



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Biološki odsjek

BOTANIČKI ZAVOD

**Od molekularnih biljega do modeliranja u ekologiji: genetička raznolikost
i filogeografija ljekovite kadulje (*Salvia officinalis* L.)**

Dr. sc. Ivan Radosavljević

O metodama istraživanja



O objektu istraživanja



Materijali i metode



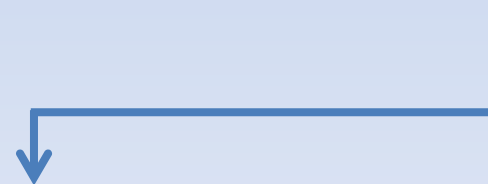
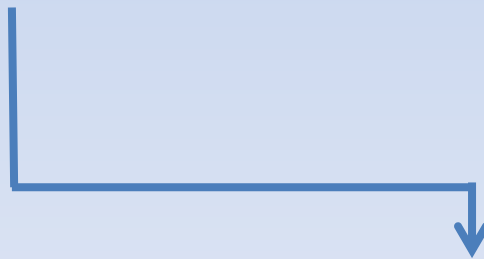
Rezultati – modeliranje u ekologiji



Rezultati – populacijska genetika



Rezultati - filogeografija



Diskusija - zaključci

O metodama istraživanja

1. Molekularni biljezi

1.1 Mikrosateliti

-regije DNA molekule koje se sastoje od određenog broja kopija pojedinog oligonukleotidnog motiva (npr. GA, GT, AGA, ACA i drugi)

- idealni za istraživanja u populacijskoj genetici: recentna demografska zbivanja
- izvor informacije: razlika u veličini alela promatranog lokusa

+

- kodominantni biljezi
- visoko reproducibilni
- pouzdana i lako primjenjivi
- karakterizirani visokim stopama mutacija ($\sim 10^{-4}$)
- visoko informativni

-

- specifični za pojedinu vrstu
- vremenski i ekonomski zahtjevan proces izolacije i karakterizacije

1.2. Kloroplastna DNA (cpDNA)

- analizira se primarna struktura pojedinih nekodirajućih regija unutar cpDNA
- karakterizirana niskim stopama mutacija (10^{-6} - 10^{-9})
- evolucija neovisna o evoluciji jezgrine DNA
- nasljeđuje se citoplazmom, "majčinom" linijom!
- izvor informacije: razlika u broju mutacija između promatranih jedinki
- pruža uvid u evolucijsku prošlost vrste i događaje koji su oblikovali njenu današnju populacijsko-genetičku strukturu

2. Modeliranje u ekologiji

(eng. ENM – Environmental Niche Modelling/Ecological Niche Modelling)

- predikcija moguće geografske rasprostranjenosti vrste utemeljena na utvrđenoj rasprostranjenosti odnosno ekološkoj niši
- predviđanje areala vrsta u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti
- iznimna važnost u osmišljavanju i planiranju konzervacijskih aktivnosti

Utvrđivanje ekološke niše

- klimatske varijable
- pedološki elementi
- vegetacijski pokrov
- geografski elementi

Primjena

- konzervacijska biologija
- ekologija
- evolucija

Klimatske varijable

BIO1 = Annual Mean Temperature

BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))

BIO3 = Isothermality (BIO2/BIO7) (* 100)

BIO4 = Temperature Seasonality (standard deviation *100)

BIO5 = Max Temperature of Warmest Month

BIO6 = Min Temperature of Coldest Month

BIO7 = Temperature Annual Range (BIO5-BIO6)

BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter

BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter

BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter

BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter

BIO12 = Annual Precipitation

BIO13 = Precipitation of Wettest Month

BIO14 = Precipitation of Driest Month

BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)

BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter

BIO17 = Precipitation of Driest Quarter

BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter

BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter

O metodama istraživanja



O objektu istraživanja



Materijali i metode



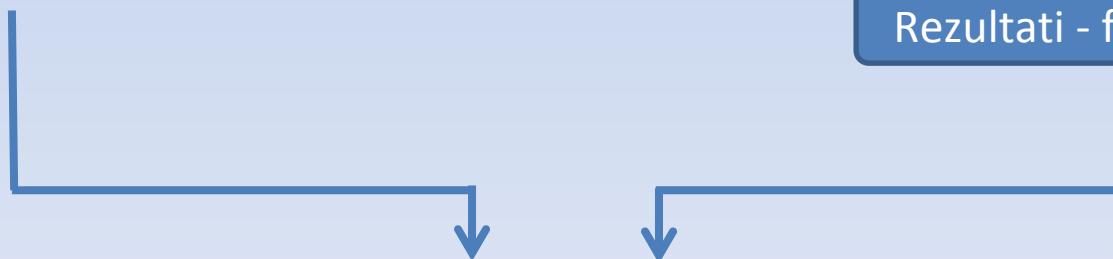
Rezultati – modeliranje u ekologiji



Rezultati – populacijska genetika



Rezultati - filogeografija



Diskusija - zaključci

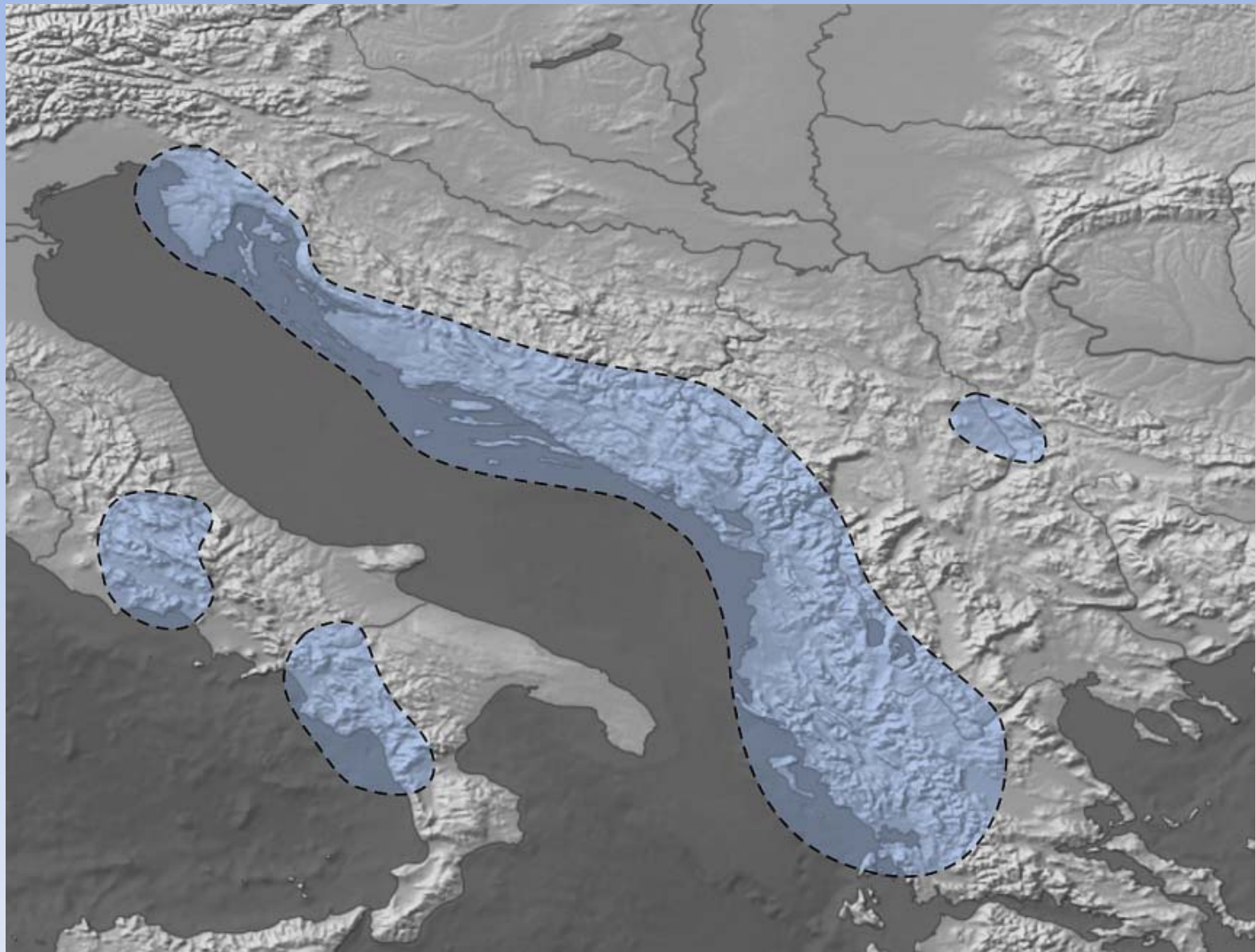
O objektu istraživanja

***Salvia officinalis* L. – ljekovita kadulja**

Porodica: Lamiaceae
Podporodica: Nepetoideae
Tribus: Mentheae
Rod: *Salvia*
Sekcija: *Salvia* (~50 vrsta)

