

Caso studio sull'applicazione degli indicatori di biodiversità. Esempio di calcolo applicato alle province siciliane

Stefania Mandrone, Max Bianco, Vanna Forconi

ISPRA

1. INTRODUZIONE

1.1 Gli Indicatori di sostenibilità agroambientale



Gli **agroecosistemi** sono paesaggi addomesticati che per le loro peculiari caratteristiche possono essere considerati sistemi intermedi tra ecosistemi naturali, quali praterie e foreste ed ecosistemi costruiti, come le città (E.P. Odum, 1997).

1.2 Sostenibilità degli ecosistemi agricoli



La **sostenibilità bio-fisica** degli ecosistemi agricoli è legata alla struttura degli agroecosistemi, ossia al tipo di organizzazione delle colture nello spazio (monocolture o colture consociate) e nel tempo (monosuccessioni o rotazioni).

2. L'agroecosistema e le sue componenti

Approccio ecologico all'agricoltura: è di tipo sistemico e riconosce nell'organizzazione umana il fattore determinante delle caratteristiche degli agroecosistemi

Agroecosistema: Mosaico di ecosistemi più o meno antropizzati (Naveh e Lieberman, 1994).

Ecotopo (patch) : unità fondamentale o “cellula del paesaggio” è considerata come la più piccola unità spaziale omogenea individuabile tramite la fotografia aerea (Naveh e Lieberman, 1994).



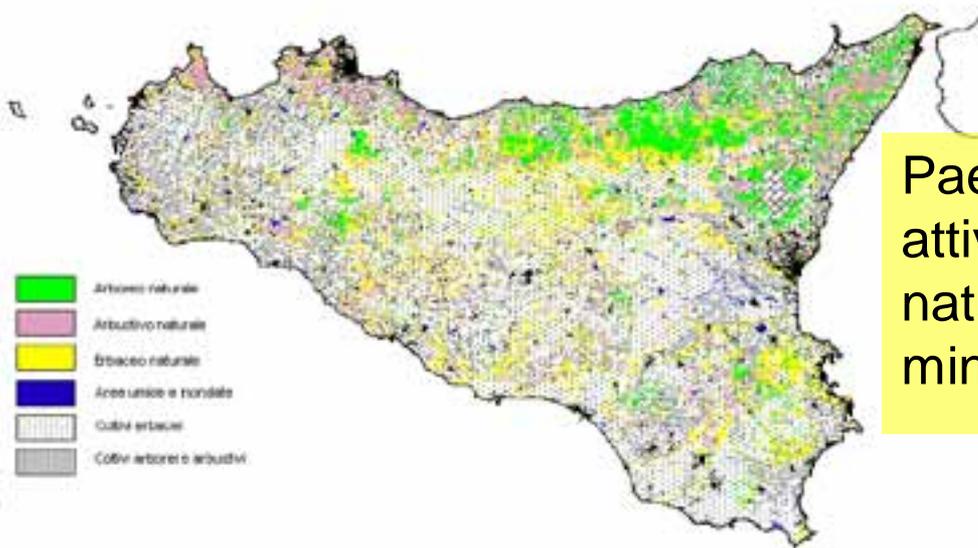
3. Obiettivo

Ø **Analizzare il grado di frammentazione del mosaico paesaggistico delle province Siciliane** calcolando un set di indici, appositamente individuati, nelle linee guida proposte da ISPRA et al. per la valutazione della qualità degli agroecosistemi

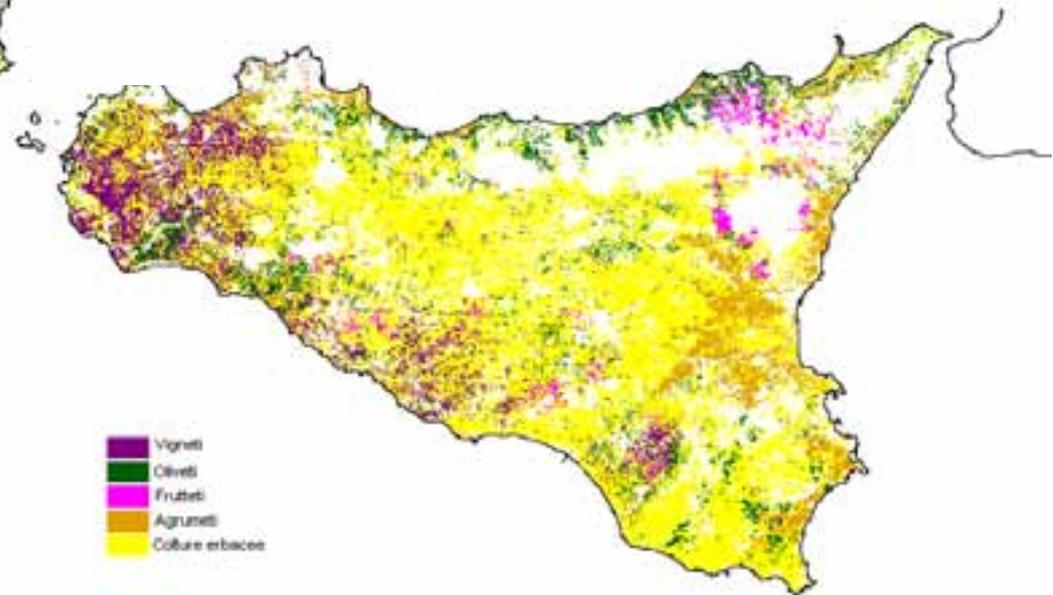
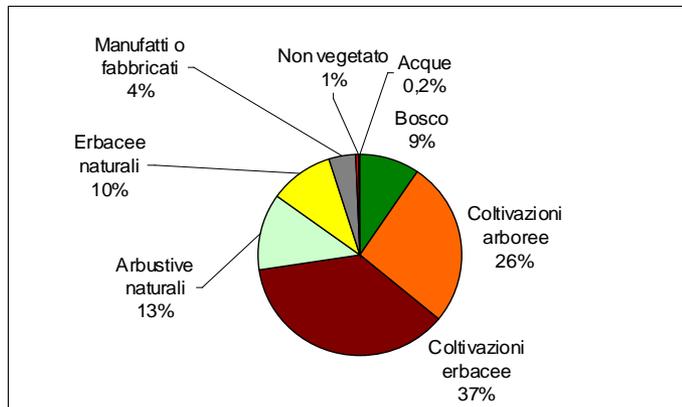
Ø **Calcolo di indicatori di Biodiversità per la sostenibilità in Agricoltura** tramite il rapporto tra gli elementi del paesaggio rilevanti per analizzare la biodiversità e la sostenibilità dell'ecoregione oggetto di studio.

Ø Valutare le relazioni tra habitat naturali e ambienti antropici

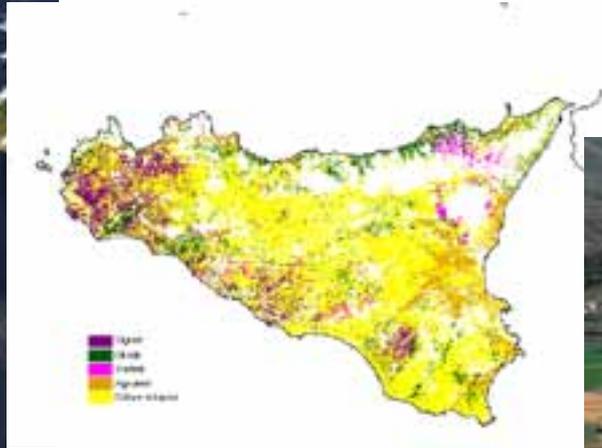
4. Area di studio



Paesaggio dominato da un' intensa attività agricola e la vegetazione naturale è limitata alle aree soggette a minor pressione antropica



