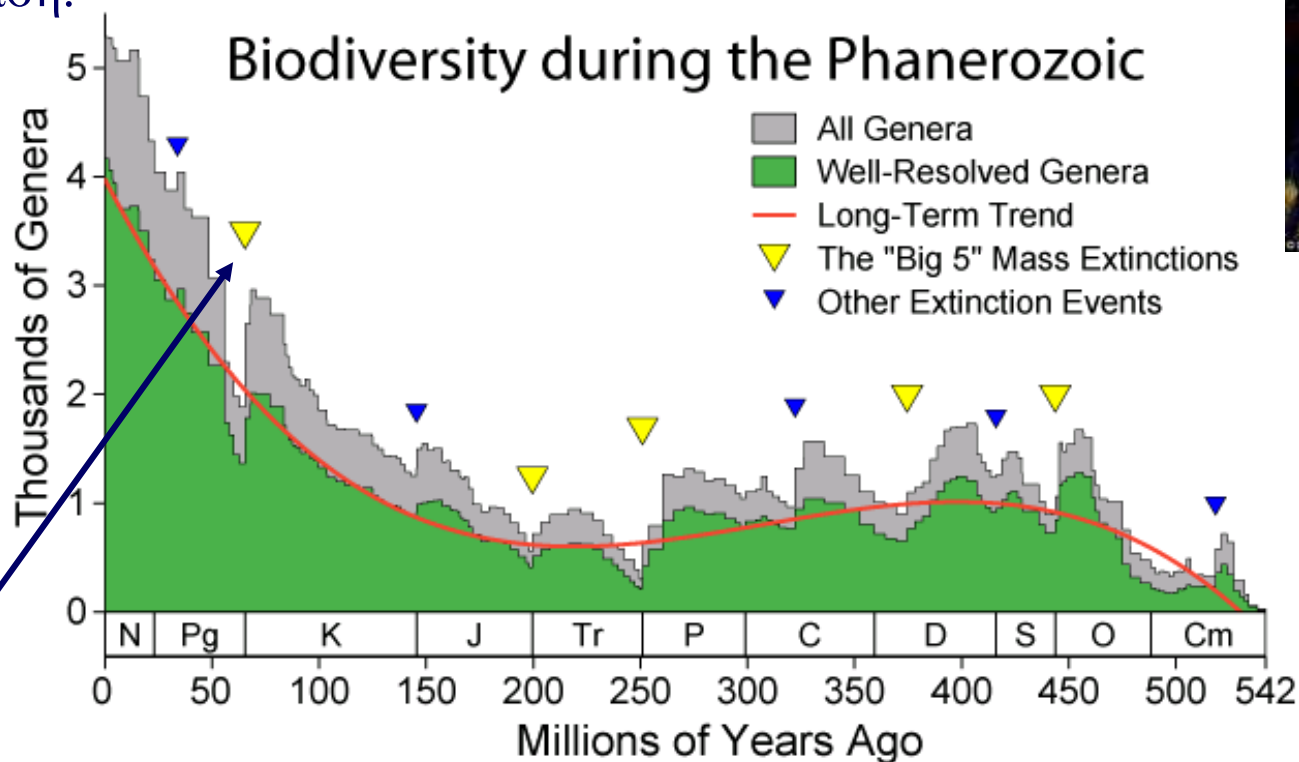
## Γιατί είναι σημαντική η Βιοποικιλότητα;

- Χωρίς ποικιλότητα σε επίπεδο ειδών δεν λειτουργούν τα οικοσυστήματα τα οποία διατηρούν τη ζωή στο πλανήτη μας!
- Οικονομικοί λόγοι (καλλιέργειες, εμπόριο, ψυχαγωγία, ιατρική)



Γνωρίζουμε από το αρχείο των απολιθωμάτων ότι η βιοποικιλότητα αυξάνει τα τελευταία 600 εκ. χρ., παρά το γεγονός ότι το 99% των ειδών που έχουν ζήσει στο πλανήτη μας έχουν σήμερα εξαφανιστεί.

Το 96% των εξαφανίσεων έλαβαν χώρα με ένα σχετικά σταθερό ρυθμό (ρυθμός εξαφάνισης). Το υπόλοιπο 4% έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια 5 διακριτών μαζικών εξαφανίσεων, όπου το 75% της τότε υπάρχουσας βιοποικιλότητας οδηγήθηκε σε εξαφάνιση.



Η πιο γνωστή εξαφάνιση: Η εξαφάνιση του τέλους του Κρητιδικού (85% των ειδών χάθηκαν)

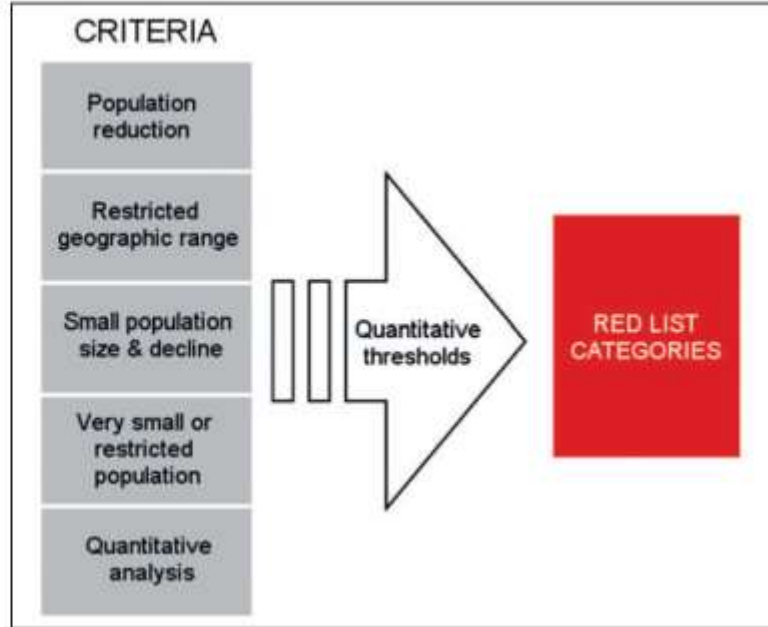
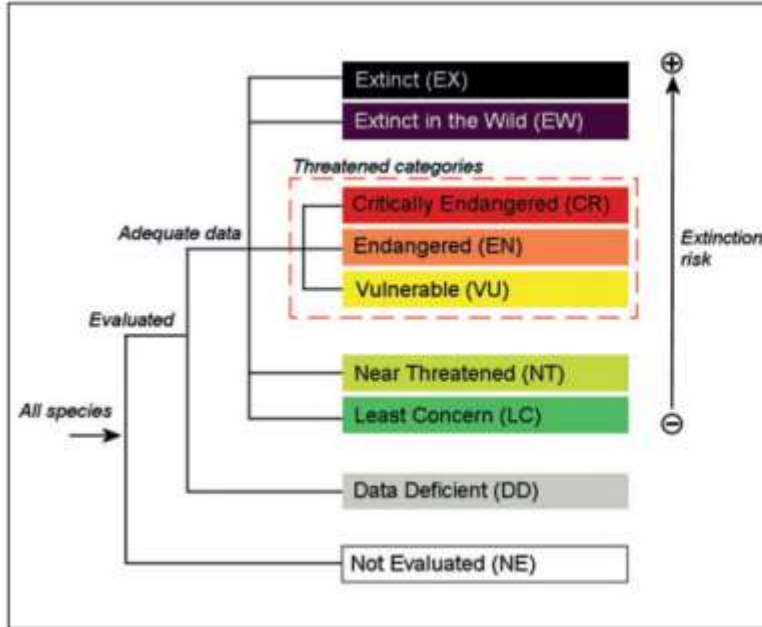
# Μήπως διανύουμε τη περίοδο της έκτης μαζικής εξαφάνισης;



