



La conservazione della connettività ecologica nel sistema Natura 2000 lombardo e il ruolo della Rete Ecologica Regionale

Azione C1

Realizzato da:
Fondazione Lombardia per l'Ambiente

gestire 
natura 2000 in lombardia

Progetto di



Regione Lombardia

Con il contributo di



Partner



comunità  ambiente

ERSAF
ENTE REGIONALE PER I SERVIZI
ALL'AGRICOLTURA E ALLE FORESTE

FLA
Fondazione Lombardia
per l'Ambiente



Co-finanziato da

 **fondazione
cariplo**

SOMMARIO

1. Introduzione	04
1.1 La connessione ecologica e Rete Natura 2000	05
1.2 La connessione ecologica in Lombardia	05
2. Metodi	07
2.1 Approccio per specie target	07
2.2.1 Ambienti forestali	07
2.2.2 Ambienti aperti a mosaico	10
2.2.3 Zone umide	10
2.3 Raccolta dati	11
2.3.1 Dati faunistici	11
2.3.2 Dati relativi all'uso del suolo	11
2.3.3 Confronto tra il disegno della RER e la rete Natura 2000	12
2.4 Modelli di connessione ecologica	12
2.4.1 Modelli di distribuzione potenziale	13
2.4.2 Modelli di connettività	15
2.5 La connessione ecologica in futuro: effetti del cambiamento climatico	16
2.6 Indicazioni per la conservazione della connettività e per la gestione della RER	16
2.6.1 Ambienti forestali	17
2.6.2 Ambienti aperti a mosaico	17
2.6.3 Zone umide	17
2.7 Indicazioni per la revisione della RER	18
3. Risultati	20
3.1 Modelli di connessione ecologica a scala regionale	20
3.1.1 Ambienti forestali	20
3.1.2 Ambienti aperti a mosaico	25
3.1.3 Zone umide	28
3.2 Cambiamento climatico e connessione ecologica	31
3.3 Implicazioni a scala regionale	41
3.4 Revisione della RER per garantire la connessione tra siti Natura 2000	47
3.4.1 Siti Natura 2000 parzialmente esclusi dal disegno della RER o inseriti/ collegati solamente in elementi di secondo livello della RER	47
3.4.2 Siti estremamente isolati	54
3.4.3 Siti Natura 2000 connessi solo ad elementi di secondo livello della RER	58
3.4.3.1 Bosco Fontana	58
3.4.3.2 Boschi di Astino e dell'Allegrezza	59

3.4.3.3 Lago di Piano e Valsolda	59
3.4.3.4 Spine Verde	60
3.4.3.5 Ostiglia	60
4. Discussione	67
5. Conclusioni	70
Bibliografia	71

Premessa

La presente relazione riprende alcuni concetti già espressi nel documento "*Analisi del ruolo della Rete Ecologica Regionale (RER) nel garantire l'interconnessione tra i Siti Natura 2000 in Lombardia*" prodotto nell'ambito dell'Azione A.3, cui si rimanda per ulteriori dettagli e approfondimenti. La lettura della presente relazione può comunque essere fatta indipendentemente in quanto vengono ripresi i concetti essenziali contenuti nel documento prodotto nell'Azione A3.

1. Introduzione

Mantenere e/o ripristinare la connessione ecologica fra popolazioni biologiche in paesaggi frammentati è un elemento fondamentale per preservare non solo le singole specie, ma ha anche importanti implicazioni per la salvaguardia dei livelli superiori di organizzazione della biodiversità, dei processi ecologici e dei servizi ecosistemici. La rete ecologica rappresenta la base teorica per la promozione della tutela della biodiversità e dei processi ecologici e servizi ecosistemici ad essa legati all'interno di paesaggi dominati o influenzati dalla presenza dell'uomo.

La rete ecologica costituisce infatti uno strumento importante per la conservazione della natura e la pianificazione territoriale in un contesto dove l'impronta dell'uomo diviene sempre più marcata. La conservazione della biodiversità necessita infatti di una struttura spaziale di ecosistemi il più possibile coerente a larga scala, dal momento che molte specie (sia animali che vegetali) sopravvivono in forma di metapopolazioni. Le metapopolazioni sono sistemi formati da piccole popolazioni in siti diversi, collegate tra di loro grazie a scambi di individui e di geni, senza i quali la persistenza delle specie in quelle aree sarebbe impossibile. La possibilità di mantenere processi di immigrazione/emigrazione tra i diversi siti dipende dal permanere di una struttura spaziale di habitat tale da garantire la possibilità di spostamento e insediamento degli individui che lasciano un'area per insediarsi in un'altra. La scala spaziale a cui questi fenomeni avvengono varia naturalmente a seconda delle specie ed influenza anche la progettazione delle reti ecologiche, a seconda degli organismi e degli ambienti che si intendono tutelare attraverso la rete ecologica stessa.

Teoria ed esperienze empiriche delle reti ecologiche offrono un contesto ideale per il disegno e la progettazione di queste strutture spaziali a larga scala.

Per essere realmente funzionale alla conservazione della biodiversità, una rete ecologica deve essere costruita a partire da informazioni il più possibile dettagliate e spazialmente esplicite su habitat e specie: conoscere e individuare precisamente sul territorio oggetto di studio la distribuzione reale e/o potenziale di specie, habitat e processi ecologici focali, da utilizzare come "guida" per descrivere la distribuzione della diversità biologica e delle aree da salvaguardare e connettere, rappresenta la condizione basilare per progettare e realizzare una rete ecologica. Questo è stato il punto di partenza che ha portato alla

redazione della Rete Ecologica Regionale (RER) in Lombardia, sviluppata a partire dall'individuazione delle aree più importanti per la biodiversità e per i processi ecologici necessari al suo sostentamento.

1.1 La connessione ecologica e Rete Natura 2000

Secondo la Direttiva Habitat, la Rete Natura 2000 deve rappresentare una rete ecologica europea coerente di Zone Speciali di Conservazione, formata dai siti in cui si trovano tipi di habitat naturali elencati nell'allegato I e habitat delle specie di cui all'allegato II della Direttiva Habitat. Rete Natura 2000 deve garantire il mantenimento ovvero, all'occorrenza, il ripristino, in uno stato di conservazione soddisfacente, dei tipi di habitat naturali e degli habitat delle specie interessati nella loro area di ripartizione naturale. La rete «Natura 2000» comprende anche le zone di protezione speciale classificate dagli Stati membri a norma della direttiva 79/409/CEE (ora 2009/147/CE).

Ogni Stato membro contribuisce alla costituzione di Natura 2000 in funzione della rappresentazione sul proprio territorio dei tipi di habitat naturali e degli habitat delle specie di cui al paragrafo 1 della Direttiva; a tal fine, e conformemente all'articolo 4, ciascuno Stato membro designa siti quali zone speciali di conservazione, tenendo conto degli obiettivi di cui al paragrafo 1. Laddove lo ritengano necessario, gli Stati membri si sforzano di migliorare la coerenza ecologica di Natura 2000 grazie al mantenimento e, all'occorrenza, allo sviluppo degli elementi del paesaggio che rivestono primaria importanza per la fauna e la flora selvatiche, citati all'articolo 10 della Direttiva Habitat.

Risulta pertanto evidente come sin dall'origine lo scopo della Rete Natura 2000 non sia di preservare alcune "isole" di naturalità, bensì quello di conservare una rete di habitat ed ecosistemi, tale da consentire il mantenimento degli habitat e delle specie che li abitano e che tra essi si spostano.

1.2 La connessione ecologica in Lombardia

A livello regionale, il principale strumento per garantire la connessione ecologica tra gli ambienti naturali e semi-naturali presenti sul territorio lombardo è costituito dalla Rete Ecologica Regionale (RER). La RER rientra tra la modalità per il raggiungimento delle finalità previste in materia di biodiversità e servizi ecosistemici in Lombardia, a partire dalla Strategia di Sviluppo Sostenibile Europea (2006) e dalla Convenzione internazionale

di Rio de Janeiro (5 giugno 1992) sulla diversità biologica.

Il progetto di individuazione della RER è stato realizzato da Fondazione Lombardia per l'Ambiente nell'ambito della Convenzione Quadro Regione Lombardia – Fondazione Lombardia per l'Ambiente, approvata con D.G.R. n. VIII/2211 del 29 marzo 2006, che prevedeva al punto 1bis dell'art. 3 la realizzazione di attività di “Supporto alla predisposizione della Rete Ecologica Regionale con predisposizione di un documento di indirizzi per la pianificazione locale”.

Il progetto si è sviluppato secondo una sequenza di fasi successive che hanno previsto dapprima l'individuazione delle “Aree prioritarie per la biodiversità” (siti preferenziali per la designazione degli elementi di primo livello della Rete Ecologica Regionale) e, successivamente, la definizione degli elementi principali e del disegno della “Rete Ecologica Regionale”. A partire dalle Aree prioritarie per la biodiversità, è stato tracciato il disegno di rete in scala 1:25.000, individuando gli elementi primari, di secondo livello, i corridoi e i varchi. Il processo è stato fatto prima per l'area comprendente la Pianura padana e l'Oltrepò pavese e successivamente per le Alpi e Prealpi.

La RER ha importanti implicazioni a livello di pianificazione in quanto consente di inserire, in un unico documento, macro-indicazioni di gestione da dettagliare nella stesura o negli aggiornamenti di:

- Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale
- Piani di settore provinciali
- Reti Ecologiche Provinciali
- Reti ecologiche su scala locale
- Piani di Governo del Territorio comunali

in particolare in base a quanto previsto dalla legge urbanistica regionale (L.R. 12/2005).

Si rimanda per gli approfondimenti del caso alla relazione svolta nell'ambito dell'Azione A.3 e ai seguenti documenti:

- Bogliani et al., 2007. Aree prioritarie per la biodiversità nella Pianura Padana lombarda. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano;

- Bogliani et al., 2009. Aree prioritarie per la biodiversità nelle Alpi e Prealpi lombarde. Fondazione

Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano;

- Deliberazione di Giunta regionale del 30 dicembre 2009 – n. 8/10962.