5. Metodi, strumenti e fonti di informazione

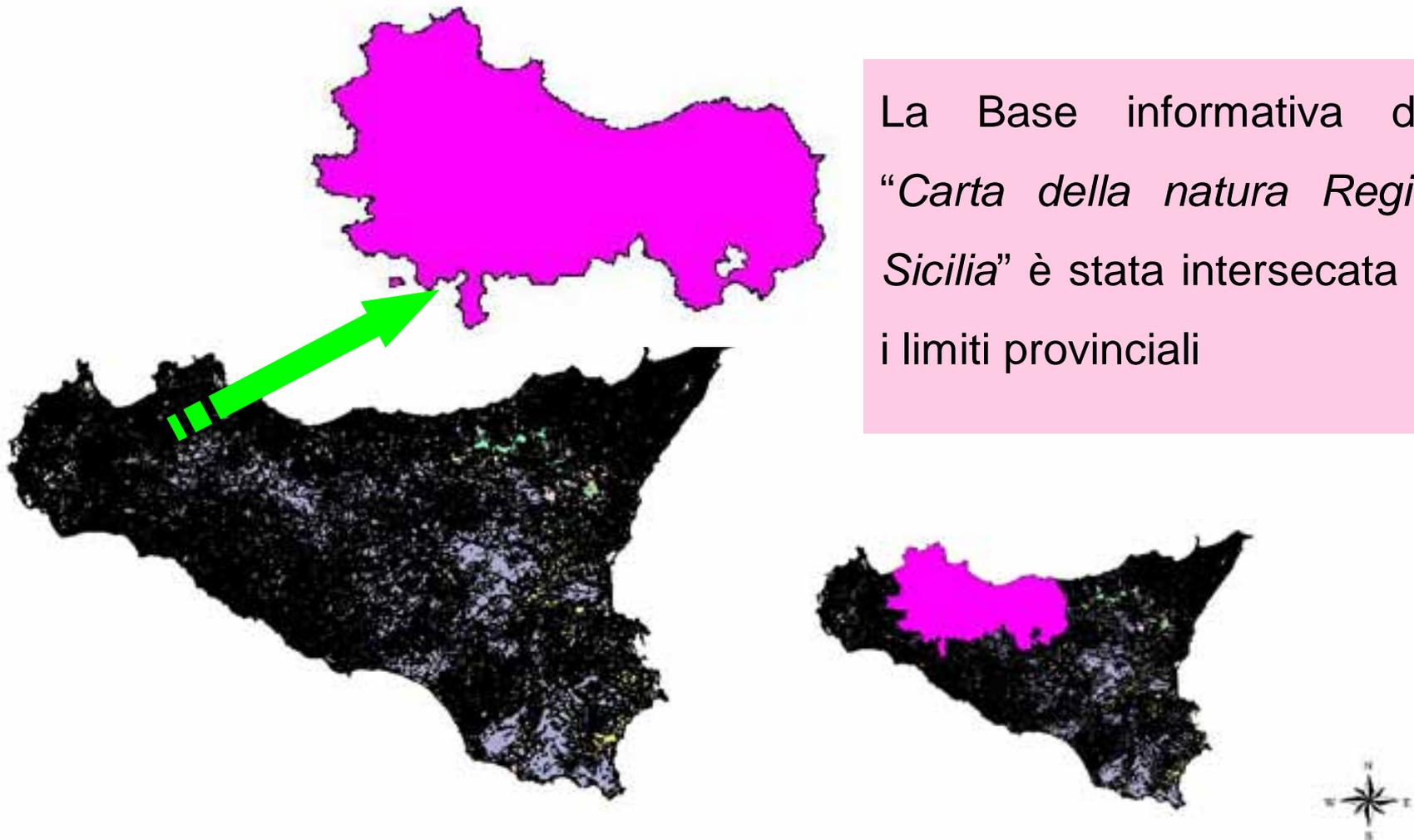


Ø Definire del territorio ai diversi livelli di aggregazione e di scala

Ø Ricostruire gli elementi del paesaggio: ecotopi ed elementi lineari (strade, idrografia superficiale ecc)

Calcolo degli Indicatori: tramite il rapporto tra gli elementi del paesaggio rilevanti per analizzare la biodiversità e la sostenibilità dell'ecoregione oggetto di studio.

5. Metodi, strumenti e fonti di informazione



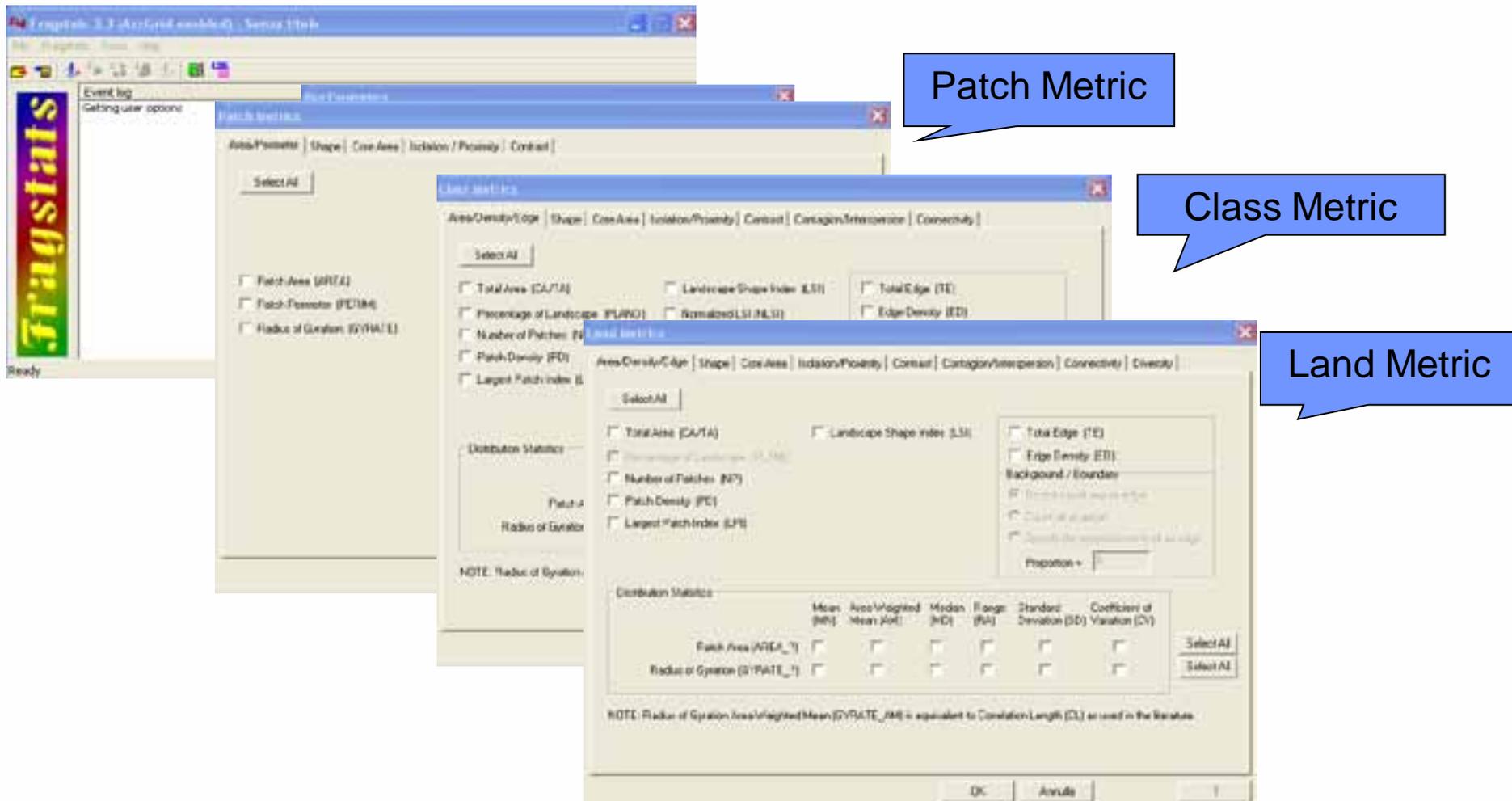
La Base informativa della “*Carta della natura Regione Sicilia*” è stata intersecata con i limiti provinciali

5. Metodi, strumenti e fonti di informazione

Gli indicatori sono stati così calcolati per ogni biotopo e per l'intera provincia

Classi	CA (Ha)
Corpi Idrici	7549
Bosco	238483
Coltivazioni arboree	664910
Coltivazioni erbacee	929314
Erbaceo arbustive naturali	320399
Erbacee naturali	263571
Manufatti o fabbricati	103359
Non vegetato	13551

5. Metodi, strumenti e fonti di informazione



The image displays the Fragstats software interface, which is used for landscape metrics analysis. It features several overlapping windows for selecting different types of metrics:

- Patch Metric:** A window titled "Patch Metrics" with tabs for "Area/Perimeter", "Shape", "Core Area", "Isolation/Proximity", and "Connectivity". It includes a "Select All" button and checkboxes for metrics like Patch Area (AREA), Patch Perimeter (PERIM), and Radius of Gyration (GYRATE).
- Class Metric:** A window titled "Class Metrics" with tabs for "Area/Density/Edge", "Shape", "Core Area", "Isolation/Proximity", "Connectivity", "Contagion/Interspersion", and "Connectivity". It includes a "Select All" button and checkboxes for metrics like Total Area (CA/TA), Landscape Shape Index (LSI), Total Edge (TE), Percentage of Landscape (PLAND), Normalized LSI (NLSI), Edge Density (ED), Number of Patches (NP), Patch Density (PD), and Largest Patch Index (LPI).
- Land Metric:** A window titled "Land Metrics" with tabs for "Area/Density/Edge", "Shape", "Core Area", "Isolation/Proximity", "Connectivity", "Contagion/Interspersion", "Connectivity", and "Diversity". It includes a "Select All" button and checkboxes for metrics like Total Area (CA/TA), Landscape Shape Index (LSI), Total Edge (TE), Percentage of Landscape (PLAND), Edge Density (ED), Number of Patches (NP), Patch Density (PD), Largest Patch Index (LPI), and a "Distribution Statistics" section with columns for Mean, Area-Weighted Mean, Median, Range, Standard Deviation, and Coefficient of Variation.

