

Monitoraggio della testuggine palustre europea (*Emys orbicularis*) nell'area di Crescentino, Livorno Ferraris e Fontanetto Po (Vercelli)

RELAZIONE CONCLUSIVA



Supervisione scientifica: Enrico Rivella, Gian Luca Vicini, Laura Gola
Rilievi di Campo: Daniele Seglie, Ivan Di Già, Silvia Di Martino, Stefano Scali
Relazione conclusiva: Stefano Scali

Sommario

PREMESSA	4
BIOLOGIA DI <i>EMYS ORBICULARIS</i>	5
Morfologia.....	5
Biologia riproduttiva.....	6
Ecologia	6
Habitat	7
MATERIALI E METODI	8
Modello di distribuzione o modello di idoneità ambientale.....	11
Definizione dell'estensione e della risoluzione spaziale dei modelli	12
Definizione del "background"	12
Scelta delle variabili ambientali	12
Valutazione e validazione dei modelli	14
Modello di connettività ambientale	15
RISULTATI	17
Modello di idoneità (HSM)	21
Modello di connettività	23
Carta degli elementi della rete ecologica	29
CONCLUSIONI	30
BIBLIOGRAFIA.....	36
ALLEGATO 1 – SCHEDE DI RILEVAMENTO DEI SITI INDAGATI	39
ALLEGATO 2 – REPERTORIO FOTOGRAFICO DELLE TESTUGGINI CATTURATE.....	39

ALLEGATO 3 - MAPPA DI CONDUCIBILITÀ	39
ALLEGATO 4 - MAPPA DI IDONEITÀ	39
ALLEGATO 5 - MAPPA DI CONNETTIVITÀ.....	39
ALLEGATO 6 A - CARTA DEGLI ELEMENTI DELLA RETE ECOLOGICA: CRESCENTINO.....	39
ALLEGATO 6 B - CARTA DEGLI ELEMENTI DELLA RETE ECOLOGICA: LIVORNO FERRARIS	39
ALLEGATO 6 C - CARTA DEGLI ELEMENTI DELLA RETE ECOLOGICA: LUCEDIO	39
ALLEGATO 6 D - CARTA DEGLI ELEMENTI DELLA RETE ECOLOGICA : RONSECCO	39

Premessa

L'area compresa tra i comuni di Crescentino, Livorno Ferraris e Fontanetto Po, in provincia di Vercelli è da tempo nota agli studiosi e agli enti deputati alla conservazione della fauna per la presenza di una consistente popolazione di testuggine palustre europea (*Emys orbicularis* L., 1758), l'unico chelone endemico del nord Italia. Questa specie, un tempo abbondante in molte aree umide, ha subito un forte declino a causa di molteplici fattori, come la distruzione degli habitat elettivi, l'inquinamento delle acque, l'introduzione di specie alloctone e il prelievo indiscriminato da parte dell'uomo. Attualmente è considerata specie minacciata da numerose normative internazionali, nazionali e regionali e specifici progetti di conservazione sono stati avviati negli ultimi anni su tutto il territorio italiano (Ficetola et al. 2013).

La popolazione dell'area in questione è considerata quella numericamente più abbondante in tutta l'Italia nord-occidentale e assume, quindi, un notevole ruolo dal punto di vista della conservazione. Negli ultimi anni è stata oggetto di diversi monitoraggi (Di Già 2008), in particolare dopo la costruzione della Centrale Termoelettrica a ciclo combinato di Livorno Ferraris da parte della società EON, attualmente proprietà di EP, per l'ottemperanza dei provvedimenti prescritti dai Decreti autorizzativi del Ministero delle Attività Produttive n.55/07/04, come rettificato dal n.55/03/2004 RT. Tali monitoraggi sono stati concordati con l'ARPA Piemonte e l'Ente di gestione delle Aree protette del Po vercellese-alessandrino, gestore della vicina ZSC "Paludi di San Genuario" e hanno messo in evidenza l'assenza di profili di impatto attribuibili alla costruzione della Centrale, evidenziando al contempo l'estrema vulnerabilità di tali nuclei ai fattori di rischio derivanti dalle vicine coltivazioni agricole. Grazie ai fondi dedicati a questo progetto è stato possibile, inoltre, realizzare numerose opere di riqualificazione ambientale a sostegno della testuggine palustre europea e di altre specie minacciate, come il tarabuso (*Botaurus stellaris*). Altri monitoraggi sono stati effettuati in alcuni siti nell'ambito del progetto LIFE ECO-RICE (LIFE09 NAT/IT/000093), realizzato dall'Ente di gestione delle Aree protette del Po vercellese-alessandrino (Seglie 2013).

Attualmente gli obblighi relativi alle compensazioni ambientali sono terminati, ma EP ha deciso di finanziare ulteriori approfondimenti sullo status di *E. orbicularis*, mirati principalmente a valutare la connettività ambientale tra i vari siti di presenza al fine di potenziare la rete ecologica dell'area in questione. Il progetto, iniziato nel 2015, è terminato nel dicembre 2017.

Biologia di *Emys orbicularis*

La testuggine palustre europea, *Emys orbicularis*, è un Testudinato appartenente alla famiglia degli Emididi.

Ampiamente diffusa nel Paleartico occidentale *Emys orbicularis* è presente dall'Africa settentrionale (Marocco, Algeria, Tunisia) all'Europa meridionale e centrale sino alla Danimarca, Polonia e Lituania; a est dal Portogallo alla Penisola Balcanica, attraverso l'Anatolia, coste del Mar Caspio (incluso l'Iran settentrionale) fino al Lago di Aral (Rogner, 2009).

In Italia è presente, sebbene con popolazioni esigue e localizzate, su tutto il territorio, ad esclusione della punta meridionale della Calabria e della Sicilia dove è sostituita da *Emys trinacris*, una specie di recente descrizione (Fritz *et al.*, 2005).

Le sottospecie presenti in Italia sono tre: *Emys orbicularis galloitalica* presente dalla Liguria al golfo di Policastro, lungo le coste tirreniche a sud, *Emys orbicularis hellenica* presente in Italia meridionale ed *Emys orbicularis ingauna*, endemica della Liguria occidentale (Zuffi *et al.*, 2011). Le maggiori popolazioni sono situate presso aree protette, parchi e riserve, tra cui Bosco Mesola (RO), Valle Santa (FE), Valle delle Canne (PI), Bassa del Bardello (RA), San Rossore (PI), Parco della Maremma (GR), Castel Porziano (Roma), Oasi di Serre Persano (SA) e nei sistemi di pozze del Pollino (PZ, MT, CS) (Zuffi *et al.*, 2004). Esistono numerose altre piccole aree con popolazione di consistenza variabile, ma per le quali non ci sono dati pubblicati.

Morfologia

La testuggine palustre europea è una specie di dimensioni contenute: difficilmente in Italia la misura del carapace supera i 20 cm (Lanza, 1983; Scali & Pinoli, 2008; Zuffi *et al.*, 2011) anche se in alcune popolazioni sono stati individuati esemplari di 30 cm. Le dimensioni maggiori sono raggiunte dagli esemplari di sesso femminile. La colorazione del carapace varia, sia da popolazione a popolazione sia nelle differenti classi di età, dal verde scuro al nero con una fitta macchiettatura gialla, particolarmente evidente sulla testa e sugli arti.

Il piastrone, piatto nelle femmine e concavo nei maschi, ha un colore giallo uniforme con alcune venature più scure. La pelle ha un colore più accentuato nelle femmine rispetto ai maschi; la testa, in particolare, è più picchiettata in giallo e la mascella è spesso completamente gialla mentre nei maschi la mascella è nera e la testa spesso priva di punteggiatura gialla (Mazzotti & Zuffi, 2006).

La coda è di notevoli dimensioni con una lunghezza di circa metà di quella complessiva dell'animale.

Al momento della schiusa i giovani esemplari, di circa 5 cm di lunghezza e 5-6 g di peso, hanno il carapace tondeggiante, molle, di colore nerastro punteggiato di giallo e una coda molto lunga rispetto alle dimensioni del corpo.

Biologia riproduttiva

L'accoppiamento avviene a marzo-aprile in zone caratterizzate da acqua bassa mentre la deposizione delle uova avviene verso giugno. Le uova (da 3 a 16, subellittiche con guscio calcareo di colore bianco) vengono deposte in buche profonde 15-30 cm, scavate in un substrato sabbioso, e regolarmente bagnate con l'acqua raccolta in sacche lombari che sfociano nella cloaca. La schiusa avviene dopo circa 80 giorni, ma spesso si possono verificare fenomeni di svernamento, cioè i piccoli in fase prenatale trascorrono i mesi invernali all'interno dell'uovo e schiudono in primavera. Il sesso dei neonati dipende dalla temperatura di incubazione. Con temperature costanti tra i 23°C e i 27°C nascono esclusivamente maschi, con temperature tra 29.5°C e 33°C nascono esclusivamente femmine, mentre a temperature comprese tra questi due intervalli di temperatura nascono individui di entrambi i sessi (Dorizzi *et al.*, 1996).

Ecologia

Emys orbicularis è una specie molto schiva e diffidente, difficile da osservare poiché appena percepisce la presenza dell'uomo cerca rifugio sott'acqua.

È legata agli ambienti acquatici, è attiva da fine marzo a settembre mentre nel periodo di svernamento sopravvive affossata nel fango in uno stato d'ibernazione. L'attività giornaliera è ripartita tra foraggiamento, *basking*, riposo e comportamento riproduttivo (Zuffi *et al.*, 2011).

L'alimentazione è carnivora, soprattutto negli esemplari giovani, anche se negli adulti un'integrazione vegetale a base di piante acquatiche può rivestire una certa importanza (Ficetola & De Bernardi, 2006). Nella dieta di *E. orbicularis* rientrano molluschi, aracnidi, crostacei e insetti oltre pesci morti o carogne di altri animali (Ottonello et al., 2005).

Habitat

Emys orbicularis è una specie palustre che frequenta ambienti con acque ferme o a debole corrente come stagni, ruscelli, fossi e paludi preferibilmente con abbondante vegetazione acquatica (Rogner, 2009). Le popolazioni italiane si trovano prevalentemente in due tipologie principali di habitat: zone umide con acque stagnanti (stagni, pozze, paludi e acquitrini), con canneti aperti ricchi di vegetazione acquatica, oppure corsi d'acqua e canali artificiali di drenaggio, generalmente in aree aperte o di bosco ripariale (Zuffi et al., 2011). È possibile trovare questa specie anche in ambienti utilizzati dall'uomo come casse di espansione, bacini di cave esaurite, risorgive e sistemi di risaia. Vive anche in acque salmastre, come le foci dei fiumi e le lagune costiere. La sua densità non è legata all'estensione dell'habitat; è, infatti, possibile trovare numerosi individui anche in piccoli stagni. L'allontanamento dall'ambiente acquatico con conseguente movimento sulla terra ferma si verifica solo in determinati periodi dell'anno ed è legato principalmente alla ricerca delle femmine o dei siti più adatti per la deposizione delle uova (Utzeri & Serra, 2001); inoltre, un tale comportamento è stato notato anche per l'abbandono di stagni che si prosciugano o il raggiungimento di siti di svernamento.



Fig. 1. Zona umida nel sito di Fontana Gigante, sito di presenza di *Emys orbicularis*.

Materiali e metodi

Il progetto prevedeva una prima valutazione dei siti più importanti per la testuggine palustre europea mediante sopralluoghi mirati e la compilazione di una scheda per ciascun sito (Fig. 2).