2. Metodi

2.1 Approccio per specie target

Con lo scopo di ottenere una valutazione spazialmente esplicita e biologicamente sensata della connettività ecologica in Lombardia, da potersi utilizzare per la definizione di misure di conservazione finalizzate a conservare e/o migliorare la connessione tra siti e tra habitat e tra popolazioni di specie, si è optato per lavorare utilizzando modelli di distribuzione potenziale per specie target, in modo simile a quanto fatto per la valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici. Anche in questo contesto si sono scelte specie per le quali le conoscenze attuali indicano un'effettiva associazione con numerose altre specie (bioindicatori) e/o una verosimile sensibilità alle variazioni ambientali e/o alla frammentazione degli habitat. In base a queste premesse le specie target sono state scelte tra quelle che possono essere prese come "indicatrici" della connettività ecologica per le specie di un determinato ambiente; inoltre, si sono valutate, per le specie forestali montane, le potenziali problematiche legate alle variazioni nella connettività ecologica dovute ai cambiamenti climatici.

2.2 Specie modello selezionate

Si sono scelte sia specie legate ad ambienti forestali, che specie legate agli ambienti aperti a mosaico e specie proprie di zone umide, in modo da considerare gli ambienti più importanti a scala regionale per la conservazione della biodiversità.

2.2.1 Ambienti forestali

Le specie modello selezionate sono le seguenti: civetta nana *Glaucidium passerinum*, civetta capogrosso *Aegolius funereus* e picchio nero *Dryocopus martius*. I risultati relativi ai due Strigiformi (le due civette) vengono trattati nella parte relativa ai cambiamenti climatici e al relativo documento si rimanda anche per i dettagli sulle ragioni del loro utilizzo come specie modello. Il picchio nero risulta particolarmente idoneo per questo tipo di indagine dal momento che è una specie che mostra esigenze ecologiche ben definite (Pirovano e Zecca 2014), essendo legato a paesaggi con copertura forestale relativamente estesa, assenza di forti alterazioni antropiche, boschi strutturati e presenza di patches di altri

ambienti, utilizzati prevalentemente a scopo trofico (Brambilla e Saporetto 2014), ma al tempo stesso risulta in espansione in Lombardia, con una progressiva colonizzazione di aree a bassa quota, che sta avvenendo prevalentemente lungo alcune direttrici che risultano di particolare valore per l'individuazione di corridoi 'forestali' a scala regionale (Brambilla et al. 2013). Come mostrato nel lavoro sviluppato nell'ambito dell'Azione A.3 (Capitolo 7 "Analisi del ruolo della Rete Ecologica Regionale (RER) nel garantire l'interconnessione tra i siti Natura 2000 in Lombardia" nel documento "Rapporto sull'analisi di documenti per la gestione dei siti Natura 2000 lombardi"), il picchio nero ben si presta ad essere utilizzato come specie guida per la conservazione e gestione della connettività ecologica tramite la Rete Ecologica Regionale, dal momento che le aree *source* e le aree di recente espansione sono tra loro collegate da elementi della RER ed in particolare da elementi di primo livello e corridoi primari.

Oltre ai modelli di distribuzione potenziale per queste specie, è stato realizzato anche un modello 'generico' per le specie forestali, basato su una valutazione di tipo *expert-based* della permeabilità 'media' delle diverse tipologie ambientali (ricavate dalla banca dati DUSAF 4), sulla base della letteratura disponibile, considerando le ipotetiche esigenze di Mammiferi di dimensioni medie o grandi (Gurrutxaga et al. 2010), quali ad esempio capriolo *Capreolus capreolus*, cervo *Cervus elaphus*, martora *Martes martes*, lupo *Canis lupus*.

Tabella 1. Resistenza delle diverse tipologie di uso del suolo ed elementi lineari, espressa come resistenza di ciascuna tipologia di uso del suolo allo spostamento degli animali.

codifica DUSAF	uso del suolo	resistenza
2111	seminativi semplici	60
2112	seminativi arborati	30
21131	colture orticole a pieno campo	70
21132	colture orticole protette	130
21141	colture floro-vivaistiche a pieno campo	70
21142	colture floro-vivaistiche protette	130
2115	orti familiari	120
213	risaie	90
221	vigneti	80
222	frutteti e frutti minori	70
223	oliveti	60
2241	pioppeti	60
2242	altre legnose agrarie	60
2311	Prati permanenti in assenza di specie arboree e arbustive	50
2312	Prati permanenti con presenza di specie arboree e arbustive	20
2313	Marcite	60

31111	Boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	2
31112	Boschi di latifoglie a densità media e alta governati ad alto fusto	1
31121	Boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo	3
31122	Boschi di latifoglie a densità bassa governati ad alto fusto	2
3113	Formazioni ripariali	2
3114	Castagneti da frutto	2
3121	Boschi di conifere a densità media e alta	1
3122	Boschi di conifere a densità bassa	3
31311	Boschi misti a densità media e alta governati a ceduo	2
31312	Boschi misti a densità media e alta governati ad alto fusto	1
31321	Boschi misti a densità bassa governati a ceduo	3
31322	Boschi misti a densità bassa governati ad alto fusto	2
314	rimboschimenti recenti	10
3211	praterie naturali d'alta quota con assenza di specie arboree ed arbustive	50
3212	praterie naturali d'alta quota con presenza di specie arboree ed arbustive	20
3221	Cespuglieti	15
3222	Vegetazione dei greti	20
3223	Vegetazione degli argini sopraelevati	25
3242	Cespuglieti in aree agricole abbandonate	20
3241	Cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	15
331	spiagge, dune e alvei ghiaiosi	60
332	accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione	90
333	vegetazione rada	75
335	ghiacciai e nevi perenni	100
411	vegetazione delle zone umide interne e delle torbiere	20
511	alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali	120
5121	Bacini idrici naturali	100
5122	Bacini idrici artificiali	150
5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda	200
1111	Tessuto residenziale denso	1000
1121	Tessuto residenziale discontinuo	700
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso	900
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	500
1123	Tessuto residenziale sparso	550
11231	Cascine	300
12111	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali	1000
12112	Insedimenti produttivi agricoli	900
12121	Insedimenti ospedalieri	900
12122	Impianti di servizi pubblici e privati	1000
12123	Impianti tecnologici	1000
12124	Cimiteri	900
12125	Aree militari obliterate	1500
12126	Impianti fotovoltaici a terra	1000
1221	Reti stradali e spazi accessori	1000
1222	Reti ferroviarie e spazi accessori	900
123	aree portuali	1000
124	aeroporti ed eliporti	1000
131	cave	900
132	discariche	900
133	cantieri	900

134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate	800
1411	Parchi e giardini	130
1412	Aree verdi incolte	50
1421	Impianti sportivi	900
1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive	500
1423	Parchi divertimento	800
1424	Aree archeologiche	100
	strade secondarie	150
	strade principali	800
	autostrade	1000
	siepi continue	15
	siepi discontinue	20

2.2.2 Ambienti aperti a mosaico

Per questa categoria di habitat, stanti le caratteristiche degli ambienti e la relativa scarsità (rispetto ad altri ambienti quali quelli forestali) di specie strettamente necessitanti di collegamenti 'fisici' tra *patches*, si è optato per utilizzare come base per la valutazione della connettività ecologica il modello di distribuzione potenziale per l'averla piccola *Lanius collurio*. L'averla piccola è una specie di rilevante interesse conservazionistico, che in Lombardia svolge un ruolo di 'specie ombrello' (Brambilla et al. 2009), e che si presta particolarmente ad essere utilizzata come specie guida per la conservazione della biodiversità degli ambienti aperti (Casale e Brambilla 2009), ovvero di aree dove l'attività umana è determinante nel creare e mantenere la struttura ambientale (Brambilla et al. 2010). Inoltre, è una specie per la quale l'approccio tramite modelli di distribuzione è particolarmente indicato per individuare le aree importanti per la specie (Brambilla et al. 2009) ed anche per valutare l'ecologia riproduttiva (Brambilla e Ficetola 2012) e definire le reali esigenze ecologiche della specie (Brambilla et al. 2014). Infine, l'averla piccola risulta ideale in quanto le aree maggiormente idonee alla specie sono in gran parte al di fuori del sistema di siti Natura 2000, ma sono quasi sempre incluse dalla RER, per lo più in elementi di primo livello, così come i principali collegamenti tra esse.

In questo modo, sono state individuate le aree dove maggiore è necessaria una riqualificazione ambientale finalizzata a migliorare la qualità dell'habitat e la connettività per le specie legate agli ambienti aperti a mosaico.

2.2.3 Zone umide

In generale, si è scelto di tener conto delle esigenze di specie con abitudini non esclusivamente acquatiche (quali invece sono pesci o invertebrati acquatici senza stadi di

sviluppo a ecologia terrestre). Questa scelta è dovuta a due elementi principali, ovvero: il carattere generale della RER, prevalentemente legata agli ambienti terrestri, e la specificità delle esigenze delle specie strettamente acquatiche, che richiedono, ai fini della connessione ecologica, interventi altamente specifici e che devono tener conto anche di elementi quali la presenza di molte specie alloctone, spesso invasive, la cui presenza può compromettere ad esempio la bontà degli interventi di deframmentazione. Sebbene questo problema sia talvolta presente anche per gli ambienti terrestri (si consideri ad esempio il caso dello scoiattolo grigio *Sciurus carolinensis*), per questi ultimi aumentare la connettività ecologica è generalmente comunque auspicabile. Si è scelto di utilizzare come specie modello il tarabusino *Ixobrychus minutus*. La scelta è dovuta alle seguenti ragioni: può occupare zone umide anche di dimensioni relativamente ridotte, purché queste presentino determinate caratteristiche ambientali (presenza di canneti, di acque basse e non inquinate, di vegetazione acquatica e/o igrofila) cui risultano associate molte altre specie appartenenti anche ad altri gruppi animali (Bogliani et al. 2007) e solitamente presenti in habitat di pregio; buone capacità di movimento e dispersione e possibilità di colonizzare ambienti idonei; è legato a zone umide a quote basse e medie, pertanto nella fascia altitudinale dove è prioritario mantenere o ricreare un certo livello di connettività ecologica e dove vi sono zone umide con caratteristiche relativamente simili su tutto il territorio regionale. Infine l'utilizzo di specie di uccelli palustri con esigenze ecologiche specializzate come modello per valutare la connettività ecologica è già stato sperimentato con successo, anche in contesti geografici ed ambientali relativamente simili a quello lombardo (es. Brambilla et al. 2012).

