



(Rutgers University: Emergenza pupale)

Alfonso Crisci , CNR Ibimet
Roberto Vallorani, Consorzio LaMMA
Gianni Messeri, Consorzio LaMMA- CNR Ibimet

**L'approccio integrato
sviluppato in IBIMET
all'interno del progetto
REDLAV nella modellazione
della dinamica di popolazioni
in toscana per Aedes
Albopictus**

Patologie emergenti trasmesse da vettori
Lucca 23 Novembre 2012 - ASL Lucca

Istituto di Biometeorologia **Keywords**

Ricerca

Trasferimento tecnologico

Formazione

- *impiego di metodologie innovative per la valutazione dell'impatto dei cambiamenti globali sull'agricoltura, sulle foreste e sull'uomo.*
- *ricerca nel settore della climatologia & meteorologia applicata per agricoltura e ambiente*
- *collabora sugli aspetti sanitari con **CIBIC** **UNIVERSITA' di FIRENZE** sul rischio sanitario.*



IBIMET CNR

Via Caproni, 8

I-50145 Firenze, Italia

Direttore:

dott. Antonio Raschi

Tel. +39 055 3033711

Fax +39 055 308910

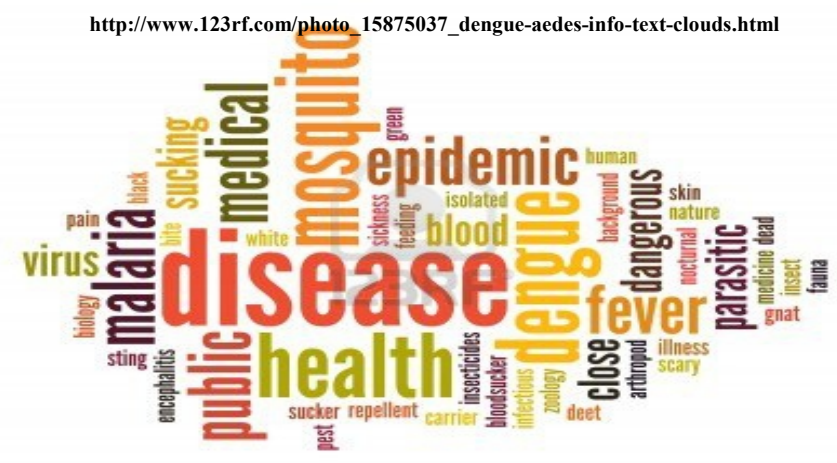
<http://www.ibimet.cnr.it>



Mission:

<http://bitly.com/VyStaW>

Obbiettivi



- a) **Definire una metodologia multiscala per mappare il potenziale ecologico di A.Albopictus per la gestione del rischio di trasmissione da vettori.**
- b) **Valutare quantitativamente l'impatto della variabilità climatica e dei determinanti territoriali nelle dinamiche di popolazione di A.Albopictus**
- c) **Fornire i temi raster per la stima spaziale di parametri epidemiologici per le patologie trasmesse da questo tipo di vettori.**

Area di studio



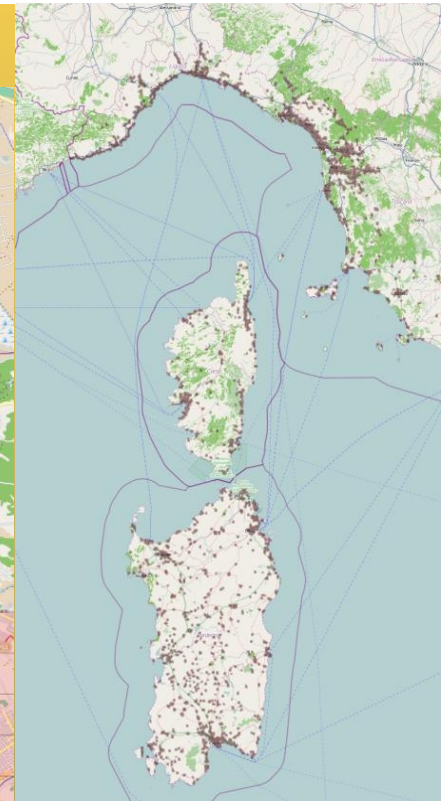
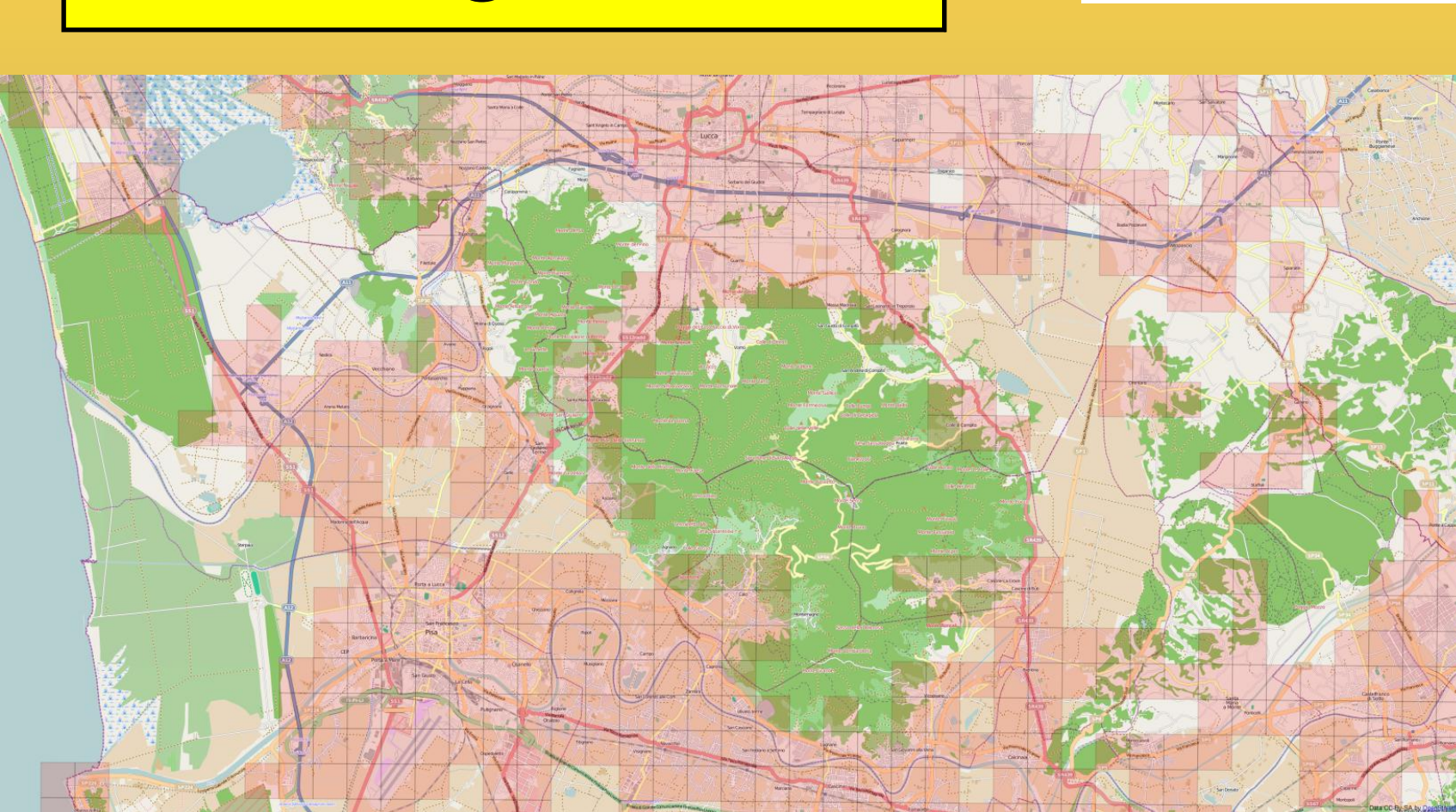
Province/departement costieri :

- Toscana (Massa, Pisa, Lucca, Grosseto)
- Sardegna
- Liguria
- Corsica

Layers utilizzati

- European grid EAA 1km
- Amministrativi di II (provincia/departement) e III livello (comune/commune)

Are target **UMZ**



Urban Morphological Zones

definite come quelle aree del Corine Land Cover che contribuiscono al tessuto urbano e alla sua funzione. (classi 111,112,121,141)

Layers utilizzati

- European grid EAA 1km
- Corine Class Cover EAA
- UMZ layer 2006 EAA 100-250 m

Dati territoriali



- **ASTER DEM V2 30m NASA Geomorfologia**
- **EAA Population density 100 m Gallego et al (2010)**
- **Urban Mapping Zones EAA Corine derived.**
- **Globe Cover ESA (Global Land Cover Map) 300 m**
- **Immagini RGB per la griglia MapBing 2 m per le aree UMZ del dominio REDLAV- Zoom 18 -2.3 m.**

Dati clima/ meteo



- Termometrie atmosfera WRF ARW LaMMA 9km giornaliera/mese

T° .Massima Minima e Media



- Pluviometria e igrometria WRF ARW LaMMA 9km

Umidita' relativa ,Totale Precipitazione e P. Sequenza arida

- Layer Bioclim 1km

Parametri Climatici Annuali

WorldClim - Global Climate Data

Free climate data for ecological modeling and GIS

<http://www.worldclim.org/> Hijmans et al 2005

- MODIS TERRA NASA 1km

Day Nigth LST MOD11A2 8days

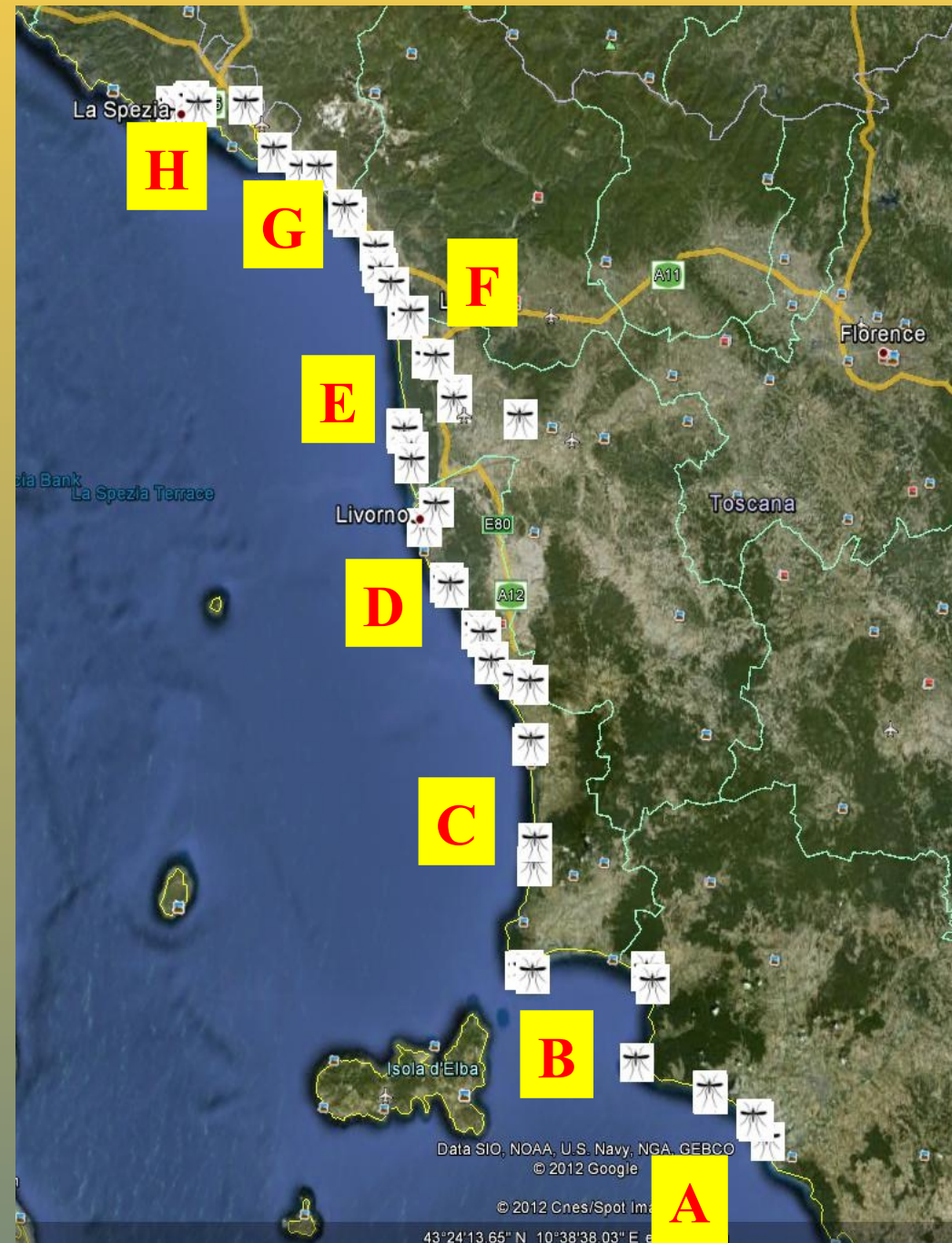
<http://modis.gsfc.nasa.gov/data/>



Dati biologici

Rete Campionamento REDLAV Toscana-Liguria (ASL LUCCA)

- Dati settimanali di uova
Aedes Albopictus in trappola.
- Periodo:
2011 (Luglio - Novembre)
2012 (Luglio - Ottobre)
- Zonazione climatica ambientale