Scheda rilevamento siti *Emys orbicularis*



N° scheda	Data	Luogo	Coordinate UTM E N..... (Fornire anche file kmz da Google Earth)
Rilevatore			
Presenza testuggini	Specie		
SI	<i>E. orbicularis</i>	<i>T. scripta</i> (spec. subsp.)	Altra specie
NO	N° Adulti	N° Adulti	N° Adulti
Altre specie di Anfibi e Rettili (specificare)	N° Giovani	N° Giovani	N° Giovani
	N° uova o nidi	N° uova o nidi	N° uova o nidi
Tipo zona umida	Forma invaso	Suolo sponde	N° siti di basking
Pozza temporanea	Circolare	Sabbia	
Stagno	Ellittico	Terra compatta	N° supporti galleggianti
Palude	Irregolare	Ghiaia	
Canale naturale	Squadrato	Roccia	Presenza di canneto o di altra vegetazione ripariale
Canale artificiale	Allungato		
Fiume	Altro (specificare)		
Altro (specificare)			
Permanenza H ₂ O	Limpidezza	Ambiente circostante	Copertura vegetazione (zona umida + buffer 100 m intorno)
Stabile	Limpida	Bosco igrofilo	Arborea (%)
Temporanea	Parzialmente torbida	Bosco mesofilo	Arbustiva (%)
Effimera	Torbida	Cespuglieto	Erbacea (%)
Dimensioni (m)		Prato	Canneto (%)
.....		Risaia	
Profondità massima		Altra zona agricola	
.....		Altro (specificare)	

Scheda elaborata da Stefano Scali e Silvia Di Martino

Fig. 2. Scheda di rilevamento ambientale dei siti monitorati

A questa ha fatto seguito un monitoraggio sul campo delle aree ritenute più interessanti, con cattura-marcatura-ricattura (CMR) delle testuggini presenti, così da poter ottenere informazioni anche sulla struttura delle singole sottopopolazioni. Una volta terminati i monitoraggi del biennio 2016-2017, i dati raccolti sono stati sottoposti a elaborazione mediante modelli statistici e cartografici per ottenere una mappa di idoneità del territorio per la specie e una mappa di connettività, per evidenziare i potenziali corridoi di connessione tra i siti e le eventuali criticità per gli spostamenti degli animali.

Poiché *E. orbicularis* rientra tra le specie elencate nell'Allegato II della Direttiva Habitat (Specie animali e vegetali d'interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione), sono stati richiesti ed ottenuti i relativi permessi da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (prot. 0014478/PNM del 21/07/2015) dall'Ente di gestione delle Aree Protette Po vercellese-alessandrino (Det. N 61 del 5 aprile 2016).

La ricerca sul campo è avvenuta mediante ricerca a vista, con l'ausilio di binocolo e cannocchiale, nelle aree umide e con cattura mediante nasse innescate con tonno o sgombro. Le nasse sono state posizionate in acqua semisommerse e ancorate a rami o paletti per evitarne la deriva (Fig. 3).



Fig. 3. Nassa per la cattura delle testuggini

Le testuggini catturate sono state sottoposte a misurazione dei principali caratteri morfometrici (Fig. 4) e fotografate dorsalmente e ventralmente per il riconoscimento individuale. Sempre a tale scopo, è stata effettuata una marcatura indelebile e totalmente innocua per gli animali, consistente in una o più tacche sul bordo del carapace, secondo una codifica utilizzata a livello

internazionale (Stubbs et al. 1984). Al termine delle operazioni, tutti gli individui sono stati rilasciati nel punto di cattura. Nell'area di studio era nota la presenza di una testuggine alloctona di origine nord-americana, *Trachemys scripta*, ampiamente commercializzata come animale domestico e spesso rilasciata in modo illegale anche in zone umide naturali quando raggiunge grandi dimensioni. Fino ad alcuni anni fa era in vendita la sottospecie *T. scripta elegans*, caratterizzata da evidenti macchie rosse-arancio sulle guance, ma la sua commercializzazione è stata successivamente proibita. Attualmente vengono venduti esemplari appartenenti alle sottospecie *T. scripta scripta* e *T. s. troosti*, entrambe caratterizzate da macchie gialle sulle guance e che ora sono ampiamente presenti nelle zone umide italiane (Fig. 5). Questa specie si è progressivamente acclimatata nel nostro Paese e ormai è in grado di riprodursi (Ficetola et al. 2002; Ficetola et al. 2008), entrando in competizione con la testuggine palustre europea per le risorse alimentari, per i siti di deposizione e per quelli di termoregolazione (Cadi & Joly 1999; Macchi et al. 2008; Ficetola & Scali 2010). Inoltre, può essere vettore di patologie, come la salmonellosi e lo SCUD, un'infezione che causa perforazioni del carapace e del piastrone che possono avere gravi conseguenze per la nostra specie (Fig. 6).

Biometria di Emys orbicularis

N° collezione/Marcatura:

Sesso:

a-a (lunghezza carapace): mm

b-b (larghezza carapace): mm

c-c (lunghezza piastrone): mm

d-d (larghezza piastrone): mm

e-e (altezza scudo): mm

f-f (lungh. tot. coda): mm

g-g (cloaca-apice coda): mm

Peso: g

Località:

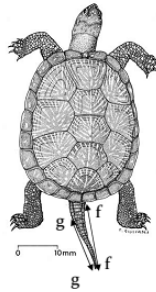

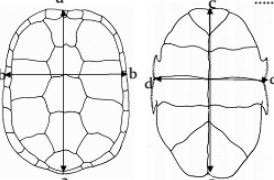
Provincia: Altitudine: m

Raccoglitore:

Misurazioni di:

Note:

.....

La lunghezza cloaca-apice della coda va presa dal margine cefalico della rima cloacale

Fig. 4. Scheda di rilevamento morfometrico di *Emys orbicularis*



Fig. 5. *Trachemys scripta elegans*



Fig. 6. Segni di SCUD su *Emys orbicularis*

Modello di distribuzione o modello di idoneità ambientale

Conosciuti con nomi diversi (*Species Distribution Models – SDM; Habitat Suitability Models – HSM; Ecological Niche Models – ENM*), i modelli di distribuzioni sono astrazioni matematiche che tentano di ricostruire le relazioni esistenti tra la presenza di una determinata specie in una certa area d'indagine e l'insieme di caratteristiche ambientali dell'area stessa (ad es.: dati climatici e meteorologici, uso del suolo; conformazione del terreno, ecc.; Pearson, 2010; Peterson e Soberón, 2012). In questo modo è possibile proiettare nello spazio geografico i modelli ottenuti per individuare le aree a maggiore o minore idoneità per una determinata specie.

Vi sono due tipi fondamentali d'informazione necessari alla realizzazione di un modello di distribuzione: i dati distributivi di una specie e le mappe ambientali dell'area di studio (*layer*). Mentre il ruolo dei *layer* ambientali è molto simile nei diversi tipi di algoritmi disponibili per la modellizzazione, il tipo di dato distributivo di cui si dispone definisce un limite al tipo di modello che si può ottenere. Ne esistono, infatti, di due tipi: i) dati di sola presenza, in cui sono note solo alcune località in cui la specie è presente; ii) dati di presenza e assenza, in cui oltre ad alcune località di presenza sono note anche alcune località in cui la specie è assente. Quest'ultimo tipo di dato, tuttavia, è piuttosto raro, poiché richiede un grande sforzo di ricerca per evitare che la mancata osservazione degli individui di una specie durante un sopralluogo sia il frutto di un errore di rilevamento (falso negativo).

Poiché nella maggior parte dei casi i dati disponibili sono di "sola presenza", sono stati sviluppati metodi di modellizzazione appositamente pensati per questo tipo d'informazione. Tra questi, il

metodo della massima entropia (MaxEnt; Phillips *et al.*, 2006) è sicuramente il più utilizzato ed efficace (Elith *et al.*, 2006).

MaxEnt è un software gratuito, liberamente disponibile sulla rete (scaricabile a: https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/) che utilizza i dati di presenza, un insieme di punti estratti dall'area di studio (*background*) e le informazioni dei *layer* ambientali per costruire un modello esponenziale della cosiddetta *Relative Occurrence Rate* (ROCR; Halvorsen, 2012; Merow *et al.*, 2013), cioè la probabilità relativa di presenza della specie dato il *background* considerato. La ROCR non corrisponde alla probabilità di presenza della specie, calcolabile solo nel caso in cui si disponga dei dati di assenza (Phillips e Elith, 2013), ma può essere interpretata come un punteggio di idoneità. Pur non esprimendo la probabilità di presenza, l'output di Maxent permette comunque di ottenere informazioni utili una volta che il modello è proiettato nello spazio geografico, consentendo la distinzione delle aree a maggiore o minore idoneità per la specie. Per questa ragione e alla luce degli obiettivi del progetto, sarebbe più corretto definire questi modelli come "modelli di idoneità ambientale" (*Habitat Suitability Model – HSM*).

Definizione dell'estensione e della risoluzione spaziale dei modelli

Per la costruzione dei modelli, una maschera rettangolare di 820 x 1137 celle quadrate di 20 m di lato è stata sovrainposta all'area di studio originale. La scelta della risoluzione di 20 m è dovuta alla combinazione dell'errore di posizionamento GPS e dell'affidabilità delle mappe ambientali utilizzate.

Definizione del "background"

La definizione dei punti da usare come *background* per la costruzione dei modelli è un passaggio chiave che può influenzare molto il risultato finale (Phillips *et al.*, 2009; Barbet-Massim *et al.*, 2012). In questo caso si è deciso di selezionare casualmente 10000 celle dell'area selezionata per lo studio.

Scelta delle variabili ambientali

Per la costruzione del modello di idoneità ambientale sono stati utilizzati sei *layer* sulla base della cartografia disponibile per l'area di studio. In particolare, è stata utilizzata una mappa di uso del

suolo ritagliata dal Corine Land Cover aggiornato al 2012 ottenuto dal sito dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA: www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/download-mais/corine-land-cover). Ad essa sono state aggiunte la mappa della rete ecologica della zona fornita da ARPA Piemonte e quelle dell'idrografia (distinguendo canali naturali e canali artificiali) e delle reti stradali provinciali e comunali, scaricate dal GeoPortale Piemonte (www.geoportale.piemonte.it/cms/). Infine è stata utilizzata una mappa delle zone umide sottoposte ad indagine nel corso della presente ricerca e di quelle precedenti.

I tipi di habitat mappati dal Corine Land Cover sono stati accorpati sulla base della loro affinità in sette macrocategorie ambientali: ambiente agricolo (escluse le risaie), risaia, bosco, cave, prato, zona umida, area urbana. Gli shapefile originali sono stati dapprima rasterizzati all'estensione e alla risoluzione della maschera, poi impiegati per la costruzione dei *layer* finali. La derivazione di questi ultimi ha tenuto conto del cosiddetto *patch context* cioè dell'influenza delle condizioni nell'intorno di una cella sulla determinazione dell'idoneità della cella stessa (Holland *et al.*, 2004; Mangiacotti *et al.*, 2013). Per includere questo importante elemento ecologico (a maggior ragione in paesaggi già frammentati), i *layer* derivati dall'uso del suolo sono stati definiti come variabili di copertura, cioè frazione di celle in un intorno di 200 m contenenti una determinata categoria di uso del suolo. Un approccio simile è stato applicato per quantificare l'effetto della rete viaria e della presenza di acque libere, ma in questo caso il *layer* derivato è stato ottenuto come variabili di prossimità, cioè presenza/assenza di un elemento in un intorno di 200 m centrato in ogni cella.

Tutte le variabili sono state poi sottoposte ad analisi di correlazione di Pearson per verificarne la correlazione spaziale che potrebbe avere un'influenza negativa sull'affidabilità del modello. Le uniche variabili risultate fortemente correlate in modo negativo sono state l'ambiente agricolo e la risaia ($r=-0.74$), per cui si è deciso di eliminare la prima, mantenendo la seconda che assume un'importanza molto maggiore in relazione alla biologia della testuggine palustre europea. Le variabili finali, utilizzate nel modello sono riassunte nella tabella seguente.

Layer	Base cartografica	Tipo	Descrizione
idro_distart	Idrografia	P	Distanza dai canali artificiali
idro_distnat	Idrografia	P	Distanza dai canali naturali
idro_dpo	Idrografia	P	Distanza dal Po
str_distcom	Strade comunali	P	Distanza dalle strade comunali
str_distpro	Strade provinciali	P	Distanza dalle strade provinciali
uds_bosco	Corine	C	% di celle con bosco nel raggio di 200 m
uds_cave	Corine	C	% di celle con cave nel raggio di 200 m
uds_prato	Corine	C	% di celle con cave nel raggio di 200 m
uds_risaia	Corine	C	% di celle con risaia nel raggio di 200 m
uds_umi	Corine	C	% di celle con zone umide nel raggio di 200 m
uds_urb	Corine	C	% di celle con zone urbane nel raggio di 200 m

Tab. 1. Elenco dei layer ambientali impiegate nella modellizzazione. “Layer” = nome dello *shapefile* di partenza utilizzato; “Base cartografica” = origine della mappa; “Tipo” = tipo di layer: prossimità (P) o copertura (C).

Valutazione e validazione dei modelli

La valutazione dei modelli si è basata su due indici: i) AUC (*Area Under Curve*), che rappresenta la probabilità che a una cella di presenza sia assegnato un valore di idoneità superiore rispetto a una cella di background (Phillips *et al.*, 2006); ii) la variazione spiegata (Halvorsen, 2012), che rappresenta la quantità di informazione ecologica catturata dal modello.