2.3 Raccolta dati

2.3.1 Dati faunistici

I dati utilizzati per lo sviluppo dei modelli di distribuzione provengono dalle attività di campo svolte nell'ambito dell'Azione D.1, integrati con dati pre-esistenti a disposizione del gruppo di lavoro. Le localizzazioni di picchio nero includono numerosi record messi a disposizione da Fabio Saporetti e dal Gruppo Insubrico di Ornitologia (GIO).

2.3.2 Dati relativi all'uso del suolo

Come base dati sulla copertura del suolo, si è utilizzata la banca dati DUSAF 4 prodotta da

Regione Lombardia e liberamente scaricabile dal geoportale regionale (www.cartografia.regione.lombardia.it).

2.3.3 Confronto tra il disegno della RER e la rete Natura 2000

I dati relativi alle principali discrepanze tra il sistema Natura 2000 ed il disegno della Rete Ecologica Regionale sono stati desunti dalla *gap analysis* svolta nell'ambito dell'Azione A.3, cui si rimanda per i dettagli del caso. Un'ulteriore analisi in GIS ha consentito di evidenziare tutte le 'mancate sovrapposizioni' tra i siti Natura 2000 e gli elementi primari (elementi di primo livello e corridoi regionali) della RER.

2.4 Modelli di connessione ecologica

Sono stati realizzati modelli di connessione ecologica attraverso il programma Circuitscape 4.0.5. Circuitscape è un programma open-source che usa la teoria dei circuiti per creare modelli di connettività ecologica a scala di paesaggio (MacRae et al. 2013). E' frequentemente utilizzato per la modellizzazione del movimento e del flusso genico di specie selvatiche (sia animali che vegetali) e per identificare le aree importanti per la conservazione della connettività (MacRae et al. 2013). La teoria dei circuiti consente di evitare i principali limiti di approcci come quelli basati sui *least cost paths* (che implicano che gli organismi seguano una determinata direzione di movimento), dal momento che consente di analizzare simultaneamente differenti direzioni di dispersione e movimento. I paesaggi reali sono trattati come superfici di conduzione, con valori di resistenza bassi assegnati alle caratteristiche di paesaggio maggiormente permeabili al passaggio degli organismi o al flusso genico, e valori di resistenza alti attribuiti agli elementi che fungono da barriera al passaggio o al flusso (McRae 2006, McRae et al. 2008 e 2013).

Le basi di partenza (e quindi di conducibilità o resistenza) per la realizzazione dei modelli di connettività in Circuitscape sono rappresentate da i) modelli di distribuzione potenziale che valutano l'idoneità di un sito ad una specie target (a maggior idoneità corrisponde maggior conducibilità) e ii) una matrice di resistenza legata alle diverse tipologie ambientali e alla presenza di infrastrutture impattanti sulla connessione ecologica (a maggior resistenza al passaggio della fauna corrisponde maggior resistenza nel 'circuitto elettrico') (vedi Tabella 1 e Paragrafo 2.4.2).

2.4.1 Modelli di distribuzione potenziale

I modelli di distribuzione potenziale utilizzati come base per i modelli di connettività sono stati realizzati attraverso l'utilizzo di metodi basati sul principio della massima entropia elaborati con un software (MaxEnt, release 3.3.3k), che sviluppa i modelli mettendo in relazione la presenza delle specie target con le caratteristiche ambientali (Phillips et al. 2006). MaxEnt valuta l'idoneità ambientale di un punto dell'area di studio in base alle sue caratteristiche ambientali, ed è considerato uno dei metodi migliori (in termini di versatilità e di bontà dei modelli prodotti) tra quelli che utilizzano solo dati di presenza (Elith et al. 2006; Elith et al. 2011); può predire significativamente la distribuzione di specie, anche utilizzando campioni molto limitati (Pearson et al. 2007; Wisz et al. 2008; Baldwin 2009).

Nel presente lavoro, si sono utilizzate due scale spaziali differenti, perché differenti sono le scale a cui rispondono le specie target selezionate. Per tarabusino (N = 44), picchio nero (N = 149), civetta nana (N = 33) e civetta capogrosso (N = 39), la Lombardia è stata suddivisa in celle di 1 km x 1 km, una dimensione che corrisponde alla dimensione media del territorio delle specie (Cramp 1985; Gustin et al. 2009; Brambilla et al. 2013a; Brambilla e Saporetti 2014). Per l'averla piccola (N = 1005), che difende territori di dimensione più limitate, si è optato per misurare variabili per celle di 20 m x 20 m, con misurazione delle variabili in un intorno di 100 m, in modo da approssimare l'home range medio di questa specie (v. Brambilla e Ficetola 2012). Stante l'approssimazione legata al calcolo in modalità raster effettuato sulle celle di 20 m x 20 m, l'area associata a ciascun pixel e all'interno della quale sono valutate le caratteristiche ambientali è di circa 3.2 ha.

Le variabili ambientali considerate includono sia elementi legati all'uso del suolo che fattori climatici. Per le analisi relative alle civette, si è utilizzata come base per il calcolo delle variabili di uso del suolo il DUSAF 4.0 (Regione Lombardia e ERSAF 2014; risoluzione 20 m). Oltre a essere particolarmente preciso, il DUSAF 4.0 (datato 2012) appare perfetto per i dati relativi ai due strigiformi, raccolti soprattutto tra il 2010 ed il 2014. Le variabili climatiche considerate sono state scelte tra le cosiddette "variabili bioclimatiche", come quelle potenzialmente più importanti per la distribuzione delle specie target nell'area di studio. Sono state ottenute da WorldClim v.1.4 (Hijmans et al. 2005; <http://www.worldclim.org>), come variabili a scala fine (risoluzione 30 secondi di arco, che corrisponde a meno di 1 km alla latitudine lombarda). Si sono pertanto

considerate la temperatura media annuale (BIO1), la temperatura massima del mese più caldo (BIO5), la temperatura media del quarto (periodo di tre mesi) più caldo (BIO10), le precipitazioni annuali (BIO12) e le precipitazioni del quarto più caldo (BIO18). Tali variabili sono state calcolate per ciascuna cella delle griglie utilizzate per le analisi. Sono state scelte variabili annuali e per il quarto più caldo perché alcune specie target sono almeno teoricamente influenzate (negativamente) maggiormente dalle temperature più elevate (sono presenti nelle Alpi al loro massimo termale -o in prossimità di esso-, ovvero alla temperatura più alta a cui vivono nel loro areale; Gustin et al. 2009; Shurulinkov et al. 2007) e perché il loro periodo riproduttivo coincide in buona parte col periodo più caldo dell'anno (Cramp 1985); nel caso di tarabusino e averla piccola, la presenza sul territorio regionale è limitata al periodo primaverile-estivo (aprile/maggio - agosto/settembre).

In MaxEnt, il background è stato creato utilizzando 10000 punti random generati in modalità automatica dal programma.

I modelli sono stati costruiti utilizzando relazioni lineari e quadratiche (e hinge in caso di dataset estremamente ampi, come averla piccola, per la quale si disponeva di 1005 records associati a territori indipendenti) ed evitando forme di relazione più complesse per evitare il rischio di *overfitting*.

Delle numerose variabili disponibili nella banca dati DUSAF, sono state selezionate quelle più rappresentative per le specie e sono stati fatti alcuni accorpamenti per ridurre il numero di fattori considerati, sommando tra loro i valori di copertura di alcune tipologie ambientali simili e verosimilmente 'analoghe' tra loro per le specie considerate.

Per valutare la bontà dei modelli, è stata calcolata l'area sotto la curva (area under the curve - AUC) della statistica *receiver operating characteristic* (ROC) (Phillips et al. 2006; Elith et al. 2011), sebbene tale metodo sia stato criticato (Lobo et al. 2008), a causa della mancanza di alternative per la stima della capacità discriminatoria nei modelli di tipo presenza-background (Baldwin 2009; Engler et al. 2014). Tutti i modelli mostrano capacità discriminatoria buona o eccellente ($AUC > 0.92$ per tutte le specie).

In tutti i casi, i modelli sono stati elaborati utilizzando l'output di tipo logistico per consentire una riclassificazione binaria (in idoneo e non idoneo) del valore continuo di idoneità ambientale fornito da MaxEnt. Per riclassificare questo output, si è utilizzato il threshold detto *Maximum training sensitivity plus specificity threshold*, raccomandato come uno dei più efficaci per questo tipo di riclassificazione (Liu et al. 2013). Nel caso dei

modelli per le due civette, il valore di questo threshold coincide anche con il valore minimo rilevato presso i punti di presenza: ciò comporta che tutte le aree idonee alle specie sono verosimilmente classificate come potenzialmente occupate dalla specie, ma che allo stesso tempo non ci dovrebbero essere grandi estensioni di habitat privo della specie classificate come idonee.

Tutti i record duplicati sono stati eliminati, in modo da avere un solo record per ciascuna cella utilizzata per le analisi.

2.4.2 Modelli di connettività

Sono stati realizzati modelli di connettività ecologica con differenti metodi e a differenti scale spaziali a seconda delle specie e degli ambienti considerati.

Il modello 'generico', centrato sulle esigenze ecologiche di Mammiferi di dimensioni medie o grandi, è stato realizzato attraverso i seguenti passi successivi:

- valutazione di tipo *expert-based* della permeabilità 'media' delle diverse tipologie ambientali per le specie forestali, sulla base della letteratura disponibile, considerando le ipotetiche esigenze di Mammiferi di dimensioni medie o grandi (Gurrutxaga et al. 2010);
- definizione di una matrice di resistenza (raster con pixel di 100 m di grandezza) basata sulla suddetta valutazione, comprendente gli effetti di uso del suolo, infrastrutture lineari, presenza di siepi;
- realizzazione di modelli di connettività ecologica attraverso un approccio basato su modelli di conducibilità elettrica, che considerano l'area di studio come un 'circuito elettrico' con valori di resistenza definiti dalla matrice di resistenza al passaggio della fauna;
- individuazione dei principali 'corridoi' sulla base della mappa di 'corrente' ottenuta.