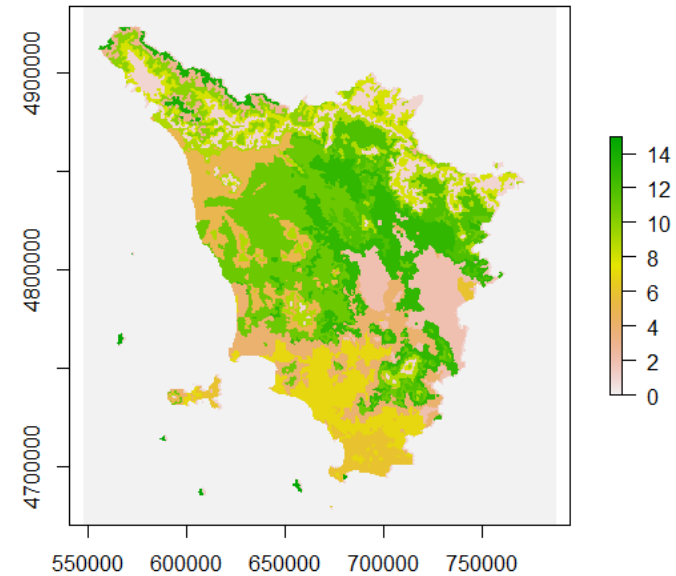


Zonazione climatica

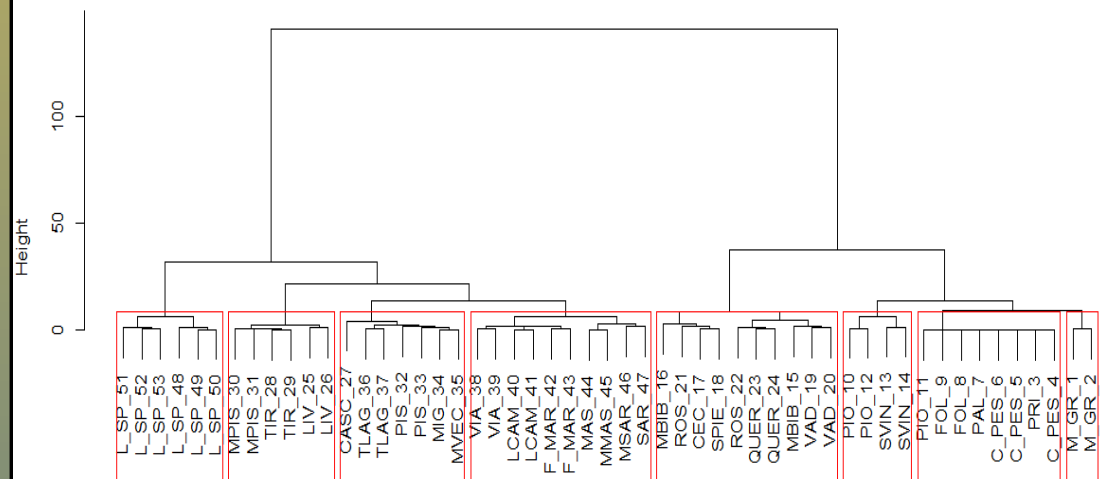
- A** Maremma : 2
- B** Alta Maremma : 8
- C** Basso Livornese : 4
- D** Livornese : 10
- E** Litorale PI-LI: 6
- F** Pisano: 7
- G** Versilia: 10
- H** Spezzino: 6

- Parametri mensili
- Bioclim

Tipi di tempo ARSIA, Barcaioli (2008)



Classificazione Climatica dei siti REDLAV

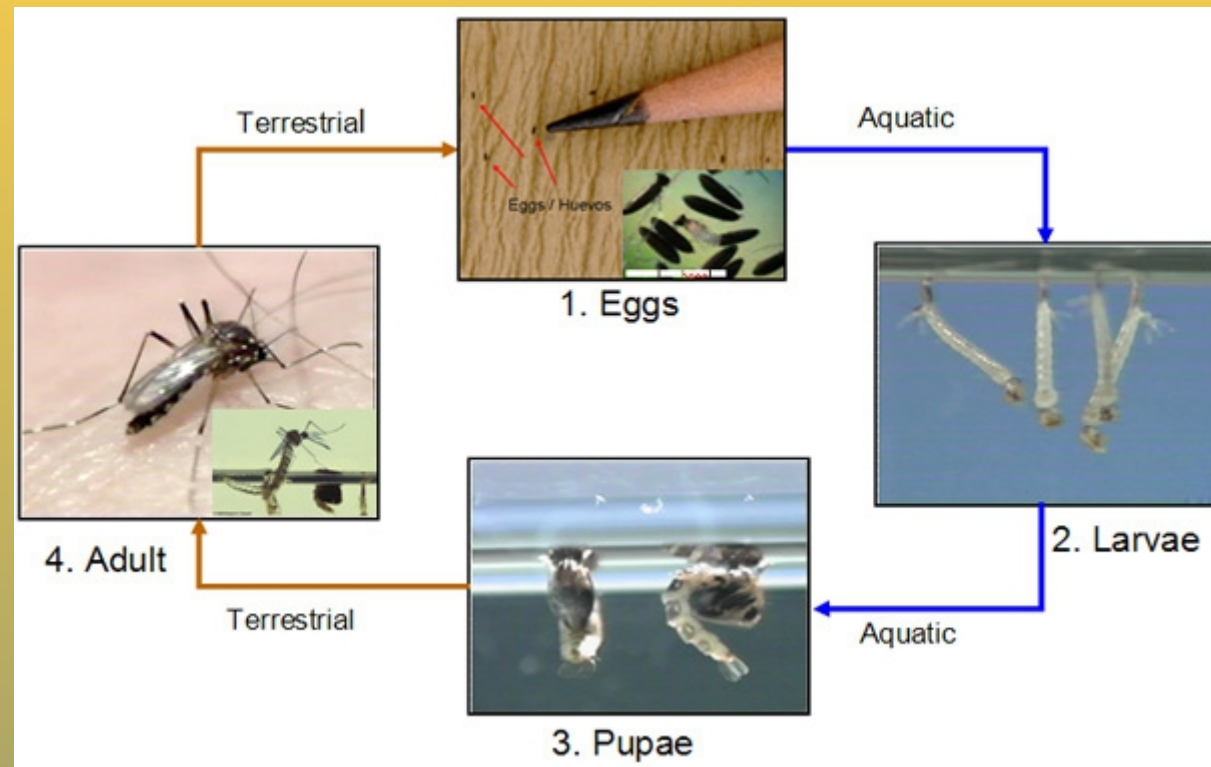


BioAedesSim

BioAedesSim, evoluzione di LaMMAByte, è un modello stage-structured basato su un sistema di ODE le cui uscite sono sottoposte a resampling stocastico.

Eredita la struttura di **Solari Otero (2008)** se ne differenzia per l'intergratore e il ricampionamento multiplo e non singolo.

I tassi di crescita e di mortalità sono modulati da osservabili ambientali come la temperatura dell'acqua e dell'aria (**Delatte, 2010**). Il processo di diapausa è preso in considerazione



http://www.cdc.gov/dengue/entomologyecology/m_lifecycle.html

BioAedesSim



BioAedesSim è implementato a oggetti S3 in ambiente R e utilizza la libreria deSolve per l'integrazione discreta.

Chiede la geolocalizzazione del sito di simulazione.

Lon, Lat, Quota

Chiede dati meteo giornalieri

Data DD/MM/YYYY, Tmed, Tmax, Tmin, Urel e Prec

**Ha una parametrizzazione standard simile al modello Solari Otero per A Aegypti
Sono modulabili i parametri**

BS = N°breeding sites ambientali

alpha= tasso di saturazione dei BS

```
library(deSolve)
library(xts)
source("Rbiosim.r")
```



```
# Instanziamento gli oggetti in versione standard
```

```
metadati_meteo_GR<-metameteo(nome="grosseto",
                              rete="Servizio MeteoSalute",
                              tipo_dati="Simulazione LAM",
                              tipo_stazione="Simulato WRF",
                              fonte_dati="IBIMET",

                              lat=43.85,
                              lon=10.51667,
                              quota=29);
```

```
# Oggetti biologici specifici per la simulazione
```

```
biocontainer_GR<-biocontainer(nrecipients=100) #BS
```

```
biopopulation_GR<-biopopulation(uova=0,
                                  larve=0,
                                  pupe=0,
                                  adulti_1=5,
                                  adulti_2=0,
                                  uova_diap=5)
```

```
bioparameters_GR<-bioparameters( alfa0=1.5,      #Alpha
                                   densita=70,
                                   egn=63)
```

```
# Instanziamento per la simulazione di grosseto
```

```
biometeo_GR<-biometeo("grosseto.txt",biocontainer_GR,metadati_meteo_GR);
```

```
sim_GR=rbiosim_run(biometeo_GR,biopopulation_GR,bioparameters_GR);
```

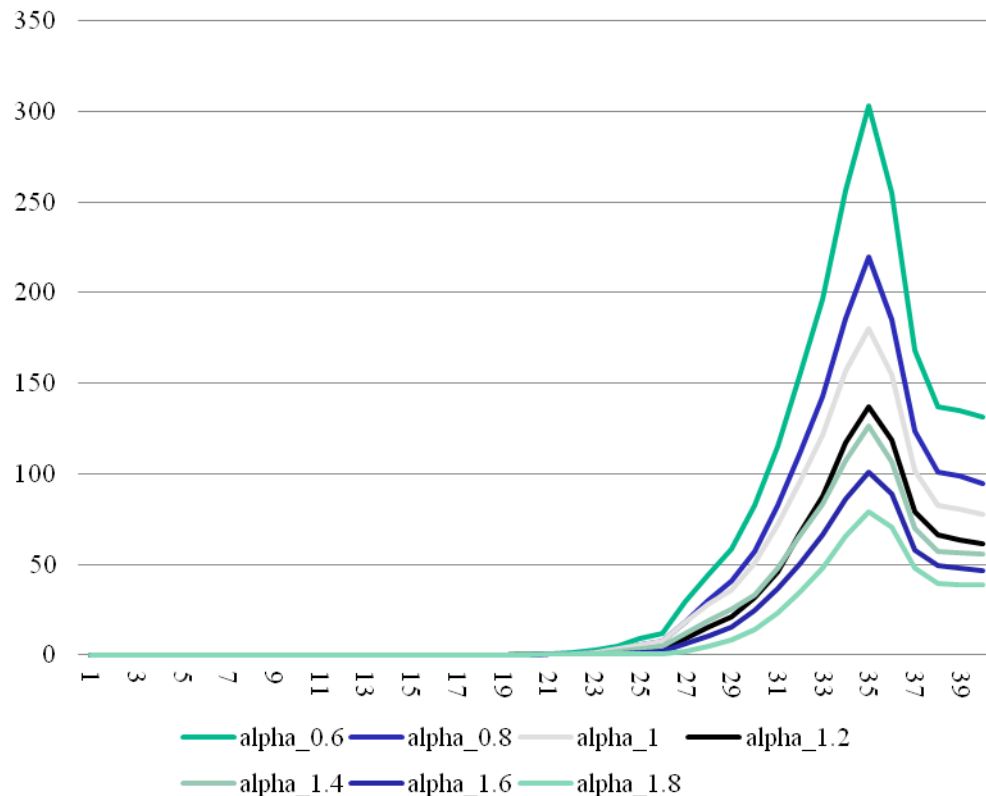
```
write.csv(sim_GR$pop_fin_day,row.names=F,file="sim_GR.csv")
```

BioAedesSim

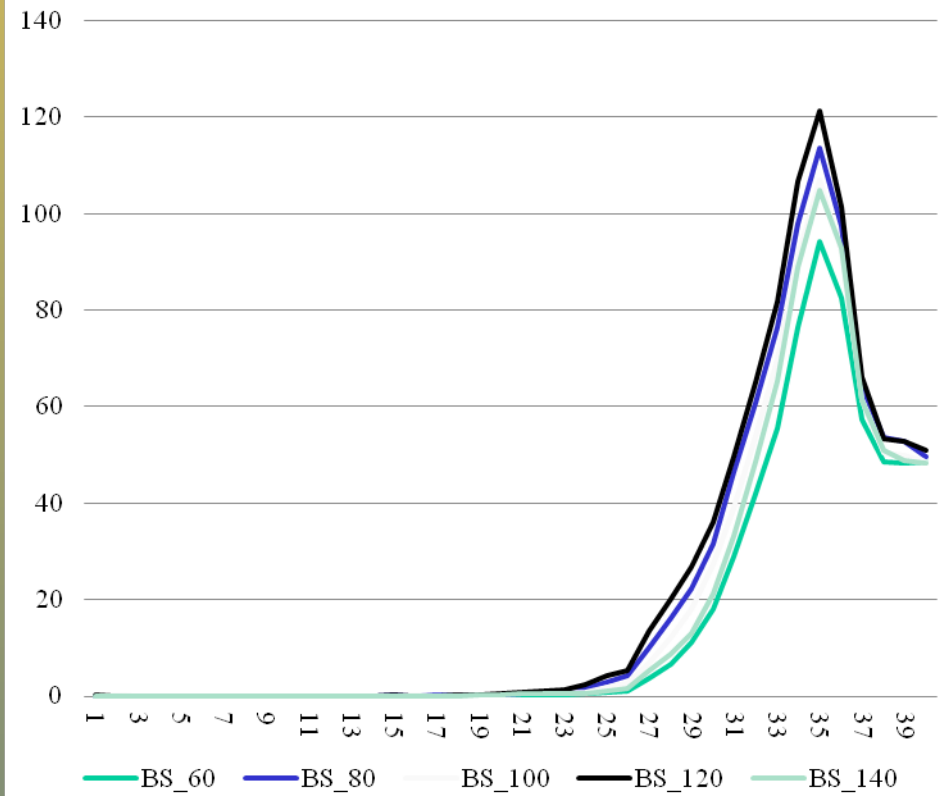


In BioAedesSim come nella modellistica che eredita lo schema Solari Otero i parametri modulanti principali sono **alpha** e **BS**.