La validazione dei modelli finali è stata ottenuta attraverso una procedura *cross-fold*: per ogni specie, il campione dei punti di presenza (N=16, considerando le 14 stazioni di presenza accertate durante questo monitoraggio più due siti limitrofi non indagati ma dove la specie è stata reperita durante altre ricerche) è stato suddiviso in otto sottocampioni; a turno, le osservazioni di sette campioni sono stati utilizzati per costruire il modello (*training*) e quelle dell’ottavo per testarlo (*testing*), fino a quando tutti i sottocampioni sono stati utilizzati una volta come test. Poiché i diversi indici non sono di per sé privi di difetti, il giudizio finale di accettabilità del modello è stato formulato combinando due criteri:

1. Stabilità dell’AUC fra *train* e *test* (buona, maggiore del 95%; discreta, tra 90 e 95%; scarsa, minore del 90%). La stabilità è calcolata come rapporto tra AUC medio dei sottocampioni

usati come test nelle otto repliche (AUC_{test}) e il valore medio di AUC calcolato sui dati usati come *training* nelle medesime repliche (AUC_{train}). Poiché il valore di AUC nei modelli presenza/background non è in sé indicatore di un modello buono o cattivo (Smith, 2013), si è preferito usare questa variabile di confronto in modo da valutare la stabilità del modello nel momento in cui viene proiettato su punti “nuovi”, cioè non utilizzati per la costruzione del modello stesso;

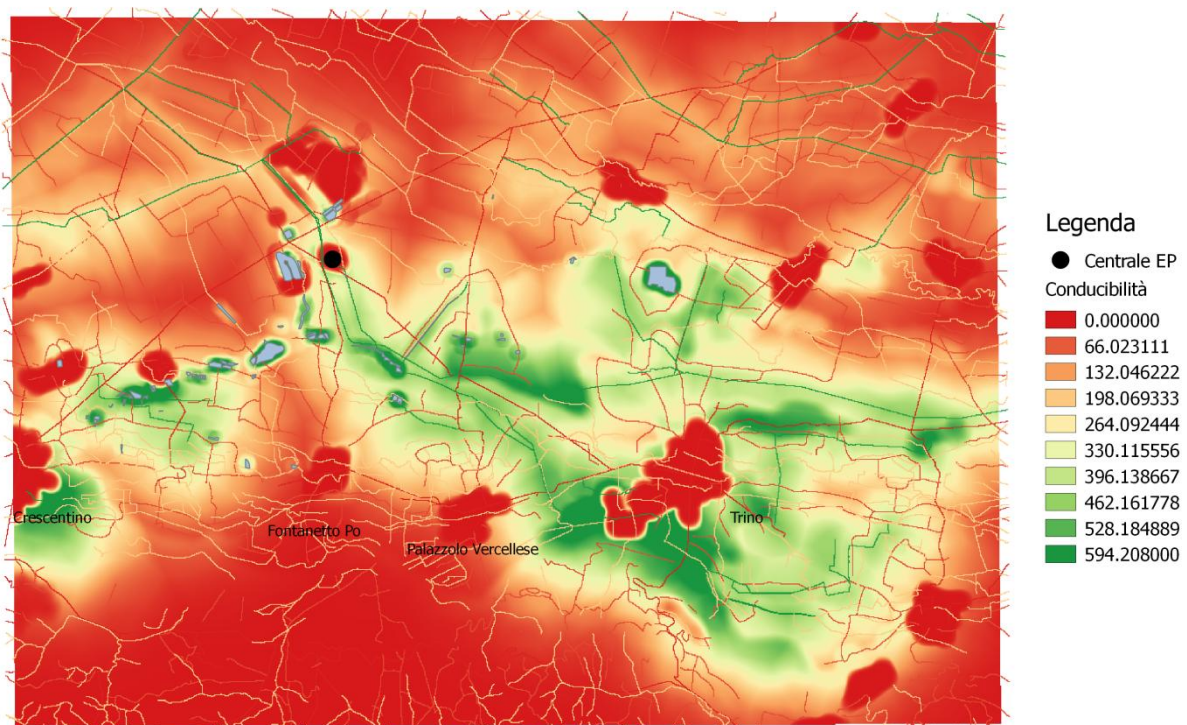
2. Interpretabilità dei modelli considerando: le curve di risposta alle singole variabili (cioè, analizzando come cambia l' idoneità al variare dei valori di ogni singolo *layer*); l'importanza delle variabili nel modello (*permutation importance*).

La mappa d' idoneità finale per le specie con HSM affidabili è stata ottenuta mediando quelle derivate dalle otto repliche usate per la validazione.

Modello di connettività ambientale

Per valutare la connettività ambientale per la testuggine palustre europea è stato utilizzato il software Circuitscape (Shah e McRae, 2008; McRae et al., 2008). Il software utilizza la teoria dei circuiti per creare modelli di flusso di animali tra popolazioni separate all'interno di un paesaggio eterogeneo. Immaginando il territorio come una superficie conduttrice a resistenza variabile e utilizzando le leggi di Ohm e i principi di Kirchhoff, viene calcolato il flusso di corrente (intensità) in ogni cella della superficie partendo da una mappatura di punti di immissione di corrente (*source*) e di punti di messa a terra (*sink*). Come punti di immissione sono state scelte le aree di presenza accertata della specie, includendo alcune zone umide contigue all'area di studio facenti parte delle Aree protette del Po vercellese-alessandrino. Come mappa della conducibilità è stata utilizzata la mappa di idoneità ottenuta da MaxEnt, successivamente modificata in modo *expert based*, modificando cioè la permeabilità di alcuni ambienti sulla base delle conoscenze sulla biologia della specie in questione. In particolare è stata ridotta la permeabilità delle strade provinciali e comunali (in modo differenziale) e dei canali artificiali, poiché questi ambienti possono risultare difficilmente attraversabili da parte delle testuggini ed è stata, invece, aumentata quella dei canali seminaturali, che possono fungere da corridoi per il transito.

È stato costruito un modello del flusso di corrente in modalità “One-to-All”, in cui una sola area alla volta viene utilizzata come *source* e tutte le altre simultaneamente come *sink*. In questa modalità, oltre alla mappa di intensità, Circuitscape calcola anche la “resistenza equivalente” per ciascuna zona di immissione (McRae et al., 2008). Questo parametro, mediato sui diversi punti di immissione, può essere interpretato come una misura della resistenza al flusso che il territorio offre alla mobilità di ciascuna specie: valori maggiori corrispondono a maggiore resistenza e quindi a minore connettività. La mappa di conducibilità risultante è mostrata in Fig. 7).



Risultati

Durante il primo anno sono state visitate 51 zone umide , la cui collocazione geografica è illustrata in Fig. 8, mentre in Tab. 2 sono riportate le coordinate geografiche e la denominazione di tutte le aree umide indagate in via preliminare. Per queste aree sono state compilate le schede descrittive, riportate nell'Allegato 1. Successivamente, sono state scelte 12 aree campione sulla base della loro potenzialità per la presenza delle testuggini palustri europee che sono state monitorate in modo intensivo con i metodi di cattura e ricattura sopra descritti.

Complessivamente sono state effettuate 118 giornate di lavoro sul campo che hanno portato alla cattura di 88 individui di *Emys orbicularis* catturati, di cui 55 nuove catture e 33 ricatture di animali già marcati negli anni precedenti o durante l'attuale campagna di monitoraggio. A queste si aggiungono gli avvistamenti di altri 10 individui in termoregolazione non catturati.

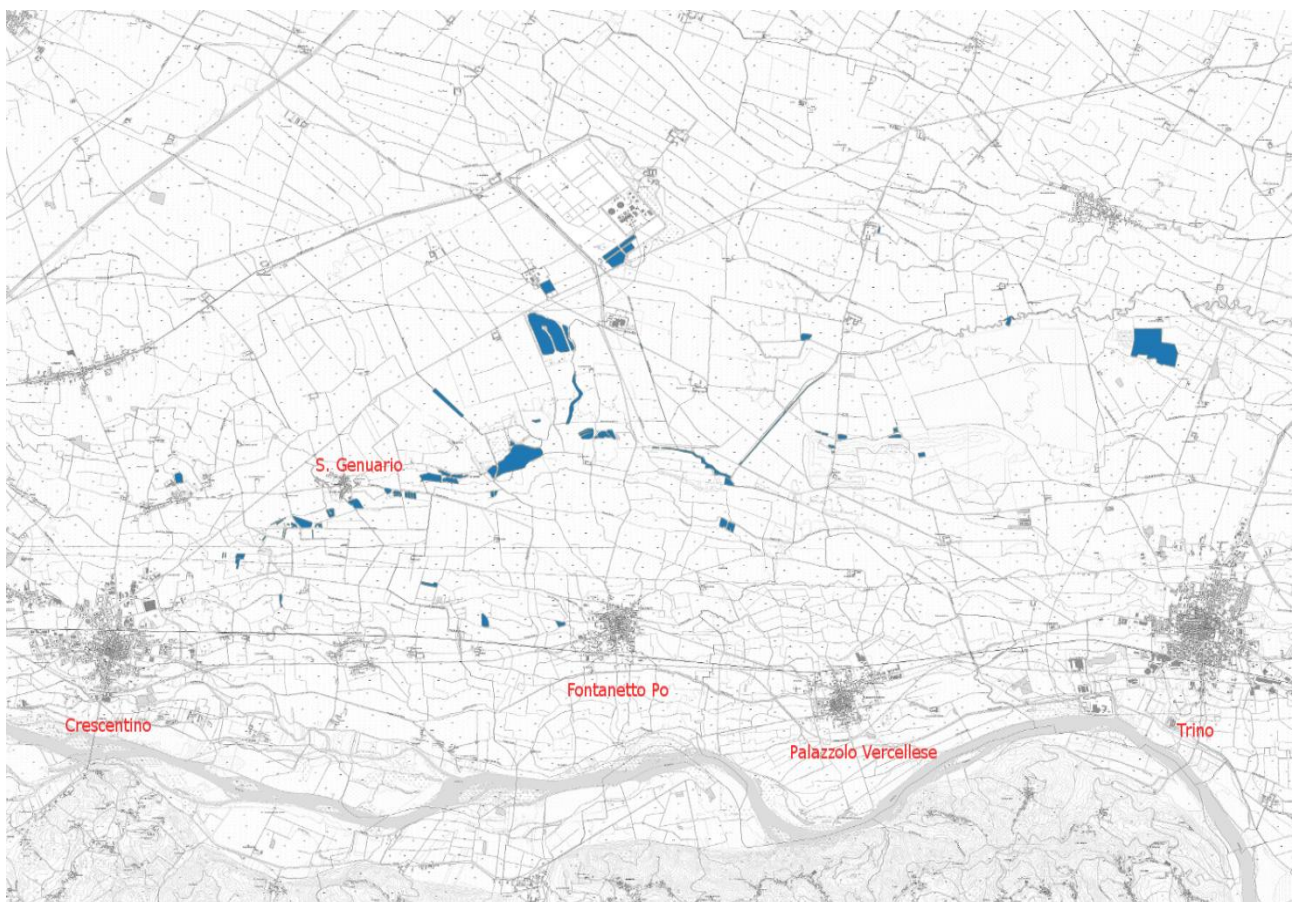


Fig. 8. Localizzazione dei siti di indagine

RELAZIONE CONCLUSIVA

In Tab. 1 sono riportate le coordinate geografiche in formato UTM 32T dei siti, il codice identificativo e la denominazione utilizzata durante i precedenti studi.