A vertical logo on the left side of the interface reads "Fragstats".

5. Metodi, strumenti e fonti di informazione

Gli indici dei *pattern* del paesaggio sono stati calcolati a due livelli gerarchici

Nome	Simbolo	Algoritmo di calcolo	Unità di misura	Range
Frequenza ecotopi (numero)	F _n	$F_n = \frac{n_j}{N} * 100$ n _j = numero degli ecotopi della classe j N= numero totale di ecotopi	%	da 0 a 100
Frequenza degli ecotopi (superficie)	F _s	$F_s = \frac{a_j}{N} * 100$ a _j = superficie degli ecotopi della classe j N= numero totale di ecotopi	%	da 0 a 100
Indice di diversità di Shannon	H'	$H' = - \sum_{j=1}^S p_j \ln p_j$ C=1 p _j =incidenza percentuale della superficie di ecotopi della classe j rispetto al totale S= numero classi di copertura del suolo (o ecotopi) j= j-esima classe di copertura del suolo		da 0
Indice di uguaglianza di Shannon	E	$E = \frac{H'}{\ln(S)}$ H'= indice di diversità di Shannon S= numero classi di copertura del suolo (o ecotopo)		da 0 a 1

Ø livello dell'intero mosaico ambientale (livello A)

Ø livello delle tipologie di habitat (livello B)

Ø fornire informazioni sulle caratteristiche di area, forma e densità degli habitat.

Ø presentare un basso grado di ridondanza.

5. Metodi, strumenti e fonti di informazione

Le metriche utilizzate dal FRAGSTAT sono 60 e possono essere distinte in:

Area/density/edge metrics: rappresentano le metriche che si occupano delle dimensioni delle singole patch e del loro perimetro

Shape metrics: definiscono la forma dei patch a livello di singola macchia, di classe e di paesaggio. La maggior parte di queste metriche si basano sul rapporto area perimetro.

Diversity metrics: metriche calcolate solo a livello di landscape che quantificano la composizione della scena

6. Indici ed indicatori di biodiversità

Gli indicatori e gli indici suggeriti propongono di valutare **la biodiversità** non solo in termini di numero di classi di copertura del suolo ma anche in relazione alla distribuzione spaziale delle singole patches che compongono l'agromosaico,

Ø **Frequenza ecotopi numero (Fn):**
$$F_n = \frac{n_j}{N} * 100$$

Misura la diversità ecotopica attraverso la frequenza di ogni classe rispetto al numero totale di ecotopi (Turner, 2001).

Ø **Frequenza degli ecotopi (Fs):**
$$F_s = \frac{a_j}{N} * 100$$

Misura la diversità ecotopica attraverso la frequenza di ogni classe rispetto alla superficie totale di ecotopi (Turner, 2001).

6. Indici ed indicatori di biodiversità

Ø Sostenibilità d'uso del suolo (SUS)

Esprime il rapporto percentuale tra l'area degli ecosistemi a minor grado di antropizzazione e l'area delle superfici coltivate più i manufatti (ISPRA et al., 2009)

Ø Indice di diversità di Shannon [H'] $H' = -c \sum_{j=1}^s P_j \ln p_j$

L'indice di diversità di Shannon (Shannon e Weaver, 1949) misura la diversità in termini di ricchezza, presenta una moderata abilità discriminante e dipendenza dalle dimensioni del campione. Inoltre, tale indice è molto diffuso in letteratura. **Maggiore è il valore e maggiore è il grado di diversità.**

Indice di uguaglianza di Shannon [E] $E = \frac{H'}{\ln(s)}$

L'indice di uguaglianza di Shannon (McCarigal e Marks, 1995) misura la diversità in termini di uguaglianza, è moderatamente influenzato dalla dimensione del campione e ha bassa abilità discriminante. Maggiore è il valore e maggiore è il grado di diversità.

6. Indici ed indicatori di biodiversità

Ø Indice di diversità di Simpson [D']

$$D' = \frac{1}{\sum_{j=1}^s p_j^2}$$

L'indice di dominanza di Simpson (Simpson, 1949) misura la diversità in termini di dominanza, è poco influenzato dalla dimensione del campione e ha moderata abilità discriminante. **Maggiore è il valore e maggiore è il grado di diversità**

Ø Indice di uguaglianza di Simpson [S]

$$S = 1 - \frac{\sum_{j=1}^s p_j^2}{1 - \frac{\sum_{j=1}^s p_j^2}{s}}$$

L'indice di uguaglianza di Simpson (McCarigal e Marks, 1995) misura la diversità in termini di ricchezza, è poco influenzato dalla dimensione del campione. Il valore di questo indice è pari a 0 quando nell'area analizzata è presente una sola classe di ecotopo, mentre è pari a 1 quando la distribuzione degli ecotopi in termini di superficie è perfettamente omogenea.

7.Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

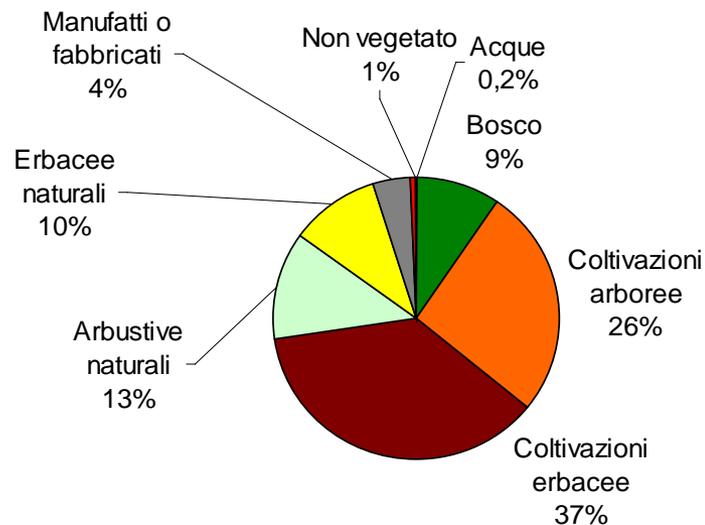


L'andamento di questo indice evidenzia per le formazioni Erbacee e Arbustive naturali un elevato numero di patches