Eterično ulje
-veliko ekonomsko značenje
-> 50 sastojaka
-tujoni, kamfor





O metodama istraživanja



O objektu istraživanja



Materijali i metode



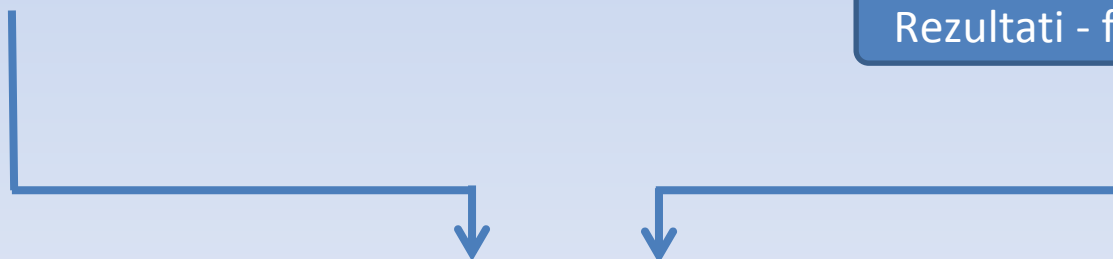
Rezultati – modeliranje u ekologiji



Rezultati – populacijska genetika



Rezultati - filogeografija

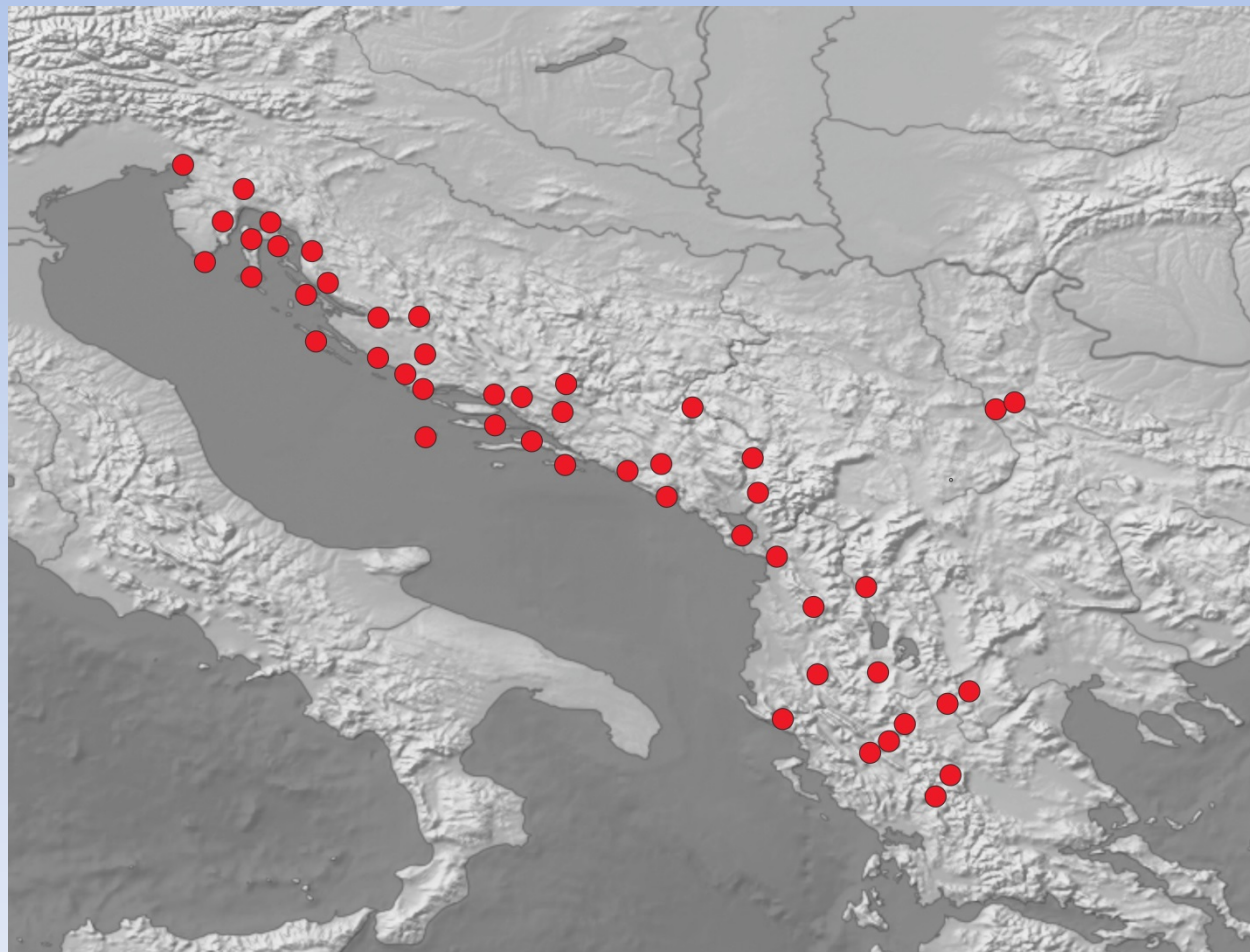


Diskusija - zaključci

Materijali i metode

Uzorkovanje

49 populacija, 20-25 jedinki po populaciji, 1135 uzoraka



8 mikrosatelitnih lokusa posebno razvijenih za *S. officinalis*:

SoUZ001	SoUZ011
SoUZ002	SoUZ013
SoUZ003	SoUZ014
SoUZ007	SoUZ019

Dvije cpDNA regije: (3' *rps16*-5' *trnK* i *rpl32-trnL*)
5 uzoraka po populaciji