ID	Sito	X	Y
EP04a	Cavo della Regina, tratto C.na Malpensata	438594	5007784
EP04b	Cavo della Regina, tratto Pompa della Noira (*)	438720	5007959
EP07b	Cavo Demonti (*)	437260	5007890
EP38	Fontana Gigante (*)	444122	5009074
EP28	Fontanone-Roggia del Re, C.na Scavarda (*)	436080	5008486
EP21c	Fossi di C.na dell'Oca	431321	5006070
EP19b	Fosso di Strada Devesio Est	431959	5006416
EP19a	Fosso di Strada Devesio Ovest	431932	5006416
EP18g	Fosso NO delle Torbe (*)	431876	5006609
EP21d	Fragmiteto di C.na dell'Oca	431293	5005979
EP30	Fragmiteto di Lucedio	439164	5009340
EP30	Fragmiteto interrato di Lucedio (*)	439228	5009419
EP21a	Invaso lungo di C.na dell'Oca (Est)	431128	5006095
EP21b	Invaso lungo di C.na dell'Oca (Ovest)	431088	5006083
EP18d	Laghetto di C. Pista Nuova	432082	5006541
EP27b	Lago di Cava di Castell'Apertole	435469	5009498
EP29	Lago di San Grisante	430420	5007500
EP06	Peschiera a E di C.to Diana (*)	440804	5007535
EP17	Peschiera a S del Naviglio Naviletto	432748	5006220
EP05b	Peschiera a S di C.to Norio I (*)	440487	5007838
EP05a	Peschiera a S di C.to Norio II	440461	5007932
EP08c	Peschiera di C.na Favorita I, Fontanone	436299	5007856
EP08b	Peschiera di C.na Favorita II, Fontanone	436392	5007899
EP08a	Peschiera di C.na Favorita III, Fontanone	436513	5007913
EP23	Peschiera di Roggia Chiusa	434748	5005033
EP15a	Peschiera di Roggia Fonna I	433396	5007053
EP15b	Peschiera di Roggia Fonna II a	433533	5007032
EP16c	Peschiera di Roggia Fonna II b	433512	5006991
EP15e	Peschiera di Roggia Fonna III b	433647	5006996
EP15f	Peschiera di Roggia Fonna III c	433688	5006989
EP15g	Peschiera di Roggia Fonna III d	433727	5006985
EP15g	Peschiera di Roggia Fonna III e	433769	5006976
EP16	Peschiera di San Genuario	432597	5006717
EP20a	Peschiera di Strada Devesio I	431664	5006338
EP20b	Peschiera di Strada Devesio II	431610	5006319
EP03	Peschiera ENE Madonna delle Vigne	439712	5007835
EP02	Peschiera ESE Madonna delle Vigne	439582	5007676
EP01a	Peschiera N Madonna delle Vigne I (*)	433769	5006976
EP18e	Risorgive di C. Pista Nuova	432082	5006541
EP37	Roggia Candelera	434286	5008522
EP28	Roggia del Re	434286	5008522

RELAZIONE CONCLUSIVA

ID	Sito	X	Y
EP39	Roggia Stura	437737	5006824
EP15c	Stagno di C. Pista Nuova I	431561	5006579
EP18c	Stagno di C. Pista Nuova II	431950	5006561
EP18c	Stagno di C. Pista Nuova III	432007	5006553
EP18f	Stagno di C. Pista Nuova IV (*)	432461	5006536
EP31	Stagno lungo delle Torbe (*)	432342	5006398
EP09	Zona umida a N di C.na Favorita (*)	436144	5007842
EP14a	Zona umida a O. di M. Carotole I	434106	5007384
EP14d	Zona umida a O. di M. Carotole IV	434549	5007339
EP09	Zona umida di C.na Favorita (*)	436144	5007842

Tab. 2. Coordinate geografiche, codice identificativo e denominazione dei siti indagati. Con il simbolo (*) sono evidenziate le aree monitorate in modo intensivo durante gli anni 2016 e 2017.

Complessivamente sono stati catturati 50 maschi, 31 femmine e 7 giovani di testuggine palustre europea, la cui ripartizione è riportata in Tab. 3. I siti con il maggior successo di cattura sono risultati la zona umida a nord di Cascina Favorita (EP09) e Cavo della Regina nel tratto Pompa della Noira (EP04b).

Sito	F	M	J	Totale
EP01a	2	2	5	9
EP04b	7	11		18
EP07a	2	4		6
EP09	10	19	2	31
EP18f	1			1
EP18g	3	5		8
EP28	4	1		5
EP30		1		1
EP38	2	7		9
Totale	31	50	7	88

Tab. 3. Numero di individui di *Emys orbicularis*, suddivisi per sesso, catturati in ciascun sito

La presenza di testuggini è stata riscontrata complessivamente in diciassette siti; in quindici di questi è risultata presente *Emys orbicularis*, mentre in quattordici è presente *Trachemys scripta*. La sintopia delle due specie è stata verificata in cinque siti. La distribuzione delle due specie è illustrata nelle figure 9 e 10. Solo due sono, quindi, i siti in cui è accertata la presenza della sola specie autoctona, confermando i motivi di preoccupazione per la sua conservazione.

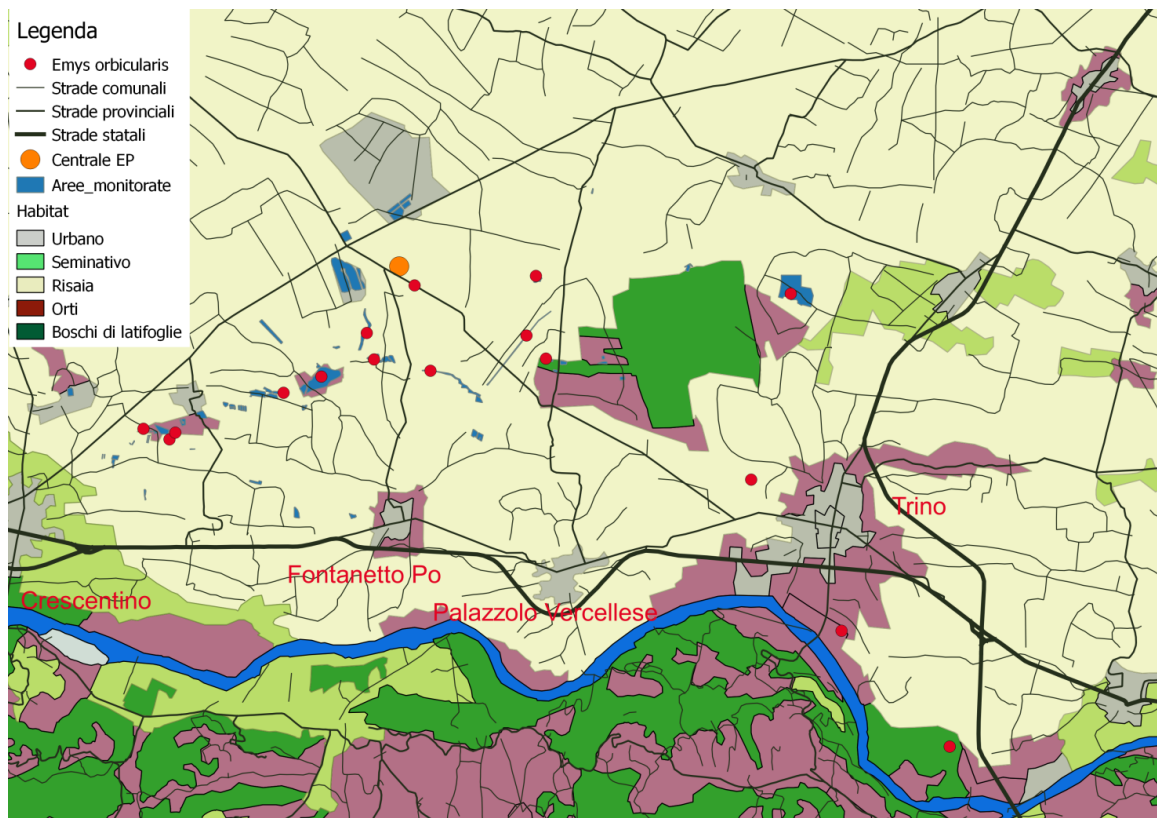


Fig. 9. Mappa dei siti di presenza di *Emys orbicularis* nell'area di studio

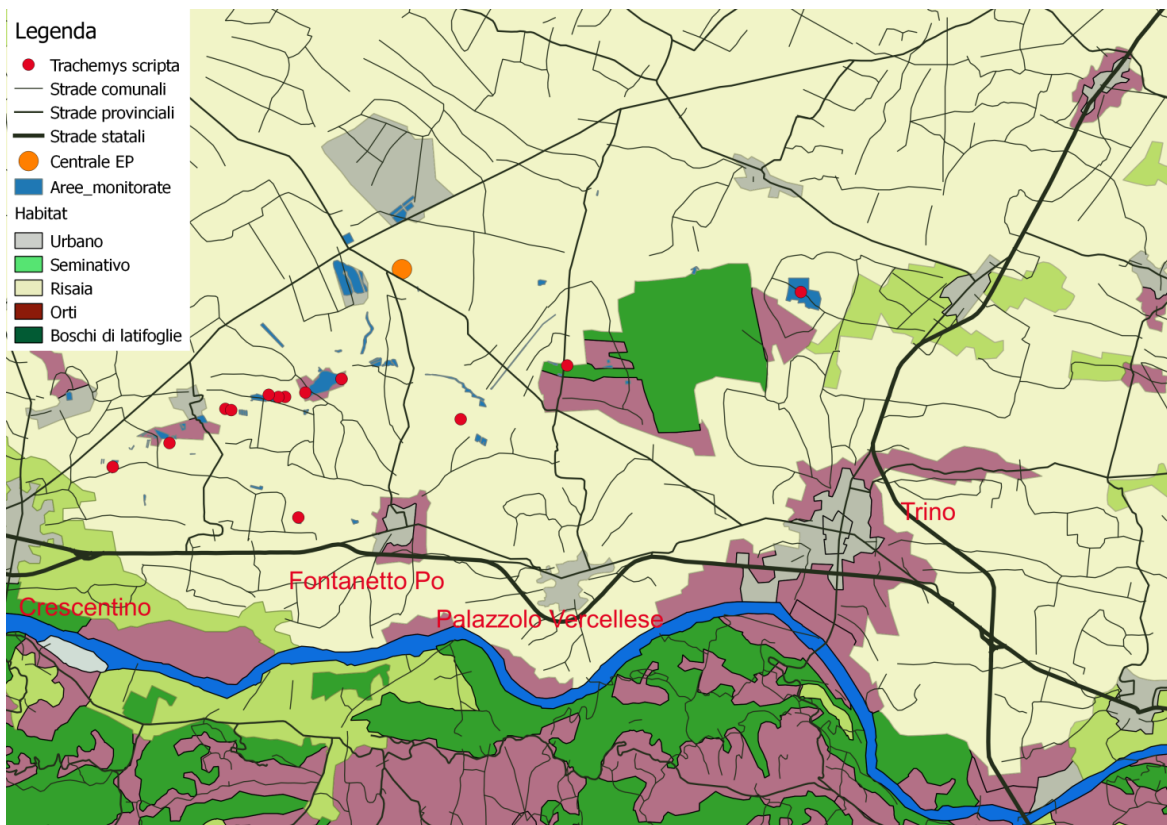


Fig. 10. Mappa dei siti di presenza di *Trachemys scripta* nell'area di studio

Alle catture e avvistamenti della testuggine palustre europea si aggiungono le osservazioni di 160 individui di *Trachemys scripta*, a testimonianza dell'abbondante presenza di questa specie nell'area indagata. È opportuno sottolineare che sono stati osservati sia individui adulti che giovani di entrambe le specie, il che rende probabile l'avvenuta riproduzione in alcuni siti. Nessun individuo della specie americana è stato catturato con le nasse. *Trachemys scripta* è risultata particolarmente numerosa in almeno due siti: Fontana Gigante, dove la testuggine palustre europea è tuttora presente, e Molino Carotole, dove la nostra specie era sicuramente sino al 2011 (G. Vicini com. pers.), ma dove non è più stata osservata nel corso del presente monitoraggio e potrebbe essersi estinta, forse anche a causa della competizione con la specie alloctona.

Modello di idoneità (HSM)

L'idoneità dell'area di studio alla presenza di *Emys orbicularis* è illustrata in Fig. 11. Il modello ha fornito un buon risultato per quanto riguarda la stabilità (criterio 2: $AUC_{\text{test}}/AUC_{\text{train}} = 0.9349$), assicurando quindi una ragionevole capacità del modello di prevedere casi "nuovi". L'idoneità per la testuggine palustre europea è risultata massima in prossimità dei canali artificiali, con un'importanza del 58.92%, seguita dalla distanza dal Po (18.54%) e dalla presenza delle zone umide (17.35%, Fig. 12). Le altre variabili hanno un'importanza minore, pur contribuendo al modello.