Frequenza ecotipi (Superficie) regione Sicilia

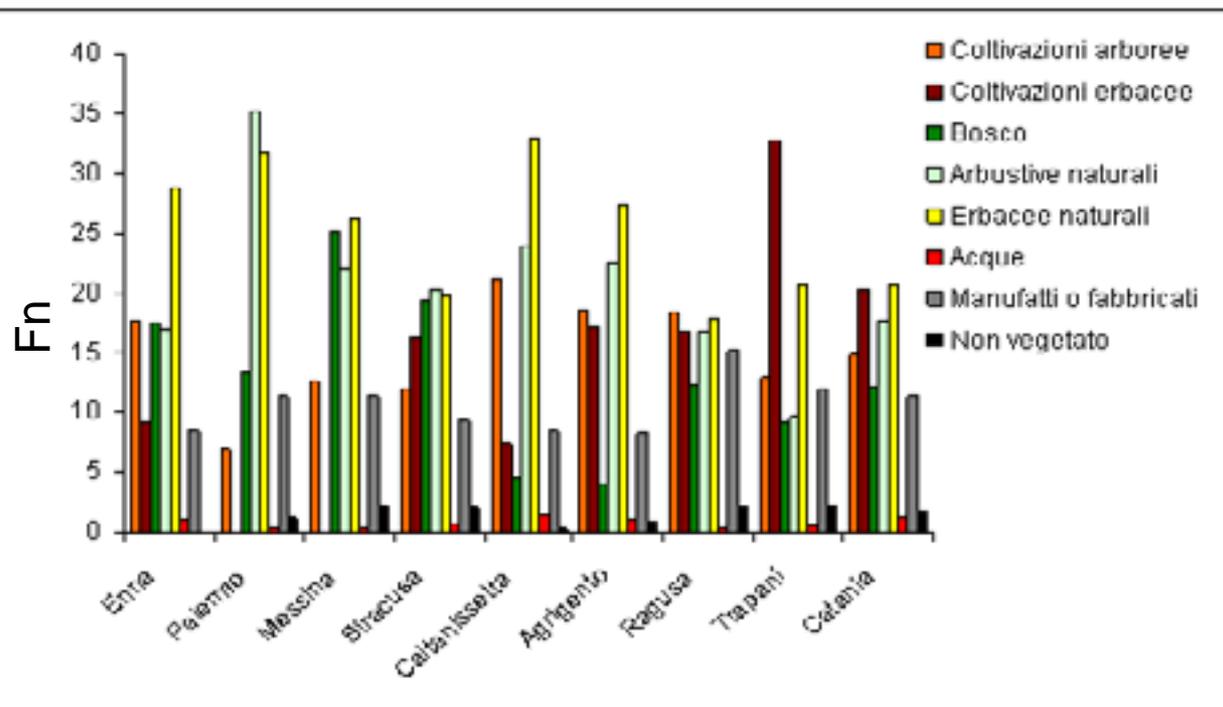
Frequenza ecotipi (Numero) regione Sicilia ,

Livello regionale: Rilevanza delle coltivazioni erbacee (**elevata copertura superficiale, ma basso numero di patches**), e frammentazione delle formazioni arbustive (bassa copertura superficiale, ma elevato numero di patches).



7. Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

Frequenza ecotopi (Superficie) per le diverse province

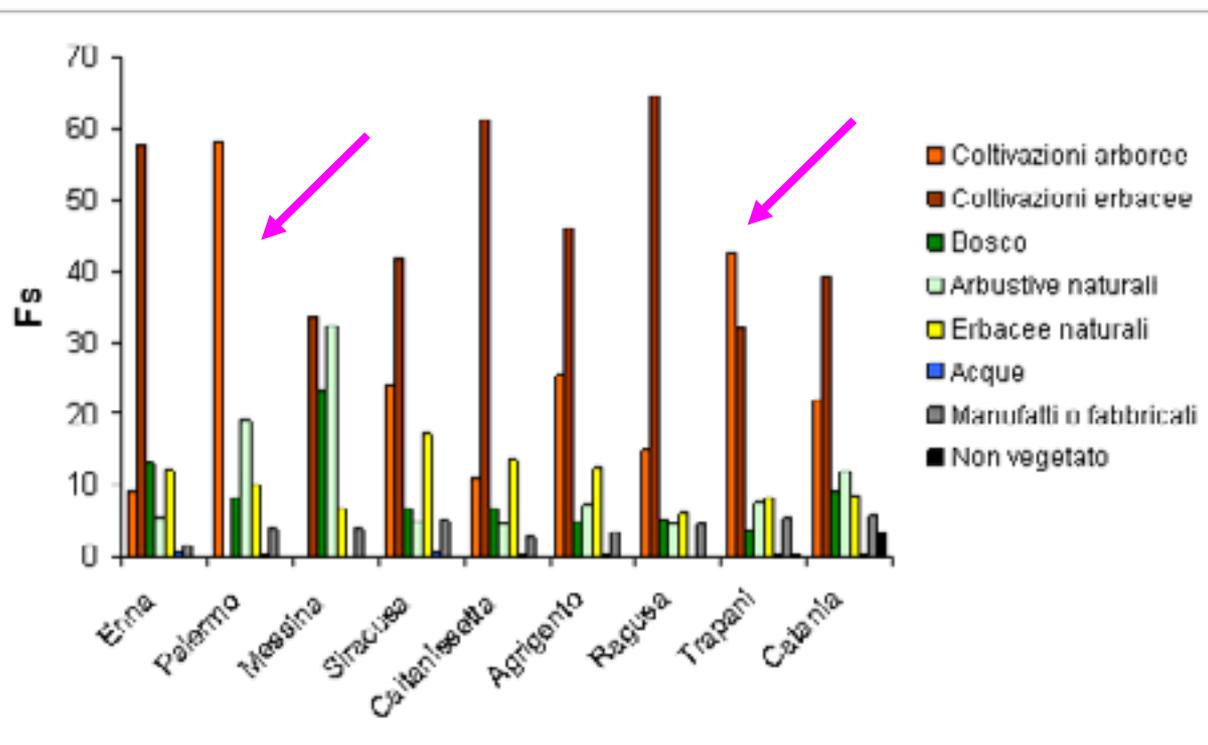


Si evidenzia l'elevata frequenza delle erbacee naturali e delle arbustive naturali in tutte le province.

Tuttavia la loro scarsa estensione mostra l'elevata frammentazione degli habitat naturali secondari

7. Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

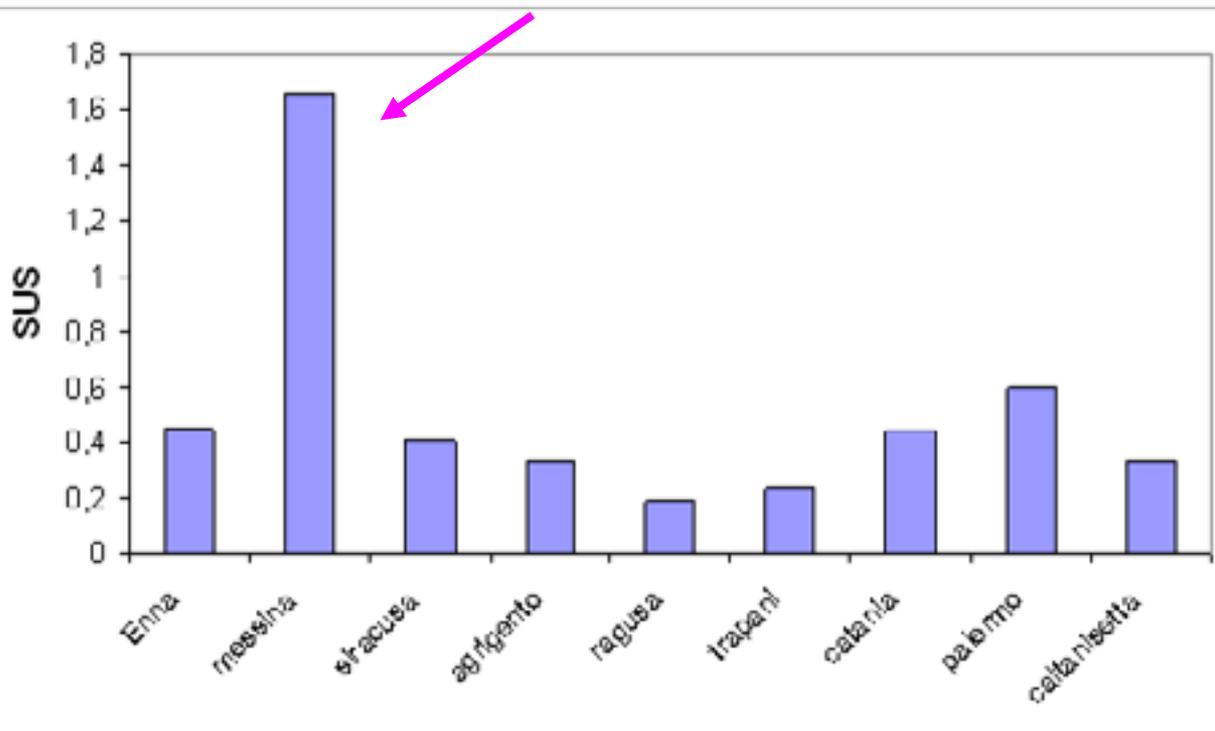
Frequenza ecotopi (Superficie)



Si evidenzia la prevalenza di coltivazioni erbacee, in particolare estese monoculture di cereali. Fatta eccezione per Palermo e Trapani dove prevalgono le coltivazioni arboree, rispettivamente agrumeti e vigneti