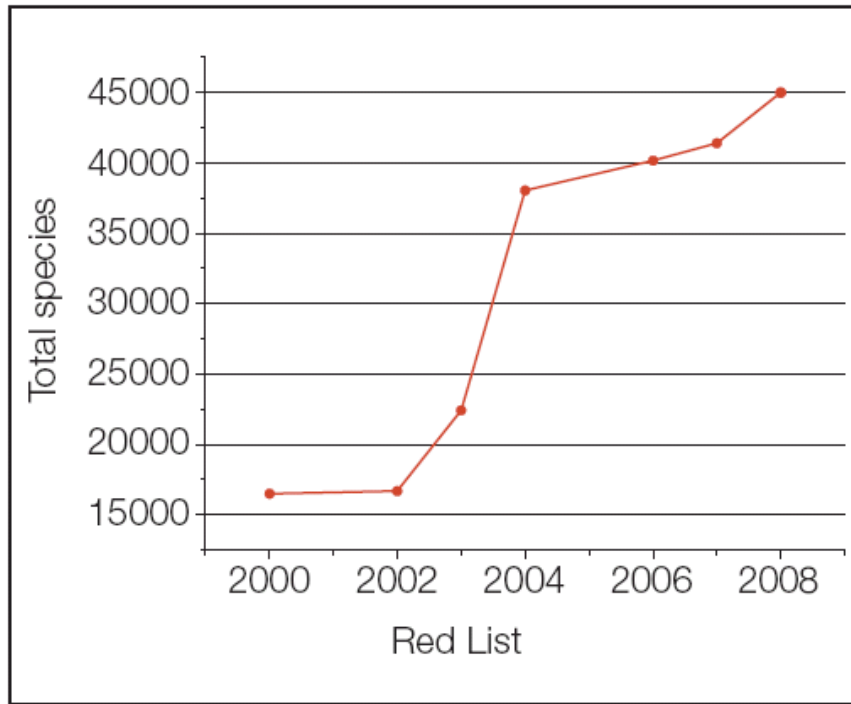
Τα τελευταία 400 χρόνια, μερικές εκατοντάδες είδη έχουν εξαφανιστεί. Η καλύτερη εκτίμηση παρέχεται από την IUCN

## Τι είναι η IUCN?

IUCN, International Union for Conservation of Nature (δημιουργεί λίστες ειδών (RED LIST) για τα είδη που βρίσκονται σε κίνδυνο



## Ο αριθμός των ειδών αυξάνει δραματικά με το χρόνο!!



*Number of species appearing on each published IUCN Red List since 2000.*

### Είδη που απειλούνται

**23% Θηλαστικών**

**12% Πτηνών**

**31% Γυμνόσπερμων**

**Κύρια αιτία: Ο άνθρωπος και οι επεμβάσεις του**

- Εισαγόμενα είδη
- Καταστροφή και κατακερματισμός ενδιαιτημάτων (ρύπανση, ασθένειες)
- Υπερεκμετάλλευση ειδών
- Μικρό πληθυσμιακό μέγεθος

# Ο ρόλος της Ταξινόμησης στη Γενετική Διαχείριση

**Ταξινομία:** η θεωρία και η πρακτική της κατάταξης των οργανισμών (η ανακάλυψη, η περιγραφή, ο προσδιορισμός, η ομαδοποίηση και η ονομασία ειδών)



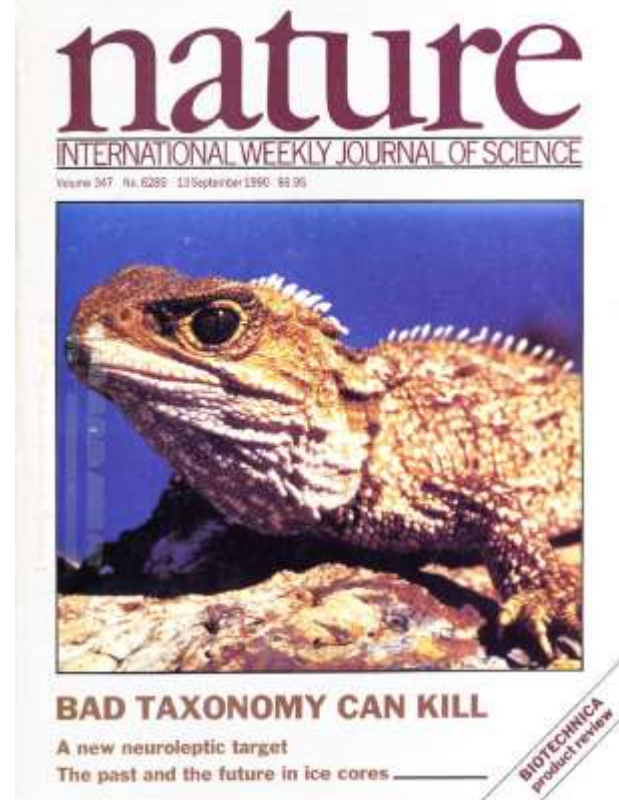
Ταξινομικές αμφιβολίες



Διάσωση λανθασμένης «μονάδας»



Η σωστή ταξινόμηση είναι εξαιρετικά κρίσιμη για τη διατήρηση κινδυνεύοντων ή τρωτών ταξινομικών μονάδων



*“Bad taxonomy can kill -- or, rather, bad taxonomy can even kill what we don't intend to kill”*

M. Novacek

# Η έννοια του είδους!

Οι βιολόγοι δεν είναι ικανοί να συμφωνήσουν στο τι είναι είδος ή πως καθορίζονται τα είδη!