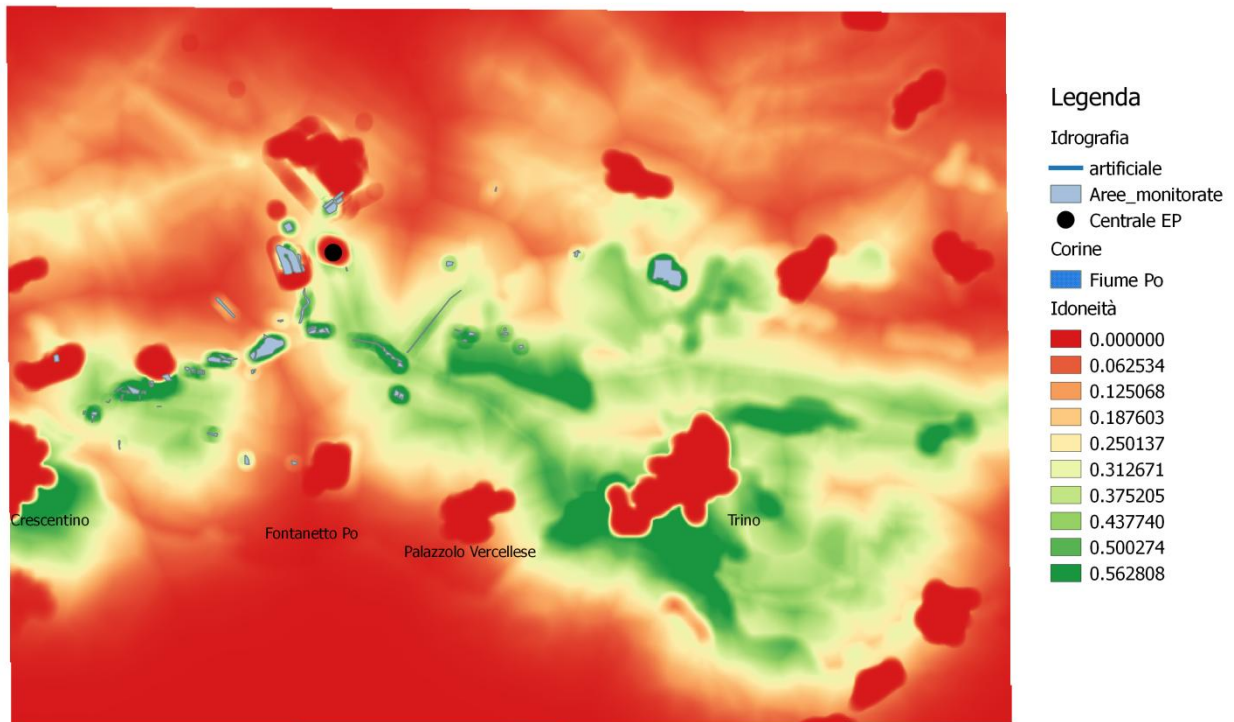


Fig. 11. Mappa di idoneità per la testuggine palustre europea. La colorazione dal rosso al verde indica l'idoneità: "rosso" = minima; "verde" = massima. Sulla mappa sono evidenziati anche gli elementi che contribuiscono maggiormente al modello.

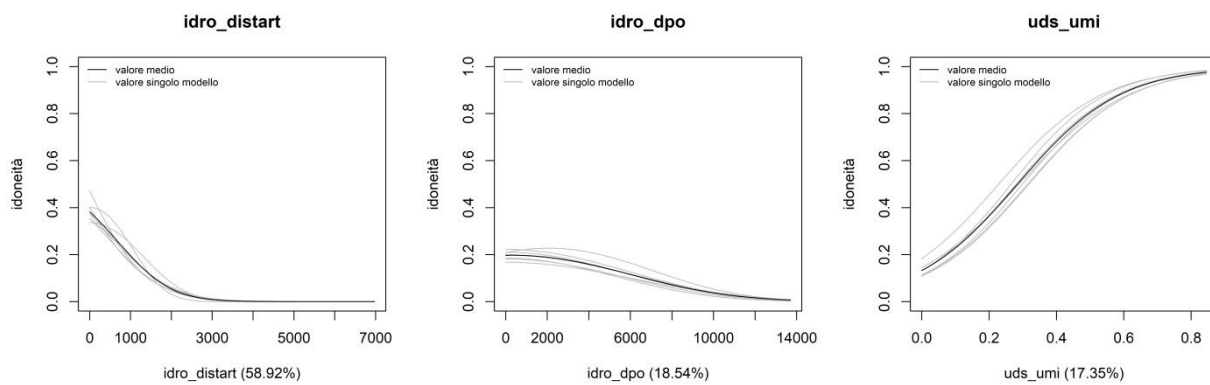


Fig. 12. Curve di risposta dell'idoneità per la testuggine palustre europea in relazione alla distanza dai canali artificiali (idro_distart), alla distanza dal Po (idro_dpo) e alla presenza di zone umide (uds_umi).

Come si può notare esiste un'ampia fascia di aree idonee che comprende le zone umide monitorate e alcune aree circostanti, soprattutto a ridosso del Po e degli abitati di Crescentino, Trino e Tricerro.

Modello di connettività

Il modello di connettività elaborato con Circuitscape mette in evidenza una forte connessione tra le diverse zone umide localizzate nella porzione di territorio tra San Genuario e Lucedio. I siti posizionati lungo il Po sembrano essere almeno parzialmente connessi con quest'area, mentre il sito di Fontana Gigante appare parzialmente isolato rispetto agli altri (Fig. 13).

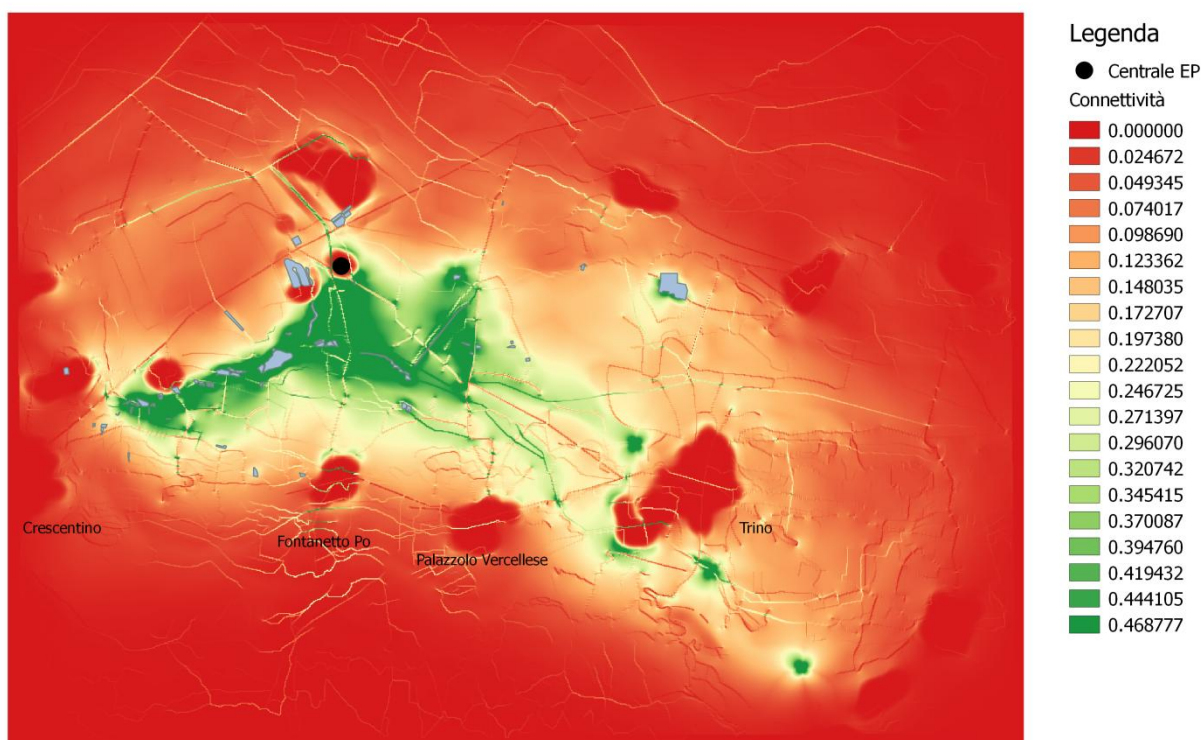


Fig. 13. Mappa di connettività elaborata con Circuitscape. La colorazione dal rosso al verde indica la connettività: "rosso" = minima; "verde" = massima.

Nella mappa seguente è riportato il medesimo risultato eliminando i valori al di sotto della soglia del valore medio (0.23), così da evidenziare meglio i potenziali corridoi di connessione (Fig. 14).

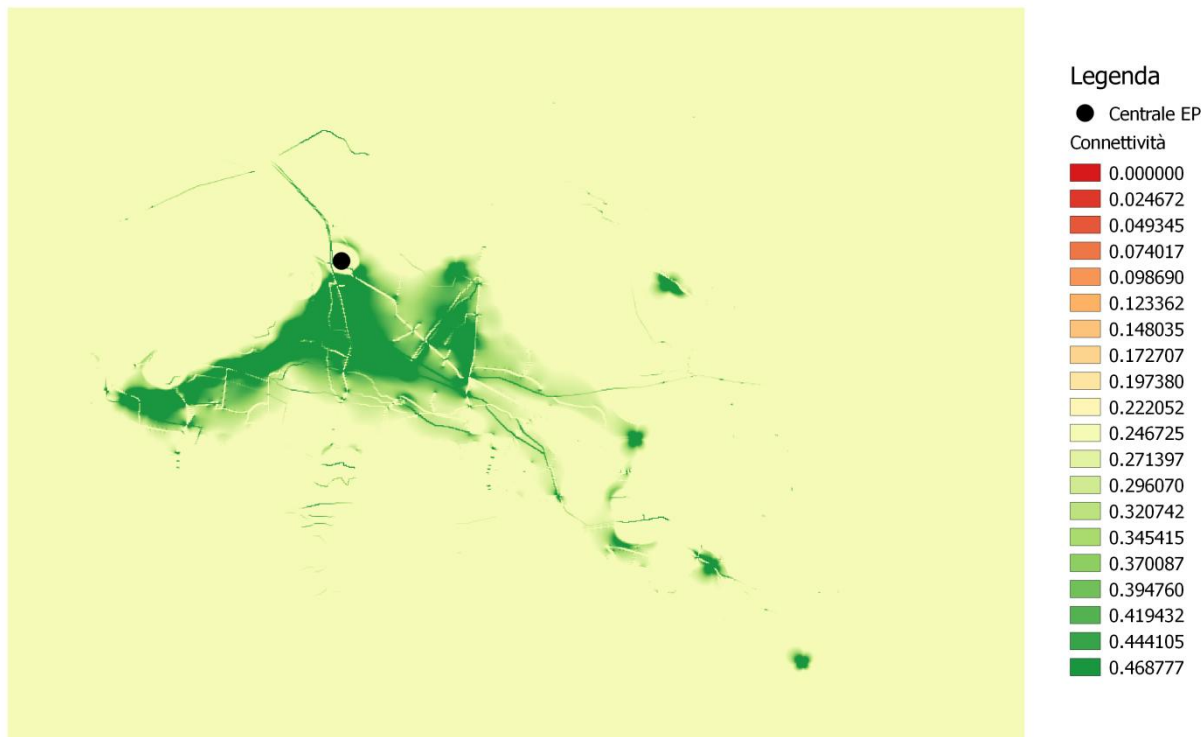


Fig. 14. Mappa di connettività tagliata alla soglia del valore medio di conducibilità (0.23).

Nelle tabelle 4 e 5 sono riportati dati morfometrici rispettivamente per gli individui catturati per la prima volta e per quelli soggetti a ricattura.