7.Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

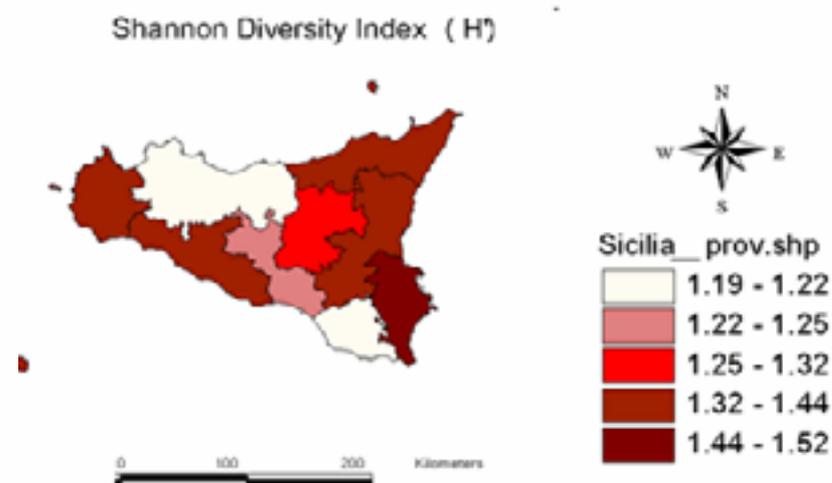
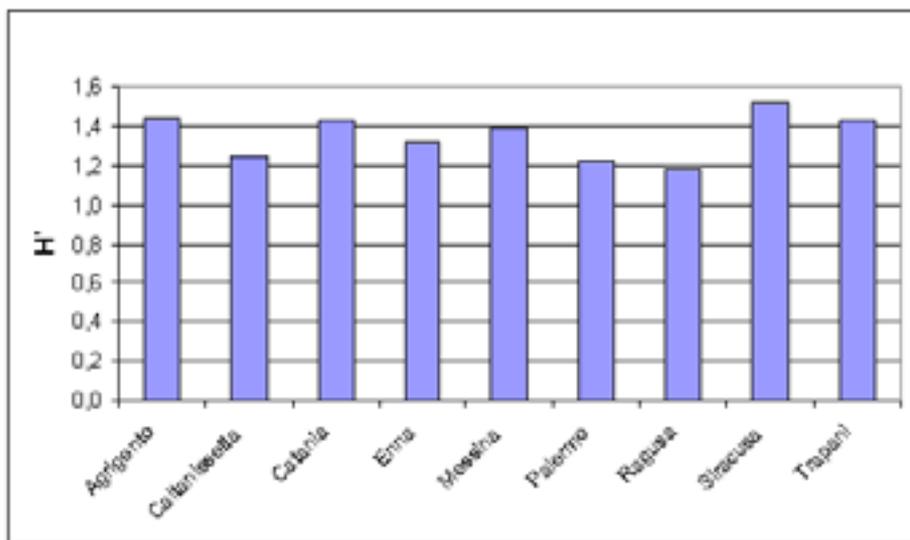
Indice di Sostenibilità d'uso del suolo (SUS)



I valori molto bassi (<1) ed evidenziano una situazione piuttosto lontana da quella più favorevole per la sostenibilità biofisica (>1).

7.Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

Indice di Diversità di Shannon

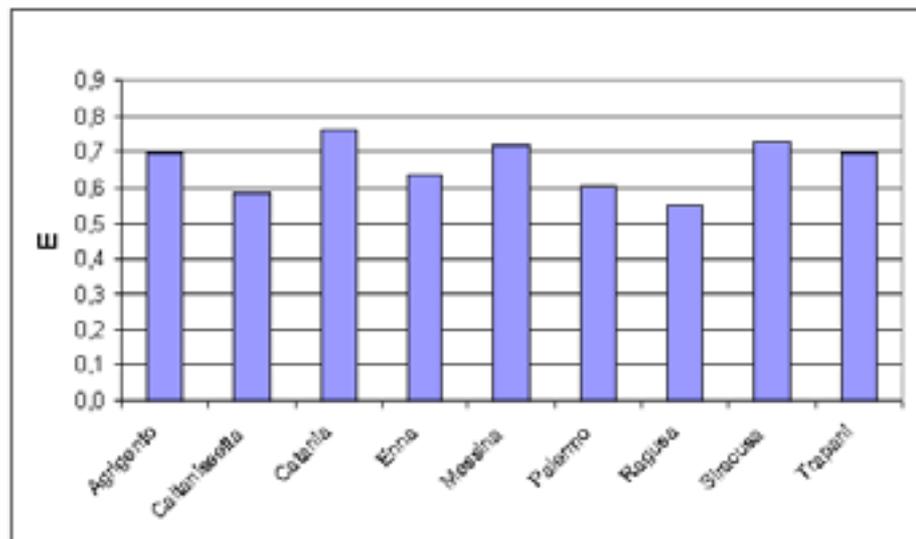


Il massimo valore dell' Indice di Diversità di Shannon si ha nelle Province di Siracusa e Agrigento, il più basso in provincia di Ragusa caratterizzata per i 2/3 da coltivazioni erbacee.

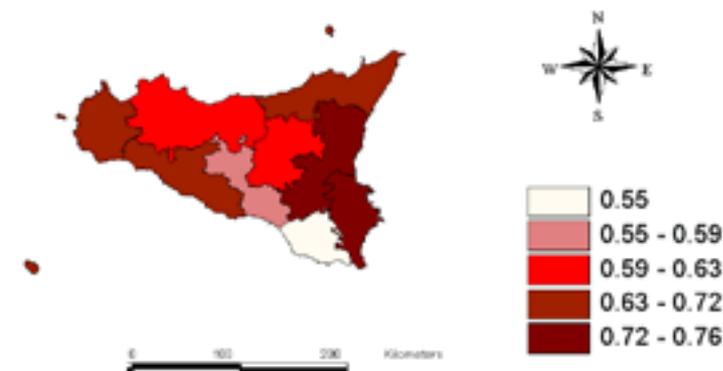
7. Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

Indice di Uguaglianza di Shannon

Indice di Uguaglianza di Shannon



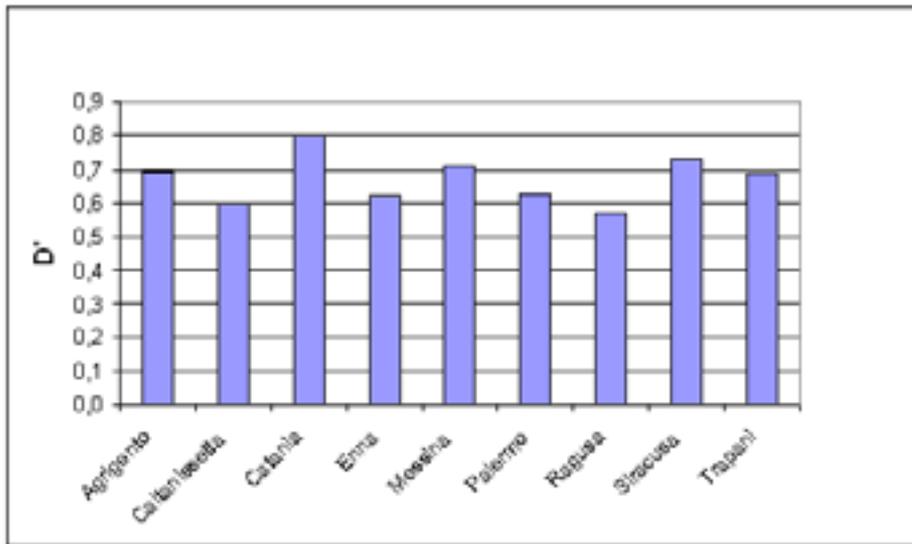
Indice di uguaglianza di Shannon (E)



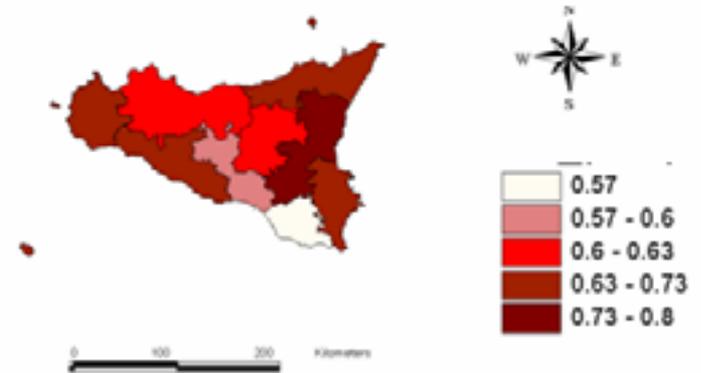
La massima equipartizione si ha nella provincia di Catania, la minima in provincia di Ragusa. Per quanto riguarda Ragusa si evidenzia ulteriormente l'uniformità del paesaggio dovuta alla dominanza delle colture erbacee.