19 klimatskih varijabli

O metodama istraživanja



O objektu istraživanja



Materijali i metode



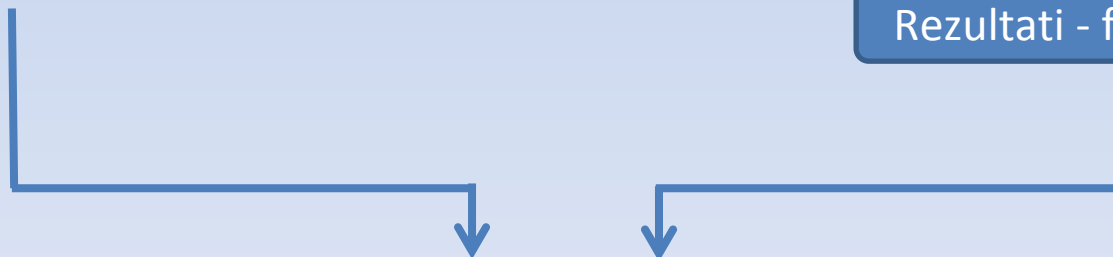
Rezultati – modeliranje u ekologiji



Rezultati – populacijska genetika

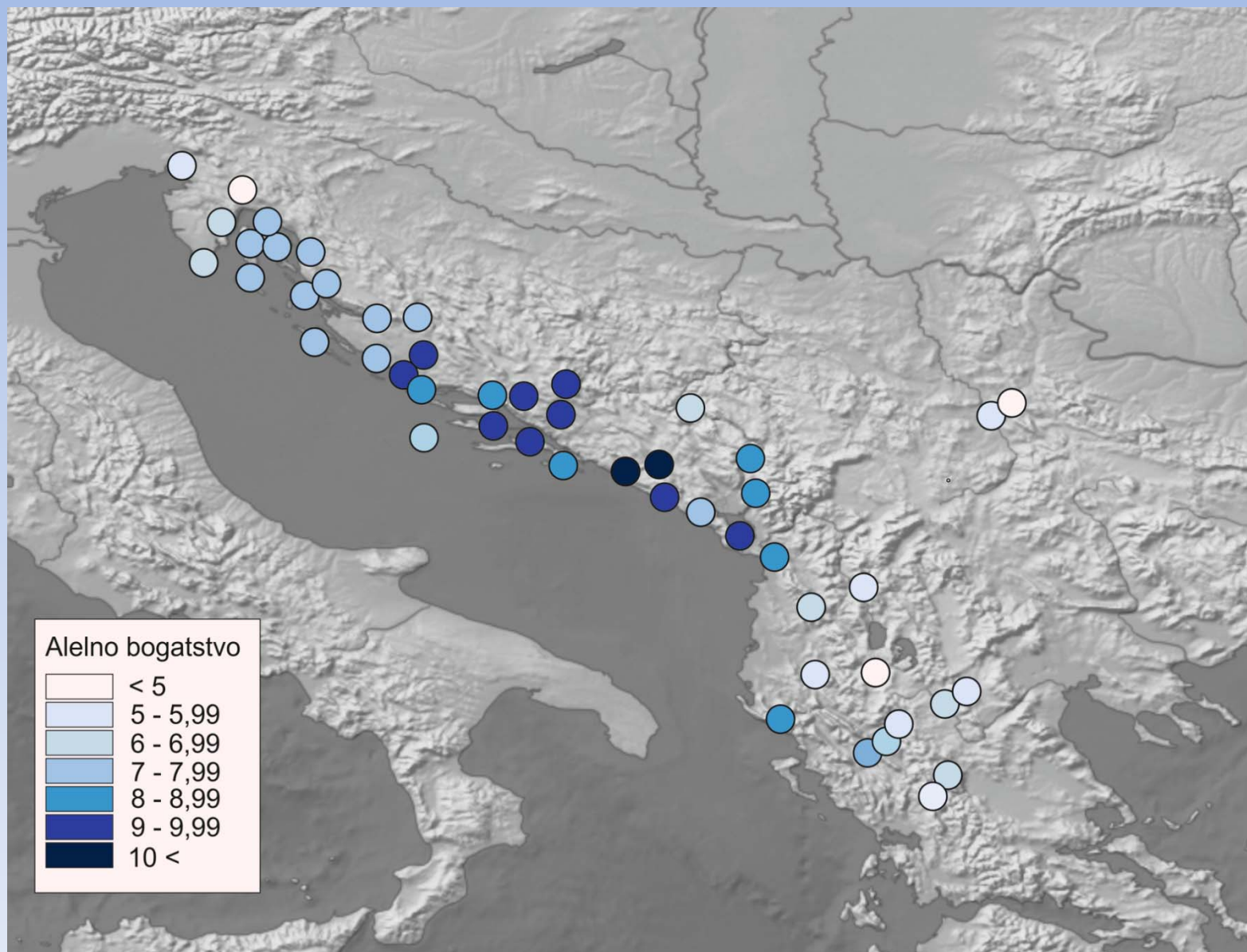


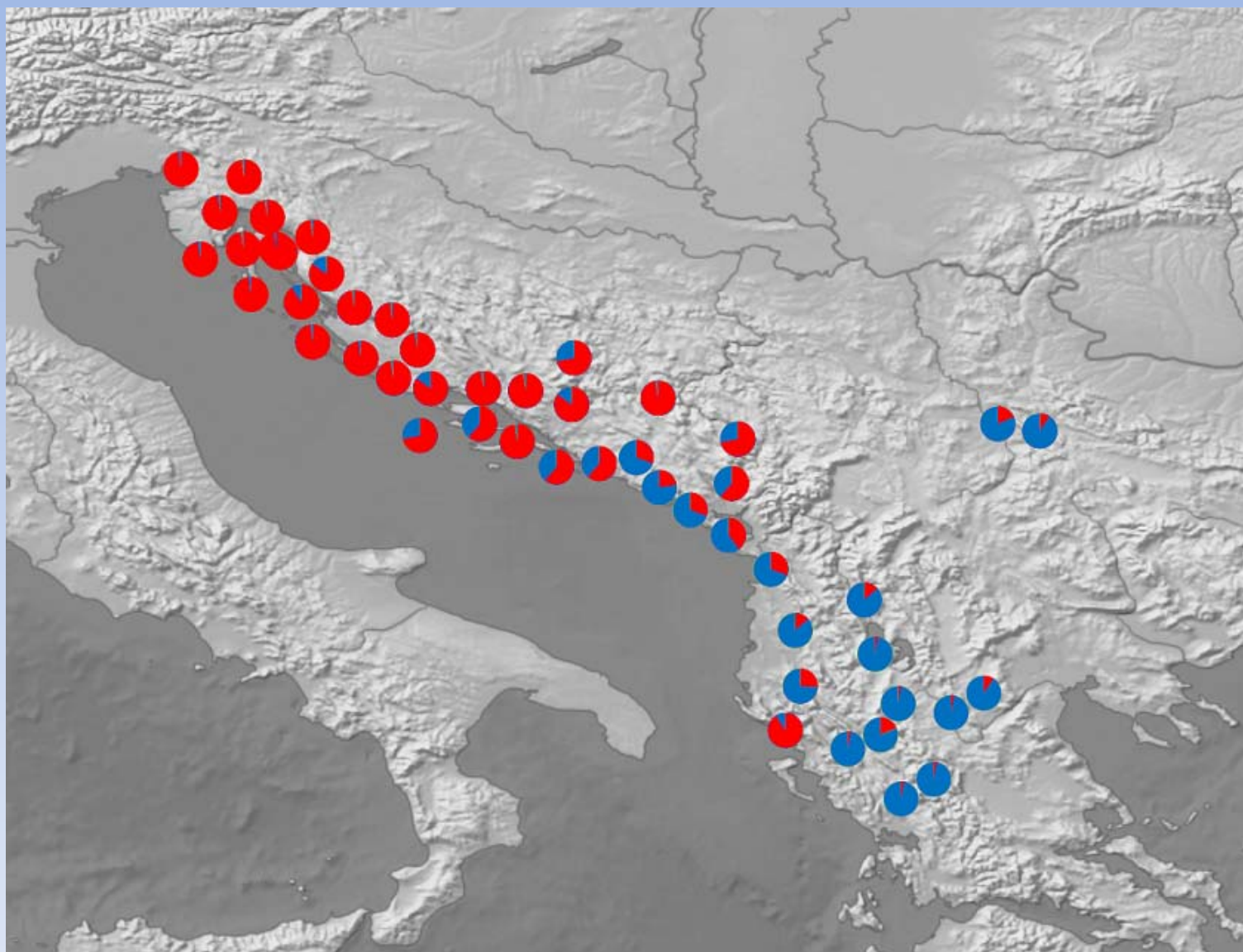
Rezultati - filogeografija

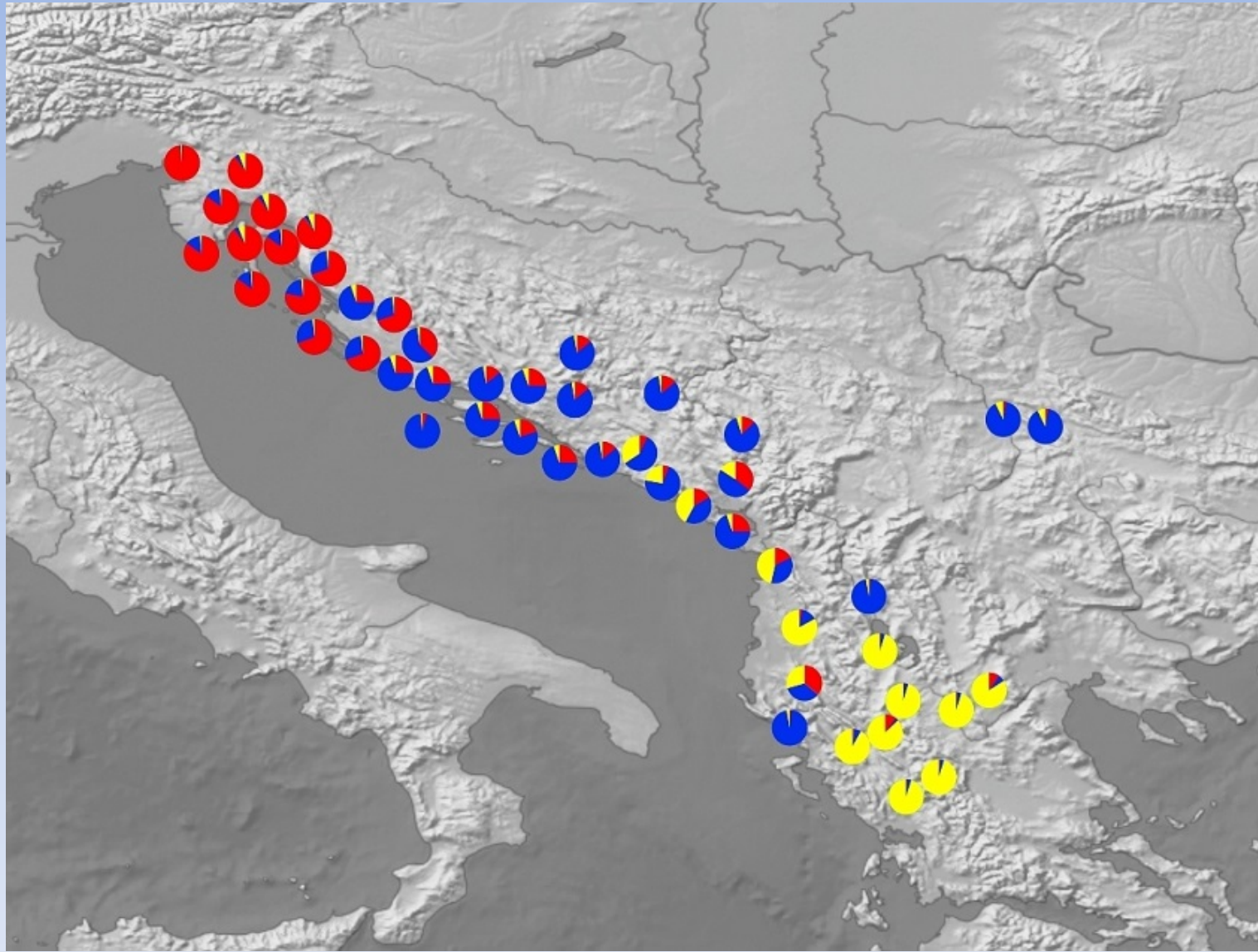


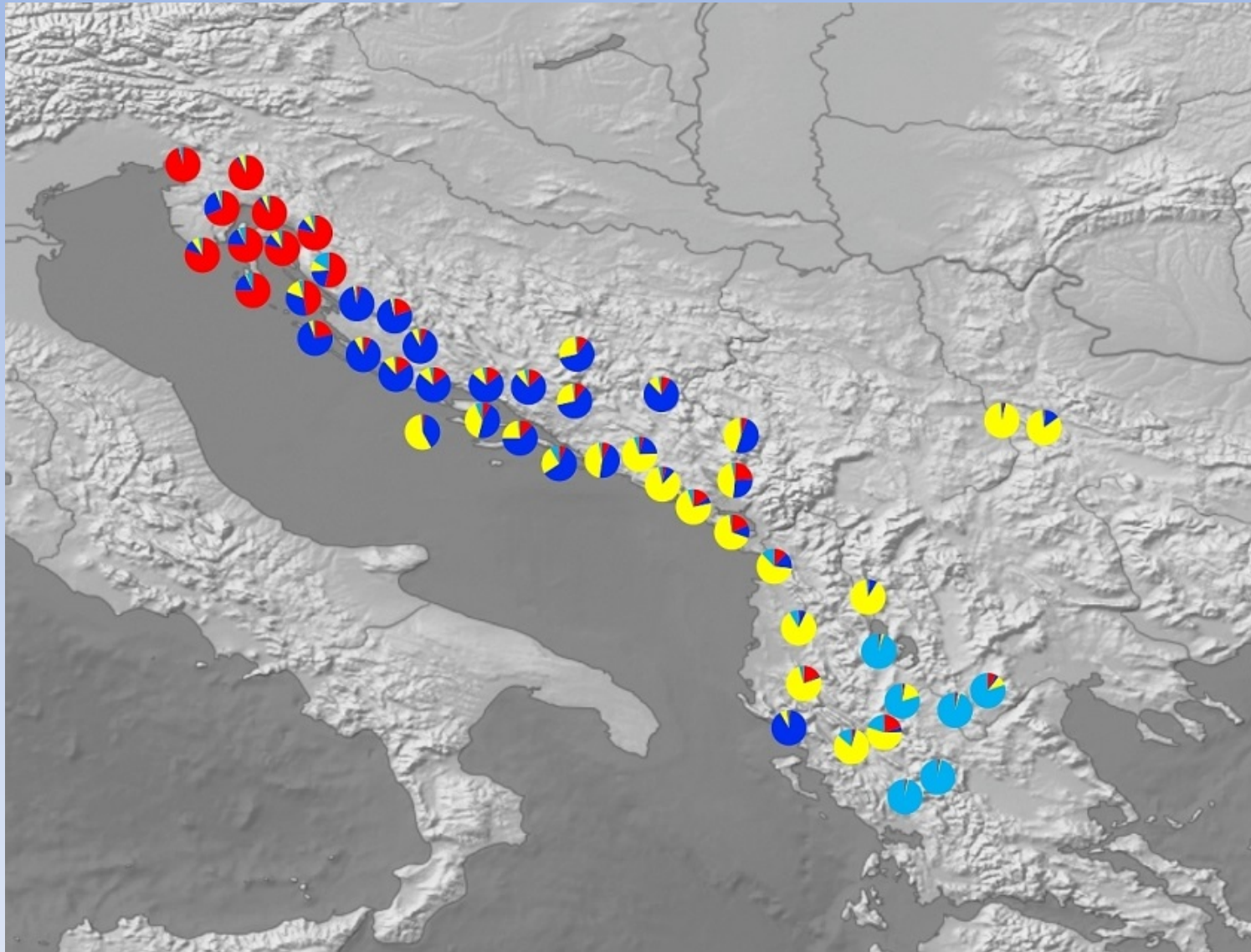
Diskusija - zaključci

Rezultati – populacijska genetika









O metodama istraživanja



O objektu istraživanja



Materijali i metode



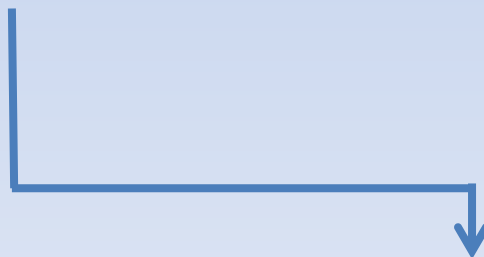
Rezultati – modeliranje u ekologiji



Rezultati – populacijska genetika

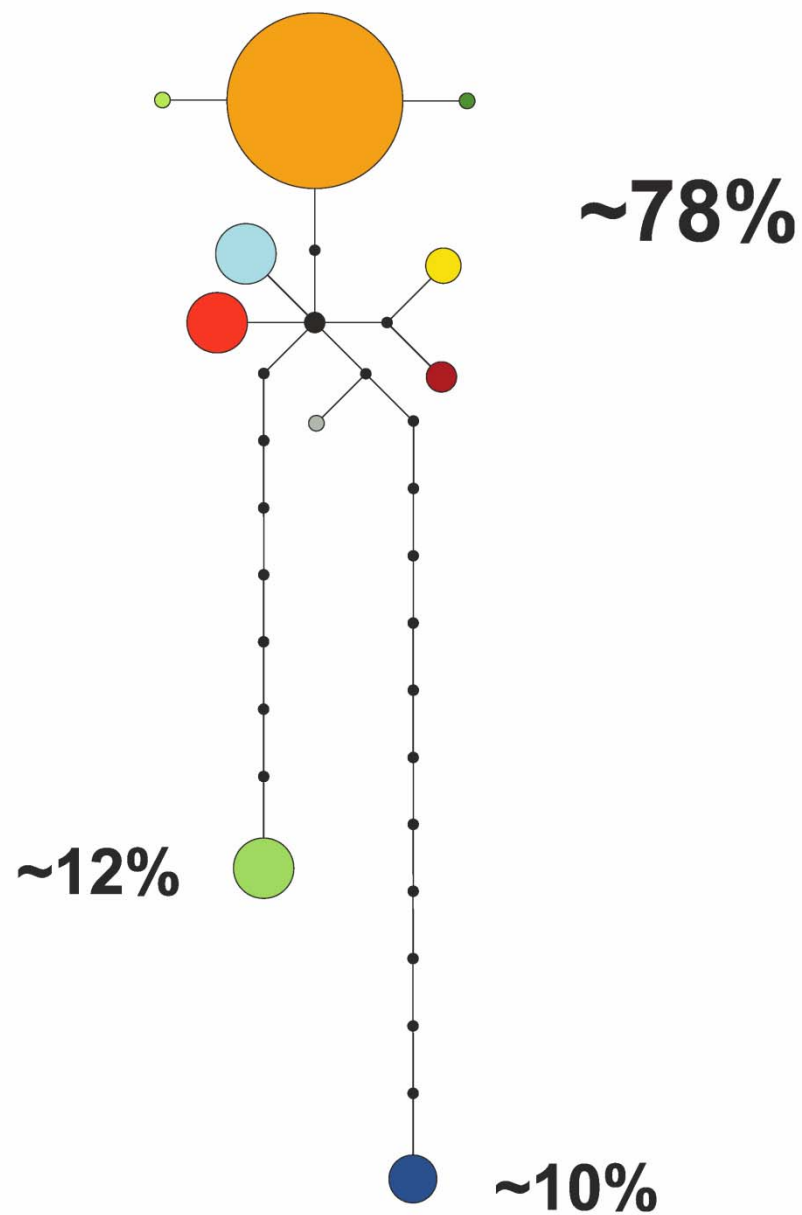


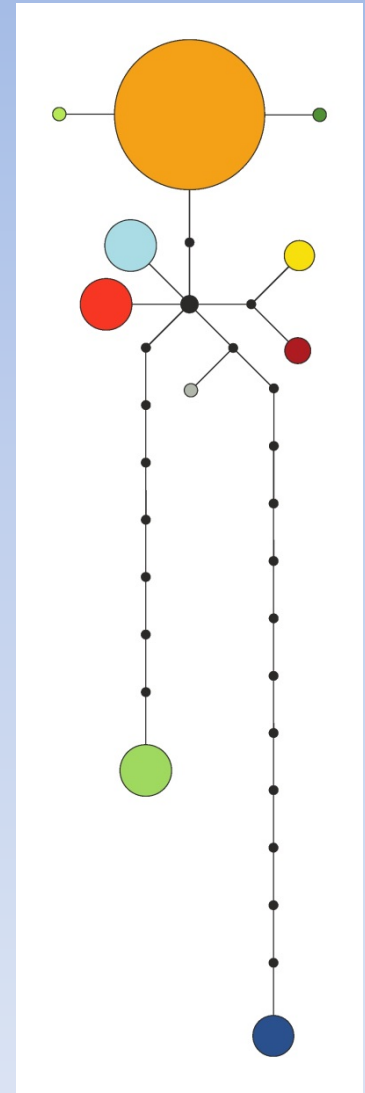
Rezultati - filogeografija



Diskusija - zaključci