Data	Codice	CL	CW	PL	PW	SH	TL	CT	PC	BW	Sesso	Età	Sito	Note
21/04/2017	502	132.0	95.0	127.0	74.0	53.0	75.0	67.0	8.0	440	F	4	EP01a	
11/05/2017	505	133.0	115.0	158.0	94.0	66.0	85.0	65.0	20.0	780	F	7	EP01a	
10/05/2017	707_a	132.0	116.0	-	91.0	69.0	-	-	13.0	810	F	<10	EP04b	Mutilata: senza coda ed estremità arti anteriori
10/05/2017	707	152.0	107.0	145.0	89.0	61.0	80.0	71.0	9.0	640	F	6	EP04b	
11/05/2017	708	156.0	117.0	158.0	93.0	75.0	70.0	57.0	13.0	880	F	<10	EP04b	
11/05/2017	709	118.0	90.0	111.0	72.0	49.0	67.0	60.0	7.0	320	F	4	EP04b	
11/05/2017	710	117.0	83.0	110.0	70.0	45.0	63.0	56.0	7.0	280	F	4	EP04b	
12/05/2017	712	180.0	125.0	174.0	101.0	73.0	88.0	0.0	9.0	1080	F	9	EP04b	

RELAZIONE CONCLUSIVA

Data	Codice	CL	CW	PL	PW	SH	TL	CT	PC	BW	Sesso	Età	Sito	Note
04/05/2016	800	99.2	81.7	89.4	56.1	39.9	46.1	53.5	7.4	151	F	5	EP09	
05/06/2016	803	151.2	113.1	143.8	90.2	63.7	67.5	79.2	11.7	618	F	9	EP09	
11/04/2017	807	117.5	86.3	104.8	57.7	46.3	50.1	70.7	20.6	253	F	5	EP09	
21/04/2015	602b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F	<10	EP18f	Individuo catturato a mano nel 2015, fotografata e marcata come "2" più una tacca sul piastrone (posteriore dx)
08/05/2015	603b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F	<10	EP18g	Individuo catturato a mano nel 2015, fotografata e marcata come "3" più una tacca sul piastrone (posteriore dx)
08/06/2016	603	155.0	110.0	148.0	110.0	72.0	63.0	50.0	13.0	750	F	<10	EP18g	
21/05/2017	1000	165.8	116.9	158.1	92.6	69.0	60.3	76.2	15.9	770	F	>10	EP28	
17/05/2017	130	106.0	81.5	99.9	67.9	44.4	63.3	49.6	13.7	-	F	6	EP38	Presso capanno galleggiante; mucillagine su ventre e coda
01/10/2017	132	146.5	108.5	141.4	86.4	59.3	68.4	53.1	15.3	580.0	F	>10	EP38	Presso capanno galleggiante
19/08/2016	501	100.0	77.0	94.0	62.0	41.0	48.0	11.0	37.0	180	J	3	EP01a	
10/05/2017	503	94.0	73.0	90.0	59.0	39.0	50.0	46.0	4.0	147	J	4	EP01a	
08/06/2017	506_a	39.1	35.9	35.0	27.7	17.4	28.0	5.0	23.0	141	J	1	EP01a	
09/05/2017	809	97.6	80.0	89.3	56.7	40.8	42.1	47.3	5.2	163	J	4	EP09	
09/05/2017	811	117.8	86.3	95.9	63.2	44.6	49.3	65.3	16.0	246	J	5	EP09	
11/05/2017	504_a	139.0	97.0	122.0	71.0	49.0	65.0	47.0	18.0	345	M	7	EP01a	Vecchia ferita
11/05/2017	504	110.0	82.0	103.0	64.0	39.0	69.0	55.0	14.0	170	M	5	EP01a	
08/05/2016	701	143.0	110.0	130.0	83.0	50.0	61.0	40.0	21.0	460	M	5	EP04b	
08/05/2016	702	145.0	107.0	134.0	85.0	52.0	90.0	57.0	33.0	550	M	<10	EP04b	
07/06/2016	703	146.0	120.0	131.0	76.0	51.0	90.0	55.0	35.0	480	M	10	EP04b	
19/04/2017	704	147.0	105.0	130.0	80.0	53.0	80.0	55.0	25.0	480	M	5	EP04b	
19/04/2017	705	126.0	94.0	110.0	70.0	46.0	80.0	55.0	25.0	360	M	5	EP04b	
21/04/2017	706	144.0	95.0	127.0	76.0	48.0	83.0	64.0	19.0	430	M	5	EP04b	
12/05/2017	711	131.0	110.0	142.0	85.0	55.0	85.0	0.0	23.0	610	M	<10	EP04b	
10/06/2017	712_b	131.0	100.0	118.0	74.0	48.0	85.0	22.0	63.0	390	M	6	EP04b	Grossa tacca su 10/20, non marcata
04/05/2016	900	147.4	106.3	132.3	86.2	50.7	66.2	81.4	15.2	497	M	>10	EP07a	
10/05/2016	902	149.8	107.9	125.1	76.1	57.4	68.4	89.4	21.0	480	M	>10	EP07a	
06/05/2017	903	146.7	108.8	122.3	76.3	51.6	70.1	92.9	22.8	475	M	10	EP07a	
21/05/2017	904	144.1	105.1	121.9	76.7	49.3	44.4	64.2	19.8	429	M	>10	EP07a	

RELAZIONE CONCLUSIVA

Data	Codice	CL	CW	PL	PW	SH	TL	CT	PC	BW	Sesso	Età	Sito	Note
04/05/2016	801	147.4	115.3	132.8	90.4	61.8	68.2	87.8	19.6	539	M	>10	EP09	
18/05/2016	802	127.9	84.7	112.2	57.9	47.6	71.5	77.5	6.0	338	M	>10	EP09	
31/03/2017	804	136.1	98.3	114.2	69.3	47.1	35.1	64.1	29.0	352	M	>10	EP09	
31/03/2017	805	136.2	97.2	117.2	71.2	51.5	40.3	66.4	26.1	303	M	>10	EP09	
11/04/2017	806	145.1	99.1	122.2	71.7	47.6	43.1	58.0	14.9	367	M	>10	EP09	
11/04/2017	808	148.2	119.2	127.2	90.2	55.1	46.1	70.2	24.1	539	M	>10	EP09	
09/05/2017	810	141.9	107.6	126.6	72.8	50.8	70.3	91.2	20.9	369	M	>10	EP09	
11/06/2015	604b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	6	EP18g	Individuo catturato a mano nel 2015, fotografata e marcata come "4" più una tacca sul piastrone (posteriore dx)
08/05/2016	601	130.0	92.0	117.0	80.0	48.0	74.0	54.0	20.0	355	M	5	EP18g	
08/05/2016	602	143.0	104.0	126.0	84.0	51.0	71.0	44.0	27.0	500	M	8	EP18g	
21/04/2017	604	141.0	100.0	123.0	77.0	48.0	80.0	59.0	21.0	420	M	<10	EP18g	
13/06/2017	1001	136.1	98.3	118.6	71.2	51.4	66.0	90.0	24.0	402	M	>10	EP28	
20/04/2015	601b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	M	6	EP30	Individuo catturato a mano nel 2015, fotografata e marcata come "1" più una tacca sul piastrone (posteriore dx)
20/05/2016	125	101.2	80.8	-	-	44.0	52.0	43.7	8.3	-	M	5	EP38	Lungo canale principale
20/09/2016	126	91.4	70.2	83.0	53.8	-	53.1	12.4	40.7	140	M	5	EP38	Presso capanno galleggiante; coperta di mucillagine e molto torpida
17/05/2017	127	122.6	90.7	103.1	66.0	41.8	77.6	48.6	29.0	-	M	>10	EP38	Lungo canale principale; carapace molto rovinato
17/05/2017	128	118.3	90.5	105.3	71.2	44.7	74.1	56.2	17.9	-	M	6	EP38	Lungo canale principale
17/05/2017	129	136.6	94.3	116.4	72.0	45.9	74.6	55.2	19.4	-	M	>10	EP38	Presso capanno galleggiante; vecchie tracce di scud
18/07/2017	131	131.4	91.5	111.1	66.1	50.9	83.6	54.0	29.6	-	M	>10	EP38	Presso capanno galleggiante; coperta di mucillagine e molto torpida

Tab. 4. Dati morfometrici degli individui catturati per la prima volta. Le lunghezze sono espresse in mm. "Data" = data di cattura; "Codice" = numero progressivo di marcatura entro sito; "CL" = lunghezza del carapace; "CW" = larghezza

RELAZIONE CONCLUSIVA

del carapace; "PL" = lunghezza del piastrone; "PW" = larghezza del piastrone; "SH" = altezza dello scudo; "TL" = lunghezza totale della coda; "CT" = distanza cloaca-punta della coda; "PC" = distanza cloaca-base della coda; "BW" = peso (g). "Sesso": M = Maschio; "F" = Femmina; "J" = giovane di sesso non identificato. "Età" = età stimata in anni; "Sito" = codice identificativo del sito; "Note" = informazioni aggiuntive.

Data	Codice	CL	CW	PL	PW	SH	TL	CT	PC	BW	Sesso	Età	Sito	Note
12/05/2017	707_a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	F	<10	EP04b	Mutilata: senza coda ed estremità arti anteriori
04/05/2016	102	144.6	119.3	135.0	66.2	59.4	59.2	80.0	20.8	525	F	10	EP07a	ricatturata per la prima volta in situ, in data 23 aprile 2009
04/05/2016	90	143.4	105.7	139.1	74.6	61.1	-	-	0.0	518	F	>10	EP07a	catturata per la prima volta in situ in data 30 aprile 2008
24/05/2016	800	99.2	81.7	89.4	56.1	39.9	46.1	53.5	7.4	151	F	5	EP09	
11/04/2017	803	151.2	113.1	143.8	90.2	63.7	67.5	79.2	11.7	618	F	10	EP09	
06/05/2017	800	99.2	81.7	89.4	56.1	39.9	46.1	53.5	7.4	151	F	6	EP09	
09/05/2017	800	99.2	81.7	89.4	56.1	39.9	46.1	53.5	7.4	151	F	6	EP09	
21/05/2017	800	99.2	81.7	89.4	56.1	39.9	46.1	53.5	7.4	151	F	6	EP09	
21/05/2017	105	163.2	110.1	157.9	83.7	69.2	74.1	90.7	16.6	900	F	>10	EP09	
13/06/2017	800	99.2	81.7	89.4	56.1	39.9	46.1	53.5	7.4	151	F	6	EP09	
19/04/2017	603b	162.0	110.0	151.0	85.0	70.0	80.0	62.0	18.0	800	F	<10	EP18g	
09/05/2017	86	137.2	103.7	126.4	75.1	58.1	56.2	79.1	22.9	780	F	>10	EP28	EO86, femmina forse ovigera catturata per la prima volta a giugno 2007
09/05/2017	114	137.3	102.5	124.4	75.4	54.2	57.5	79.4	21.9	874	F	7	EP28	EO114, femmina sicuramente ovigera
13/06/2017	1000	166.7	118.9	160.5	90.2	74.8	-	-	0.0	910	F	>10	EP28	
10/05/2017	501	102.0	79.0	96.0	63.0	40.0	56.0	50.0	6.0	171	J	4	EP01a	
19/07/2017	503	102.0	77.0	100.0	60.0	40.0	53.0	5.0	0.0	200	J	4	EP01a	
10/05/2017	704	147.0	103.0	130.0	80.0	49.0	90.0	70.0	20.0	470	M	5	EP04b	
11/05/2017	706	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	M	5	EP04b	
11/05/2017	703	147.0	102.0	130.0	76.0	55.0	85.0	60.0	25.0	465	M	4	EP04b	
04/05/2016	53	138.1	98.5	117.6	71.3	50.3	65.5	83.2	17.7	382	M	>10	EP09	individuo con carapace segnato da collisione (catturato nel 2004 presso ex-alma)
18/05/2016	Forse 20	151.2	106.4	127.5	74.4	53.6	49.5	67.2	17.7	520	M	>10	EP09	ricattura dell'individuo forse EO20

RELAZIONE CONCLUSIVA

Data	Codice	CL	CW	PL	PW	SH	TL	CT	PC	BW	Sesso	Età	Sito	Note
														(maschio catturato all'ex-ALMA per la prima volta nel 2002).
24/05/2016	53	138.1	98.5	117.6	71.3	50.3	65.5	83.2	17.7	382	M	>10	EP09	
31/03/2017	801	147.4	115.3	132.8	90.4	61.8	68.2	87.8	19.6	539	M	>10	EP09	
31/03/2017	53	138.1	98.5	117.6	71.3	50.3	65.5	83.2	17.7	382	M	>10	EP09	
31/03/2017	113	155.0	110.6	132.3	77.1	51.3	69.4	86.5	17.1	512	M	>10	EP09	1^Cattura a EP07a nel 2010
11/04/2017	801	147.4	115.3	132.8	90.4	61.8	68.2	87.8	19.6	539	M	>10	EP09	
28/04/2017	63	147.3	108.0	136.6	81.2	58.4	71.4	92.5	21.1	522	M	>10	EP09	1^Cattura al EP28 nel 2006
06/05/2017	802	127.9	84.7	112.2	57.9	47.6	71.5	77.5	6.0	338	M	>10	EP09	
06/05/2017	53	138.1	98.5	117.6	71.3	50.3	65.5	83.2	17.7	382	M	>10	EP09	
09/05/2017	147	136.2	100.3	117.3	72.2	50.4	67.0	93.7	26.7	400	M	>10	EP09	maschio catturato per la prima volta in situ nel 2006
13/06/2017	810	141.9	107.6	126.6	72.8	50.8	70.3	91.2	20.9	369	M	10	EP09	
19/04/2017	602	142.0	110.0	147.0	84.0	53.0	78.0	50.0	28.0	550	M	9	EP18g	
01/10/2017	129	131.1	96.5	115.9	73.3	49.8	83.0	55.3	27.7	345.0	M	>10	EP38	Presso capanno galleggiante; vecchi segni di scud; già catturato il 17.7.2017

Tab. 5. Dati morfometrici degli individui ricatturati una o più volte. Le lunghezze sono espresse in mm. "Data" = data di cattura; "Codice" = numero progressivo di marcatura entro sito; "CL" = lunghezza del carapace; "CW" = larghezza del carapace; "PL" = lunghezza del piastrone; "PW" = larghezza del piastrone; "SH" = altezza dello scudo; "TL" = lunghezza totale della coda; "CT" = distanza cloaca-punta della coda; "PC" = distanza cloaca-base della coda; "BW" = peso (g). "Sesso": M = Maschio; "F" = Femmina; "J" = giovane di sesso non identificato. "Età" = età stimata in anni; "Sito" = codice identificativo del sito; "Note" = informazioni aggiuntive.