Per la realizzazione dei modelli si sono considerati come *focal points* i centroidi di tutti i siti Natura 2000, cui sono stati aggiunti 8 centroidi in aree marginali, non interessate da siti Natura 2000 (Oltrepò pavese collinare e montano, alta Valchiavenna, basso Mantovano), ma con, in alcuni casi (Oltrepò, Valchiavenna), dei valori ambientali molto elevati. La mancanza di centroidi in queste aree risulta in assenza di 'corrente' dovuta alla distanza dai punti focali, piuttosto che alla mancanza di possibilità di 'circolazione' (e quindi spostamento) dovuta alla scarsità di ambienti permeabili al transito della fauna (come si può evincere dalla distribuzione degli habitat 'a minor resistenza' mostrata nella Figura 3.1).

2.5 La connessione ecologica in futuro: effetti del cambiamento climatico

La valutazione della connettività ecologica 'futura' è stata fatta sulle specie forestali montane (civetta nana e civetta capogrosso), dal momento che rappresentano uno degli ambienti probabilmente più a rischio a causa del riscaldamento climatico e uno di quelli che potranno andare incontro ai problemi maggiori anche in termini di connessione ecologica tra tessere dello stesso habitat.

Per valutare la connessione potenziale tra ambienti forestali montani nel futuro a medio termine (2050), si sono realizzati modelli di connettività ecologica (tramite Circuitscape) sulla base della distribuzione potenziale e dell'idoneità ambientale per civetta nana e civetta capogrosso, specie utilizzate come modelli biologici per la valutazione dell'impatto del cambiamento climatico sulle specie forestali montane (Brambilla et al. 2015).

Si è data particolare rilevanza alle aree che sono e rimarranno idonee alle specie target in qualunque scenario climatico (RCP 4.5 e RCP 8.5): in questo modo, si è optato nuovamente per la definizione di 'priorità forti', per individuare dei settori di particolare importanza e proporre obiettivi di conservazione che siano da un lato biologicamente sensati e, dall'altro, realisticamente perseguibili.

Proporre infatti di mantenere la connettività ecologica tra tutte le aree idonee in almeno uno scenario risulterebbe in indicazioni troppo estese e in implicazioni su aree troppo ampie, impossibili da attuare nella realtà di un contesto geografico come quello lombardo, sottoposto a molteplici pressioni e soprattutto caratterizzato da una presenza antropica molto marcata.

2.6 Indicazioni per la conservazione della connettività e per la gestione della RER

Le misure proposte derivano dalla consultazione di fonti relative alla Rete Ecologica Regionale e alla sua implementazione e dalla valutazione delle esigenze ecologiche di specie target e di altri organismi potenzialmente influenzati dalle misure di conservazione funzionali all'implementazione della connessione ecologica a scala regionale.

La possibilità di utilizzare gli output delle analisi svolte per fornire indicazioni spazialmente esplicite consente di individuare per ciascuna porzione del territorio regionale (e conseguentemente dei siti Natura 2000 e della RER) quali forme di gestione o conservazione risultino più appropriate per favorire o garantire la connettività ecologica. A livello spaziale, si sono valutate le sovrapposizioni con le indicazioni fornite per far

fronte agli effetti dei cambiamenti climatici, in modo da ottenere delle indicazioni coerenti e non contrastanti. E' stata data priorità al mantenimento degli habitat idonei alle specie target anche nel futuro, e secondariamente alla gestione finalizzata a mantenere o incrementare la connettività ecologica.

2.6.1 Ambienti forestali

Per favorire la connessione all'interno e tra gli ambienti forestali a scala regionale, le misure essenziali si basano su due principi complementari, ovvero mantenere o incrementare la copertura forestale da un lato e migliorare la qualità ecologica degli ambienti forestali dall'altro.

Le misure devono essere necessariamente differenziate a seconda degli ambiti ecologici / geografici / territoriali. In ambito alpino, è di primaria importanza mantenere la copertura di boschi di conifere e favorire, nel caso di boschi misti, gestioni a fustaia piuttosto che a ceduo, per offrire migliori opportunità a specie legate ad ambienti forestali montani (quali picchio nero e altri Picidi, civetta capogrosso).

Alle basse quote, sono naturalmente da preferirsi invece i boschi di latifoglie, che devono essere conservati e ampliati lungo le direttrici essenziali.

2.6.2 Ambienti aperti a mosaico

Sebbene gli ambienti aperti naturali e semi-naturali abbiano per fattori ambientali e storici una distribuzione più frammentata rispetto a quelli forestali nel contesto lombardo ed ospitano forse specie che sono mediamente meno sensibili al problema della frammentazione degli habitat, mantenere un certo livello di connessione anche tra questi habitat è comunque essenziale per molte specie e per garantire una maggior resilienza ai cambiamenti climatici ed ambientali. Le indicazioni per le misure di conservazione per questi ambienti puntano generalmente a mantenere e promuovere l'eterogeneità ambientale che li contraddistingue e che risulta essenziale per una pluralità di specie (Vickery & Arlettaz 2012) e per la connessione ecologica.

2.6.3 Zone umide

Coerentemente con quanto stabilito per la scelta della specie modello, le misure di conservazione per garantire la connettività ecologica tra zone umide tengono conto

soprattutto delle esigenze di specie con abitudini non esclusivamente acquatiche. Le misure pertanto includono la gestione degli habitat a diverse scale spaziali, incluso il ripristino o la creazione di nuove zone umide con vegetazione acquatica e igrofila.

2.7 Indicazioni per la revisione della RER

A partire dai risultati dell'Azione A.3, vengono fornite indicazioni mirate a incrementare la funzionalità ed efficacia della RER ai fini della connessione ecologica tra i siti Natura 2000. Tali indicazioni vengono fornite in relazione alle tipologie di casi potenzialmente critici individuati nell'ambito dell'Azione A.3.

Di fatto, sebbene la RER includa quasi totalmente il sistema Natura 2000 lombardo (vedi figura 2.1), vi sono alcuni casi in cui un ampliamento o innalzamento di livello degli elementi della RER è auspicabile per migliorarne l'utilità in termini di connessione di specie ed habitat di interesse comunitario. Vengono pertanto riproposte le principali situazioni in cui un ampliamento degli elementi di primo livello della RER si rende necessario per includere i siti Natura 2000 al momento parzialmente o totalmente esclusi e viene mostrato un quadro complessivo delle porzioni (marginali) di siti Natura 2000 esclusi dagli elementi primari della RER.

Per fare questa ultima analisi, si è condotta una valutazione complessiva della sovrapposizione tra Natura 2000 ed elementi primari della RER; le porzioni di siti Natura 2000 escluse dagli elementi di primo livello così risultanti sono state successivamente 'scremate' secondo il seguente procedimento: sono state escluse le porzioni della ZPS Risaie della Lomellina (vedi in seguito); sono state escluse le porzioni con superficie inferiore ai 1000 m², visto che si tratta di superfici non significative e di dimensioni coincidenti, di fatto, con il livello di approssimazione legato alla scala di lavoro utilizzata per la redazione della RER e per la perimetrazione di SIC e ZPS.

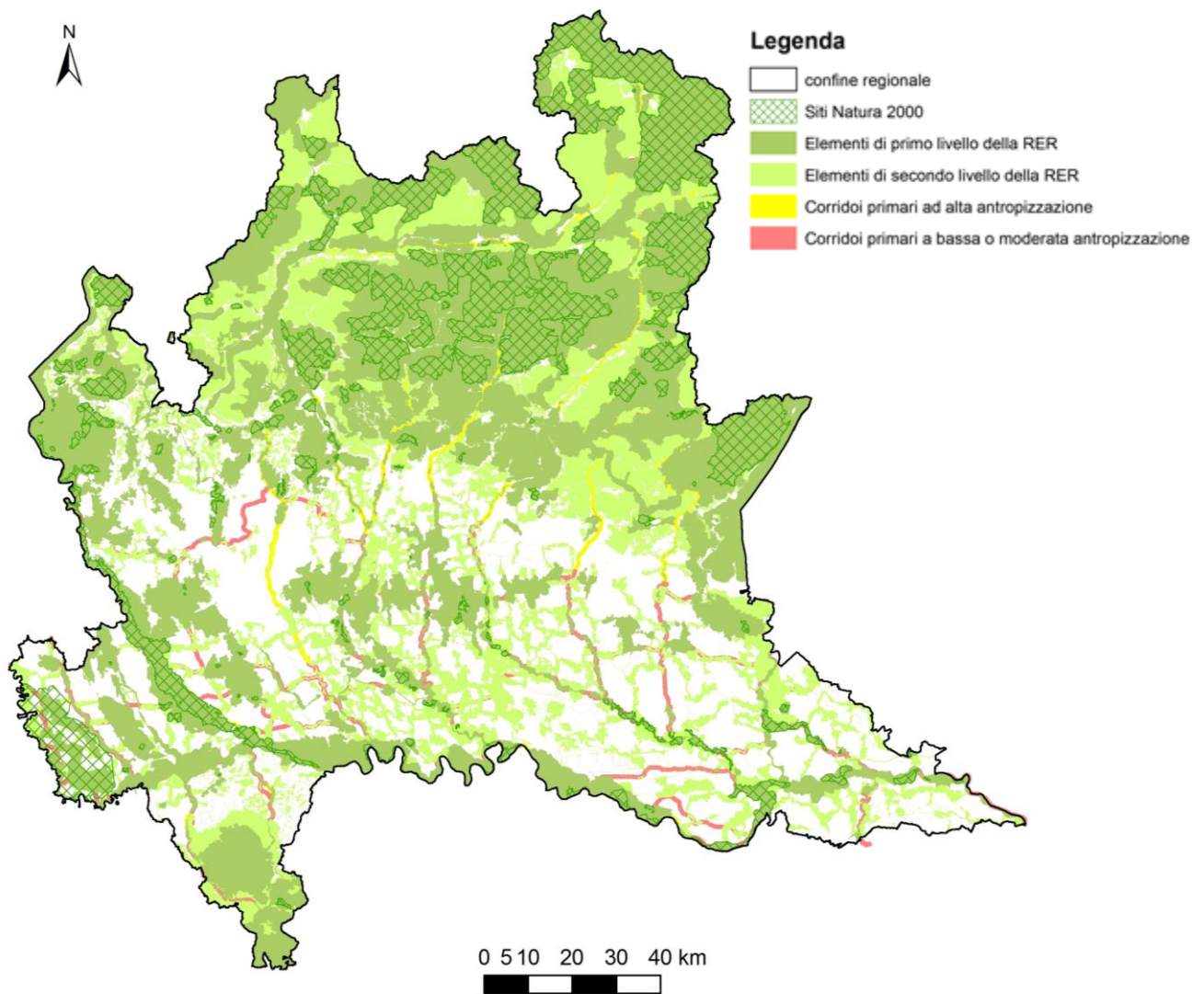


Figura 2.1. Sovrapposizione tra siti Natura 2000 in Lombardia e Rete Ecologica Regionale (RER).