**Table 15.1 The biological species concept and some recently proposed alternatives**

(Futuyma 1997)

---

**BIOLOGICAL SPECIES CONCEPT** A species is a group of individuals fully fertile inter se, but barred from interbreeding with other similar groups by its physiological properties (producing either incompatibility of parents, or sterility of the hybrids, or both). (Dobzhansky 1935)

Species are groups of actually or potentially interbreeding natural populations that are reproductively isolated from other such groups. (Mayr 1942)

**EVOLUTIONARY SPECIES CONCEPT** A species is a single lineage (an ancestral-descendant sequence) of populations or organisms that maintains its identity from other such lineages and which has its own evolutionary tendencies and historical fate. (Wiley 1978)

**PHYLOGENETIC SPECIES CONCEPTS** A phylogenetic species is an irreducible (basal) cluster of organisms that is diagnosably distinct from other such clusters, and within which there is a parental pattern of ancestry and descent. (Cracraft 1989)

A species is the smallest monophyletic group of common ancestry. (de Queiroz and Donoghue 1990)

**RECOGNITION SPECIES CONCEPT** A species is the most inclusive population of individual biparental organisms that share a common fertilization system. (Paterson 1985)

**COHESION SPECIES CONCEPT** A species is the most inclusive population of individuals having the potential for phenotypic cohesion through intrinsic cohesion mechanisms. (Templeton 1989)

**ECOLOGICAL SPECIES CONCEPT** A species is a lineage (or a closely related set of lineages) that occupies an adaptive zone minimally different from that of any other lineage in its range and which evolves separately from all lineages outside its range. (Van Valen 1976)

**INTERNODAL SPECIES CONCEPT** Individual organisms are conspecific by virtue of their common membership in a part of the genealogical network between two permanent splitting events or between a permanent split and an extinction event. (Kornet 1993)

---

Source: Coyne (1994).

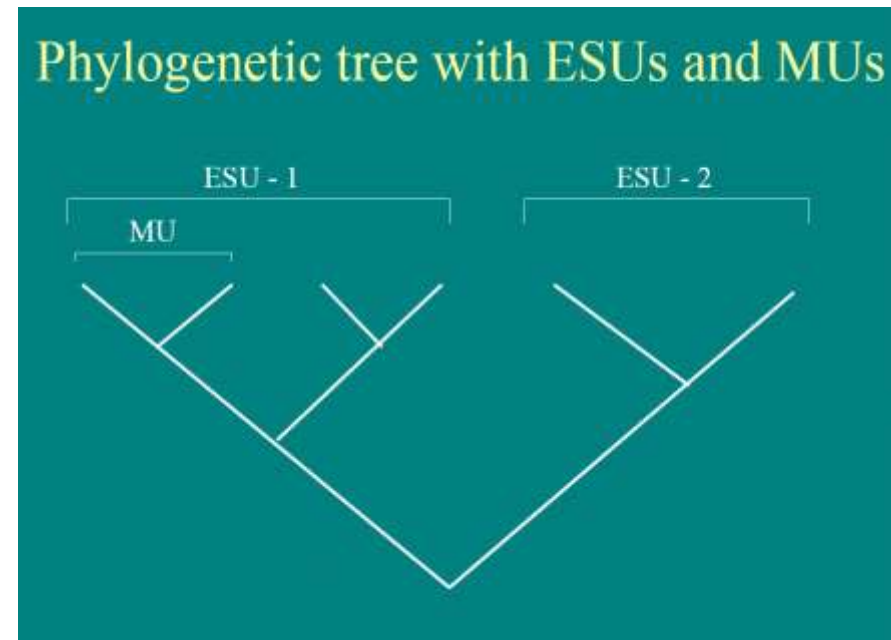
Σε μια προσπάθεια να καταστρατηγήσουν τα προβλήματα που σχετίζονται με τον ορισμό του είδους, οι «διαχειριστές» έχουν εισαγάγει τις έννοιες

**Management Unit (MU) ή Διαχειριστική Μονάδα:** κάθε πληθυσμός που ανταλλάσει πολύ λίγους μετανάστες με άλλους πληθυσμούς και αποτελεί γενετικά διακριτό πληθυσμό. Τέτοιες μονάδες μπορεί να αναγνωριστούν βάσει σημαντικών διαφορών σε αλληλικές συχνότητες πολλών ουδέτερων γενετικών τόπων.

**Evolutionary Significant Unit (ESU) ή Εξελικτικά Σημαντική Μονάδα:**

αποτελείται από ένα ή περισσότερους πληθυσμούς οι οποίοι είναι γενετικά και μορφολογικά διακριτοί από τους υπόλοιπους Πληθυσμούς.

Τα ESUs χαρακτηρίζονται από μονοφυλετικότητα σε επίπεδο mtDNA και σημαντικές διαφορές στις αλληλικές συχνότητες ουδέτερων πυρηνικών τόπων



Η βάση της γενετικής διαχείρισης και το μήνυμα που πρέπει να ληφθεί είναι ότι:

*Πρέπει να διατηρήσουμε τα φυσικά πρότυπα γενετικής ποικιλότητας έτσι ώστε να διατηρήσουμε τις προοπτικές για τη συνέχιση της εξέλιξης!!!*

*Περιορισμοί της Γενετικής στη Διαχειριστική Βιολογία:*

1. Η εφαρμογή της γενετικής σε διαχειριστικά θέματα είναι σχετικά νέα επιστήμη που βρίσκεται σε διαρκή ανάπτυξη.
2. Πολλές γενετικές τεχνικές είναι πολυδάπανες και μπορεί να εφαρμοσθούν και να χρησιμοποιηθούν λανθασμένα.
3. Φυτικοί και ζωικοί ιστοί πρέπει να συλλέγονται και να διατηρούνται κατάλληλα.



Η Γενετική Διαχείριση ασχολείται με τους γενετικούς παράγοντες που επηρεάζουν την πιθανότητα εξαφάνισης και θέτει στρατηγικές για την μείωση αυτής της πιθανότητας.