Rezultati -
filogeografija





O metodama istraživanja



O objektu istraživanja



Materijali i metode



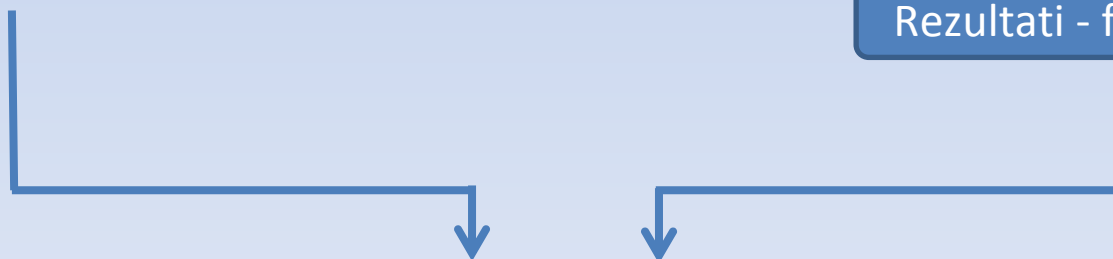
Rezultati – modeliranje u ekologiji



Rezultati – populacijska genetika



Rezultati - filogeografija



Diskusija - zaključci

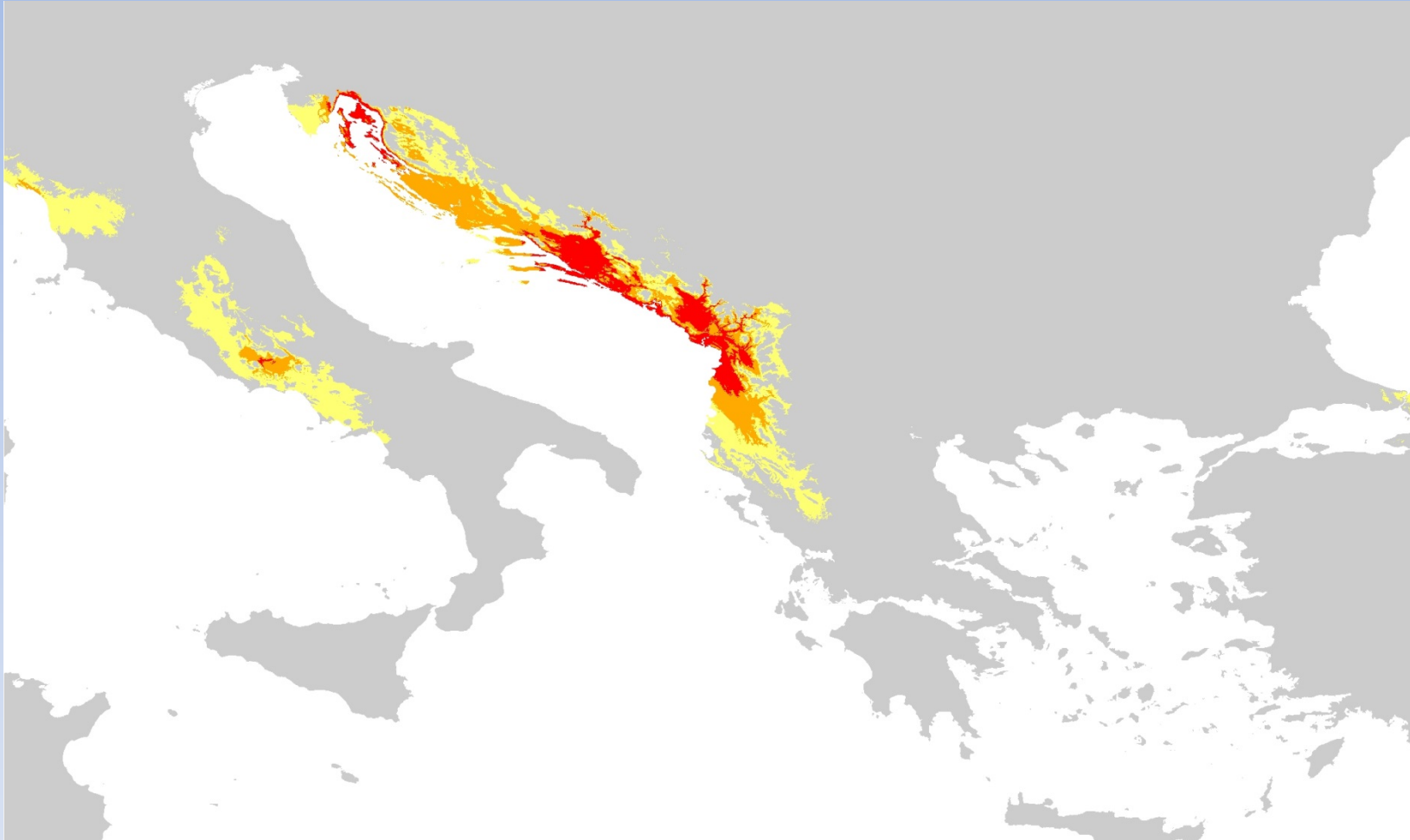
Rezultati – modeliranje u ekologiji

Potvrda dosadašnjih rezultata?

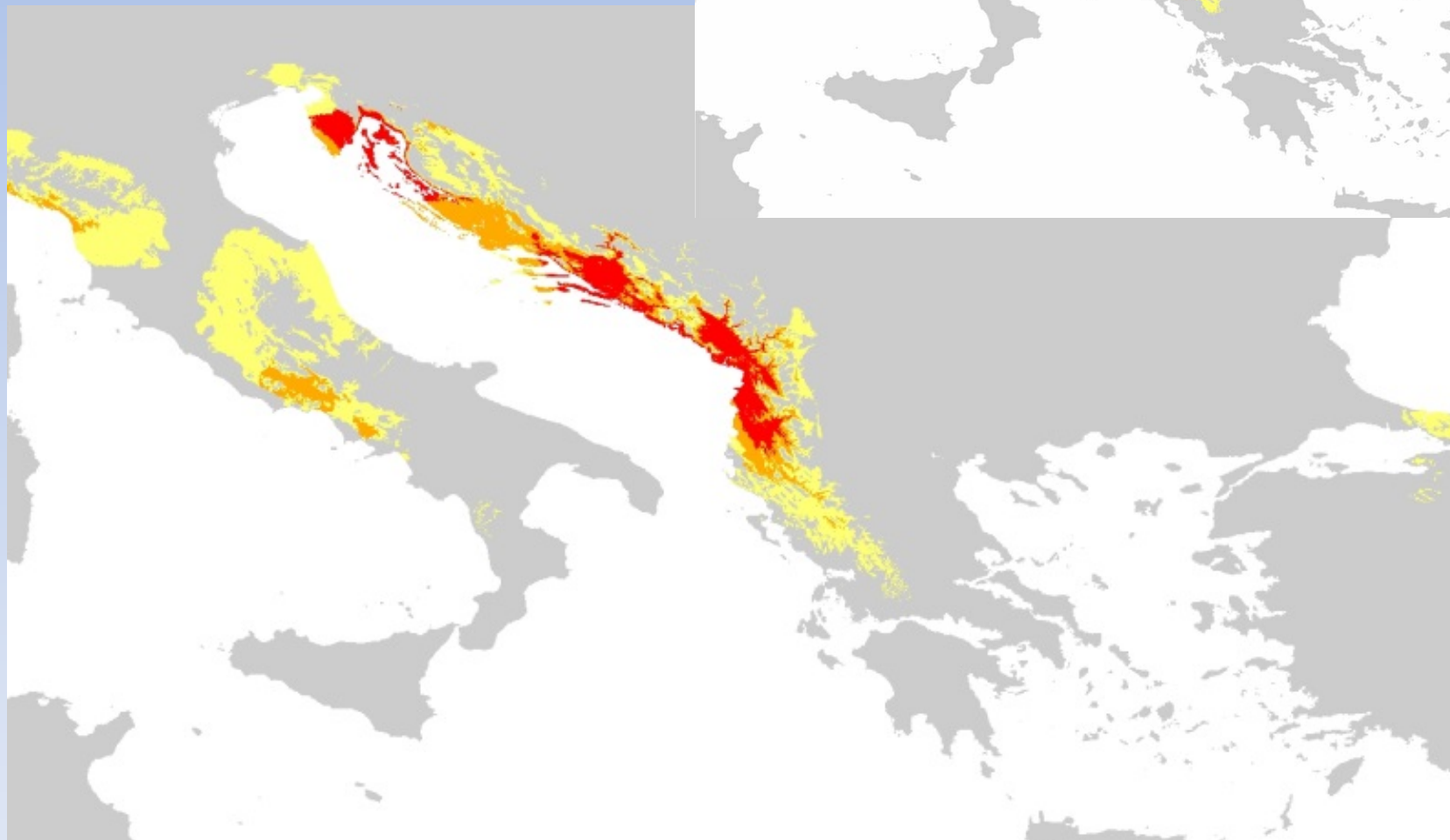
Odabrane klimatske varijable

BIO17 = količina oborina najsušnijeg tromjesečja	79%
BIO9 = srednja temperatura najsušnijeg tromjesečja	11%
BIO8 = srednja temperatura najvlažnijeg tromjesečja	8%
BIO15 = sezonalnost oborina	<1%
BIO5 = maksimalna temperatura najtoplijeg mjeseca	<1%
BIO6 = minimalna temperatura najhladnijeg mjeseca	<1%
BIO16 = količina oborina najvlažnijeg kvartala	<1%