3. Risultati

3.1 Modelli di connessione ecologica a scala regionale

In questa sezione vengono presentati i modelli di connessione ecologica sviluppati a scala regionale, come descritto nel Capitolo 2.

3.1.1 Ambienti forestali

L'analisi basata sulla valutazione di tipo *expert-based* della permeabilità 'media' delle diverse tipologie ambientali per le specie forestali e della conseguente matrice di resistenza (comprendente gli effetti di uso del suolo, infrastrutture lineari e presenza di siepi) mostra come vi siano generalmente buone connessioni in ambito alpino e prealpino, mentre la situazione divenga via via più critica procedendo verso la pianura. In piena Pianura padana, le poche superfici che ospitano zone permeabili alla fauna sono spesso tra loro talmente distanti ed isolate che non appaiono in grado di sostenere un 'flusso' apprezzabile, quantomeno alla scala a cui si sono svolte le analisi e che si basa essenzialmente sulle esigenze ecologiche di Mammiferi di dimensioni medie e grandi. Gli elementi più frammentati ed isolati presenti possono probabilmente garantire un certo livello di connessione tra tessere di habitat per specie con esigenze ecologiche meno specifiche e maggiormente adattabili, come alcuni Mammiferi di piccole dimensioni o con abitudini eclettiche (quali ad esempio la volpe o alcuni Roditori).

Il quadro definito dall'analisi basata sul modello di idoneità per il picchio nero mostra un pattern sostanzialmente simile, con buona continuità e scarso o nullo isolamento nella maggior parte del settore alpino e prealpino, e forte riduzione della connettività ed aumento dell'isolamento nell'area planiziale. Nel contesto padano, sono solamente alcune aree lungo la valle del Ticino e quella del Mincio e nei settori ad esse prospicienti che consentono un minimo di connettività per specie forestali sensibili alla struttura del paesaggio ad una scala relativamente ampia. In generale, emerge chiaramente come la porzione orientale della Pianura padana sia quella che, insieme alle aree a più densa urbanizzazione, soffre del maggior isolamento per quanto riguarda le specie forestali (e non solo; vedere in seguito quanto emerso per le specie legate agli ambienti aperti). Questo pattern era già stato individuato (in base a opinione di esperti) dal lavoro preliminare alla definizione della RER (Bogliani et al. 2007).

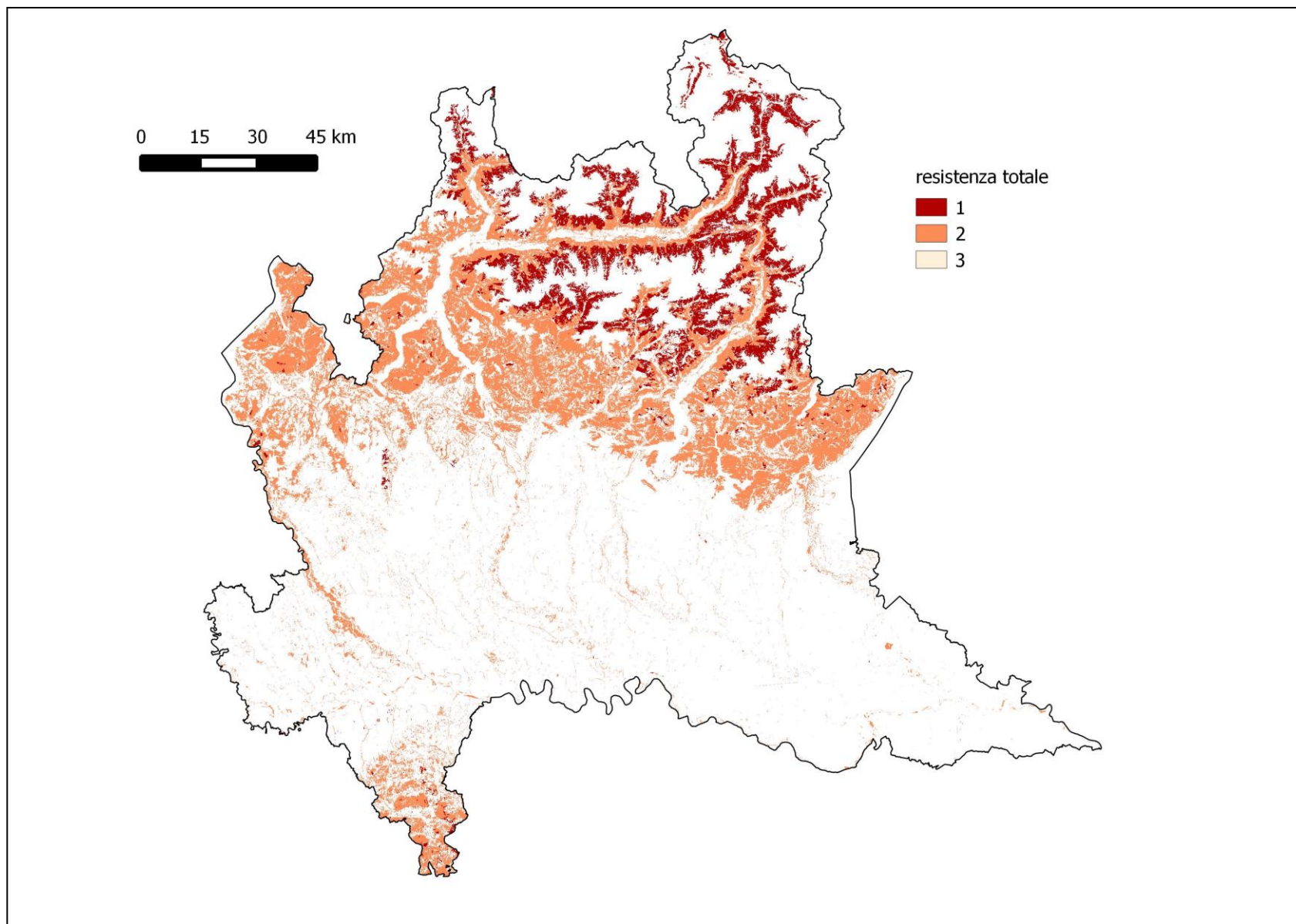


Figura 3.1. Matrice di resistenza ottenuta da valutazione *expert-based* relativa alle specie forestali in Lombardia.