Le statistiche descrittive delle misure rilevate (Tab. 6) confermano il dimorfismo sessuale della specie anche nelle popolazioni indagate, con femmine di dimensioni maggiori dei maschi.

Variabile	Femmine		Maschi	
	Media	D.S.	Media	D.S.
CL	137.41	23.11	134.98	14.14
CW	103.07	15.15	99.41	11.24
PL	133.46	26.25	120.15	11.77
PW	82.99	15.79	74.80	8.64

Variabile	Femmine		Maschi	
	Media	D.S.	Media	D.S.
SH	59.04	11.85	49.57	4.49
TL	67.62	11.82	68.31	14.98
CT	57.74	19.20	58.39	21.78
PC	12.24	4.43	23.62	10.22
BW	596.57	272.77	414.62	108.54

Tab. 6. Statistiche descrittive (media \pm deviazione standard) dei maschi e delle femmine catturati durante il monitoraggio.

Carta degli elementi della rete ecologica

Nelle tre tavole allegate della Carta degli elementi della rete ecologica (Allegati 6 a, b, c, d) sono riportati gli elementi strutturali della rete ecologica nel contesto dell'agroecosistema risicolo, rilevati da ARPA Piemonte seguendo la legenda proposta alla Regione Piemonte dalla Provincia di Vercelli nell'ambito del PSR 2007/2013 – misura 323.1b “Interventi di tutela e sensibilizzazione ambientale in Provincia di Vercelli. Intervento n.2 Nuovi strumenti di conservazione e valorizzazione dell'agroecosistema risicolo.”

Si tratta del complesso di habitat naturali e seminaturali che si configurano come ambienti parzialmente idonei a supportare un vasto pool di specie, afferenti anche all'Erpetofauna, e che svolgono ruoli diversi in termini di connettività, quali zone umide (core areas), corridoi lineari (corsi d'acqua naturali formi, canali con più o meno vegetazione ripariale seminaturale, fossi con vegetazione acquatica e ripariale, formazioni boscate lineari), macchie e piccoli elementi di riposo e rinforzo lungo elementi naturali (stepping stones). Sono stati inseriti anche elementi a funzionalità ecologica residuale che possono avere valenza come ambiti di possibile espansione della rete (fossi e canali senza vegetazione strutturata, aree abbandonate, incolti).

Operativamente il lavoro è stato svolto con una serie di sopralluoghi preceduti da fotointerpretazione su fotogrammi del volo Ortofoto Regione Piemonte 2010 (fonte: Geoportale Regione Piemonte) acquisendo le informazioni ad una risoluzione in scala 1:3000 che consente di discriminare gli elementi strutturali della vegetazione arbustiva ed arborea.

Incrociando la suddetta carta con i siti di presenza di popolazioni di *Emys orbicularis*, possono essere individuate alcune aree su cui concentrare gli sforzi per incrementare la connettività dei corridoi ecologici nei confronti di *Emys orbicularis*.

Delegando ad uno studio ad hoc l'analisi della deframmentazione delle aree potenzialmente adatte risultate isolate sulla base del modello di connettività, si ritiene opportuno dare indicazioni per interventi attuabili nel breve periodo con gli strumenti della Misura 4.4.1 del PSR Piemonte "Elementi naturaliformi dell'agroecosistema" o con progettazioni europee in fase di elaborazione (Life Emys del WWF nazionale).

Le due aree su cui risulterebbe prioritario concentrare l'attenzione sono quelle della porzione centrale dell'area (quella con plausibile presenza di una struttura di metapopolazione) dove sono state individuate popolazioni abbastanza numerose e concentrate e prossime ad altre aree umide non popolate e attualmente disconnesse quali ad esempio il sistema delle Torbe di San Genuario (siti EP18f e EP18g) ed il sistema Canale della Regina (EP04b) e Peschiere di Madonna delle Vigne (EP01a).

Considerando inoltre la disponibilità per realizzare nuovi habitat umidi e aree idonee alla deposizione delle uova nelle aree attorno alla centrale termoelettrica EP soggette a ripristino ambientale, risultano interessanti interventi di connessione lungo la rete irrigua che collega questo sito con il fragmiteto interrato di Lucedio (EP30) dove è stato trovato un solo individuo.

Conclusioni

Emys orbicularis, sulla base dei dati raccolti nel corso del presente monitoraggio e di quelli pregressi, è ancora diffusa sul territorio indagato, con alcune popolazioni che probabilmente sono tuttora in grado di automantenersi. Il numero di effettivi in alcuni siti, infatti, è abbastanza elevato, anche se non esiste una vera e propria stima quantitativa.

Molti degli animali catturati sono adulti, in alcuni casi presumibilmente in età avanzata, a giudicare dallo stato del carapace, mentre il numero di giovani osservati è piuttosto limitato. Ciò potrebbe potenzialmente essere dovuto al metodo di campionamento con le nasse, che potrebbe essere selettivo nei confronti degli individui di grande taglia, ma più probabilmente potrebbe anche indicare una struttura di popolazione sbilanciata. Infatti, in condizioni normali, il numero di individui dovrebbe essere massimo nelle classi d'età inferiori, per poi diminuire passando agli individui più anziani, secondo un tipico schema a piramide. In questo caso, la situazione sarebbe preoccupante in prospettiva futura, poiché si andrebbe incontro ad una progressiva senescenza della popolazione, senza un efficace ricambio generazionale. Per evitare ciò bisognerebbe incrementare le aree idonee alla deposizione delle uova, controllandone i rischi di disturbo o distruzione da parte delle attività antropiche.

Per quanto riguarda l'idoneità ambientale per la testuggine palustre europea della porzione di territorio studiata, la mappa ottenuta grazie alle informazioni disponibili evidenzia l'esistenza di diverse aree potenzialmente adatte alla sua presenza anche al di fuori delle zone umide attualmente utilizzate (Fig. 15). Sarebbe opportuno effettuare sopralluoghi mirati in queste aree durante il periodo di attività della specie per verificare se si tratti di una reale assenza o se sia il frutto di un difetto di ricerca.

È interessante notare anche che alcune di queste zone potenzialmente idonee risultano parzialmente isolate sulla base del modello di connettività. Questo fatto potrebbe aver influenzato l'attuale distribuzione della testuggine palustre, poiché in condizioni di isolamento l'estinzione di una popolazione diventa più probabile e fattori contingenti potrebbero averne causato l'estinzione a livello locale, pur essendovi tuttora condizioni compatibili con la sua presenza.

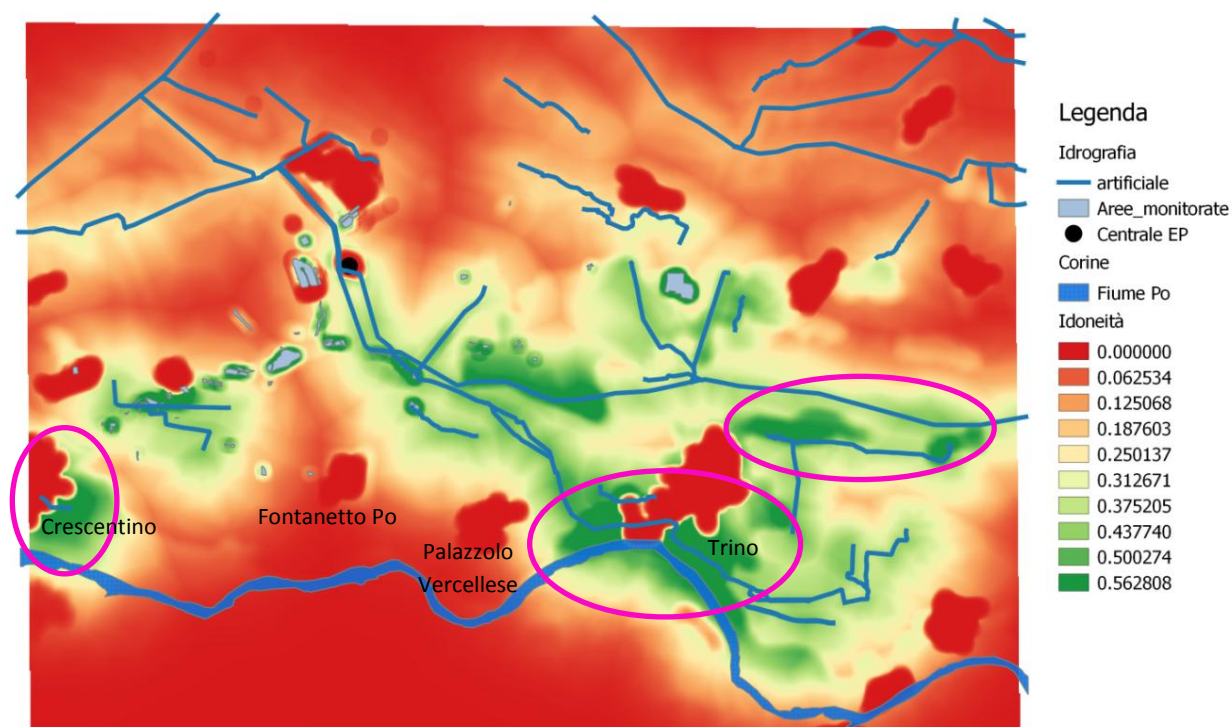


Fig. 15. Localizzazione delle aree ad elevata idoneità ambientale per *Emys orbicularis* in cui la specie risulta assente.

Complessivamente la connettività tra i siti sottoposti ad indagine risulta piuttosto buona nella porzione centrale, comprendente anche le aree soggette a ripristino ambientale con il contributo economico di EP (Fig. 16). In questa porzione di territorio sembra plausibile la presenza di una

struttura di metapopolazione. Con questo termine si indica un insieme di singole popolazioni interconnesse tra loro e che, quindi, subiscono un periodico scambio di individui, anche se occasionali. Questo livello di organizzazione fornisce sicuramente maggiori garanzie per quanto riguarda la conservazione a lungo termine di una specie, poiché riduce i rischi di estinzione legati a fattori stocastici. Infatti, l'estinzione di una singola popolazione all'interno della rete può essere compensata dall'arrivo di nuovi fondatori attraverso i corridoi ecologici esistenti (Beebee 1996).

Più delicata appare, invece, la situazione di alcuni siti posizionati nella parte orientale dell'area di studio, in particolare Fontana Gigante e le aree in prossimità del Po (ad esempio Ghiaia Grande), che sono apparentemente abbastanza isolati dagli altri. Queste aree, che ospitano tuttora popolazioni consistenti di *Emys orbicularis*. È opportuno ricordare che l'isolamento può causare a lungo termine anche un impoverimento della diversità genetica degli animali presenti, a causa del frequente incrocio tra consanguinei il che può portare ad una minore sopravvivenza, anche a causa dell'insorgere di patologie all'interno della popolazione.