7.Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

Indice di Diversità di Simpson



Indice di diversità di Simpson (D)

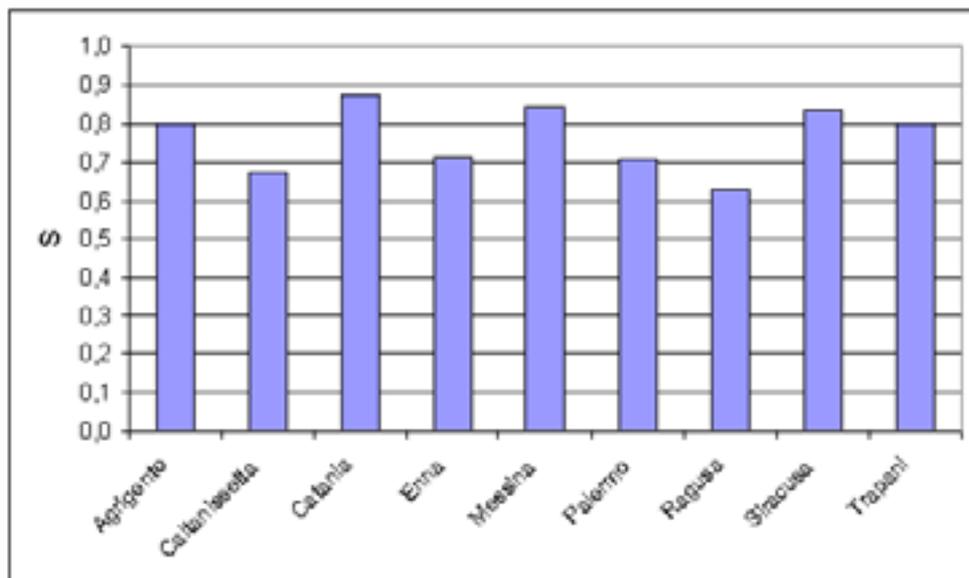


I valori massimi si hanno a Catania e minimi nella provincia di Ragusa. La maggiore diversità della provincia di Catania è evidentemente imputabile alla presenza dell'Etna .

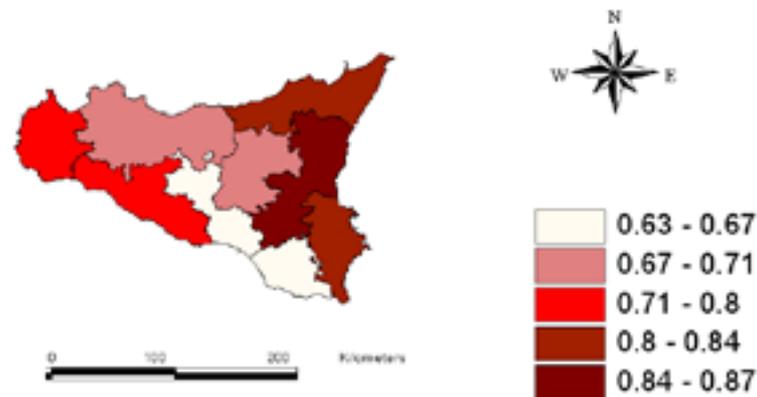
7.Indici ed indicatori di biodiversità per le province Siciliane

Indice di Uguaglianza di Simpson

Indice di Uguaglianza di Simpson



Indice di uguaglianza di Simpson (S)



Il valore di questo indice mostra principalmente come la distribuzione degli ecotipi presenta elevata omogeneità in provincia di Catania e Messina mentre la provincia di Ragusa è caratterizzata dalla dominanza di pochi ecotipi (i.e. colture erbacee e arboree).

8. Indici ed indicatori di frammentazione

Gli indicatori e gli indici suggeriti mettono in evidenza le relazioni tra l'isolamento degli ecotopi naturali e l'estensione delle matrici agricole. Gli indicatori scelti hanno il compito di rilevare gli aspetti positivi e negativi che la frammentazione genera sulla sostenibilità attraverso la variazione della diversità della copertura del suolo.

Ø Superficie media degli ecotopi [SEp]

$$SEp_j = \frac{\sum_{i=1}^n a_{ij} \cdot \frac{\bar{a}}{n_j}}{n_j}$$

Descrive la grandezza media degli ecotopi ed esprime la composizione granulometrica del paesaggio (Caporali et al., 2003; Rutledge, 2003).

Ø Habitat di maggiori dimensioni (HMD)

$$HMD = \frac{\max_{j=1}^n a_{ij}}{A} * 100$$

Evidenzia la presenza o meno di habitat di grandi dimensioni per l'intera ecoregione e per le singole classi (McCarigal e Marks, 1995).

8.Indici ed indicatori di frammentazione

Ø Densità degli ecotopi [DEp]

$$DEp = \frac{\sum_{j=1}^n a_j}{\sum_{j=1}^n a_j} \cdot 100$$

L'indicatore densità degli ecotopi (Caporali et al., 2003; Rutledge, 2003) esprime il grado di frammentazione dell'agroecosistema.

Ø Sostenibilità del sistema ecotonale [SEts]

$$SEts = \frac{LENC}{LEC}$$

L'indicatore sostenibilità del sistema ecotonale evidenzia l'intensità di pressione esercitata dalla lavorazione dei terreni sui bordi dei campi o ecotoni. Il suo valore incrementa al decrescere delle superfici agricole coltivate (ISPRA et al., 2009).

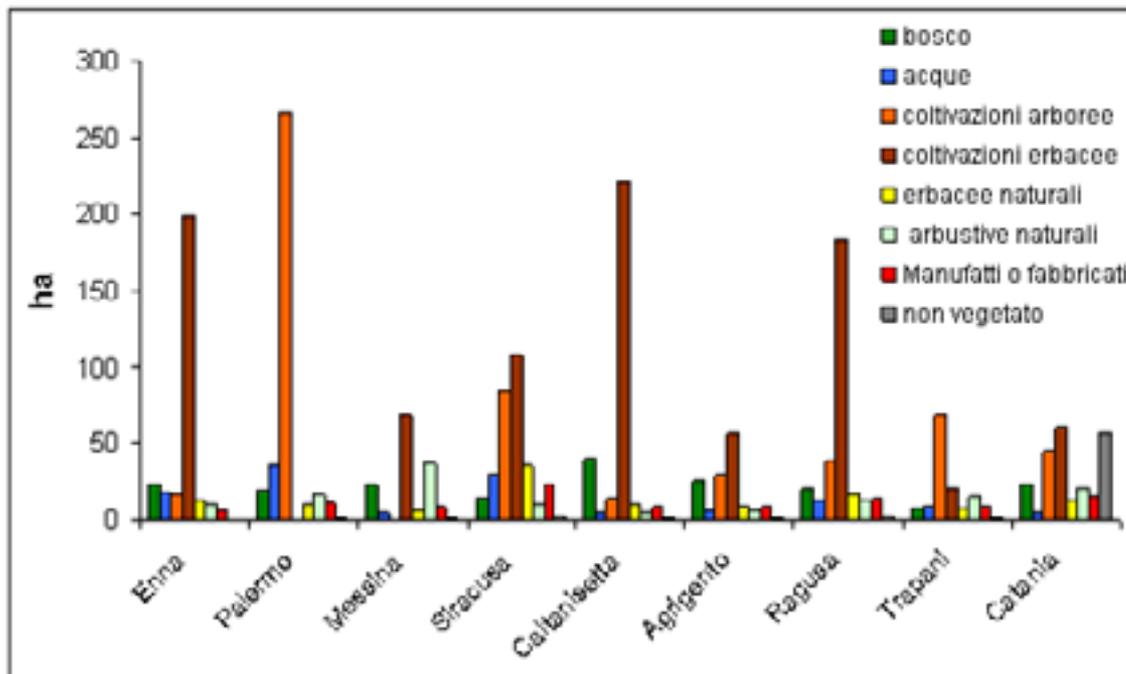
Ø Densità stradale [DSt]

$$DSt = \frac{St}{A}$$

L'indicatore densità stradale esprime il grado di frammentazione dell'agroecosistema dovuto alla rete stradale (B.E.F., 2000)