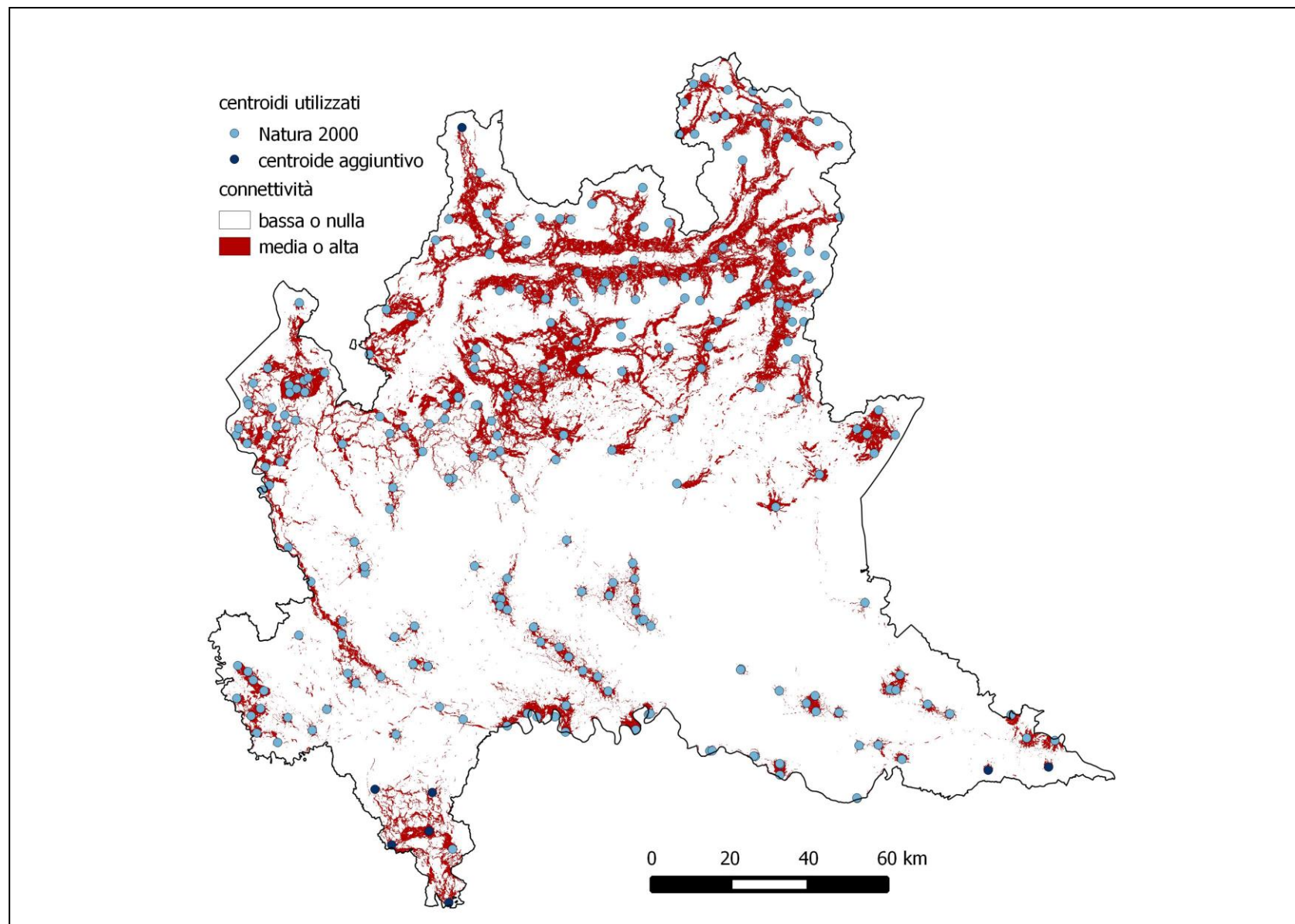


Figura 3.2. Modello di connettività ecologica ottenuto con Circuitscape, sulla base della matrice di resistenza ottenuta da valutazione *expert-based* relativa alle specie forestali in Lombardia.

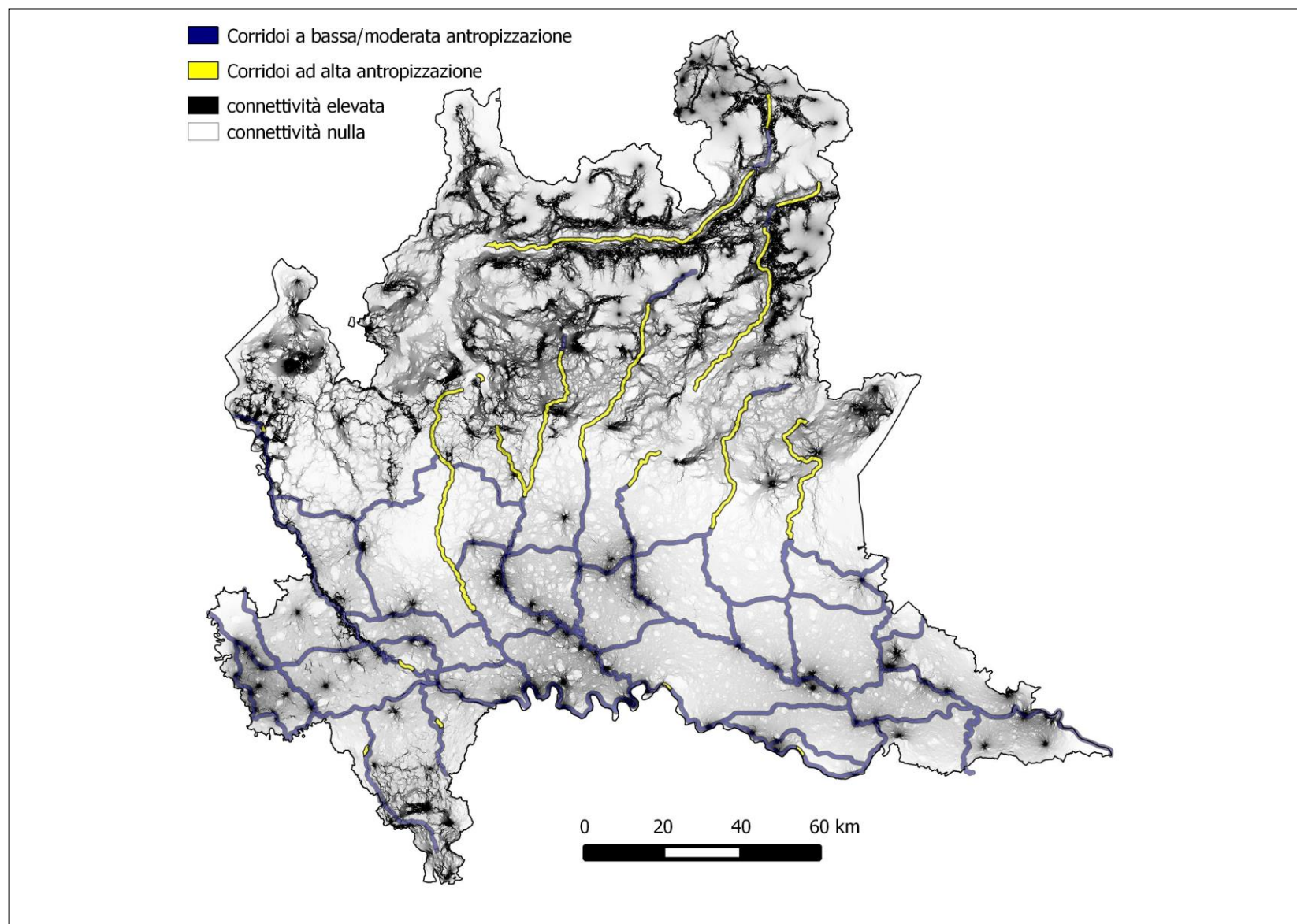


Figura 3.3. Modello di connettività ecologica ottenuto tramite Circuitscape, sulla base della matrice di resistenza ottenuta da valutazione *expert-based* relativa alle specie forestali in Lombardia - mappa continua del valore e confronto con i corridoi primari regionali.

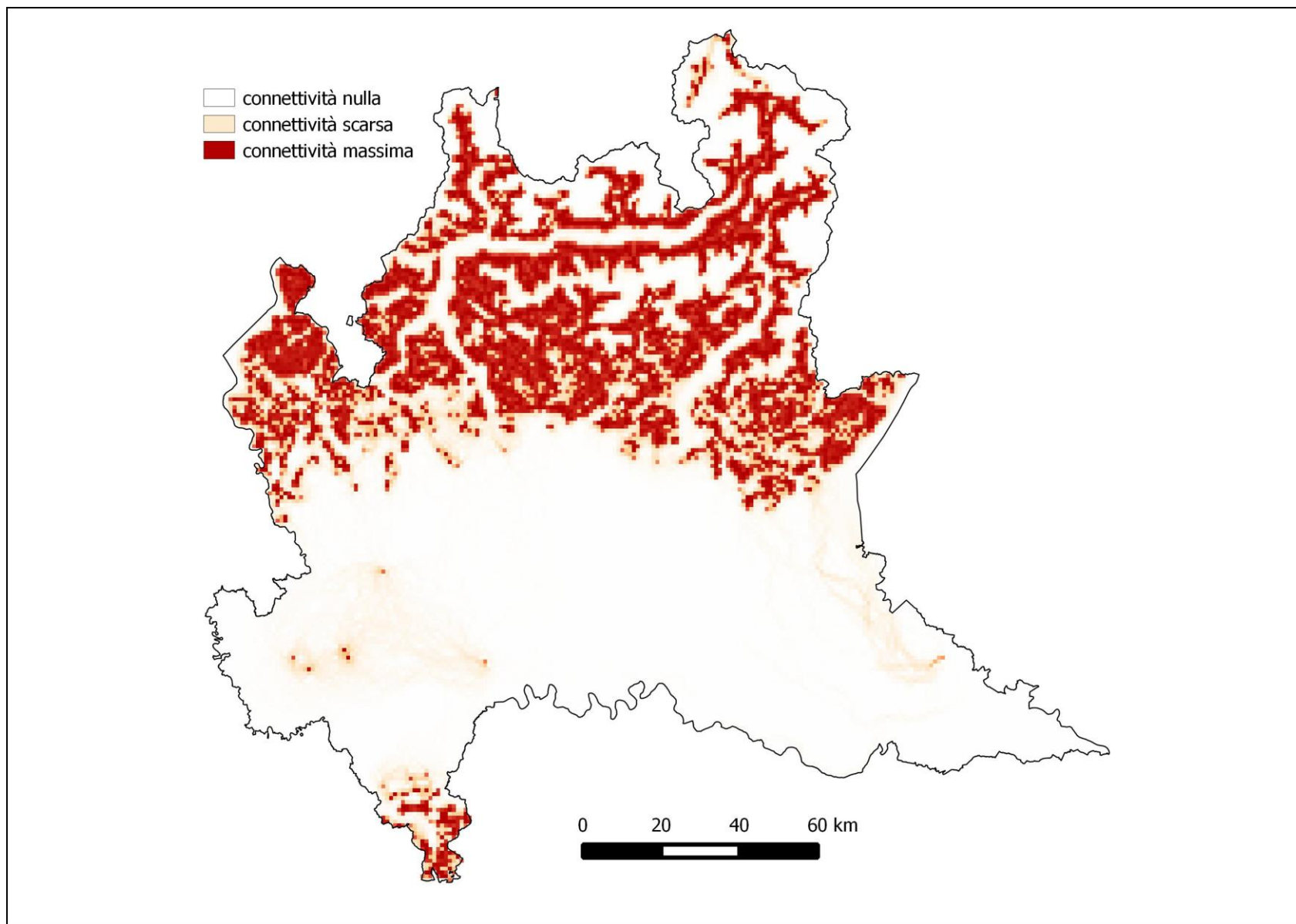


Figura 3.4. Connettività ecologica per il picchio nero in Lombardia.