## 11 σημεία κλειδιά που πρέπει ελέγχονται στην γενετική και σχετίζονται με την Διαχείριση

1. Η θανατηφόρα επίδραση της ομομιξίας στην αναπαραγωγή και επιβίωση (ομομικτικός υποβιβασμός → αύξηση πιθανότητας ομοζυγωτίας → αύξηση πιθανότητας επιβλαβών αλληλόμορφων γονιδίων σε ομόζυγη κατάσταση)

2. Απώλεια της γενετικής ποικιλότητας των πληθυσμών και της ικανότητάς τους να αλλάζουν ως απόκριση στις περιβαλλοντικές αλλαγές.

3. Κατακερματισμός πληθυσμών και μείωση της γονιδιακής ροής.

4. Τυχαίες διαδικασίες (γενετική παρέκκλιση) που υπερισχύουν της φυσικής επιλογής ως κύριος μηχανισμός εξέλιξης.

5. Συσσώρευση και εξάλειψη θανατηφόρων μεταλλαγών.

# 11 σημεία κλειδιά που πρέπει ελέγχονται στην γενετική και σχετίζονται με την Διαχείριση

6. Γενετική προσαρμογή στην αιχμαλωσία και η ανάστροφη επίδρασή της στην επιτυχία της επανεισαγωγής.
7. Ταξινομικές αμφιβολίες.
8. Καθορισμός MUs και ESUs μέσα στα είδη.
9. Η χρήση γενετικών δεδομένων στη ανακάλυψη παράνομου κυνηγιού και συλλογής.
10. Η χρήση γενετικών δεδομένων στην κατανόηση θεμάτων σχετικά με τη βιολογία του είδους.
11. Θανατηφόρες επιδράσεις στην αρμοστικότητα ως αποτέλεσμα της διασταύρωσης ατόμων γενετικά διαφορετικών πληθυσμών (ετερογαμικός υποβιβασμός π.χ. μη ευνόηση των ενδιάμεσων φαινοτύπων, γονοτύπων).

## *Πως χρησιμοποιείται η γενετική για τη μείωση της εξαφάνισης;*

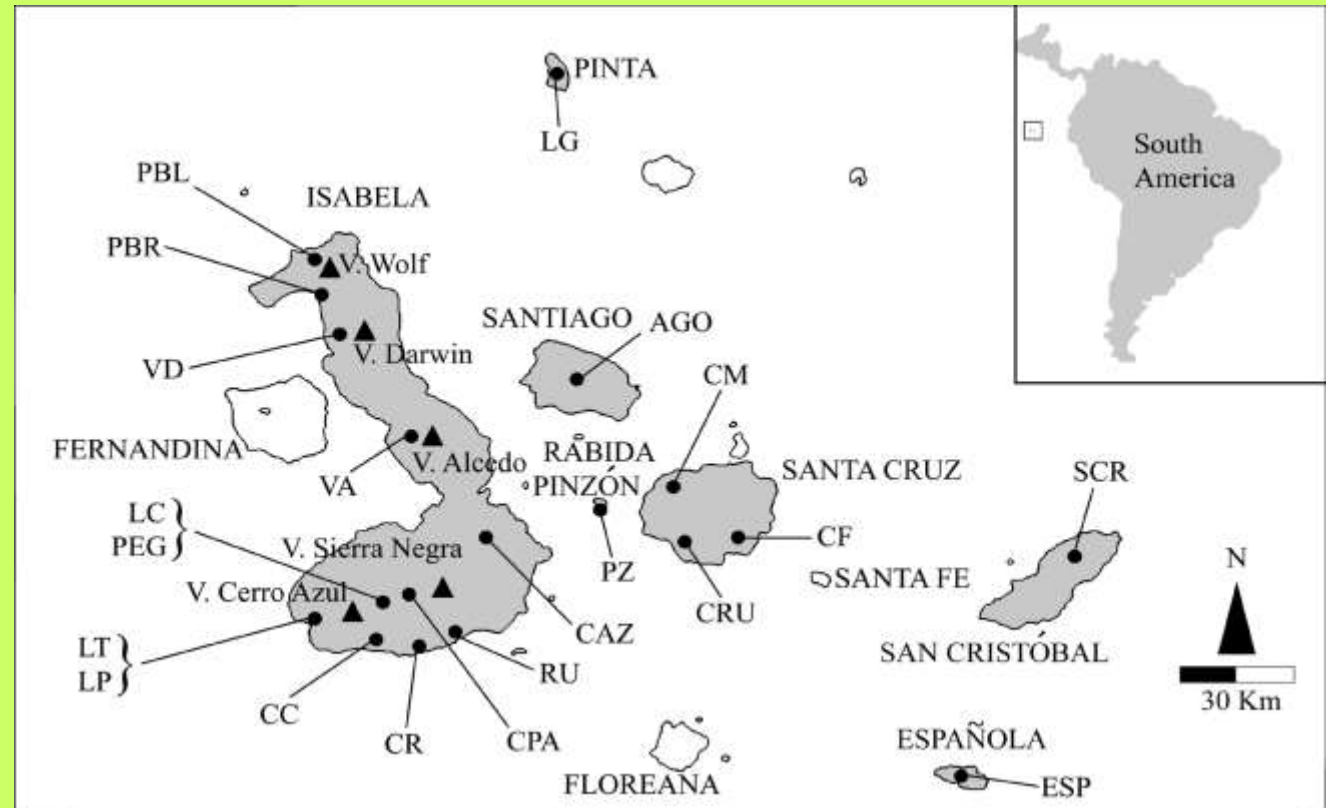
- Μειώνοντας την πιθανότητα εξαφάνισης μέσω την μείωσης της ομομιξίας και της απώλειας της γενετικής ποικιλότητας.
- Αναγνωρίζοντας «σημαντικούς» πληθυσμούς.
- Αποκαλύπτοντας τη δομή ενός πληθυσμού.
- Επιλύοντας ταξινομικά προβλήματα
- Ορίζοντας MUs μέσα στα είδη.
- Ανακαλύπτοντας υβριδισμούς
- Εφαρμογή νέων τεχνικών δειγματοληψίας γενετικού υλικού που δεν επηρεάζουν τους οργανισμούς (τρίχες, περιπτώματα κ.α).
- Καθορίζοντας περιοχές για επανεισαγωγή.
- Επιλέγοντας τους καλύτερους πληθυσμούς για επανεισαγωγή.
- Αστυνόμευση.
- Κατανόηση της βιολογίας των ειδών

# Γιγάντιες χελώνες των Galápagos (*Geochelone* spp. ή *Chelonoidis*)

Παραμένουν τρωτές σε όλη την έκταση της κατανομής τους (IUCN 2006).