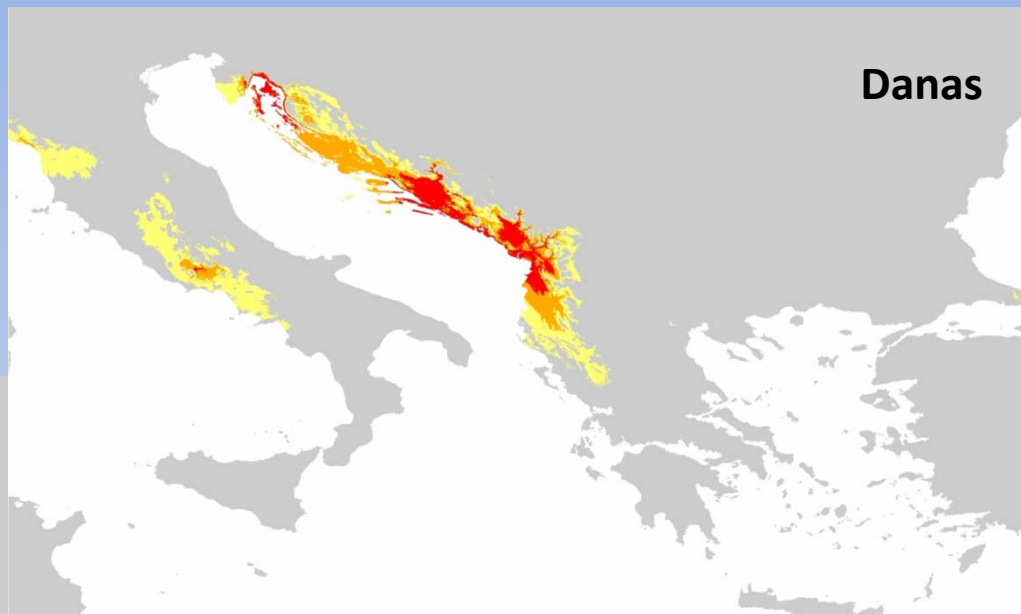
Danas



Prije ~6000 godina



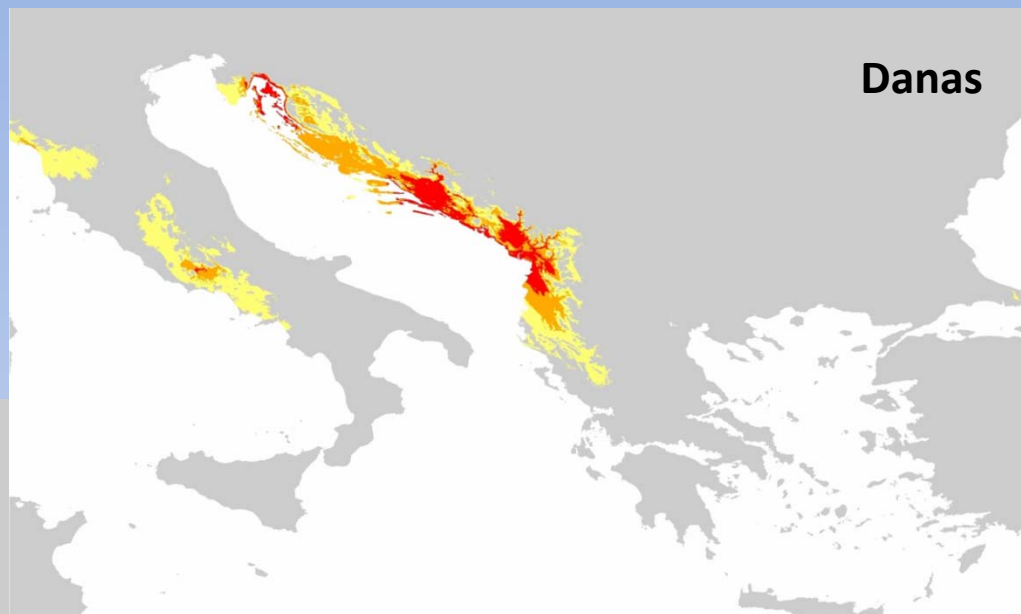
Danas



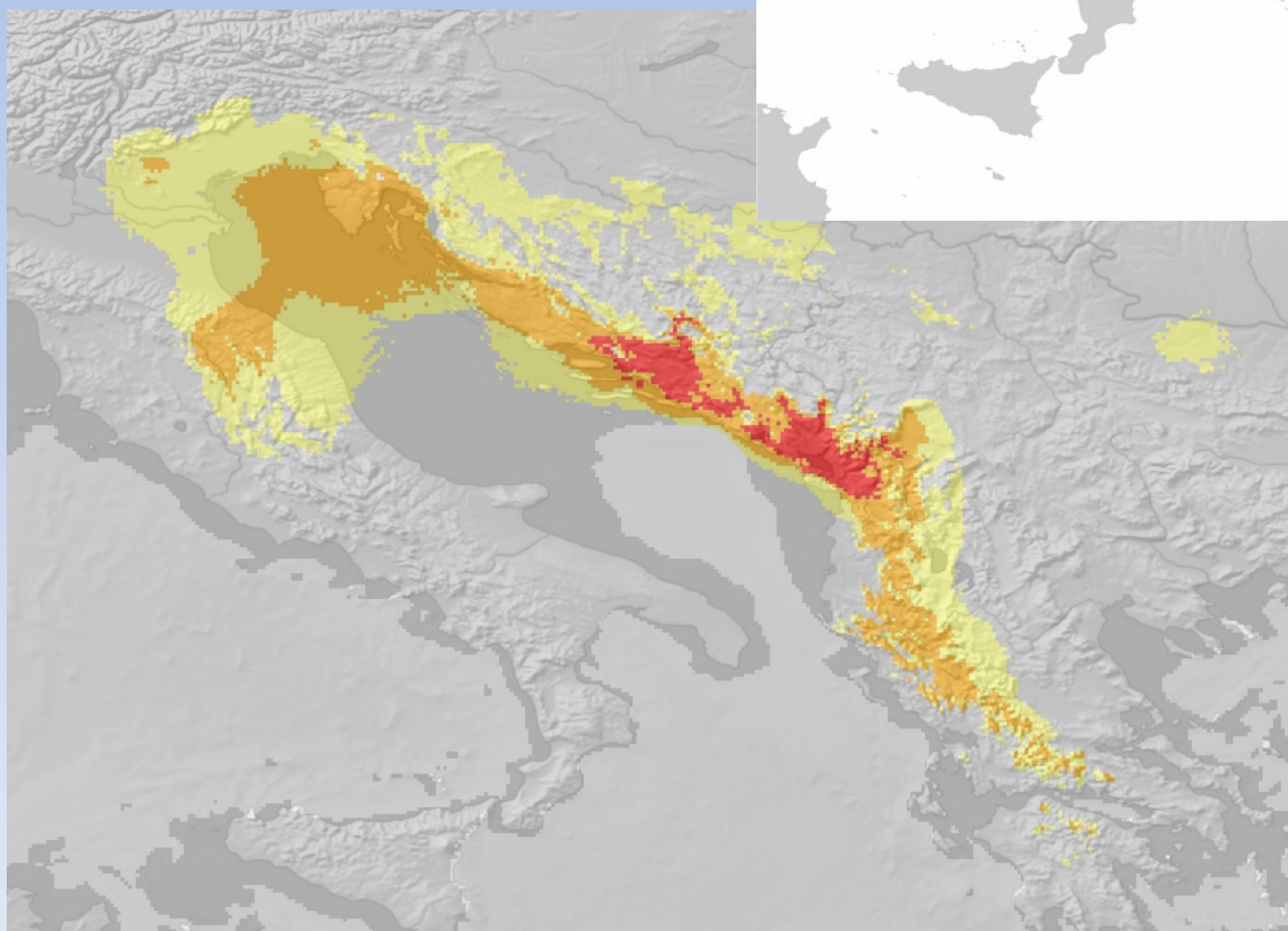
Prije ~20 000 godina



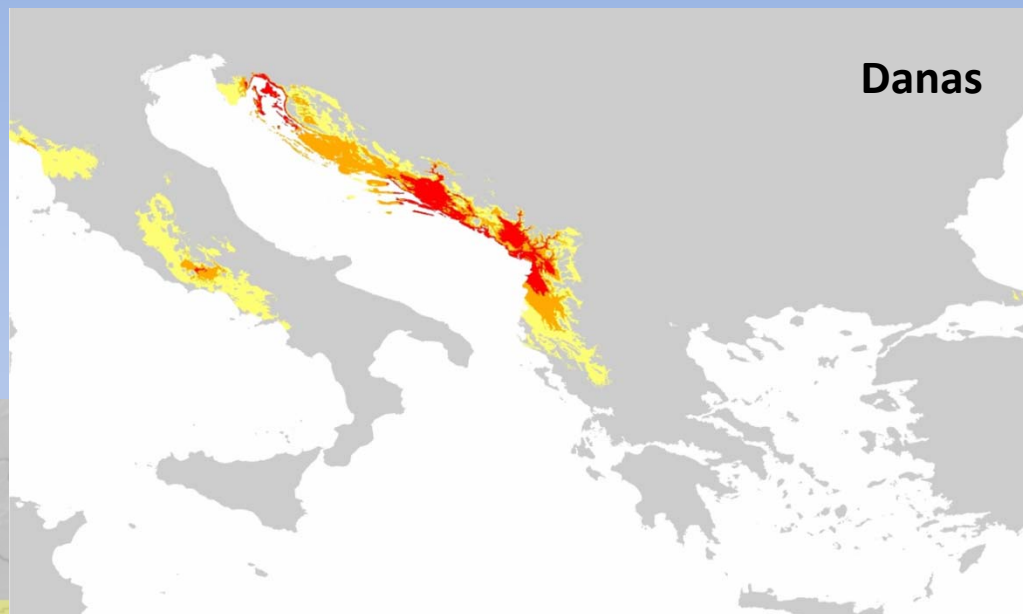
Danas



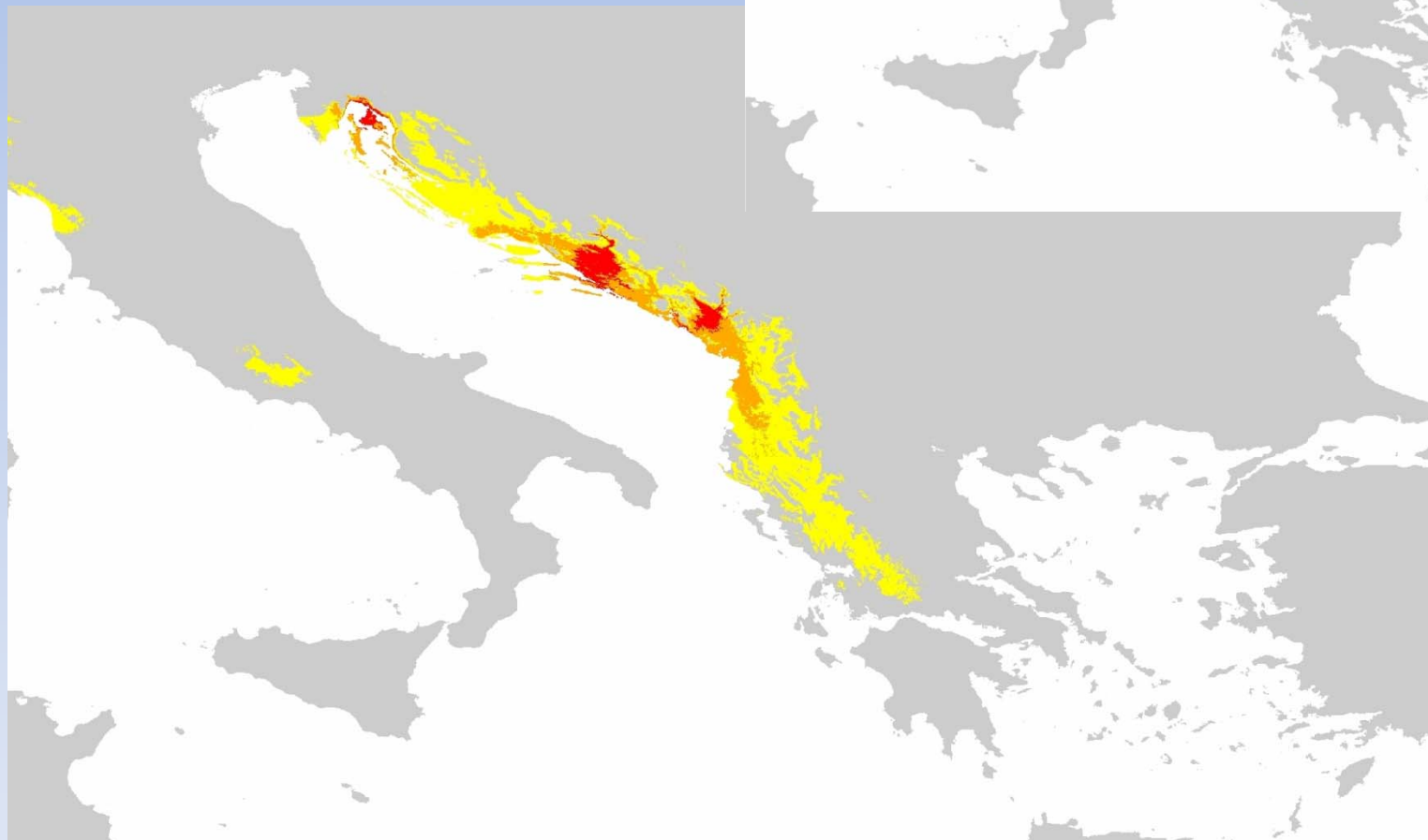
Prije ~20 000 godina



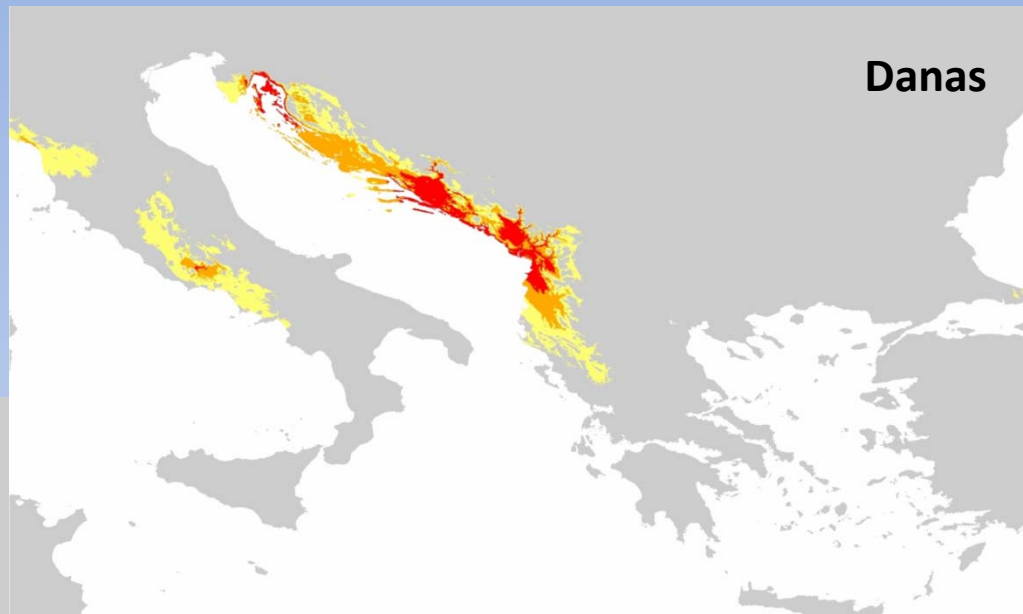