9.Indici ed indicatori di frammentazione per le province Siciliane

Superficie media degli ecotopi

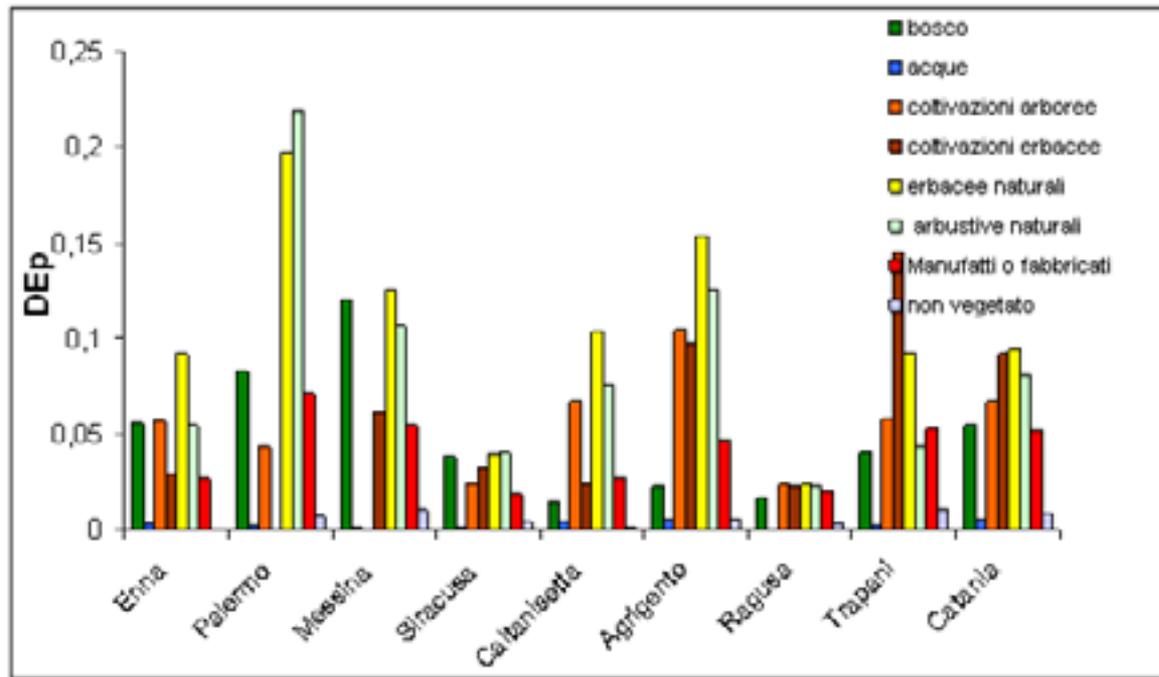


Si evidenzia la predominanza degli **ecotopi agricoli**, in particolare la presenza di estensioni di **coltivazioni erbacee** in provincia di **Enna**, **Caltanissetta** e **Ragusa** e **arboree** (agrumeti) in provincia di **Palermo**



9.Indici ed indicatori di frammentazione per le province Siciliane

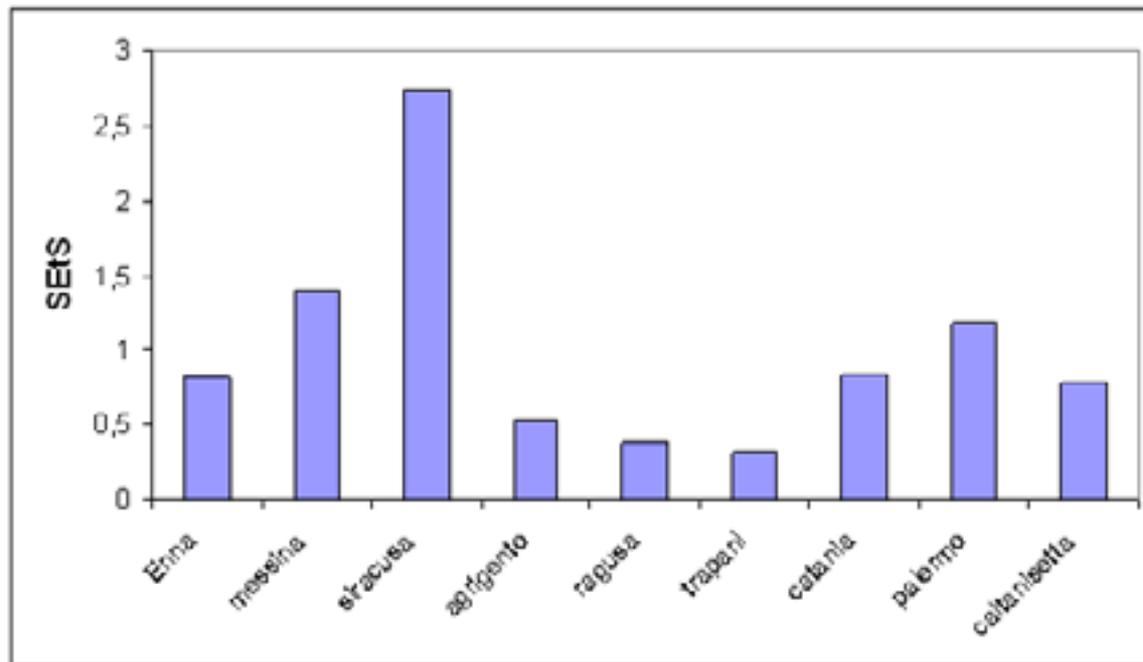
Densità degli ecotopi (DEp)



L'andamento di tale indice evidenzia la presenza diffusa nel territorio dei diversi ecotopi seppur fortemente frammentati in patches di piccole dimensioni.

9. Indici ed indicatori di frammentazione per le province Siciliane

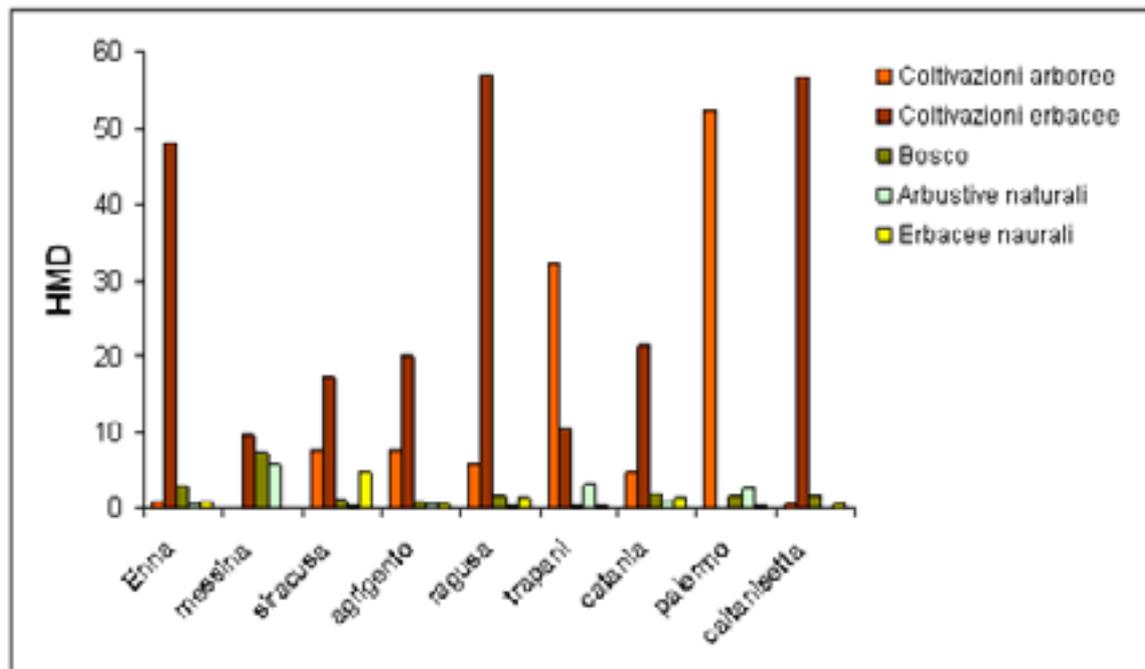
Sostenibilità del sistema ecotonale (SEtS)



Emerge la provincia di Siracusa per la notevole estensione dei territori gestiti a pascolo. Nelle altre province i bassi valori di tale indice indicano una pressione elevata dei coltivi sulle tessere di ecotopi naturali e prossimo-naturali.