3.1.2 Ambienti aperti a mosaico

Per questi ambienti si è utilizzata l'averla piccola come specie modello. Si è scelta una riclassificazione binaria tale da includere non solo le aree ottimali per la specie, ma anche siti potenzialmente idonei, sebbene in contesti sub-ottimali rispetto a quelli prescelti dalla specie. Il threshold utilizzato (sempre il *Maximum training sensitivity plus specificity*) infatti in questo caso è quello con il valore più basso rispetto a quelli comunemente utilizzati (che includono, oltre al precedente, anche il *10th percentile training presence* e l'*Equal training sensitivity and specificity*) e pertanto nelle aree idonee vengono inclusi anche siti non propriamente ottimali, sebbene potenzialmente idonei, dove frequentemente la specie può insediarsi ma, nei casi limite, esperisce un basso successo riproduttivo (Brambilla & Ficetola 2012). La mappa ottenuta (Figura 3.5) identifica correttamente le principali aree (territori) di presenza della specie in regione (Oltrepò pavese, aree prative prealpine e alpine), ed evidenzia l'esistenza di siti potenzialmente idonei in diverse aree planiziali o collinari (come il Varesotto) dove la specie è presente in modo sparso o sporadico o meno regolare che nelle *core areas* sopra menzionate.

Dalla mappa emerge chiaramente come vi siano alcune aree, soprattutto nella bassa pianura, dove la matrice agricola intensiva determina la presenza di ampie superfici che non offrono nessuna tessera di habitat potenzialmente idonea alla specie. In questi contesti, favorire la differenziazione delle coltivazioni, salvaguardare e/o implementare la disponibilità di elementi marginali (quali siepi, cespugli, piccoli incolti), promuovere la presenza di porzioni di prati stabili può favorire il miglioramento della matrice agricola, determinando un aumento anche della connettività per le specie legate agli ambienti aperti, che risentono negativamente dell'intensificazione delle pratiche agricole. Queste indicazioni interessano particolarmente l'area della valle del Po: l'asse fluviale rappresenta un contesto privilegiato per ricostruire una matrice in grado di offrire una miglior connettività nella bassa pianura.

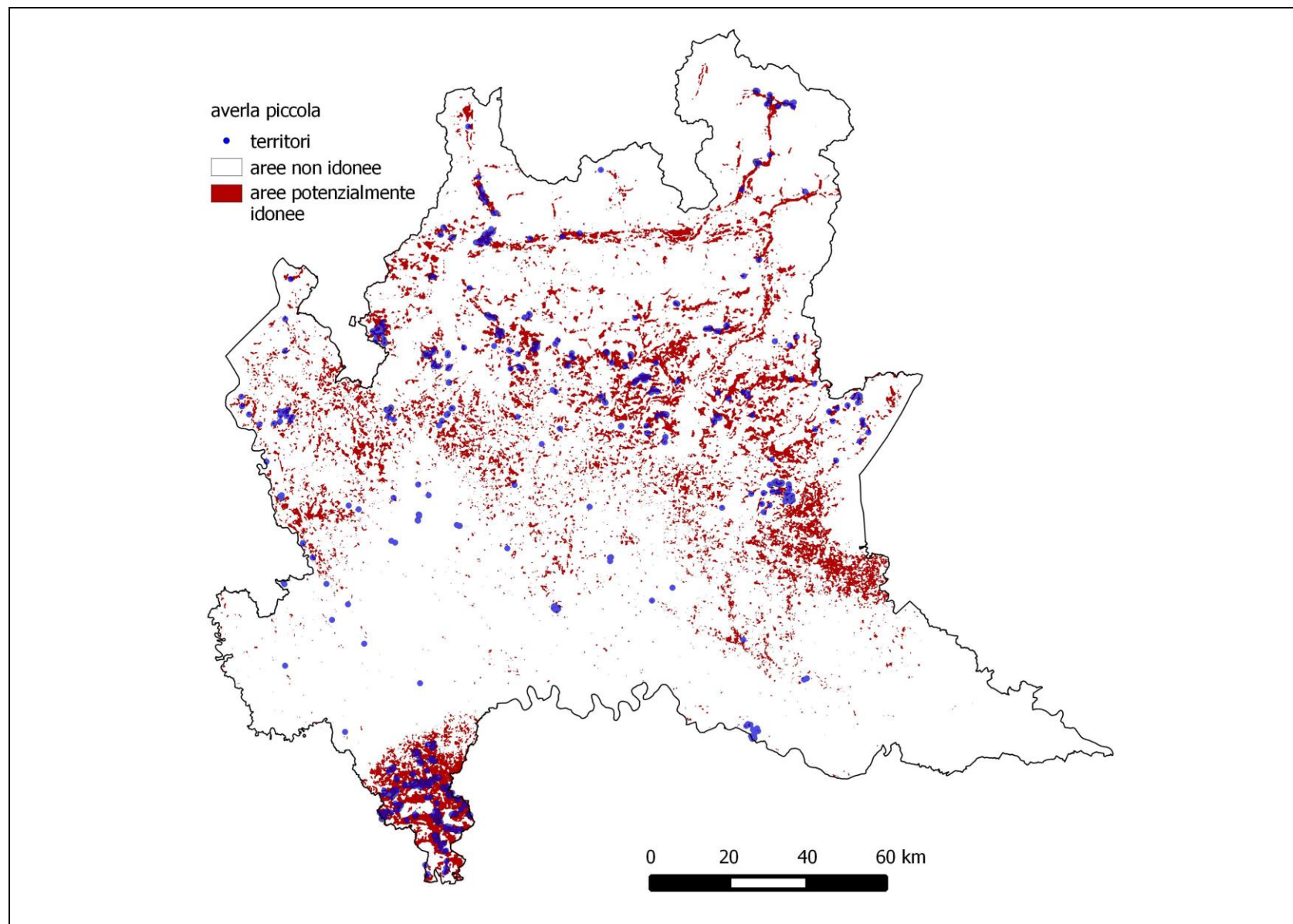


Figura 3.5. Modello di distribuzione potenziale per l'averla piccola in Lombardia.

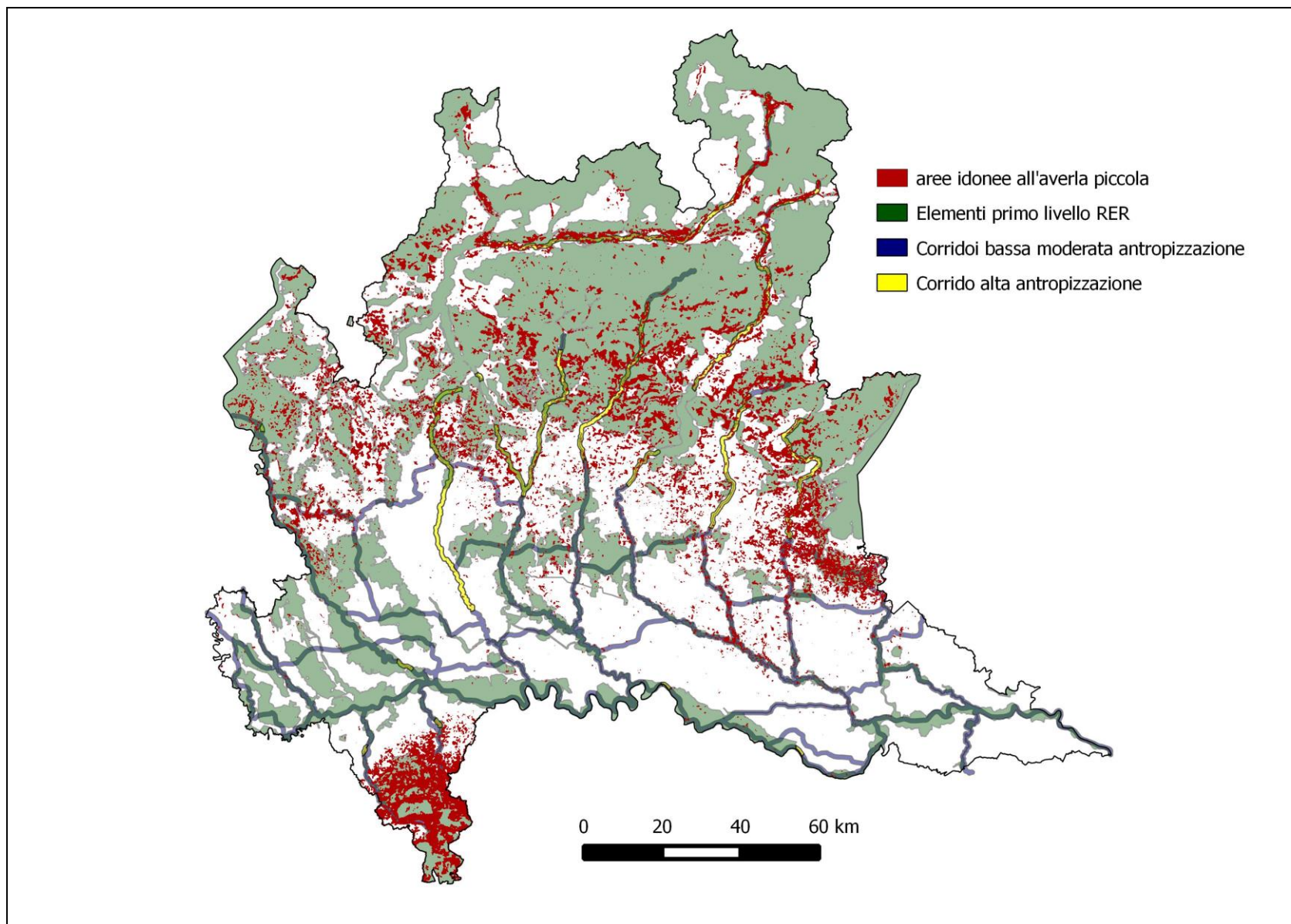


Figura 3.6. Distribuzione potenziale dell'averla piccola in Lombardia in relazione alla Rete Ecologica Regionale.

3.1.3 Zone umide

Le elaborazioni condotte utilizzando il tarabusino come specie modello hanno portato ad ottenere una mappa della distribuzione potenziale della specie molto attendibile e che rispecchia molto bene la distribuzione nota della specie. La mappa relativa alla connettività per gli habitat di questa specie mostra alcuni limitati settori dove la connessione tra zone umide è relativamente buona, come alcuni distretti prealpini caratterizzati dalla presenza di bacini lacustri con vegetazione acquatica e canneti più o meno ampi lungo le rive, parte della Lomellina e dell'Oltrepò pavese, alcuni tratti del fiume Adda e del fiume Po, la zona delle Valli del Mincio e le aree contigue del fiume stesso. Attorno a queste aree, la connettività per le specie delle zone umide è mediamente bassa e allontanandosi da questi contesti diviene praticamente nulla.