Danas



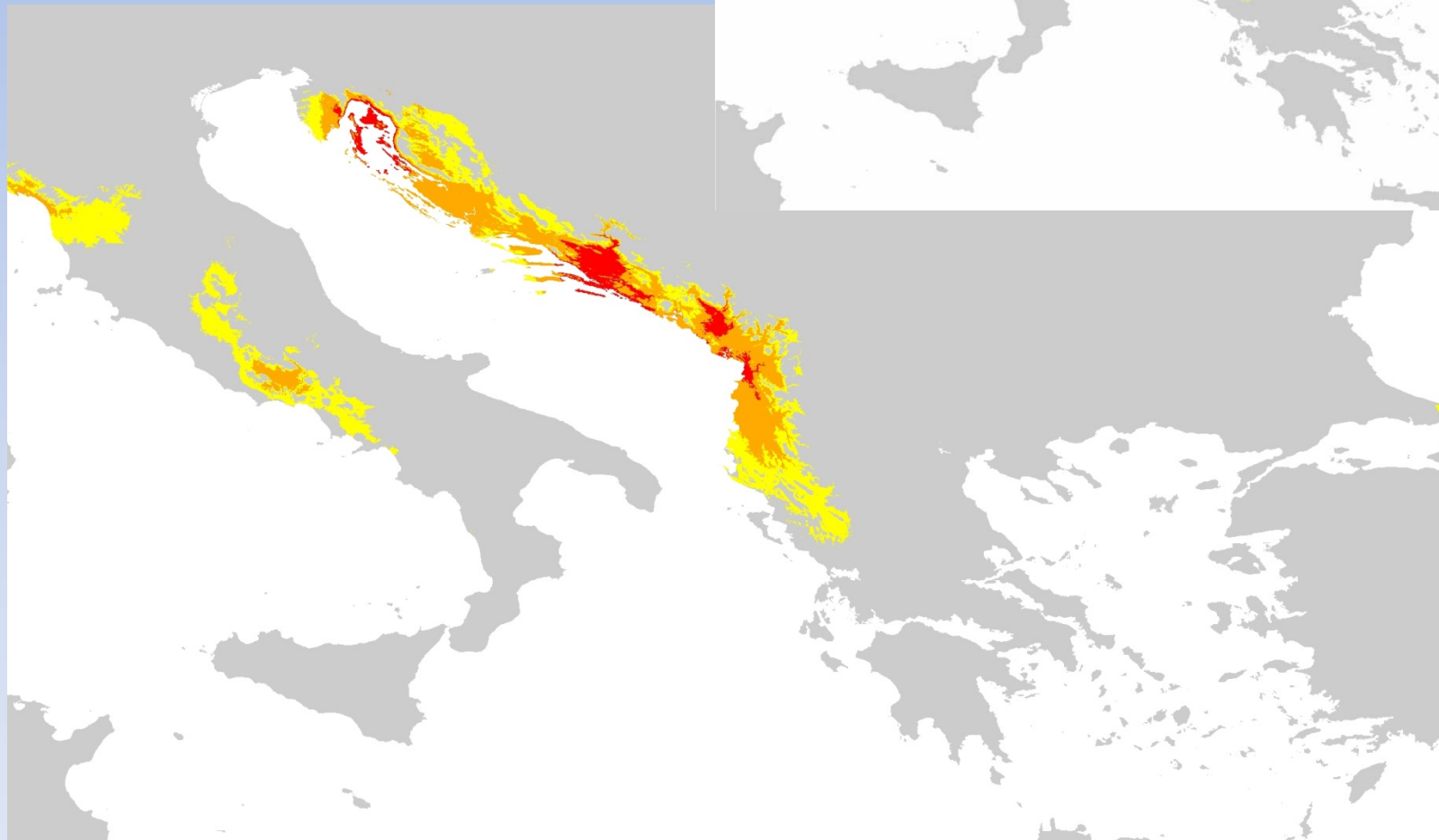
Prije ~120 000 – 140 000 godina



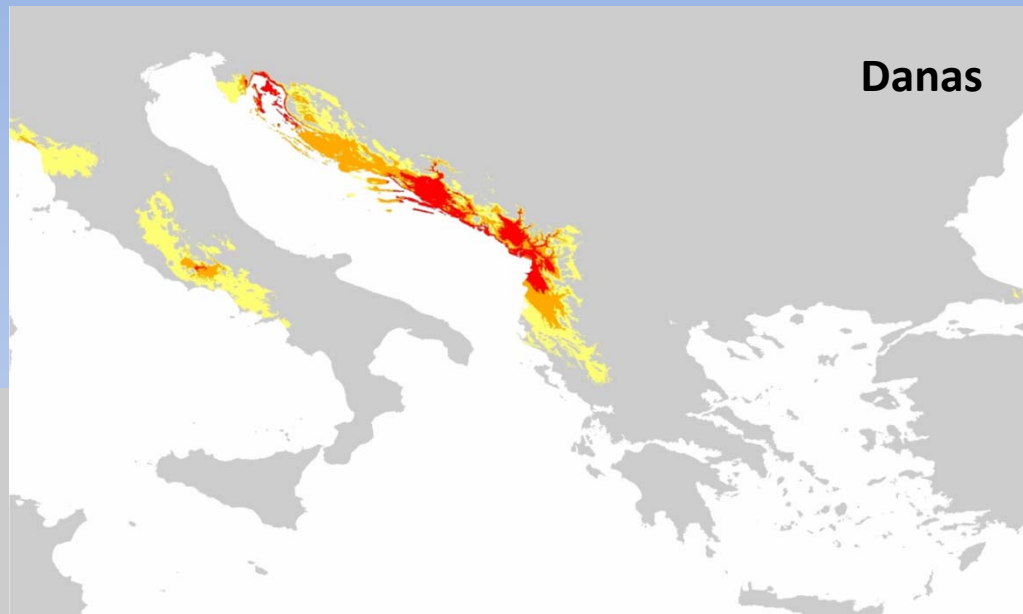
Danas



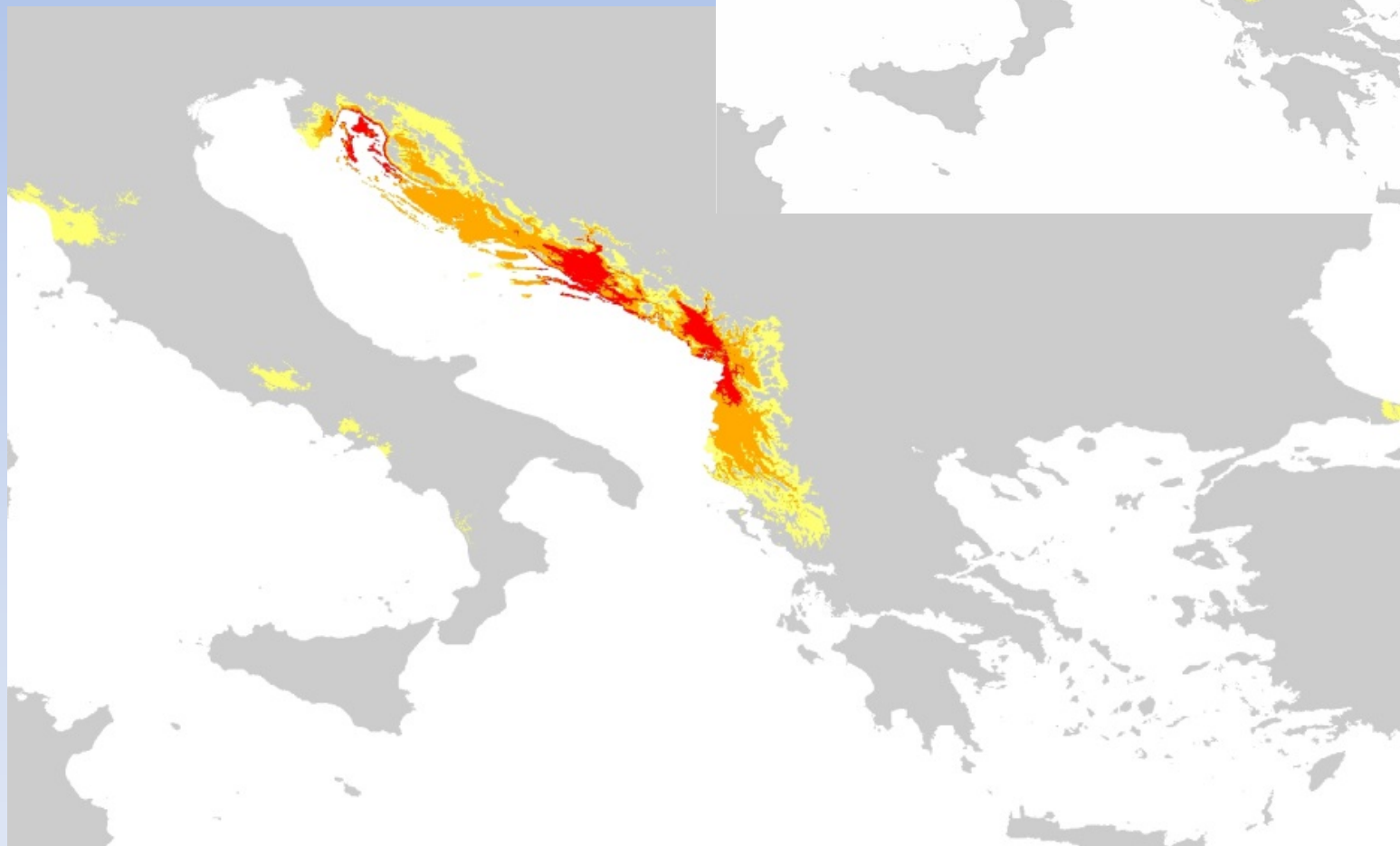
2050. godina



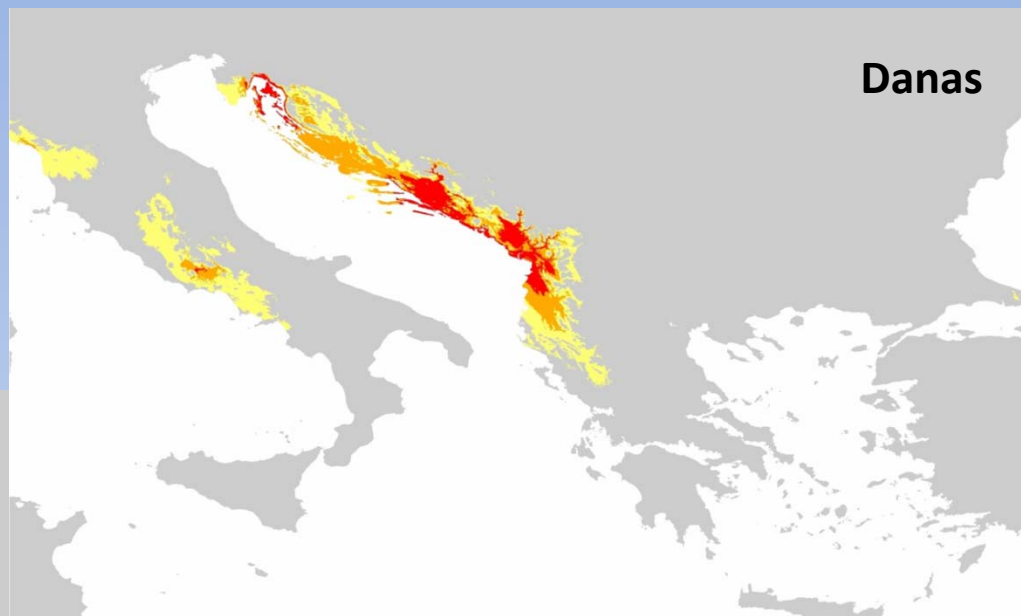
Danas



2070. godina



Danas



O metodama istraživanja



O objektu istraživanja