Simulazione Uova/trappola Grosseto
2009



Simulazione Uova/trappola Grosseto
2009



Il parametro **alpha**, è il modulante principale del modello (**BS** è di secondo ordine). E' un parametro in relazione profonda con **carrying capacity** K espressa dal territorio e dalle condizioni climatiche per una popolazione simulata.

$$dE/dt = egn * (ovr1 * A1 + ovr2 * A2) - me * E - elr * (1 - \gamma(L)) * E$$

$$dL/dt = elr * (1 - \gamma(L)) * E - ml * L - \alpha * L^2 - lpr * L$$

$$dP/dt = lpr * L - mp * P - par * P$$

$$dA1/dt = par * ef * P/2 - ma * A1 - ovr1 * A1$$

$$dA2/dt = ovr1 * A1 - ma * A2$$

Solari e Otero 2006

Nel modello è il termine non lineare dell'equazione della mortalità delle larve. Questo è una condizione modellistica che permette la stabilità numerica dell'integrazione del sistema.

La sua stima permette di avere l'informazione essenziale della capacità ecologica quindi la fitness di una popolazione di Aedes.

Landscape analysis

- *Estensione*
- *Classe*
- *Tessera*
- *Grana*

Territorio: un mosaico di tessere nello spazio-tempo.

Indici di forma

Area
Core
Perimetro
Confini
Frattale
Circolarità (shape)
Rapporto area/perim.



Indici di eterogeneità

Numero
Densità
...

Landscape patterns



•Studiare quantitativamente il mosaico territoriale vuol dire poter misurare gli indici relativi alle tessere (patches=porzioni delimitate omogenee) che lo compongono, non solo nella loro **composizione**, ovvero negli attributi specifici, ma anche nella loro **configurazione** spaziale. Questo è uno degli aspetti della **Landscape Ecology** che mira a studiare come il paesaggio nella sua conformazione influisce sulle comunità biotiche che risiedono in esso. E' ben documentato che anche gli insetti risentono pesantemente della configurazione spaziale del paesaggio.

Pacthes Indexes



Area Metrics

Class Area
Total Landscape Area

Shape Metrics

Mean Shape Index
Area Weighted Mean Shape Index
Mean Perimeter-Area Ratio
Mean Patch Fractal Dimension
Area Weighted Mean Patch Fractal Dimension

Patch Density & Size Metrics

No. of Patches
Mean Patch Size
Median Patch Size
Patch Size Coefficient of Variation
Patch Size Standard Deviation

Edge Metrics

Total Edge
Mean Patch Edge
Contrasted Weighted Edge

Diversity & Interspersion Metrics

Mean Nearest Neighbor Distance
Mean Proximity Index
Interspersion Juxtaposition Index
Shannon's Diversity Index
Shannon's Evenness Index

Worktools



FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps

<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>



SDMtools package: Species Distribution Modelling Tools: Tools for processing data

Australian Research Council & ARC Research Network for Earth System Science

Funzione **PatchStat** :

- *Npatches*
- *n.edges.internal*
- *Area*
- *core.area*
- *perimeter*
- *perim.area.ratio*
- *shape.index*
- *frac.dim.index*
- *core.area.index*



ImageJ: libreria java
per il trattamento
immagini

Green Patch detection



Per ogni foto georiferita ed un
quadrato di 1 km.....



**Plugin
Densitometry 3
channel**

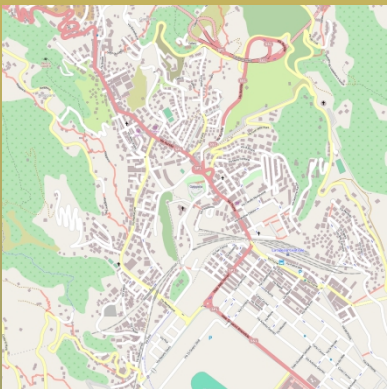
Segmentazione
Immagini RGB

Per cercare le
tessere **urbane** e
le tessere **verdi**

Green Patch detection



La Spezia



Densitometry
3 channel
Plugin

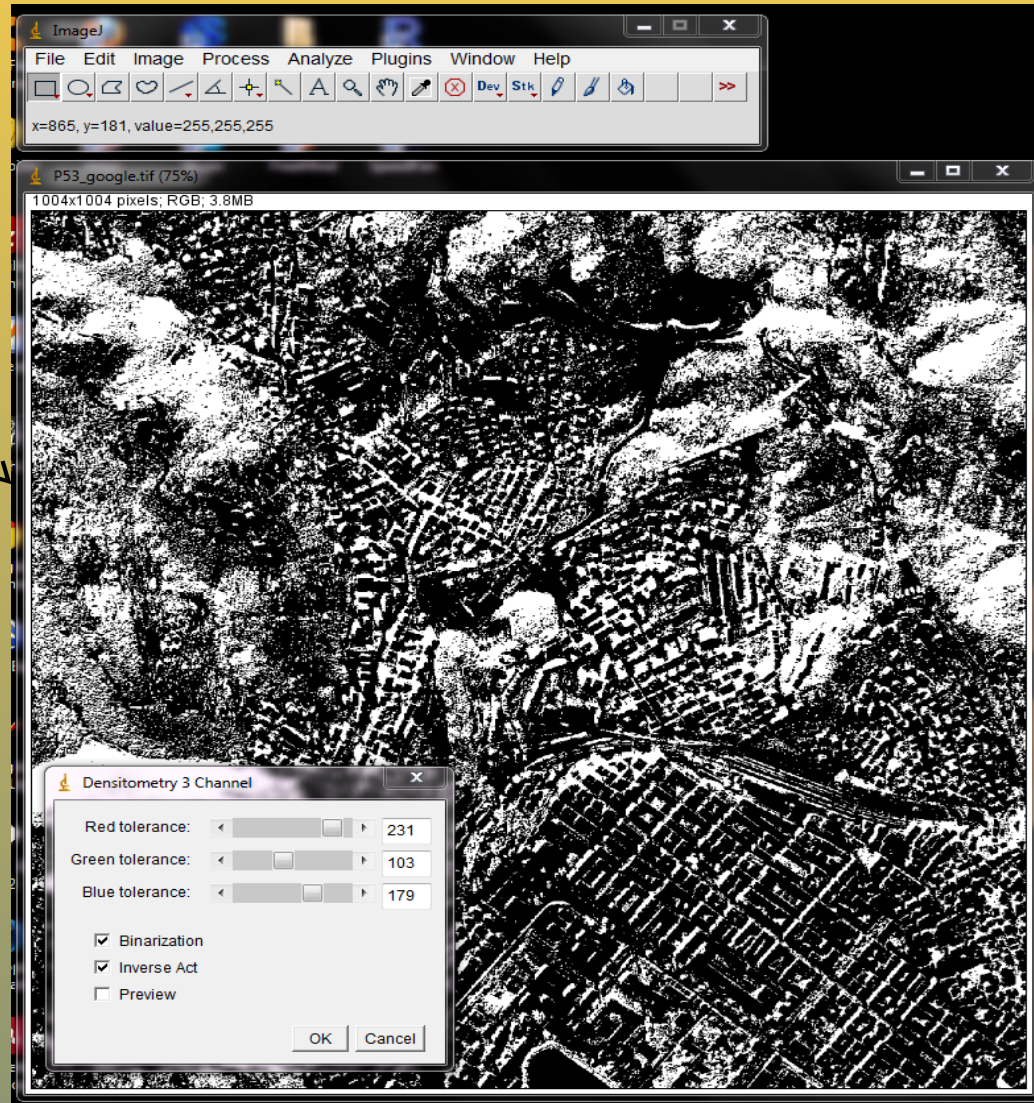
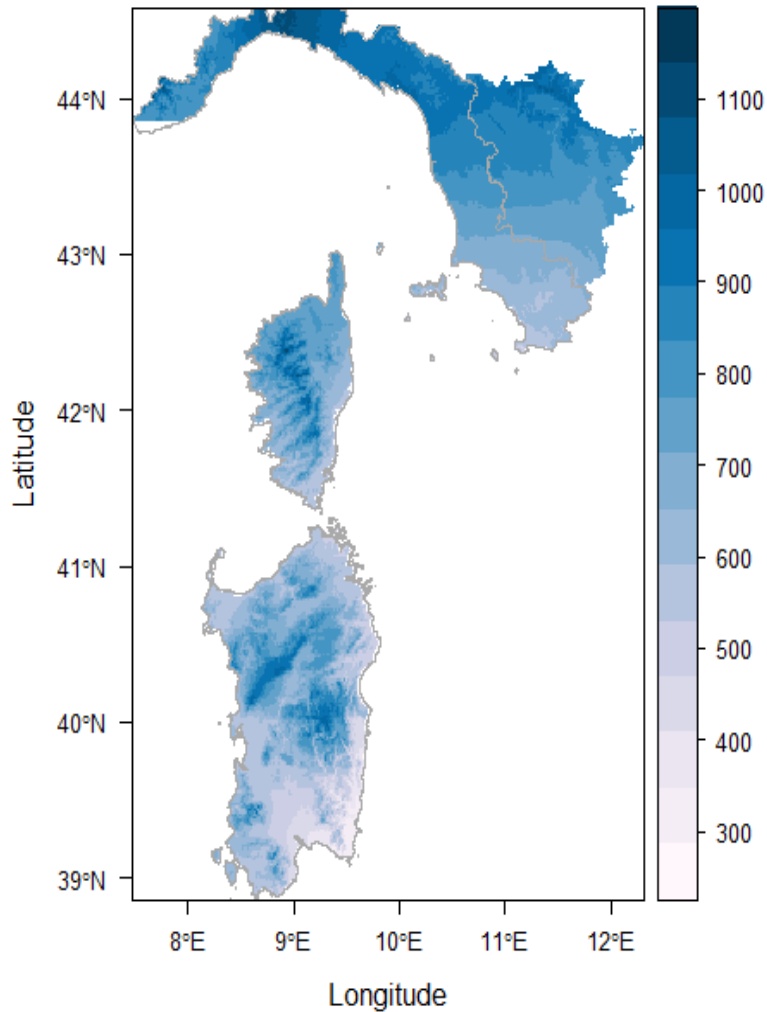


Immagine
binaria
Aree verdi e
Aree urbane
da passare
R SDTtools
per
Patch statistics

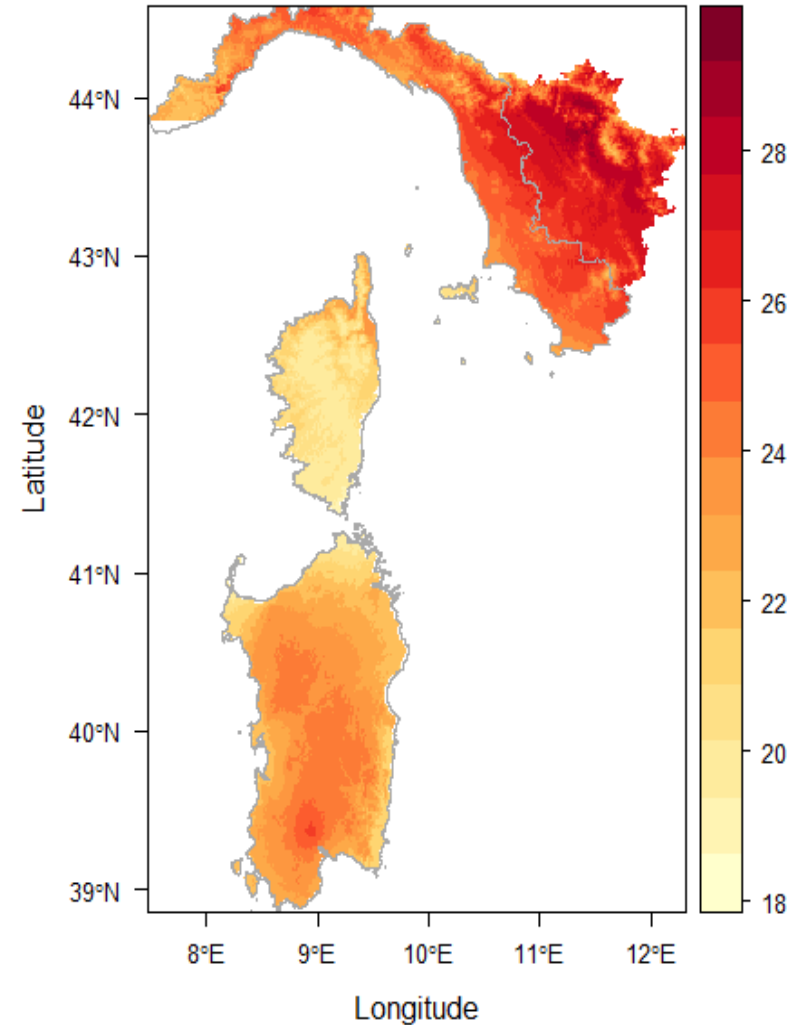
Dr. Gholam Reza Kaka, Kaiser Niknam
Research Center of Neuroscience, Baqiyatallah Medical Sciences University, Tehran, Iran