Πληθυσμοί τους εντοπίζονται σε 6 νησιά

- Isabela
- Santiago
- Pinzon
- Santa Cruz
- Española
- San Cristobal



# Σήμερα

- 15 taxa έχουν προσδιοριστεί (είδη ή υποείδη)
- 11 αρτίγονα taxa (απειλούμενα από τον άνθρωπο)

Η τρέχουσα ταξινομική βασίζεται σε μορφολογικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών (σχήμα χέλιου)

## Ποικιλομορφία χέλιου (καβούκι)



Σχήμα σέλας (Saddle back)



Σχήμα θόλου (Dome)



# Ο προσδιορισμός της εξελικτικής προέλευσης και η κατανόηση της ιστορίας των 4 εξαφανισμένων πληθυσμών (μουσειακά δείγματα)

- **Floreana**
- **Santa Fe**
- **Fernandina**
- **Rabida**



Με τη χρήση:

- αλληλουχιών mtDNA (περιοχή ελέγχου, CR) και
- μικροδορυφορικών πυρηνικών τόπων (10)

## Φυλογενετικές αναλύσεις

- + αλληλουχίες από τα μουσειακά δείγματα
- + αλληλουχίες αρτίγονων χελωνών
- + 3 αλληλουχίες που χρησιμοποιηθήκαν ως παραομάδες (εξωομάδες)

**Σύνολο δεδομένων: 123 αλληλουχίες σύγχρονων και εξαφανισμένων χελωνών**

**Αναλύσεις:**

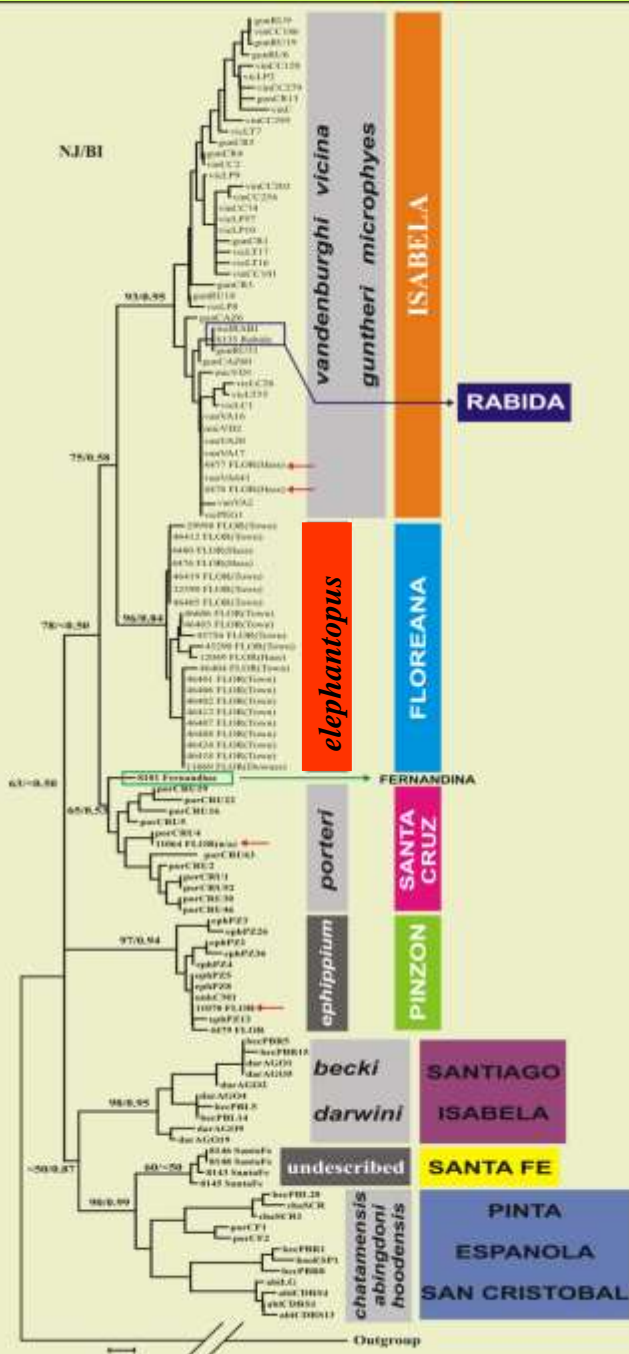
**Bayesian Inference (BI), Maximum Likelihood (ML) και Neighbor Joining (NJ)**