Materijali i metode



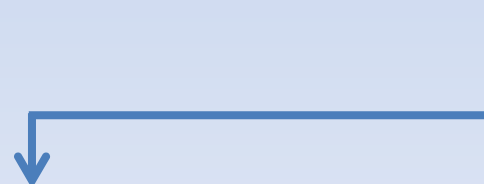
Rezultati – modeliranje u ekologiji



Rezultati – populacijska genetika



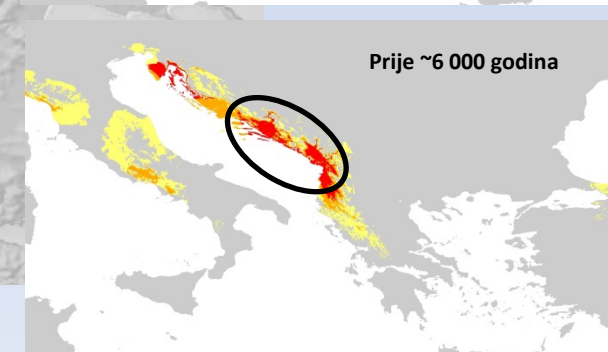
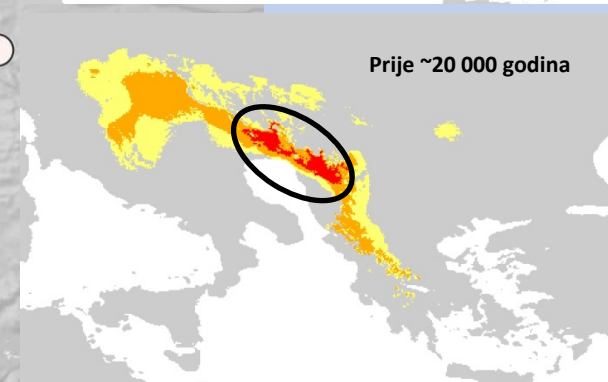
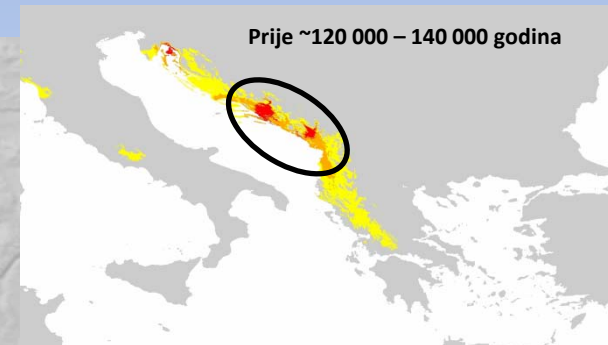
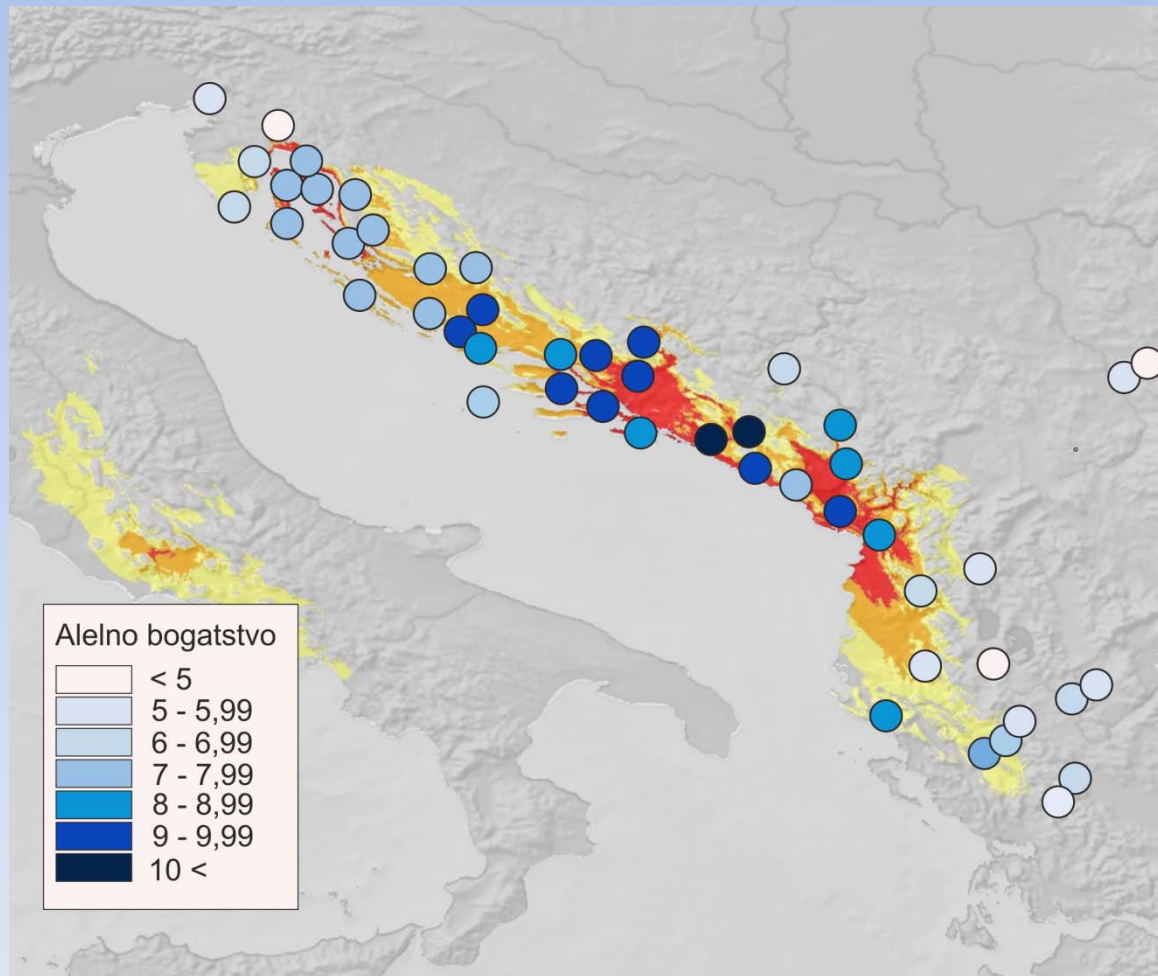
Rezultati - filogeografija