Bioclim Climate 1km

Pioggia annuale

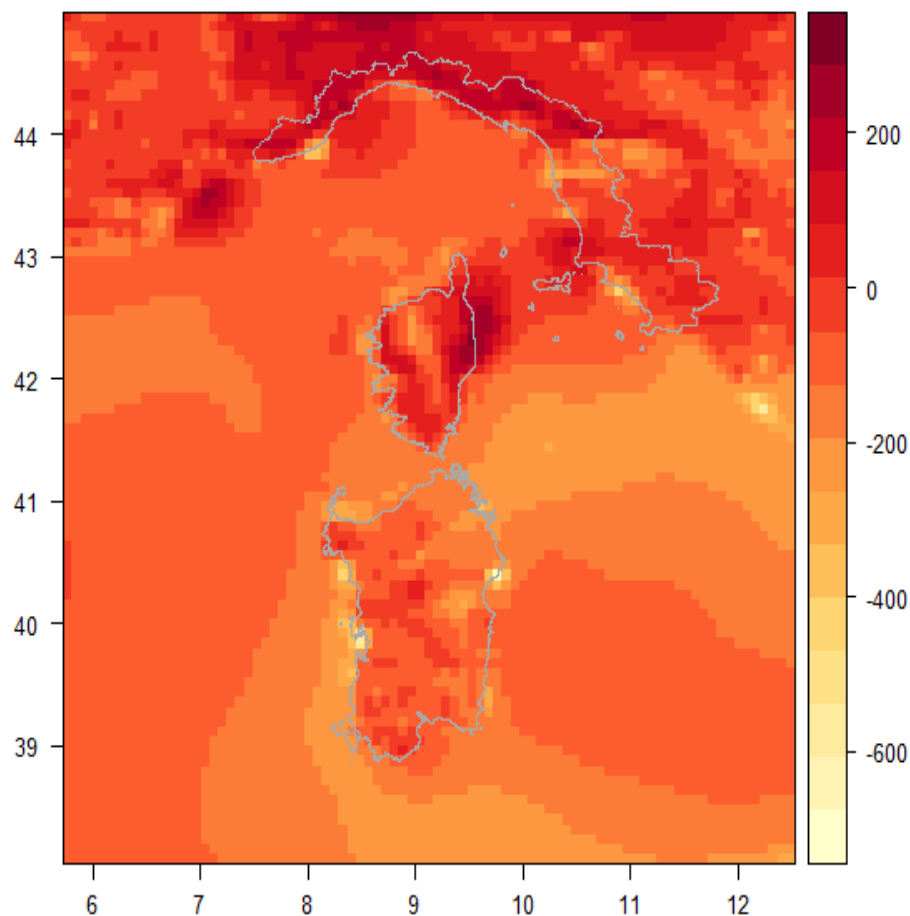


Range T° Annuale

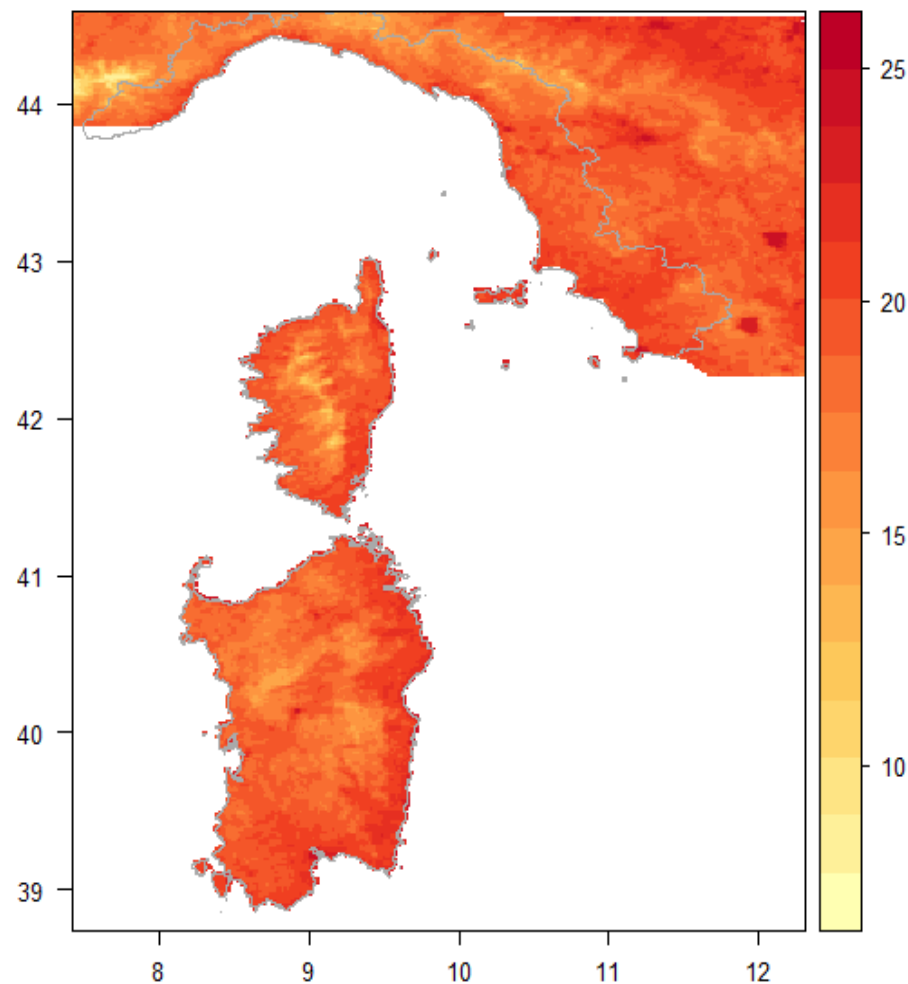


WRF e MODIS

WRF ARW Delta GDD
Gradi giorno estate 2011 -2012

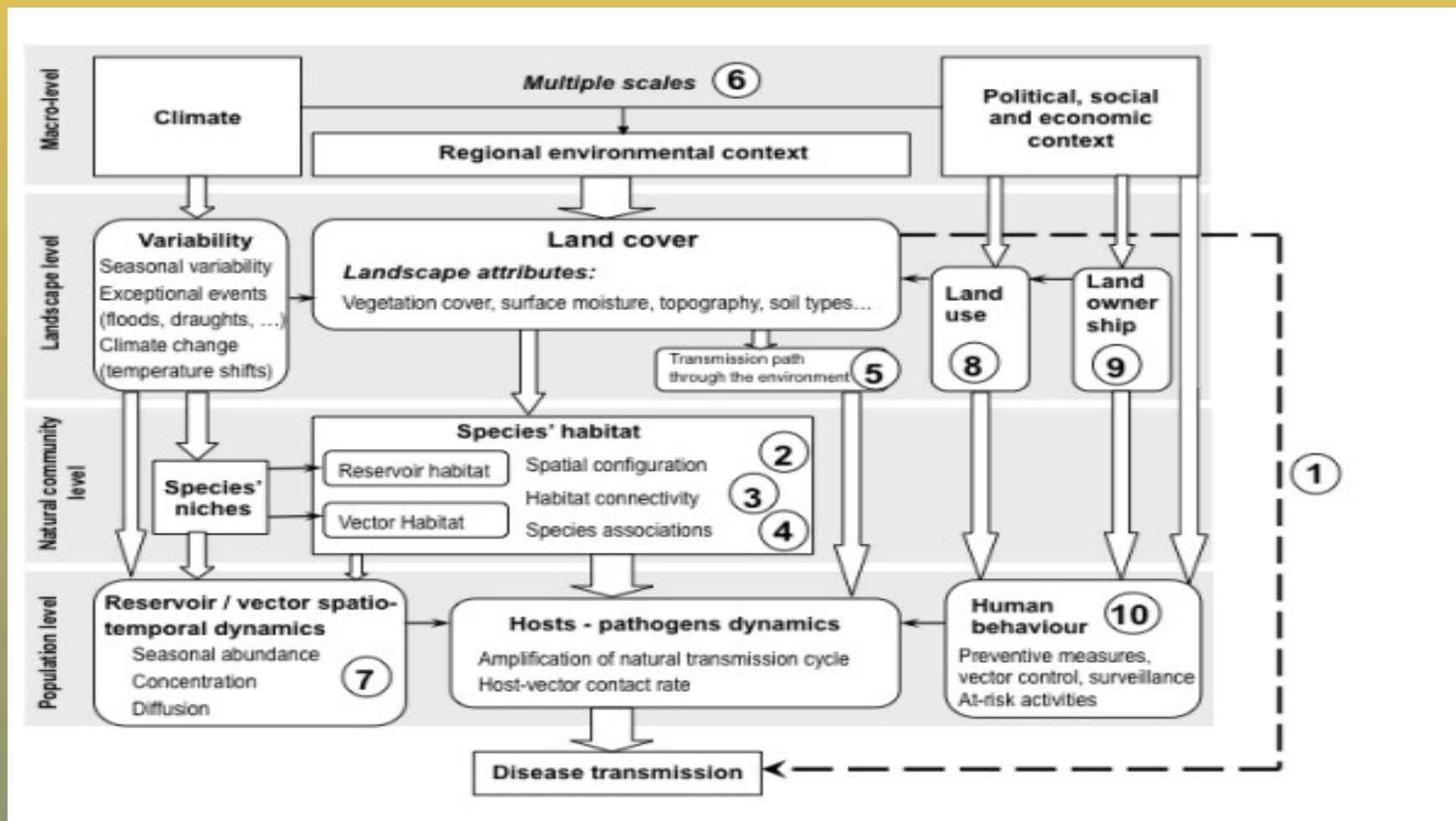


MODIS LST Notte Luglio 2011



Framework generale

Concetto di **Pathogenic landscapes**

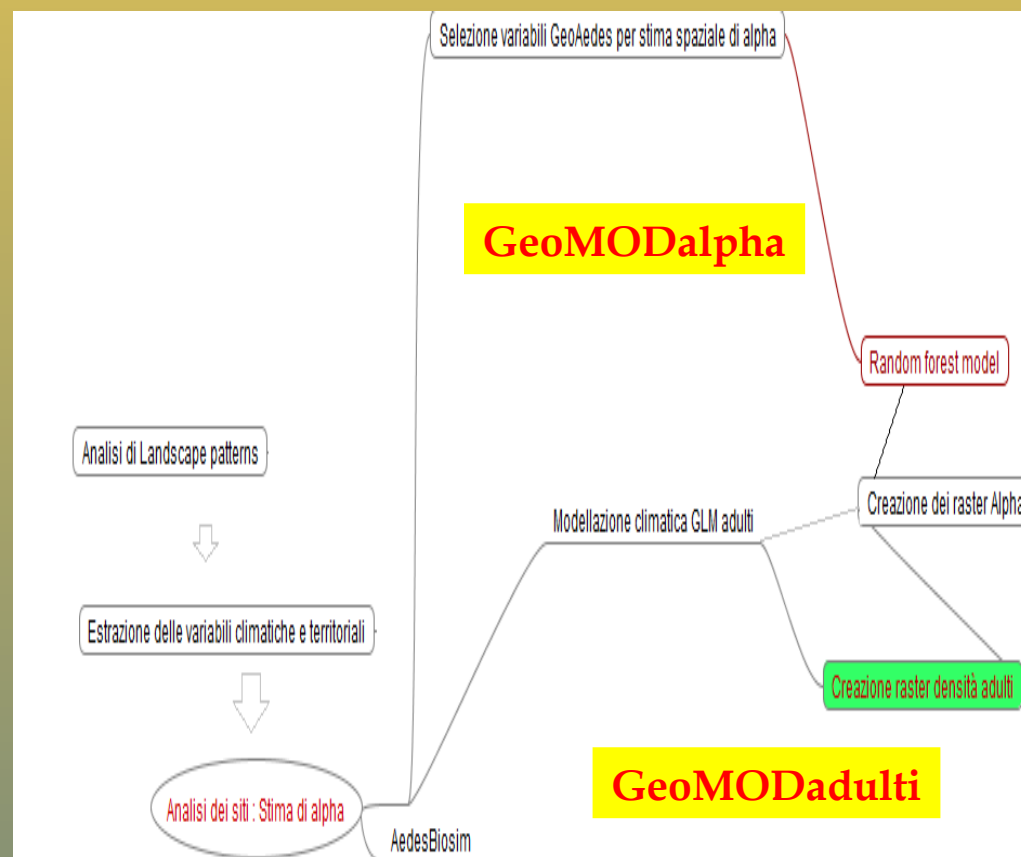


Lambin et al. *IJ of Health Geographics* 2010

Pathogenic landscapes: Interactions between land, people, disease vectors, and their animal hosts