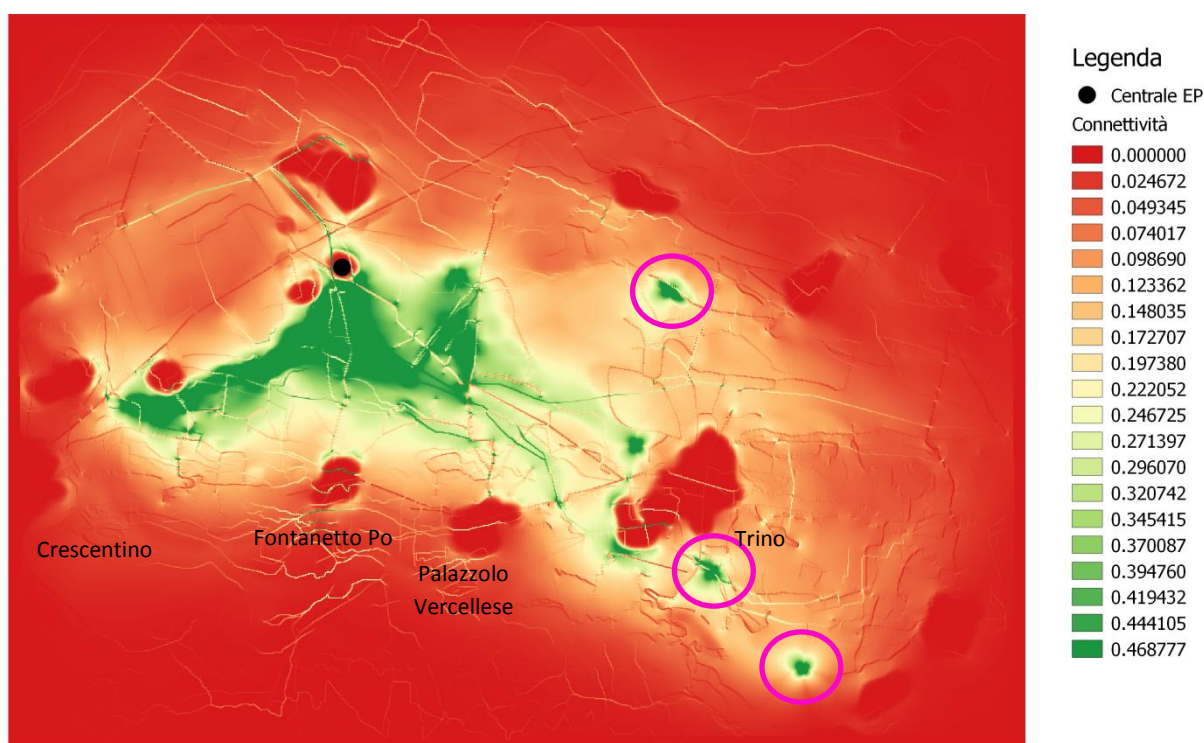


Fig. 16. Individuazione dei siti di *Emys orbicularis* apparentemente isolati in base al modello di connettività.

RELAZIONE CONCLUSIVA

In questo senso è da segnalare la presenza di diversi individui di testuggine palustre europea coperti da una sostanza mucillaginosa (forse di origine fungina) nel sito di Fontana Gigante (Fig. 17). Questi individui apparivano torpidi e in precarie condizioni di salute al momento della cattura. La mucillagine copriva buona parte del carapace, degli arti e del capo e risultava difficile da staccare manualmente. Nel corso della presente indagine non è stato possibile analizzare la natura di questi filamenti, ma sarebbe opportuno indagare questo aspetto con l'aiuto di un veterinario per verificarne gli effetti e la potenziale patogenicità sulla popolazione.

In un possibile proseguimento del lavoro potrebbero essere progettati dei corridoi ecologici per migliorare la connettività dei siti isolati sulla base dell'analisi effettuata.





Fig. 17. Visione ventrale e dorsale dell'individuo n° 131 catturato nel sito di Fontana Gigante in data 18.07.2017. Da notare l'abbondante strato mucillaginoso che ricopre il piastrone, il carapace e buona parte del corpo.

Per quanto riguarda la testuggine nordamericana *Trachemys scripta*, la sua abbondante presenza in molti dei siti indagati costituisce in prospettiva una potenziale minaccia per la specie autoctona, poiché in alcune zone umide sembra risultare numericamente preponderante. Questa specie, frutto di introduzioni multiple da parte dell'uomo, costituisce una seria minaccia per la sopravvivenza della specie autoctona, poiché ne condivide fondamentalmente la nicchia ecologica, occupando gli stessi siti di termoregolazione, foraggiamento e deposizione delle uova. Le maggiori dimensioni, la maggiore aggressività e la grande plasticità ecologica che la contraddistinguono la rendono molto competitiva, al punto che alcune popolazioni di *Emys orbicularis* si sono estinte o fortemente ridotte a seguito della sua introduzione. Questa specie può essere anche vettore di patologie che possono colpire la testuggine palustre europea, come lo SCUD o alcuni ceppi di salmonella.

Anche nell'area di studio ci sono prove della sua riproduzione in alcuni siti, come Molino Carotole, dove resti di uova e individui giovani sono stati osservati in alcuni casi. Nel sito in questione la

presenza della testuggine palustre europea era stata accertata in anni recenti, ma non è più stata confermata durante i tre anni di monitoraggio, per cui è possibile che sia estinta a favore della specie americana che è facilmente osservabile con un gran numero di individui. Nella stessa area è presente anche una consistente popolazione di gambero della Louisiana (*Procambarus clarkii*), una specie alloctona, invasiva e nota come feroce predatore di tutti gli animali di piccole dimensioni. Questo crostaceo potrebbe teoricamente contribuire alla diminuzione del numero di testuggini palustri esercitando una pressione predatoria sui neonati. Una popolazione consistente di *Trachemys scripta* è presente anche a Fontana Gigante, anche con individui di grandi dimensioni.

Visti i potenziali rischi per la sopravvivenza della nostra specie in un'area come quella sottoposta ad indagine, che ospita probabilmente la più importante popolazione dell'Italia nord-occidentale, è necessario prevedere un piano di contenimento o di eradicazione della specie aliena ed un maggiore controllo per prevenire ulteriori immissioni.

In conclusione, l'area sottoposta ad indagine si conferma essere di estremo interesse per la conservazione di *Emys orbicularis*, ospitando una popolazione che, allo stato attuale delle conoscenze, è quella numericamente più consistente dell'Italia nord-occidentale. Di conseguenza, si sottolinea l'opportunità di continuare i monitoraggi di questa specie minacciata soprattutto in alcuni siti, come la zona umida a nord di Cascina Favorita (EP09), il Cavo della Regina nel tratto Pompa della Noira (EP04b) e la riserva di Fontana Gigante (EP38), che ospitano un buon numero di effettivi, in alcuni casi frutto di una recente colonizzazione e dove sono state osservate alcune femmine ovigere. Inoltre, è opportuno pianificare interventi mirati sulla base dello studio di connettività per migliorare le possibilità di migrazione di individui tra i siti, al fine di garantire la conservazione delle popolazioni a lungo termine.

Bibliografia

- Beebee, T. J. C. 1996: Ecology and conservation of Amphibians. Chapman & Hall, London.
- Cadi, A. & Joly, P. 1999: The introduction of the slider turtle (*Trachemys scripta elegans*) in Europe: competition for basking sites with the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Chelonii* **2**, 95-100.
- Di Già, I. 2008: Risultati del monitoraggio delle popolazioni di testuggine palustre europea (*Emys orbicularis*) nei SIC-ZPS-RNS-ZS Palude di S. Genuario e Fontana Gigante di Tricerro (Provincia di Vercelli) - 2002/2007. In: *Herpetologia Sardiniae*. (Corti, C., ed). Societas Herpetologica Italica/Edizioni Belvedere, Latina. pp. 218-222.
- Dorizzi M., Richard-Mercier N., Pieau C. (1996). The ovary retains male potential after the termosensitive period for sex determination in the turtle *Emys orbicularis*. *Differentiation* **60**: 193-201.
- Ficetola G.F., De Bernardi F. (2006). Is the European "pond" turtle *Emys orbicularis* strictly aquatic and carnivorous? *Amphibia-Reptilia* **27**: 445-447.
- Ficetola, G. F. & Scali, S. 2010: Invasive amphibians and reptiles in Italy. In: *Atti VIII Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica* (Chieti, 22-26 settembre 2010). (Di Tizio, L., Di Cerbo, A. R., Di Francesco, N. & Cameli, A., eds). Ianieri Edizioni, Pescara. pp. 335-340.
- Ficetola, G. F., Monti, A. & Padoa-Schioppa, E. 2002: First record of reproduction of *Trachemys scripta* in the Po Delta. *Annali del Museo civico di Storia naturale di Ferrara* **5**, 125-128.
- Ficetola, G. F., Salvidio, S., D'Angelo, S., Bonardi, A., Bottoni, L., Canalis, L., Crosetto, S., Di Martino, S., Ferri, V., Filetto, P., Genta, P., Jesu, R., Masin, S., Mazzotti, S., Ottonello, D., Richard, J., Sala, L., Scali, S., Tedaldi, G. & Vianello, F. 2013: Conservation activities for European and Sicilian pond turtles (*Emys orbicularis* and *Emys trinacris*, respectively) in Italy. *Amphibia-Reptilia* **6**, 127-133.
- Ficetola, G. F., Thuiller, W. & Padoa-Schioppa, E. 2008: From introduction to the establishment of alien species: a preliminary analysis of bioclimatic differences between presence and reproduction localities in *Trachemys scripta*. In: *Herpetologia Sardiniae*. (Corti, C., ed). Societas Herpetologica Italica/Edizioni Belvedere, Latina. pp. 266-269.

- Fritz U., Fattizzo T., Guicking D., Tripepi S., Pennisi M.G., Lenk P., Joger U., Wink M. (2005). A new cryptic species of pond turtle from Southern Italy, the hottest spot in the range of the genus *Emys*. *Zoologica Scripta* 34: 351-371.
- Lanza B., (1983). Anfibi e Rettili. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne 27. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 196 pp.
- Macchi, S., Balzarini, L. L. M., Scali, S., Martinoli, A. & Tosi, G. 2008: Spatial competition for basking sites between the exotic slider *Trachemys scripta* and the European pond turtle *Emys orbicularis*. In: *Herpetologia Sardiniae*. (Corti, C., ed). Societas Herpetologica Italica/Edizioni Belvedere, Latina. pp. 338-340.
- Mazzotti S., Zuffi M.A.L. (2006) *Emys orbicularis*. In: Sindaco R., Doria G., Razzetti E., Bernini F. (Eds.). *Atlante degli Anfibi e dei Rettili d'Italia / Atlas of Italian Amphibians and Reptiles*. Societas Herpetologica Italica, Edizioni Polistampa, Firenze: 376-381.
- Ottonello D, Salvidio S, Rosecchi E (2005) Feeding habits of the European pond terrapin *Emys orbicularis* in Camargue (Rhône delta, Southern France). *Amphibia-Reptilia*, 26: 562-565.
- Rogner, M. (2009). European pond turtle - *Emys orbicularis*. Edition Chimaira, Frankfurt am Main.
- Scali S., Pinoli G. (2008) *Conoscere e proteggere i Rettili della Lombardia*. Edizioni New Press, Como:18-21
- Seglie, D. 2013: ECO-RICE - LIFE09 NAT/IT/000093 - Azione: E.2.1 - Monitoraggio dell'evoluzione degli habitat acquatici e della loro funzionalità all'interno della rete ecologica, a seguito delle azioni di ripristino ambientale previste: Relazione finale sull'Erpetofauna. In: ECO-RICE - Vercelli rice fields: integrated plan for environmental requalification and sustainable management of rice agroecosystem. pp. 1-52.
- Stubbs, D., Hailey, A., Pulford, E. & Tyler, W. 1984: Population ecology of European tortoises: review of field techniques. *Amphibia-Reptilia* 5, 57-68.
- Utzeri C., Serra B., (2001) Spostamenti fra stagni, estivazione e note sull'ovideposizione di *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) nella tenuta di Castel Porziano (Roma). Estratto da *Pianura*, 13: 325 – 328.

Zuffi M., Di Benedetto M.F., Foschi E., (2004) The reproductive strategies in neighbouring populations of the European pond turtle, *Emys orbicularis*, in central Italy. Italian journal of Zoology, 71: 101-104.

Zuffi M.A.L., Di Cerbo A.R., Fritz U. (2011). *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758). In: Corti C., Capula M., Luiselli L., Razzetti E., Sindaco R. (eds.), Reptilia. Fauna d'Italia, vol. XLV, Calderini, Bologna: 153-163.

Allegato 1 – Schede di rilevamento dei siti indagati

Allegato 2 – Repertorio fotografico delle testuggini catturate

Allegato 3 – Mappa di conducibilità

Allegato 4 – Mappa di idoneità

Allegato 5 – Mappa di connettività

Allegato 6 a – Carta degli elementi della Rete Ecologica: Crescentino

Allegato 6 b – Carta degli elementi della Rete Ecologica: Livorno Ferraris

Allegato 6 c – Carta degli elementi della Rete Ecologica: Lucedio

Allegato 6 d – Carta degli elementi della Rete Ecologica : Ronsecco