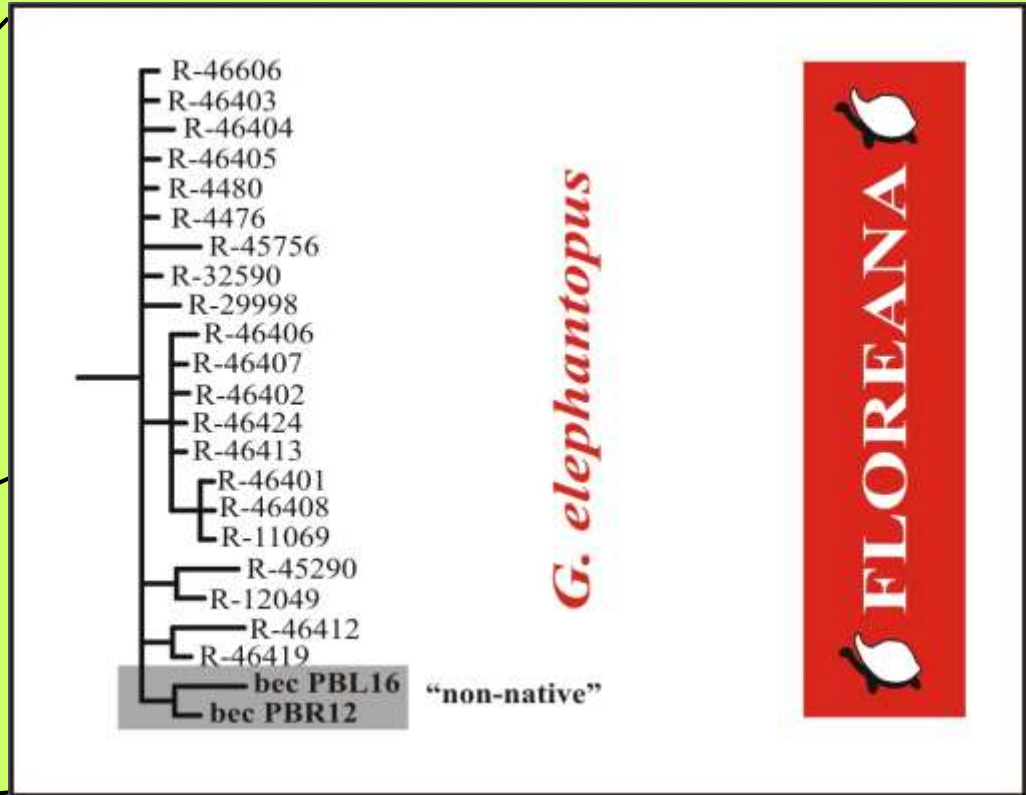
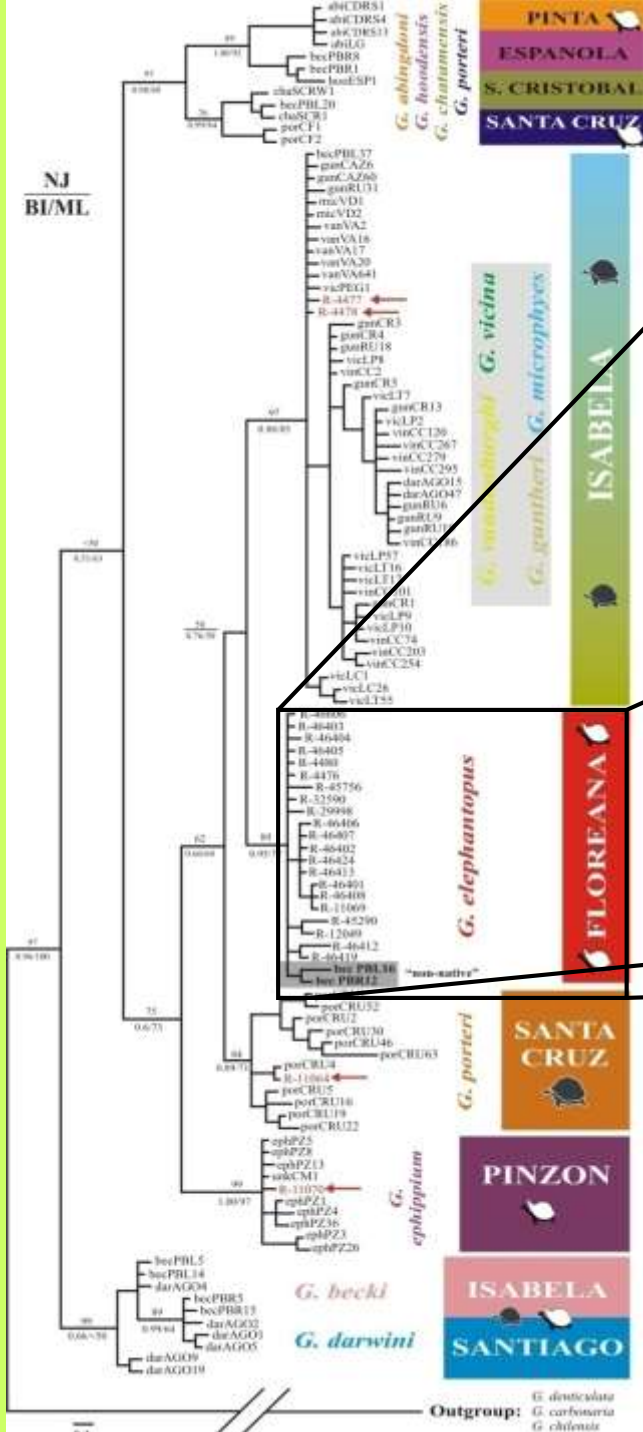


# Δεδομένα mtDNA

## Δέντρο Bayesian Inference βάσει των αλληλουχιών CR mtDNA



# Δεδομένα mtDNA



# Δεδομένα mtDNA

## PBL16 και PBR12

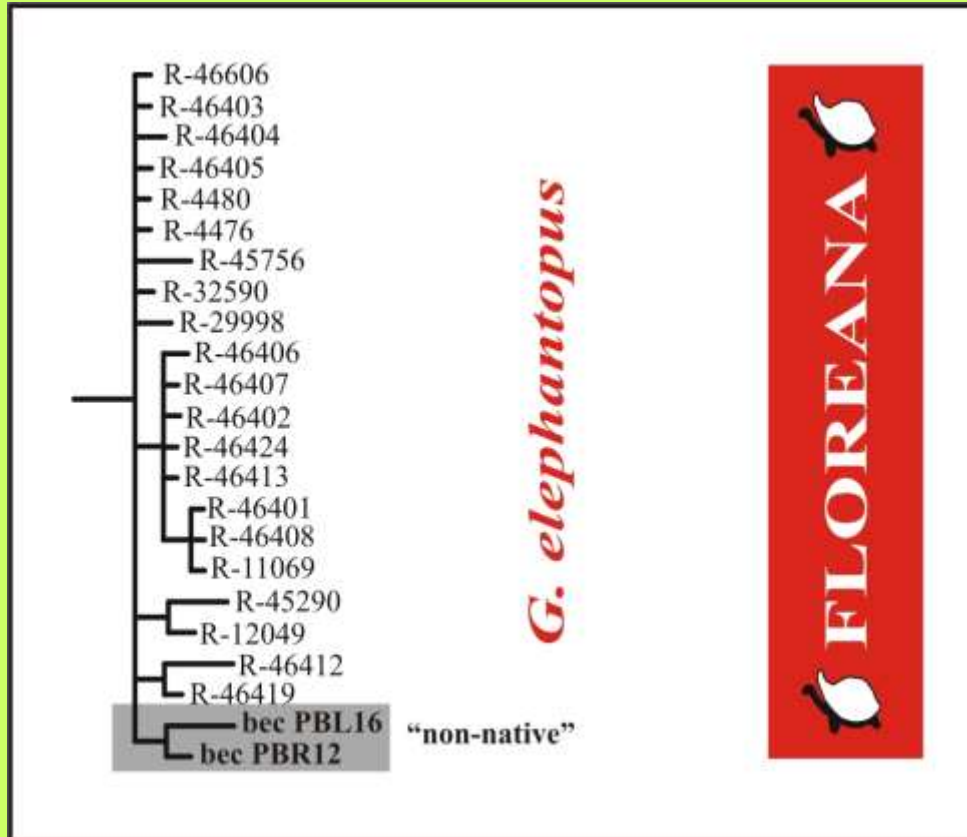
“Alien” ή “non-native” ή  
αλλόχθονα άτομα