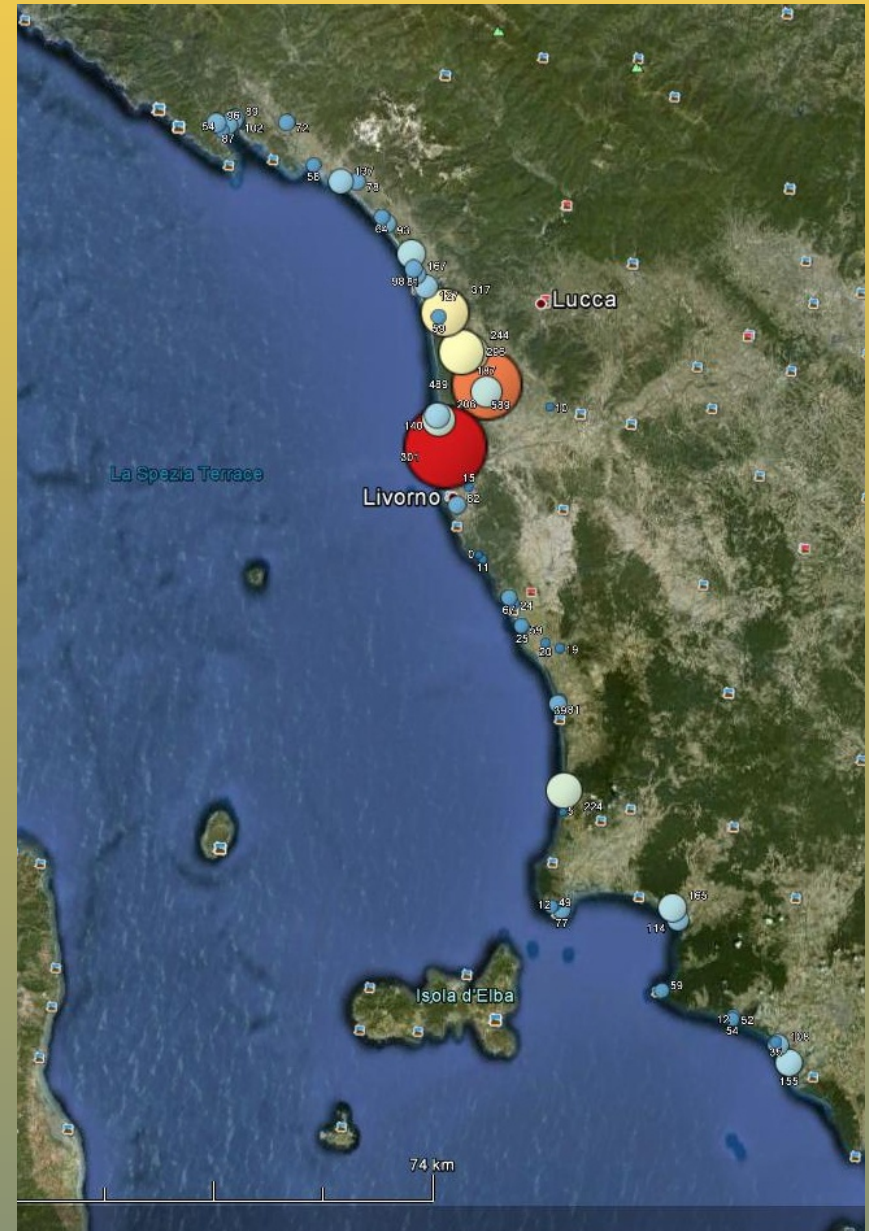
Per raggiungere l'obiettivo finale del lavoro che è quello di avere una mappa raster di **alpha** e infine i layer di **densità media di femmine adulte**

1. Stimare **alpha** sui siti con **AdesBiosim**.
2. Selezionare i predittori spaziali di alpha (Clima, Landscapes index, DEM derivati, Popolazione, MODIS LST).
3. Implementare un modello **Random Forest** per stimare raster su aree target (UMZ -1km).
4. Modulare il numero adulti con parametri climatici mensili noto alpha
5. Creare i raster mensili di densità uova/adulti.



Analisi siti: stima di alpha

- Con le serie mensili di uova di ciascun punto di monitoraggio REDLAV è stata fatta una valutazione del parametro alpha annuale per ogni trappola, sia per il **2011** che per il **2012**, tramite una procedura ricorsiva.
- Il criterio è stato quello di prendere il valore di alpha che minimizzasse l'**RMSE** delle serie mensili fra simulato e osservato.
- L'errore quadratico medio considerato **RMSE** quindi è quello cumulato stagionale sulla località.

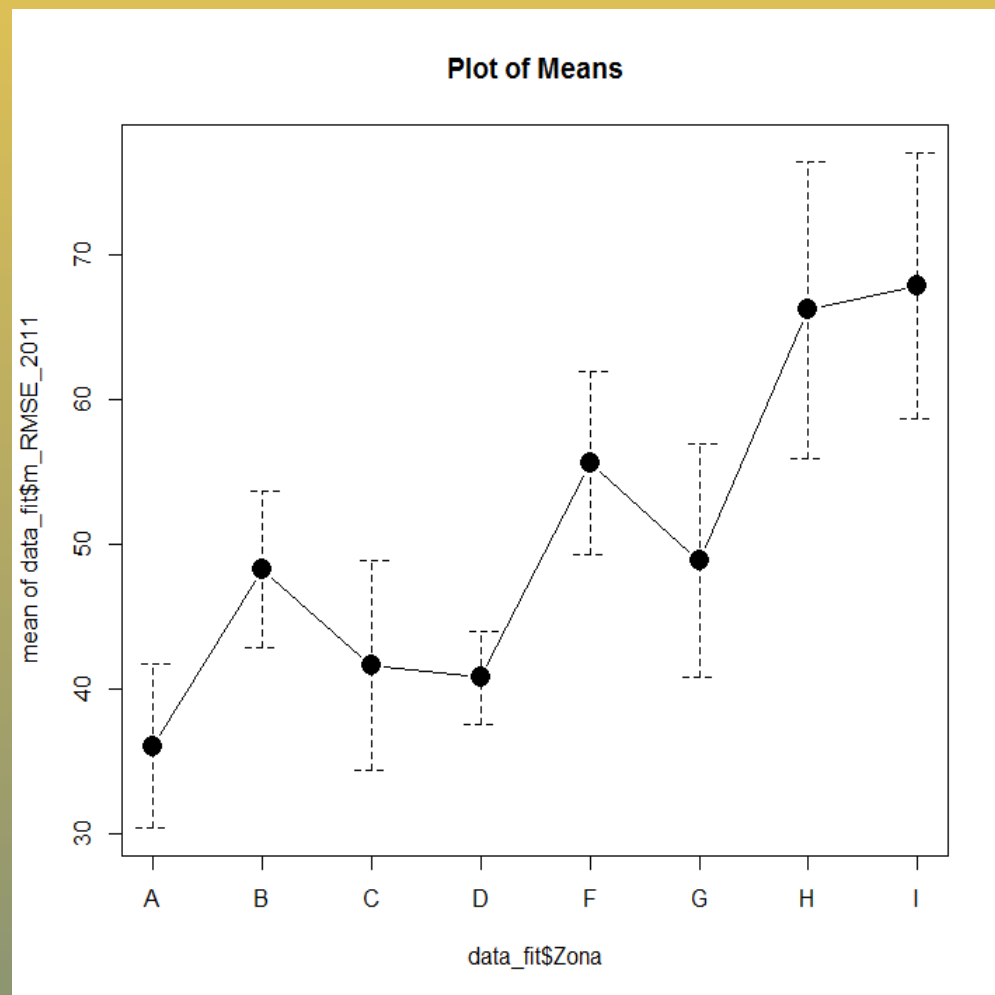


Rilevamento **UOVA Set-2011**

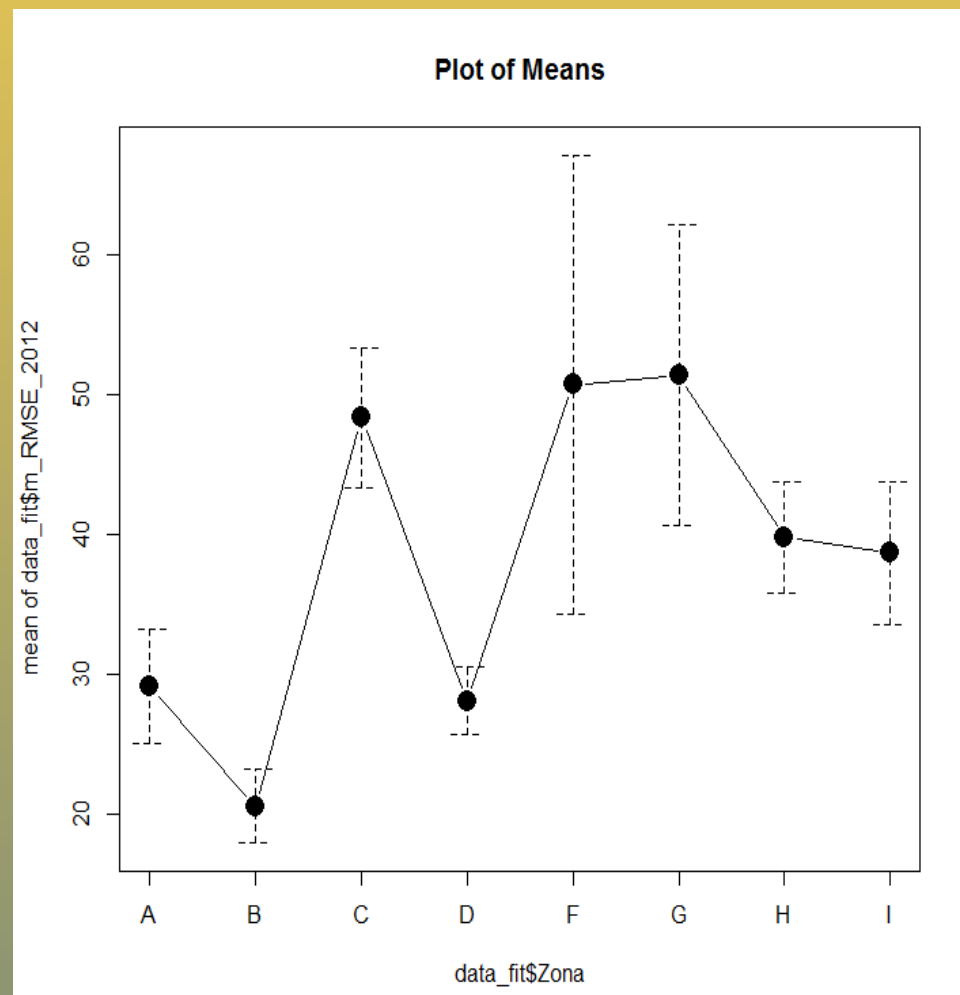
Analisi siti: stima di alpha



2011



2012

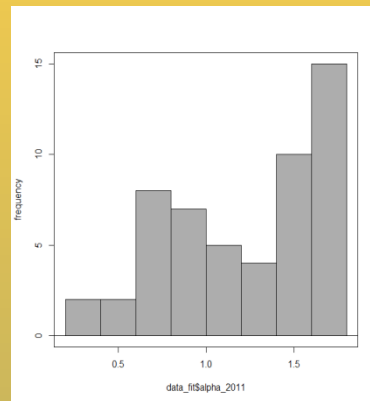


Errore quadratico medio e sua d.st. per ogni gruppo di siti identificato climaticamente.