9. Indici ed indicatori di frammentazione per le province Siciliane

Habitat di maggiori dimensioni



Le Coltivazioni Erbacee presentano i più alti valori dell'indice HMD in particolare per le province di Enna (48%), Ragusa (58%) e Caltanissetta (56%). Ciò evidenzia una notevole omogeneità per il paesaggio analizzato con un habitat che tende ad occupare una percentuale elevata dell'area di studio

9. Indici ed indicatori di frammentazione per le province Siciliane

Densità stradale

Densità stradale



La frammentazione derivante dalla rete stradale risulta maggiore nelle province meridionali. Questo anche in relazione alla concentrazione degli ambiti montuosi nella zona settentrionale (Nebrodi, Peloritani, Madonie) e occidentale (Etna). Risultano particolarmente frammentate le province di Enna e Caltanissetta.

10. Indici ed indicatori di connessione

Indicatori ed indici di connessione fanno riferimento al grado in cui un paesaggio facilita o impedisce i flussi ecologici, ad esempio il movimento degli organismi fra gli ecotopi.

Ø Connettività [RSi]

$$RSiJ = LCI_J / (p_j * A)$$

Se gli ecotopi della stessa classe sono dispersi l'indice tende allo zero. Se la classe è interessata da un solo appezzamento l'indice è pari a 1 (Turner et al., 1989, 2001).

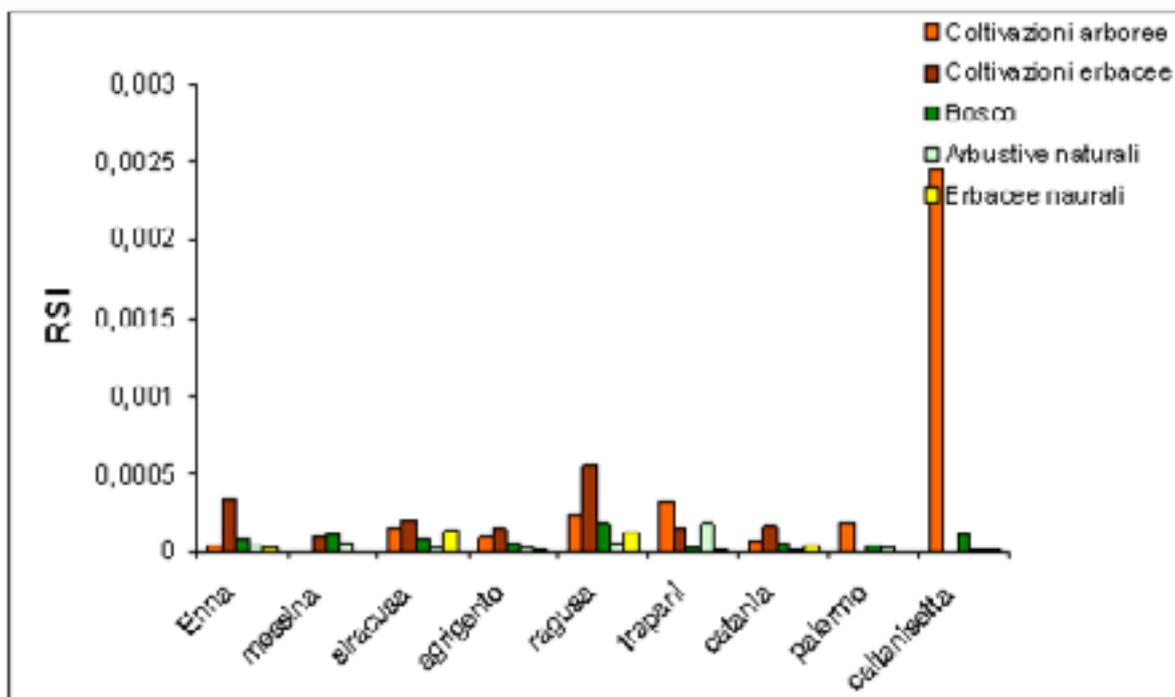
Ø Densità dei corpi idrici (DCI)

$$DCi = LCi / A$$

L'indicatore densità dei corpi idrici (U.N.E.P., 2001) mette in rilievo il grado di rottura della continuità del sistema suolo riconducibile ad acque di scorrimento superficiale. Alti valori dell'indicatore corrispondono ad elevata presenza di corpi idrici.

11. Indici ed indicatori di connessione per le province Siciliane

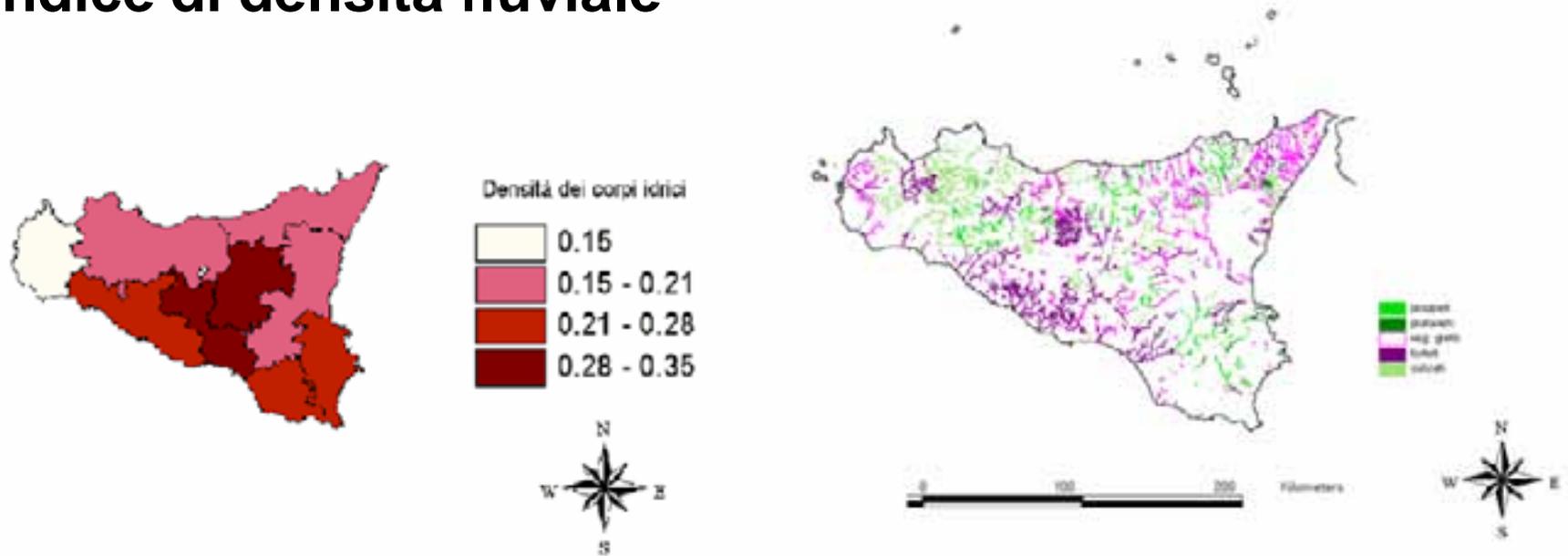
Indice di connettività



L'indice di connettività mostra per le diverse classi valori inferiori all'unità evidenziando per tutte le province una tendenza alla frammentazione del paesaggio che potrebbe determinare anche una situazione critica di non connessione tra le macchie

11. Indici ed indicatori di connessione per le province Siciliane

Indice di densità fluviale



La densità fluviale mostra un minimo nella provincia di Trapani e valori maggiori nel territorio centro-meridionale. Nonostante le caratteristiche temporanee e le basse portate della maggior parte dei corpi idrici sono abbastanza continui i residui di vegetazione naturale fluviale.

12. Conclusioni

Ø Il paesaggio siciliano risulta caratterizzato da un mosaico complesso con forme e strutture fortemente influenzate dall'elevata pressione antropica. Le uniche province che presentano caratteristiche di elevata naturalità sono la provincia di Messina e di Catania

Ø Per tutte le province predominano essenzialmente ecotopi agricoli caratterizzati dalla presenza di notevoli estensioni di coltivazioni erbacee ed arbustive, mentre gli ecotopi naturali risultano essere notevolmente frammentati ed organizzati in patches isolati, di piccole dimensioni e a bassa connettività.

Ø E' stata evidenziata una pressione elevata dei coltivi sulle patches degli ecotopi naturali e prossimo naturali

12. Conclusioni

Ø Si individua la riqualificazione dei sistemi fluviali come asse portante nella costituzione di corridoi ecologici per la Regione Sicilia e la necessità di opere di mitigazione lungo le principali infrastrutture (in particolare piantumazione di siepi e filari arborei).