(13 άτομα)

Διαφέρουν κατά

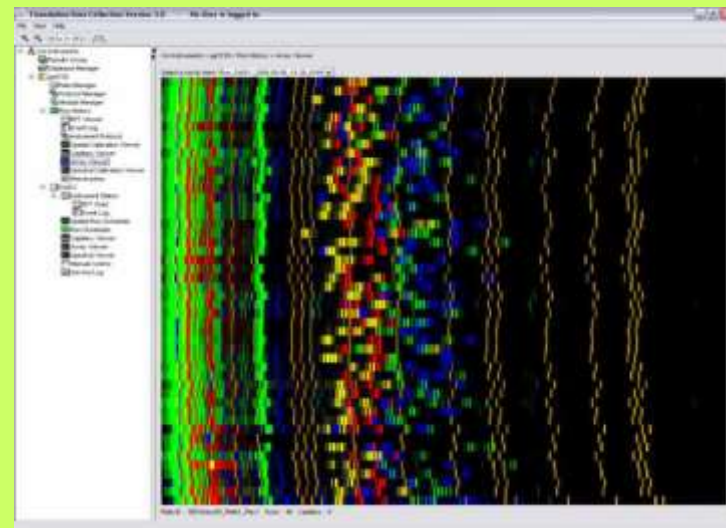
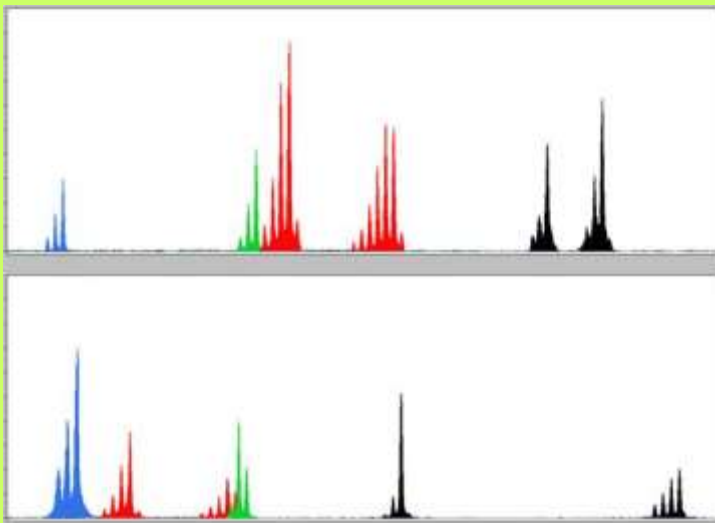
- 17-32 νουκλεοτιδικές υποκαταστάσεις από τα υπόλοιπα άτομα του νησιού Isabela,

- 2-9 υποκαταστάσεις από τους απλότυπους του κλάδου της Floreana.

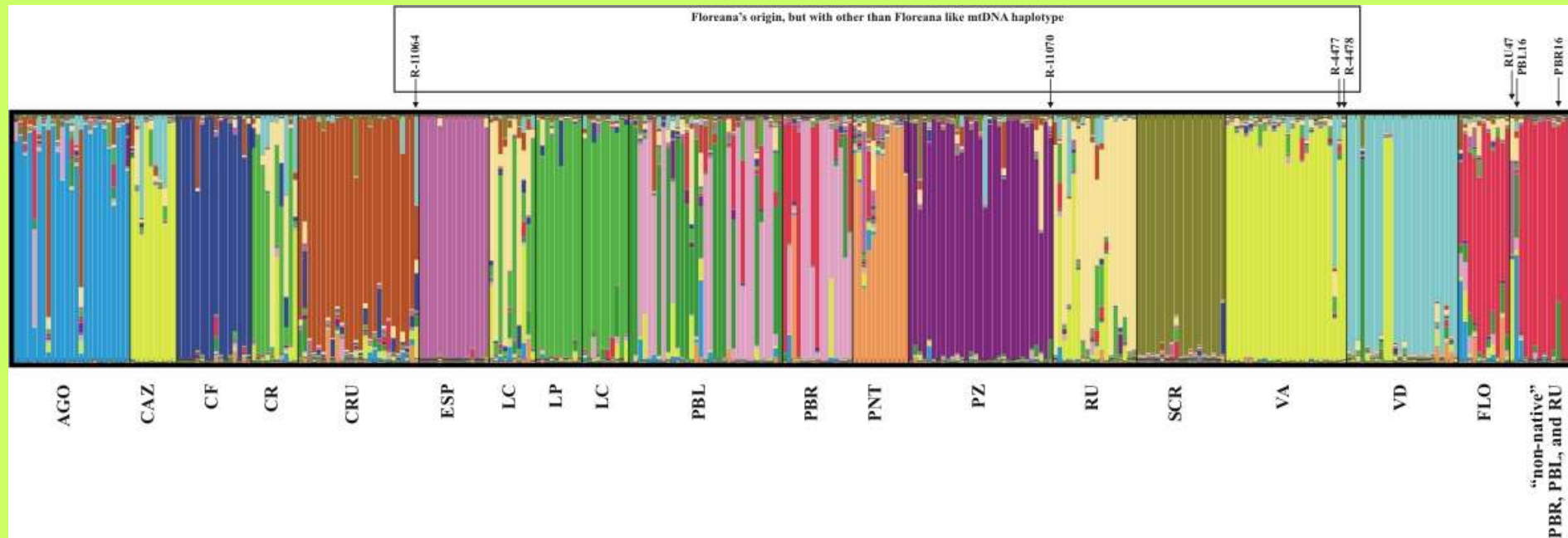


Περαιτέρω διερεύνηση της εξελικτικής ιστορίας της Floreana και των αλλόχθονων (“non-native”) ατόμων μέσω της ανάλυσης της ποικιλότητας 10 ειδικών για το είδος μικροδορυφορικών τόπων.

Σύγκριση με γενετική βάση που περιλαμβάνει 336 άτομα όλων των αρτίγων πληθυσμών των γιγάντιων χελωνών των Galápagos.