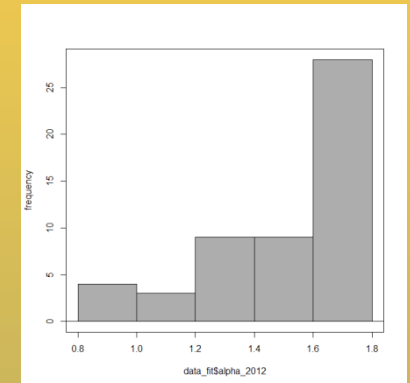
Alpha location fitting



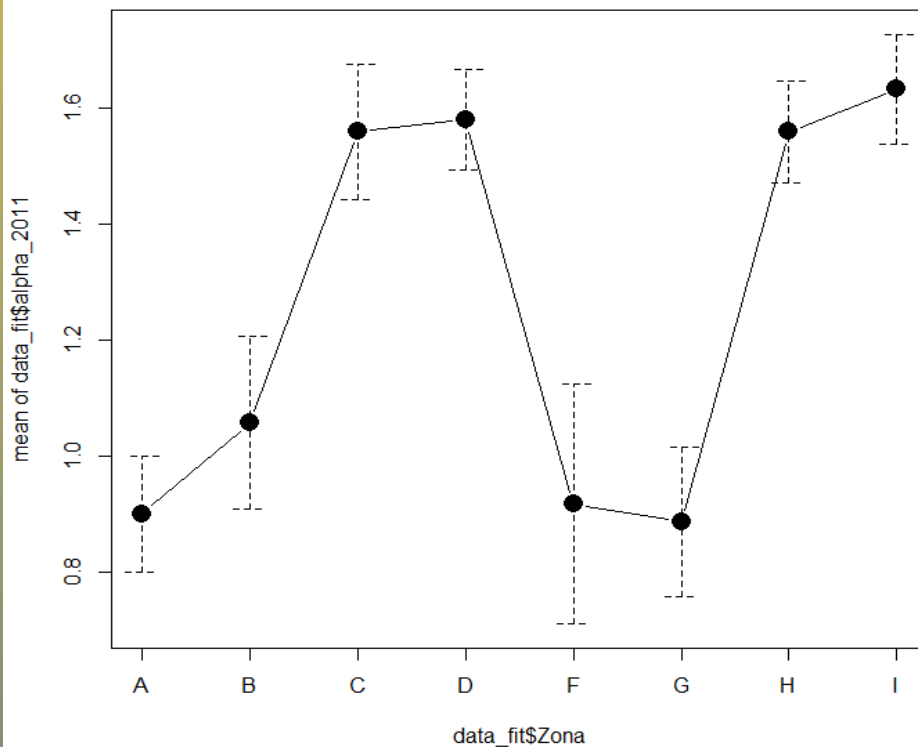
2011



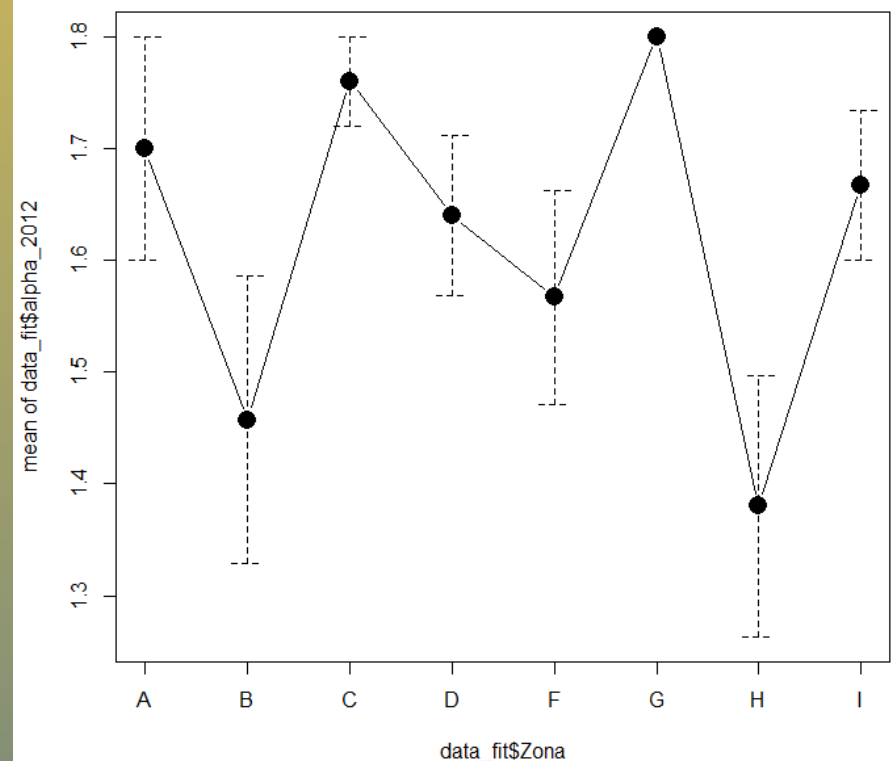
2012



Plot of Means



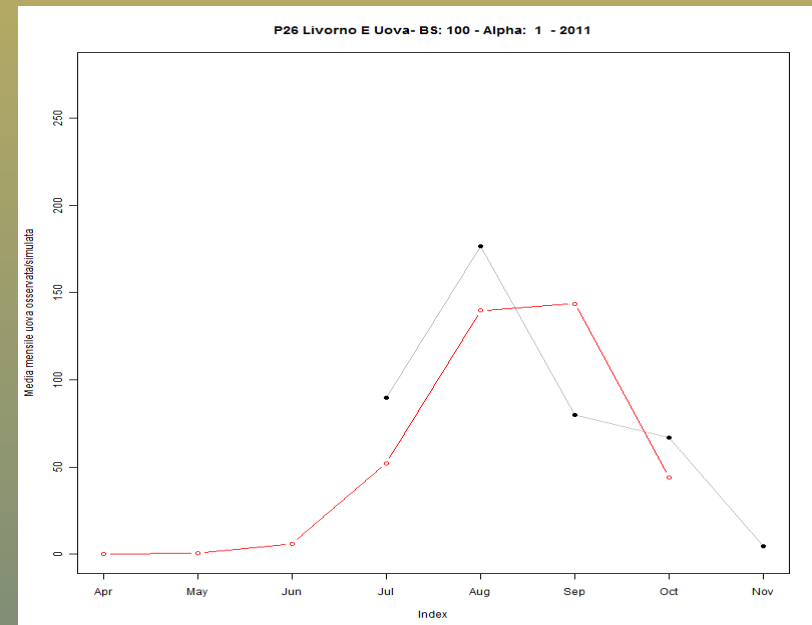
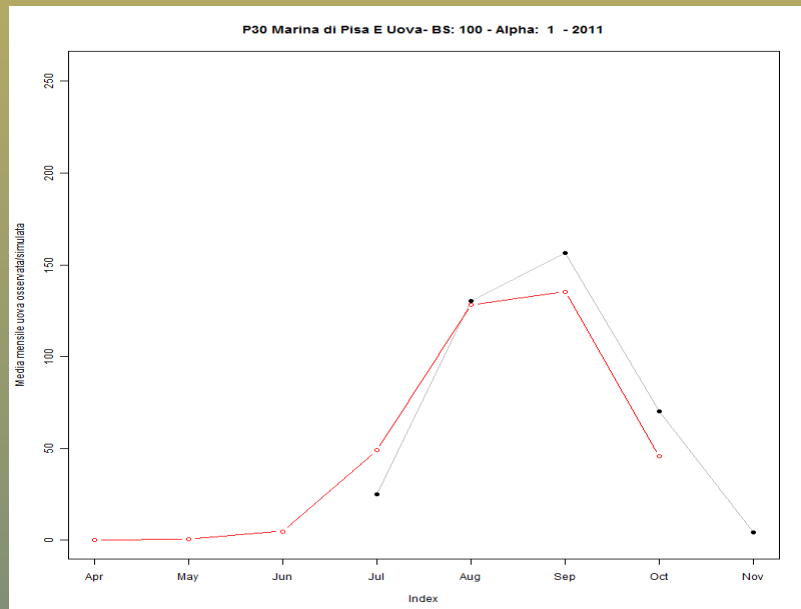
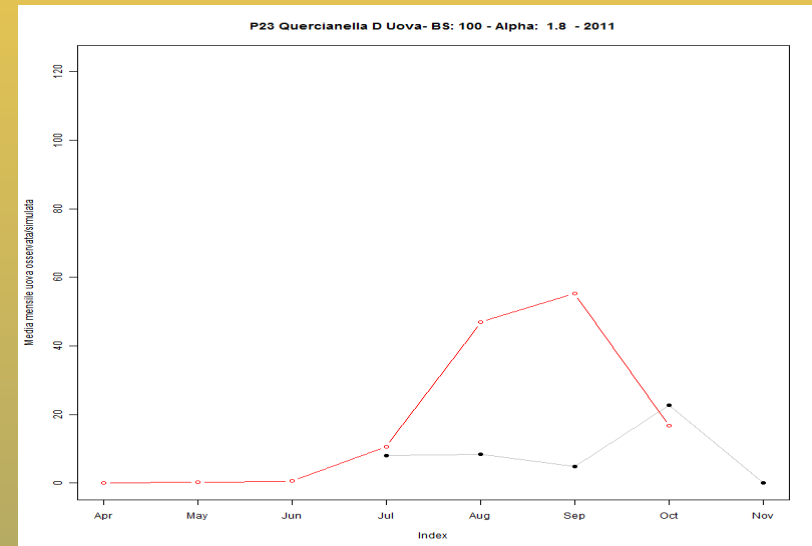
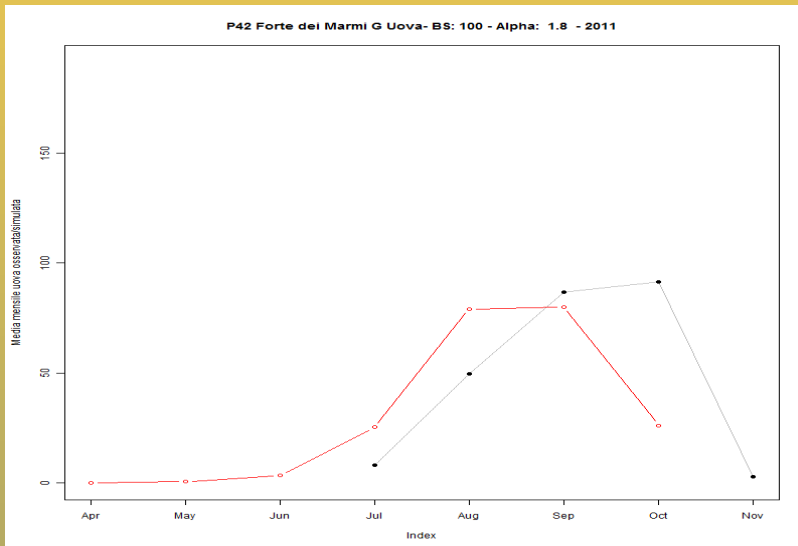
Plot of Means



Alpha location fitting



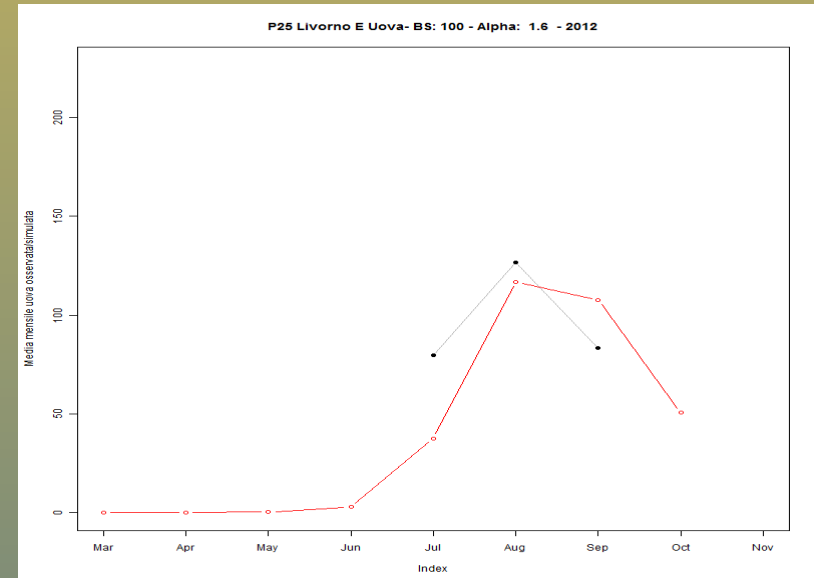
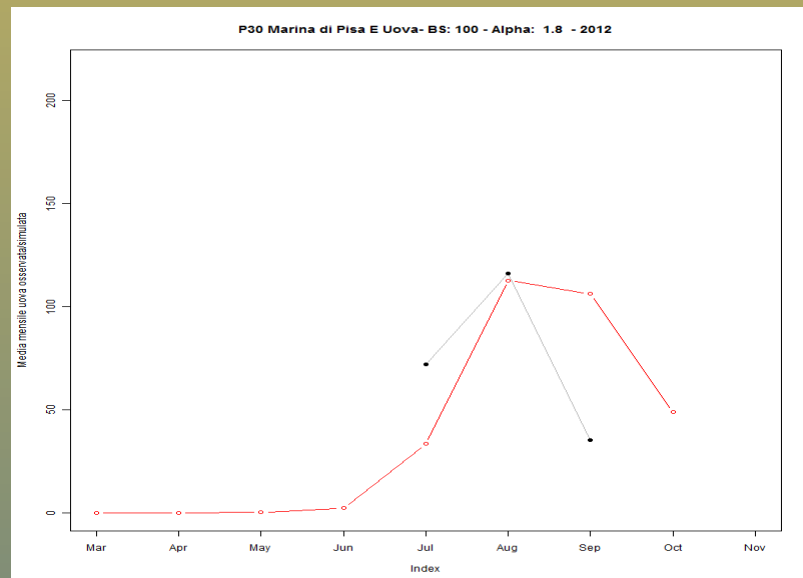
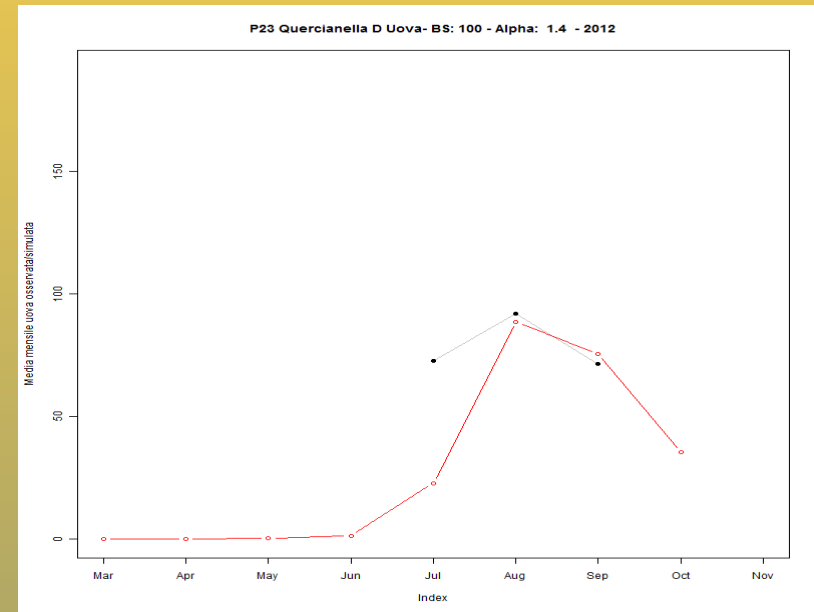
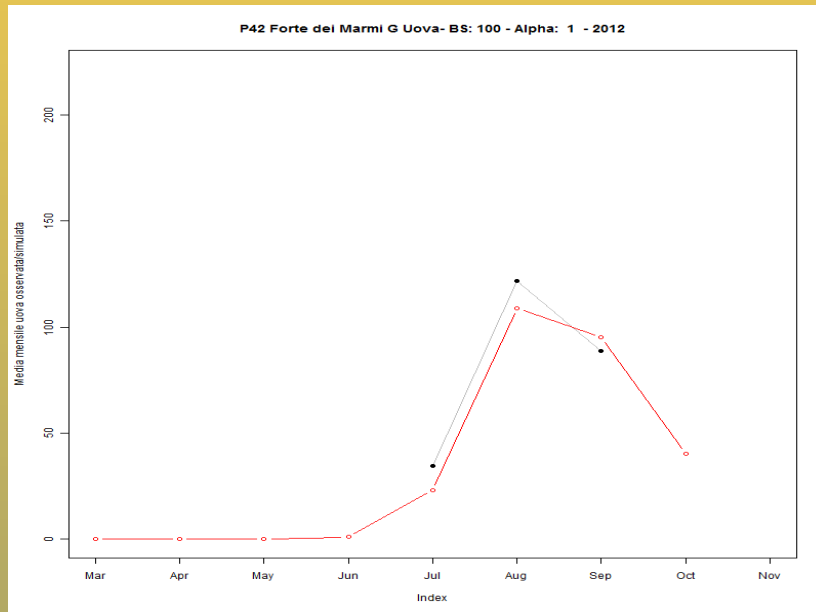
2011 Forte dei Marmi , Quercianella, Marina di Pisa e Livorno