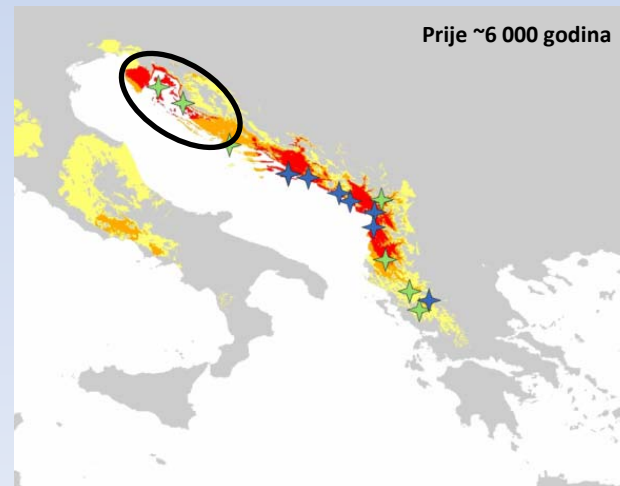
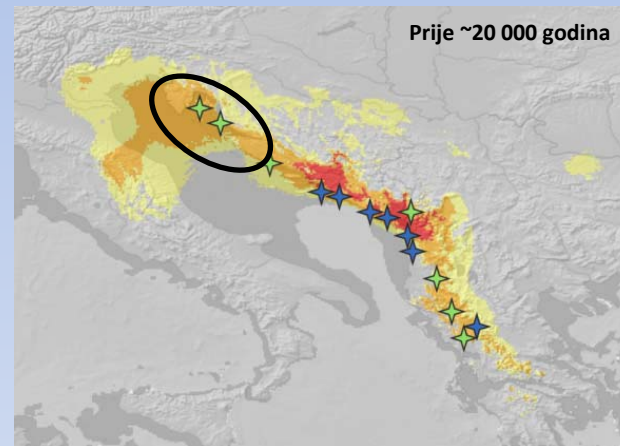
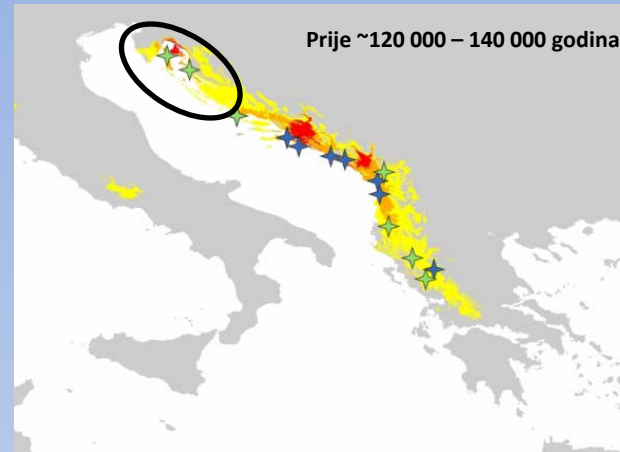
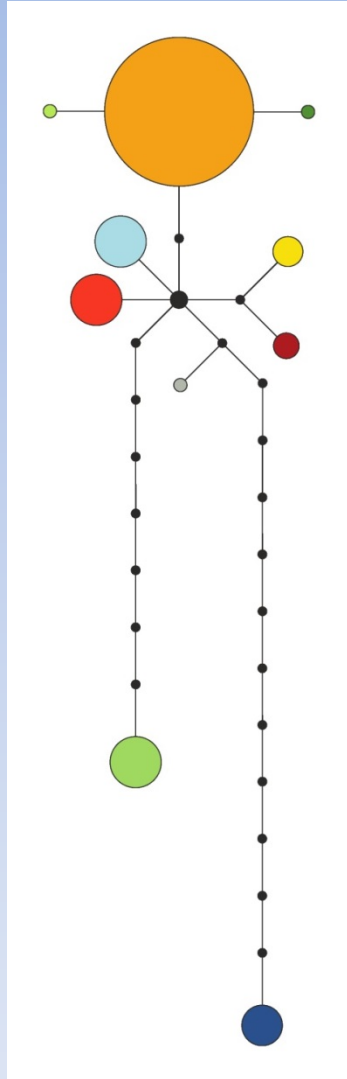
Diskusija - zaključci

Diskusija - zaključci

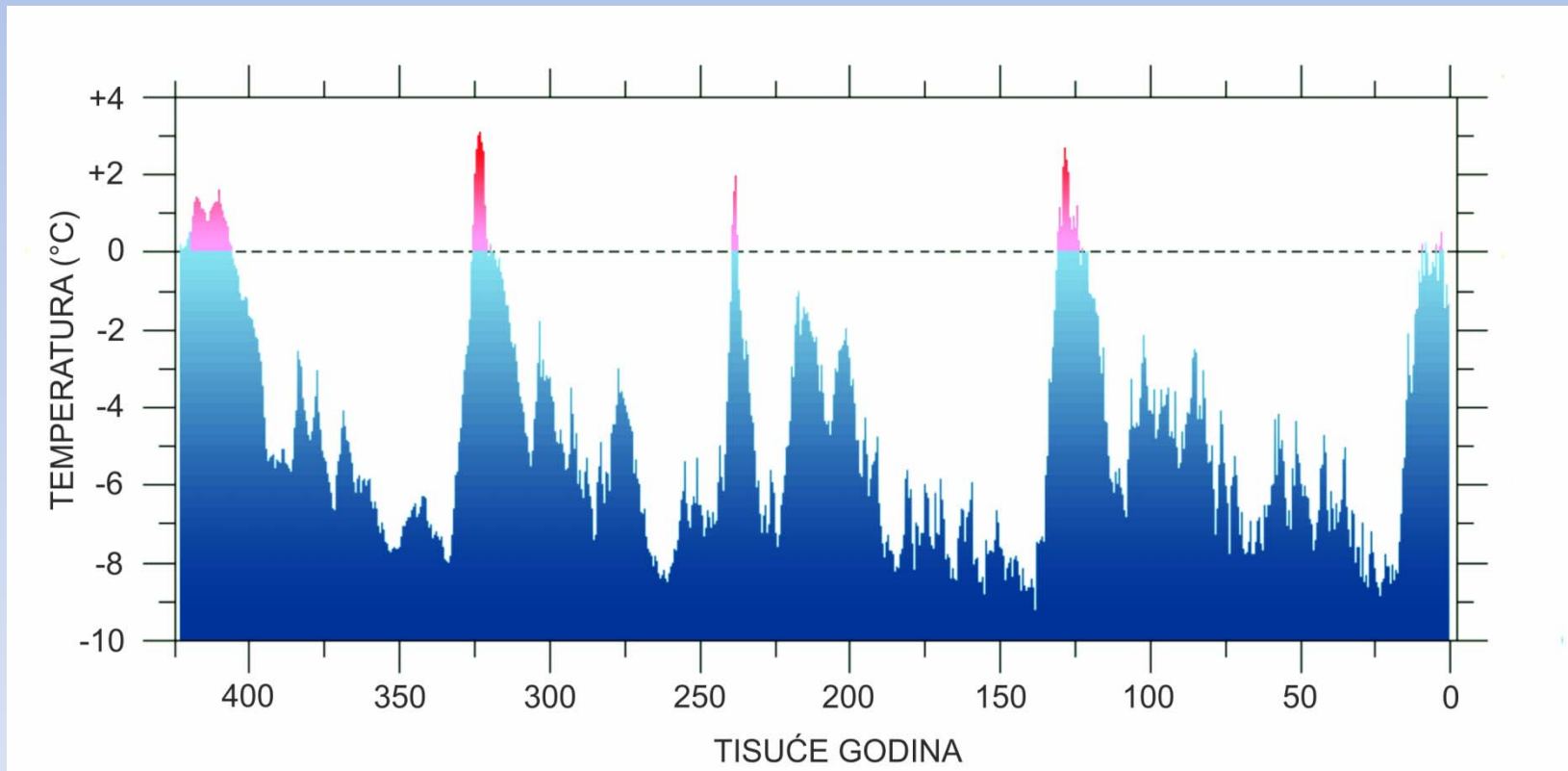
- središte genetičke raznolikosti ↔ područje optimalnih klimatskih uvjeta kroz dulji vremenski period



Sekundarna središta rekolonizacije?



- utvrđena dugovječnost ljekovite kadulje na istočnoj obali Jadrana
- više mikrorefugija duž čitavog područja
- areal stabilan kroz duži vremenski period
- klimatske promjene u bliskoj budućnosti ne predstavljaju neposrednu prijetnju



"Stalna na tom svijetu samo mijena jest!" P.P.