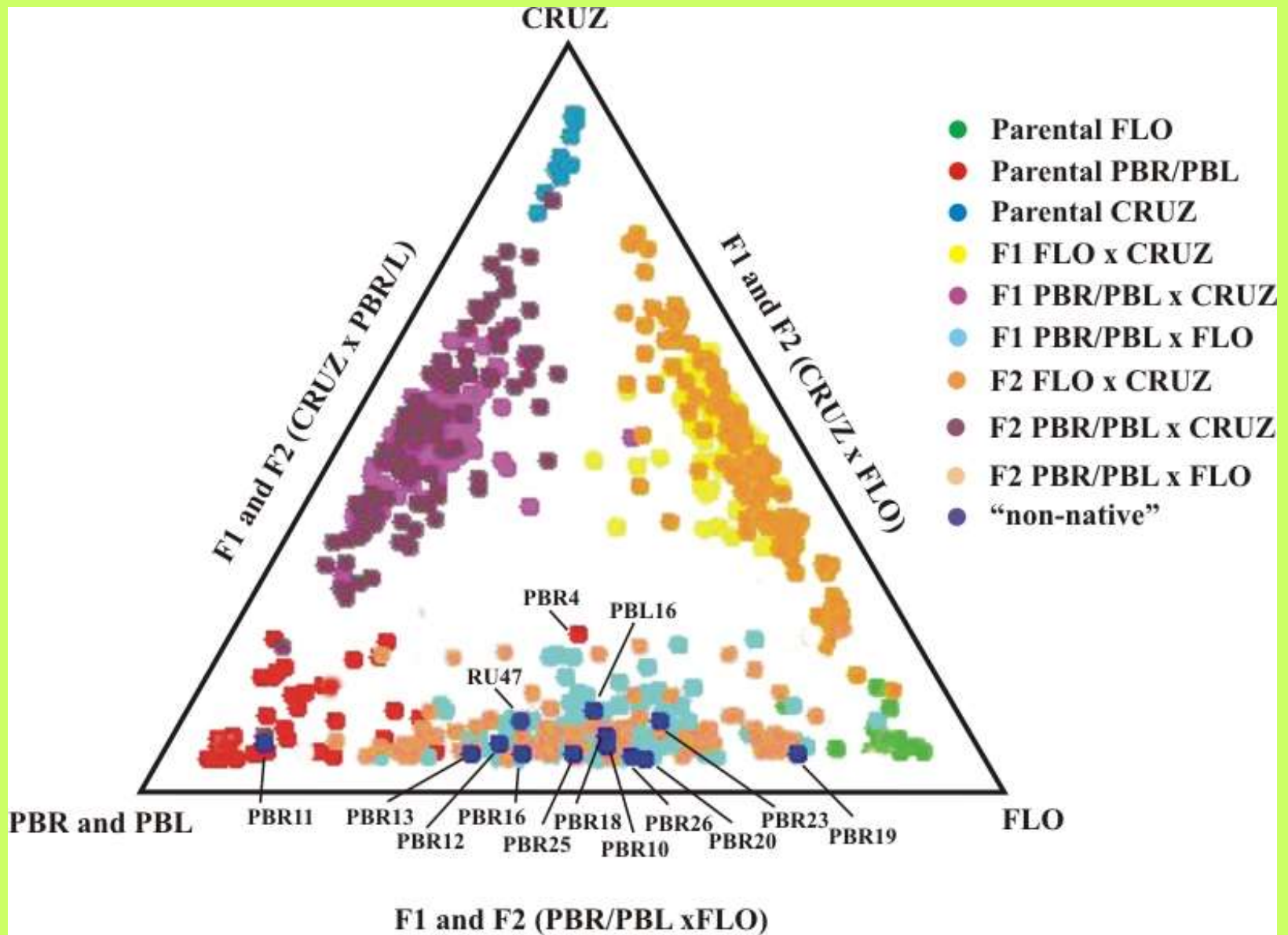
Bayesian ανάλυση συνάθροισης (STRUCTURE) αποκάλυψε  $K=14$  ως τον «αληθινό» αριθμό ομάδων



11 από τα 13 αλλόχθονα άτομα της Isabela δείχνουν ισχυρή συσχέτιση με τα άτομα της Floreana

παράμετρος  $q$  (συντελεστής συμμετοχής, *membership coefficient*) = 0.706-0.967

# Δεδομένα nDNA



# Μιτοχονδριακό και πυρηνικό DNA

Τα δεδομένα του μιτοχονδριακού και πυρηνικού DNA εισηγούνται την υβριδική προέλευση των αλλόχθονων ατόμων της Isabela.

Απόγονοι ενός γεγονότος υβριδισμού μεταξύ αυτόχθονων ατόμων της Floreana και της Isabela.

## Πληθυσμοί PBR και PBL

- Διατηρούν μορφολογία saddlebacked
- 40% του PBR έχουν μικτή γενεαλογία
- εκτιμώμενο πληθυσμιακό μέγεθος (1000-2000)

Σημαντική πηγή ατόμων σε ένα πρόγραμμα διασταυρώσεων, όπου επιλεγμένες διασταυρώσεις μπορεί να συμβάλουν στην «επαναφορά» της γενετικής ακεραιότητας του εξαφανισμένου πληθυσμού της Floreana

**Η ενσωμάτωση μουσειακών δειγμάτων σε μελέτες συστηματικής και γενετικής διαχείρισης κινδυνευόντων και τρωτών οργανισμών**

**Η χρήση τεχνικών aDNA για την προσθήκη εξαφανισμένων taxa σε γενετικές μελέτες**

**Επιτρέποντας**

- Τον καθορισμό της γενετικής δομής εξαφανισμένων πληθυσμών
- Επανεκτιμώντας την ταξινομική τους κατάσταση

**Θέτοντας**

- Προτεραιότητες για διαχειριστικές πράξεις



## Χελώνες των Galápagos

Επαναπροσδιορισμός των διαχειριστικών πρακτικών για τη διατήρηση αυτών που μένουν και δυνητικά την αναβίωση αυτών που έχουν χαθεί εξαιτίας του ανθρώπου

Give me a hand



Ο πληθυσμός PBR απαιτεί επανεξέταση της ταξινομικής του κατάστασης και άμεση διαχειριστική προσοχή, αφού η τρέχουσα ταξινομική είναι λάθος και αν βασιστούμε σε αυτή μπορεί να οδηγήσουμε σε ολοκληρωτική εξαφάνιση της γενεαλογίας της Floreana. Με άλλα λόγια....**Η ΛΑΝΘΑΣΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΣΚΟΤΩΝΕΙ!!!**