Alpha location fitting



2012 Forte dei Marmi , Quercianella, Marina di Pisa e Livorno

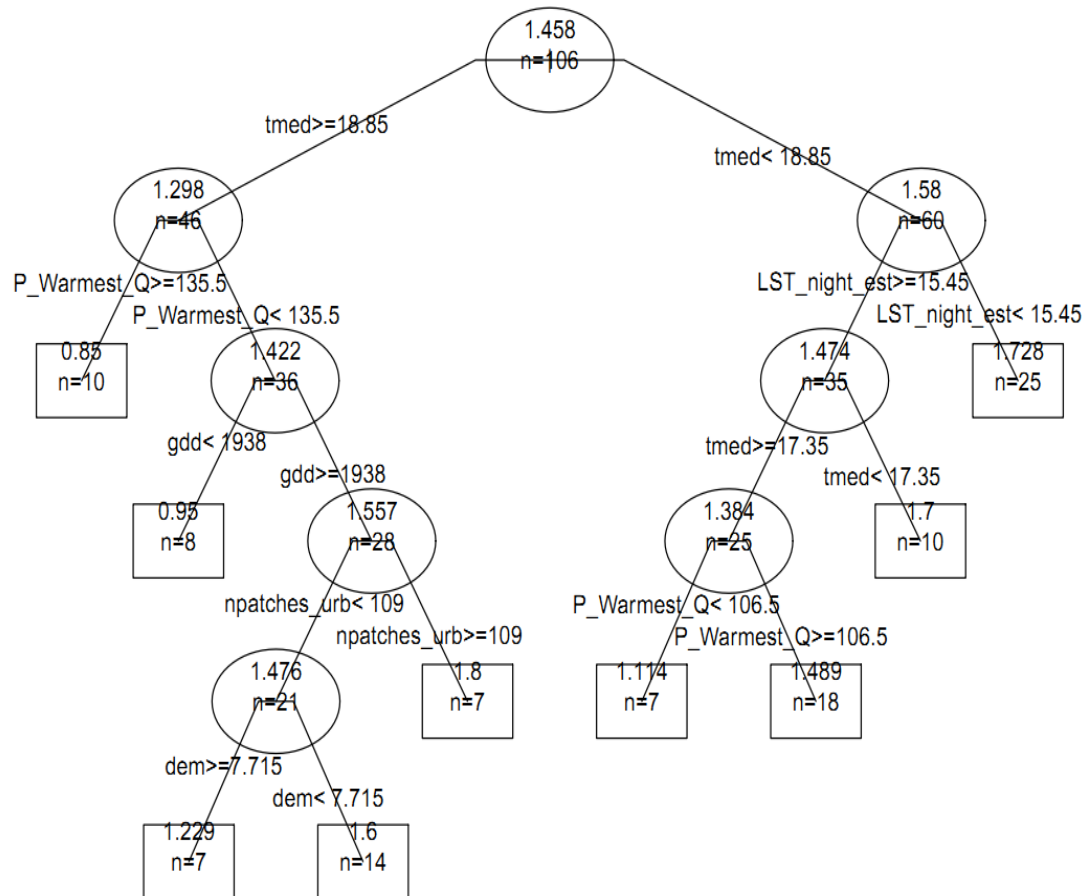


GeoMOD alpha



La modellazione spaziale di **alpha** ha utilizzato tutti i predittori climatici e meteorologici, territoriali (landscape e morfometrici) e demografici. Il training set sono **2*53** =106 valori di alpha annuali.

La metodologia statistica usata è **Random forest-Tree Regression**

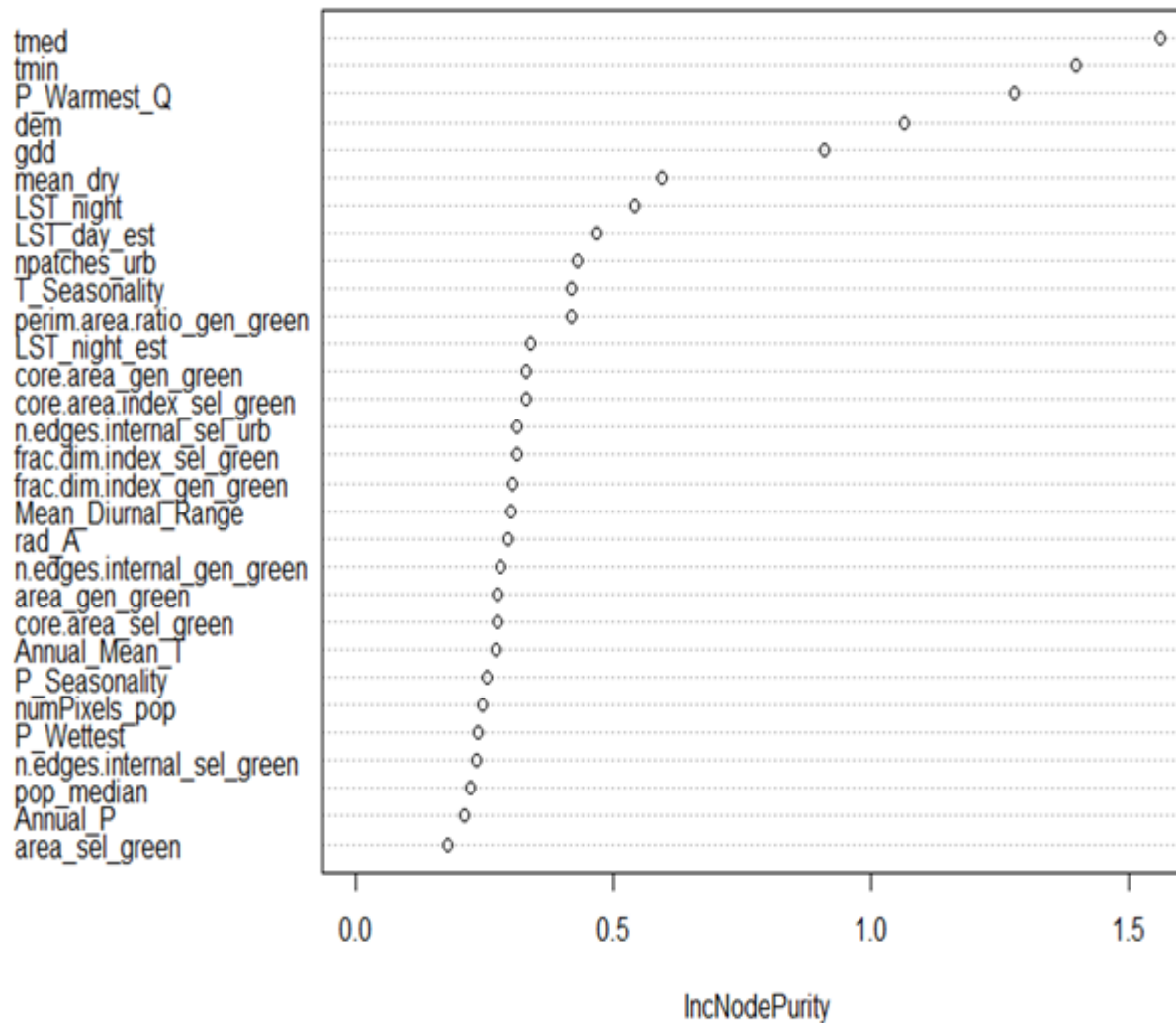


Oltre a fornire una precisione di stima apprezzabile e robusta

Rsq=0.64

offre la gerarchia di relazione fra le variabili. E' una famiglia di funzionali che può essere applicata ai raster di predittori per mappare la variabile da predittanda.

GeoMOD alpha



Le **foreste randomiche** offrono anche la gerarchia di importanza della variabile. Dopo quelli climatici emerge l'importanza della parametrizzazione territoriale.

Si nota la **pioggia estiva**, **periodo secco**, **quota**, **numero di patch edilizie** e **il rapporto perimetro area delle patch di verde urbano**.

GeoMOD adulti



Dal valore spaziale di **alpha**, dal **mese**, dal **giorno progressivo dell'ultima precipitazione** e dalla temperatura media è possibile stimare in maniera lineare il **numero di alate medio**.

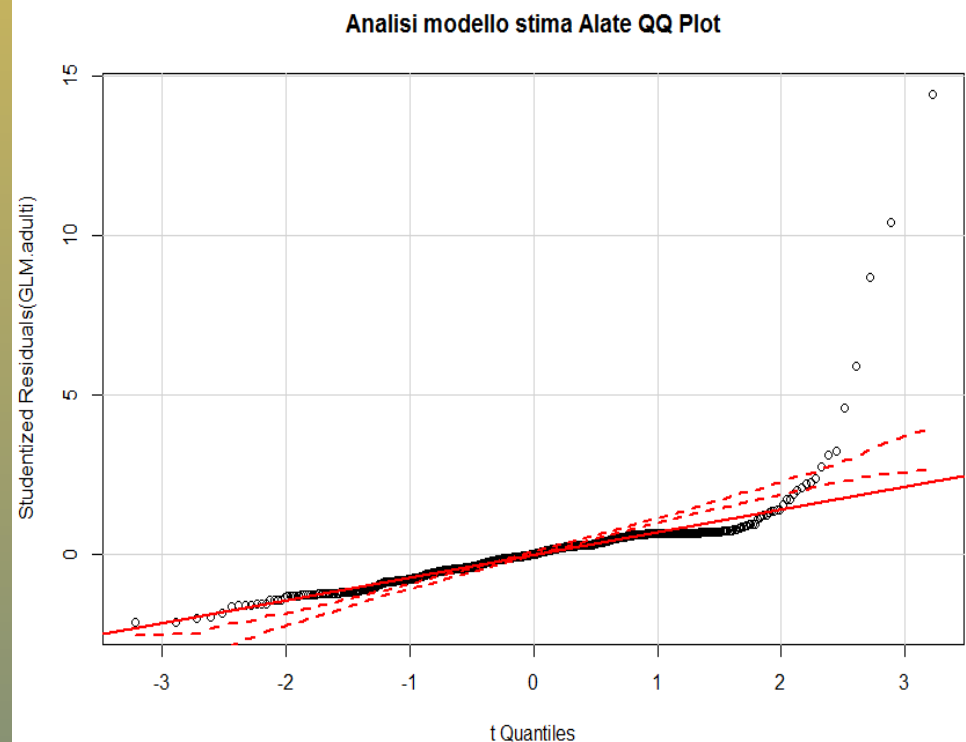
$\text{lm}(\text{N_adulti} \sim \text{mese} + \text{alpha} + \text{tmed} + \text{dry})$

Coefficients:

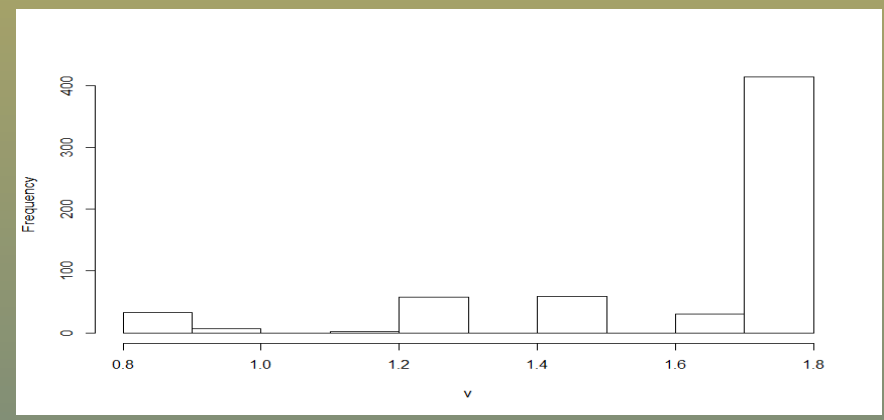
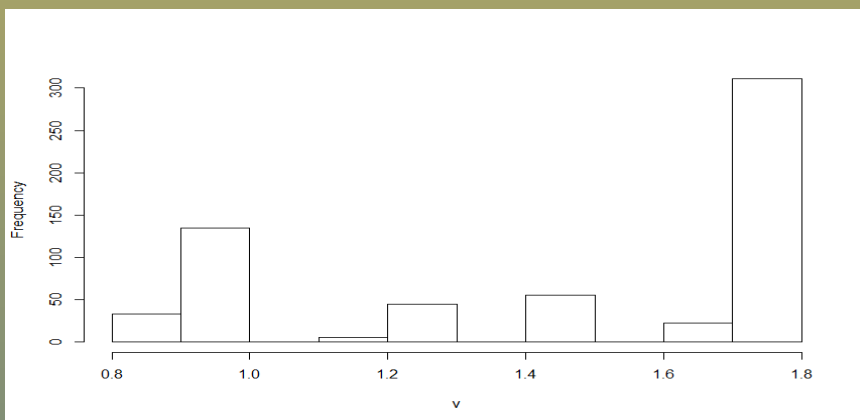
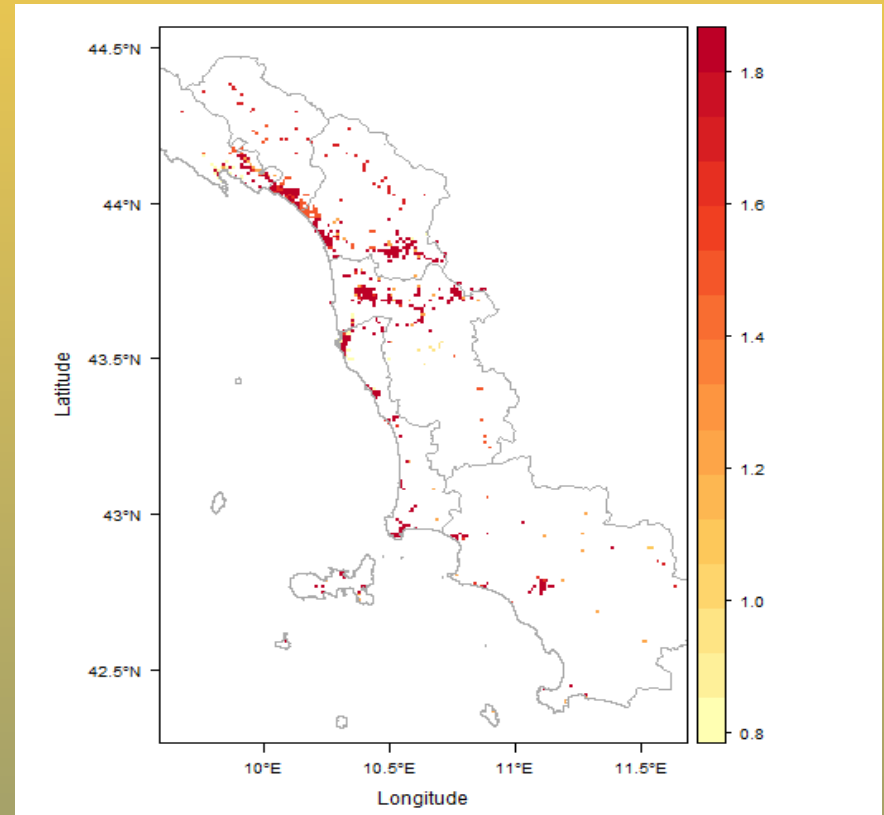
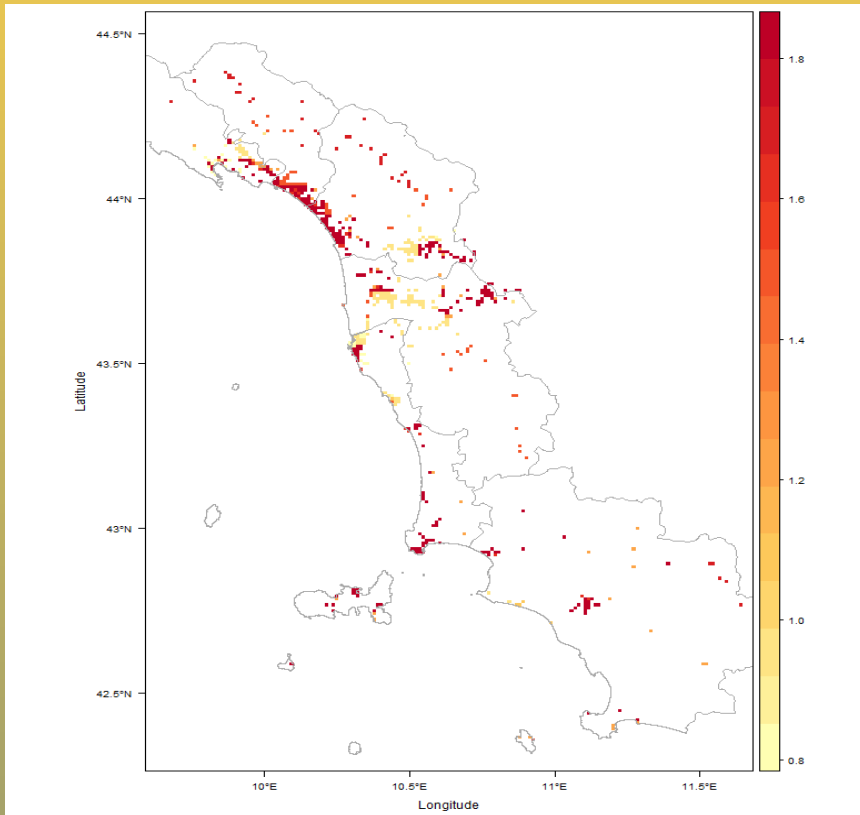
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	121.36492	40.77495	2.976	0.00301 **
mese[T.5]	-6.21048	11.33991	-0.548	0.58409
mese[T.6]	-3.95281	19.97990	-0.198	0.84323
mese[T.7]	53.48158	27.38948	1.953	0.05124 .
mese[T.8]	174.15667	28.33789	6.146	1.31e-09 ***
mese[T.9]	257.92517	22.47011	11.479	< 2e-16 ***
mese[T.10]	226.34534	13.47030	16.803	< 2e-16 ***
alpha	-99.72164	5.22981	-19.068	< 2e-16 ***
tmed	1.93956	2.82283	0.687	0.49224
dry	-0.15754	0.06852	-2.299	0.02178 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

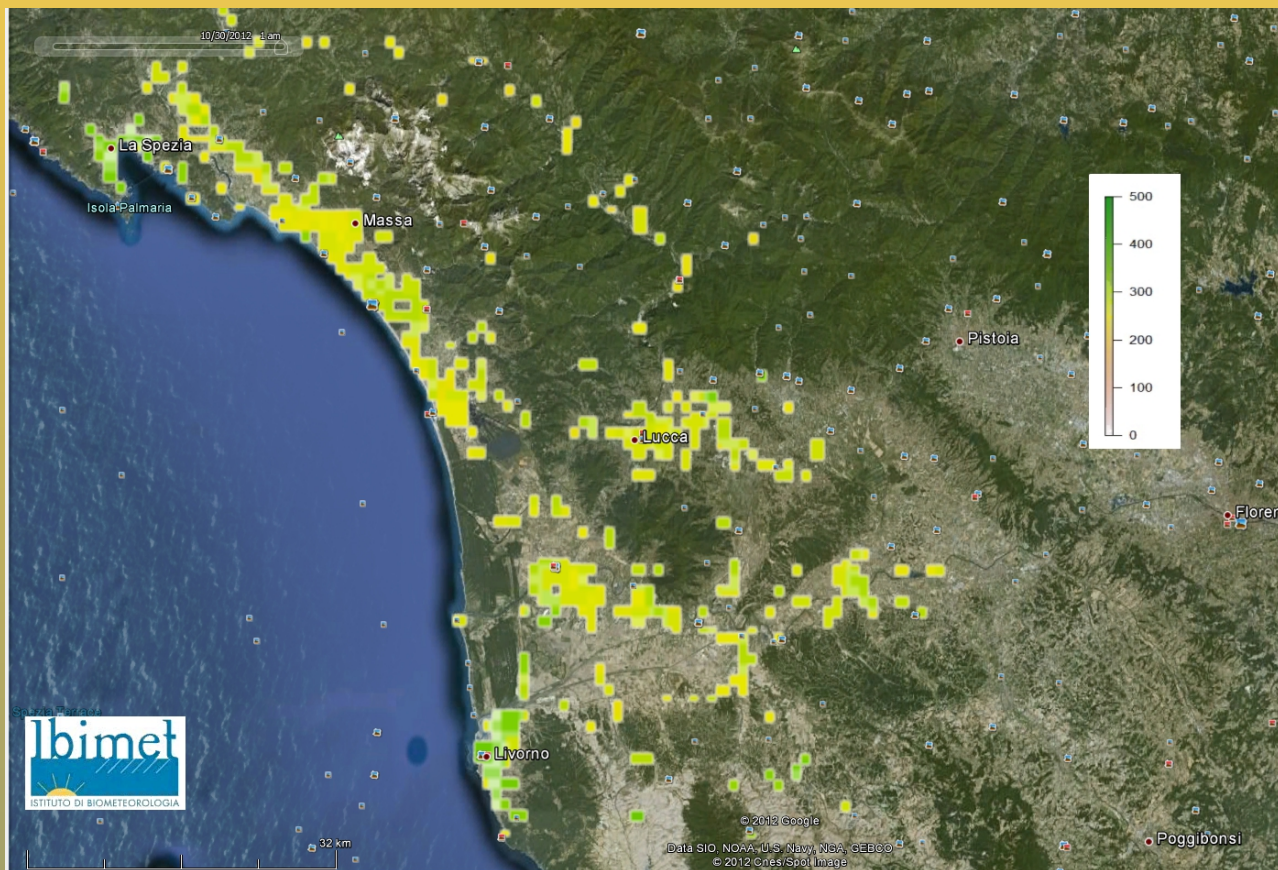
Residual standard error: 53.53 on 732 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.8211, Adjusted R-squared: 0.8189
F-statistic: 373.3 on 9 and 732 DF, p-value: < 2.2e-16



Mappe alpha Aree Urbane UMZ



Mappe adulti



Anno 2012

Anno 2011

Mappa densita di alate adulti /ha
Ottobre 2012

Mappe rischio di dettaglio

Mappa classi
di classi **R0**
coefficiente
di riproduzione
di base

LUCCA

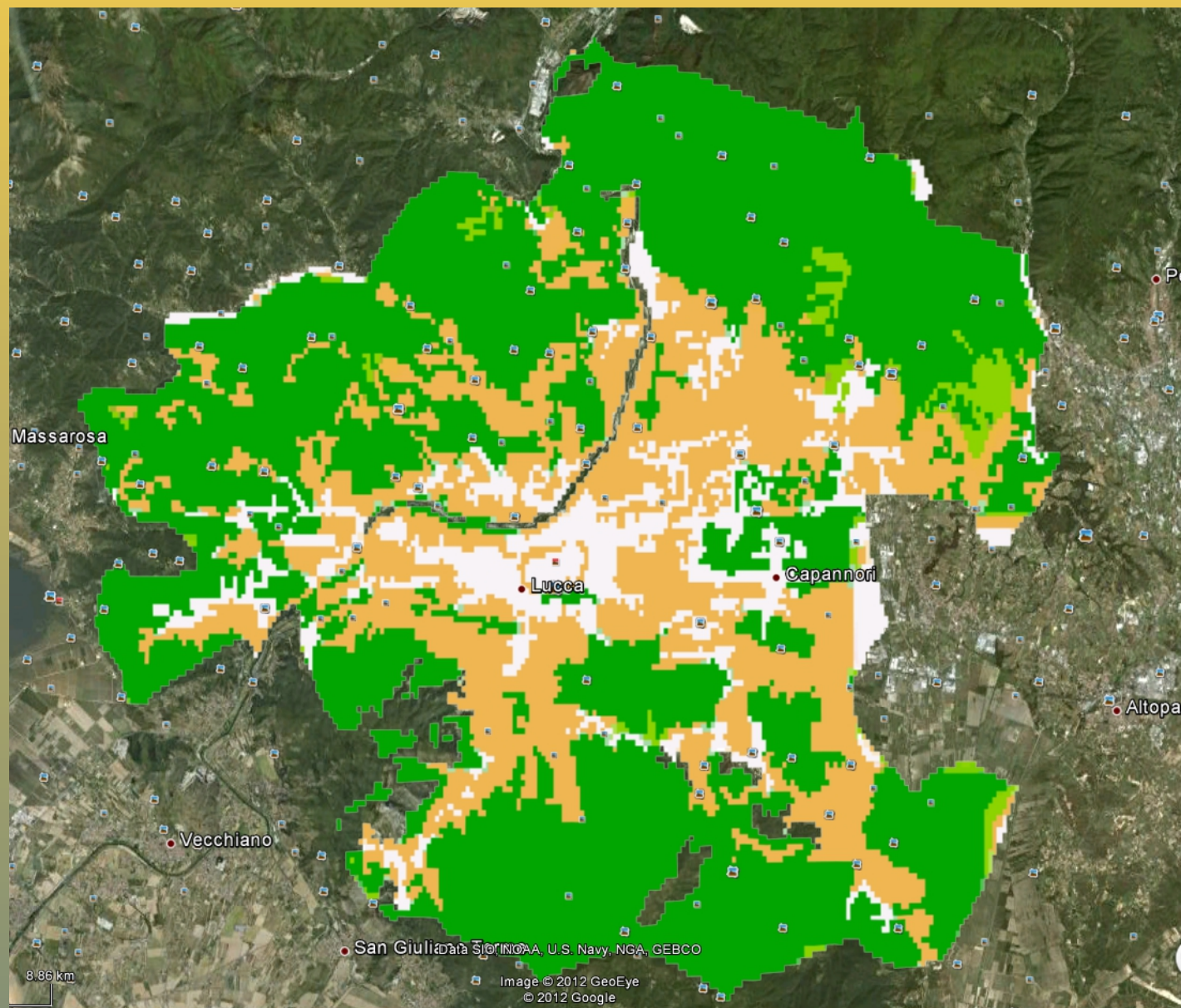
Classe Verde (>4)

Classe Bianco ($1 <$)

Ottobre 2012

Layer demografico
EAA 100m

Gallego et al 2010



Conclusioni

- E' possibile tracciare una metodologia mista basata per ottenere un mappa soddisfacente della dinamica spaziale di infestazione urbana di **Aedes Albopictus** .
- Il percorso metodologico, utile in ultima istanza per identificare eventuali hotspot geografici ecologici, basa in primo luogo sulla modellazione e la parametrizzazione delle dinamica di popolazione di Aedes (**AedesBioSim**) seguite da monitoraggi puntuali. In un seconda fase è possibile applicare modelli geostatistici (**GeoAedesSim**) per mappare il territorio ad una scala arbitraria per ottenere una valutazione della densità degli adulti su scala mensile.
- La procedura si presta ad ulteriori raffinamenti sia nella modellistica di popolazione che nei passi **geo-statistici** anche acquisendo ulteriori strati GIS predittivi in relazione alla scala di dettagli che ci si pone come target.
- Un ruolo importante è l'accoppiamento con una simulazione aderente delle osservabili meteorologiche (**WRF ARW**).

<http://en.wikipedia.org/wiki/File:CDC-Gathany-Aedes-albopictus-1.jpg>

La prima segnalazione in Italia risale all'autunno del 1990, quando la presenza della Zanzara tigre fu riscontrata nel giardino di un asilo a Genova.