La presenza di siti occupati dalla specie alle estremità del Lario rende il bacino del Lago di Como potenzialmente interessato da movimenti della specie (e di altri taxa legati agli ambienti acquatici, come effettivamente riscontrato soprattutto durante la migrazione). Mantenere e, ove possibile, incrementare la presenza di canneti e altra vegetazione igrofila e/o acquatica consentirebbe di aumentare la possibilità di flusso tra le popolazioni presenti a nord e a sud del lago. Considerazioni analoghe valgono per gli altri grandi laghi prealpini, che ospitano siti potenzialmente idonei alla specie soprattutto a nord e a sud del corpo idrico lacustre, sebbene localizzati a volte al di fuori del confine regionale (es. Bolle di Magadino - CH, per il Lago Maggiore, canneti del basso Garda, in parte in provincia di Verona).

La pianura tra Bergamo, Brescia, Cremona e l'alto Mantovano rappresenta invece il contesto in cui si rende maggiormente necessario aumentare la connettività per le specie legate alle zone umide, stante il relativo isolamento cui sono sottoposti i principali siti presenti nell'area.

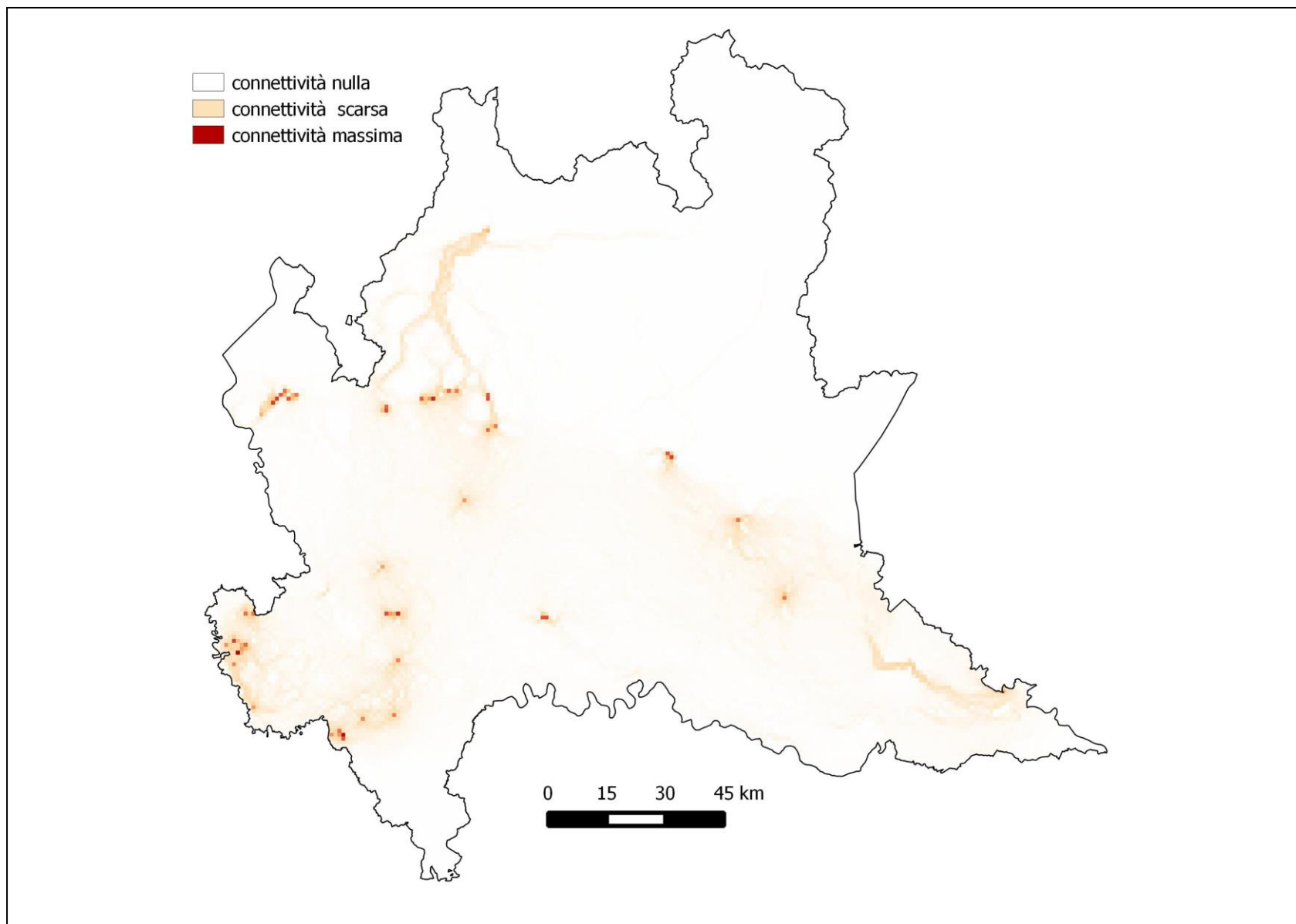


Figura 3.7. Connettività ecologica per le zone umide (ottenuta tramite Circuitscape e utilizzando il tarabusino come specie modello) in Lombardia.

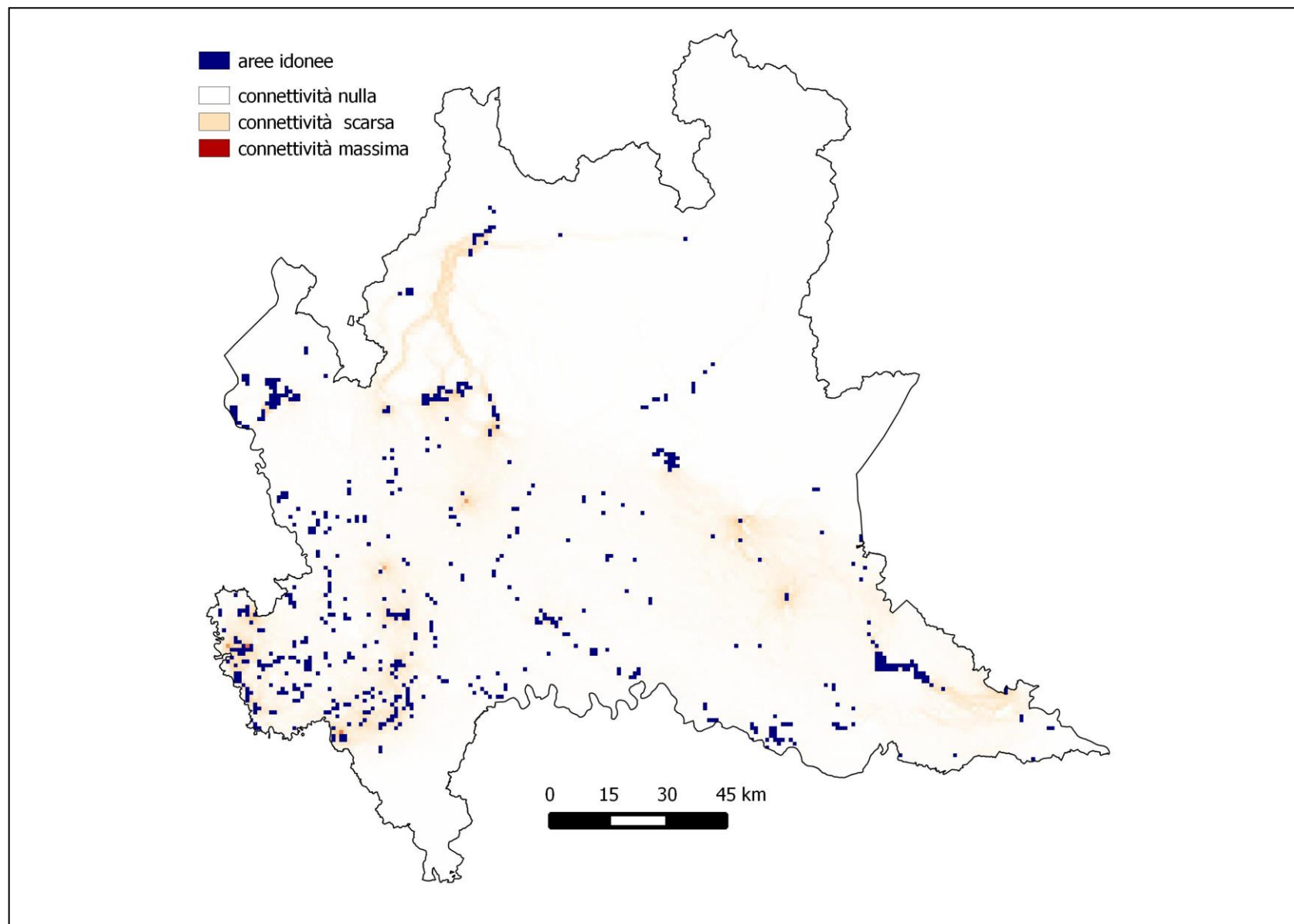


Figura 3.8. Connettività e distribuzione potenziale del tarabusino: le aree a maggior permeabilità (vedi Figura 3.7) sono quelle idonee alla specie.

3.2 Cambiamento climatico e connessione ecologica

L'analisi dei possibili effetti del cambiamento climatico sulla connessione ecologica per le specie forestali montane ha consentito di individuare alcune 'direttrici' che risultano di grande importanza per mantenere in connessione le foreste montane sia nella situazione presente che negli scenari climatici futuri.

Le simulazioni condotte sia per civetta nana che per civetta capogrosso mostrano infatti come alcuni 'collegamenti' rimarranno potenzialmente validi anche nel futuro, o quantomeno offriranno delle zone a minor resistenza, dove la matrice ambientale, se adeguatamente conservata e/o gestita, offrirà migliori possibilità di spostamento alle specie legate a boschi montani in aree relativamente 'fredde'.

.

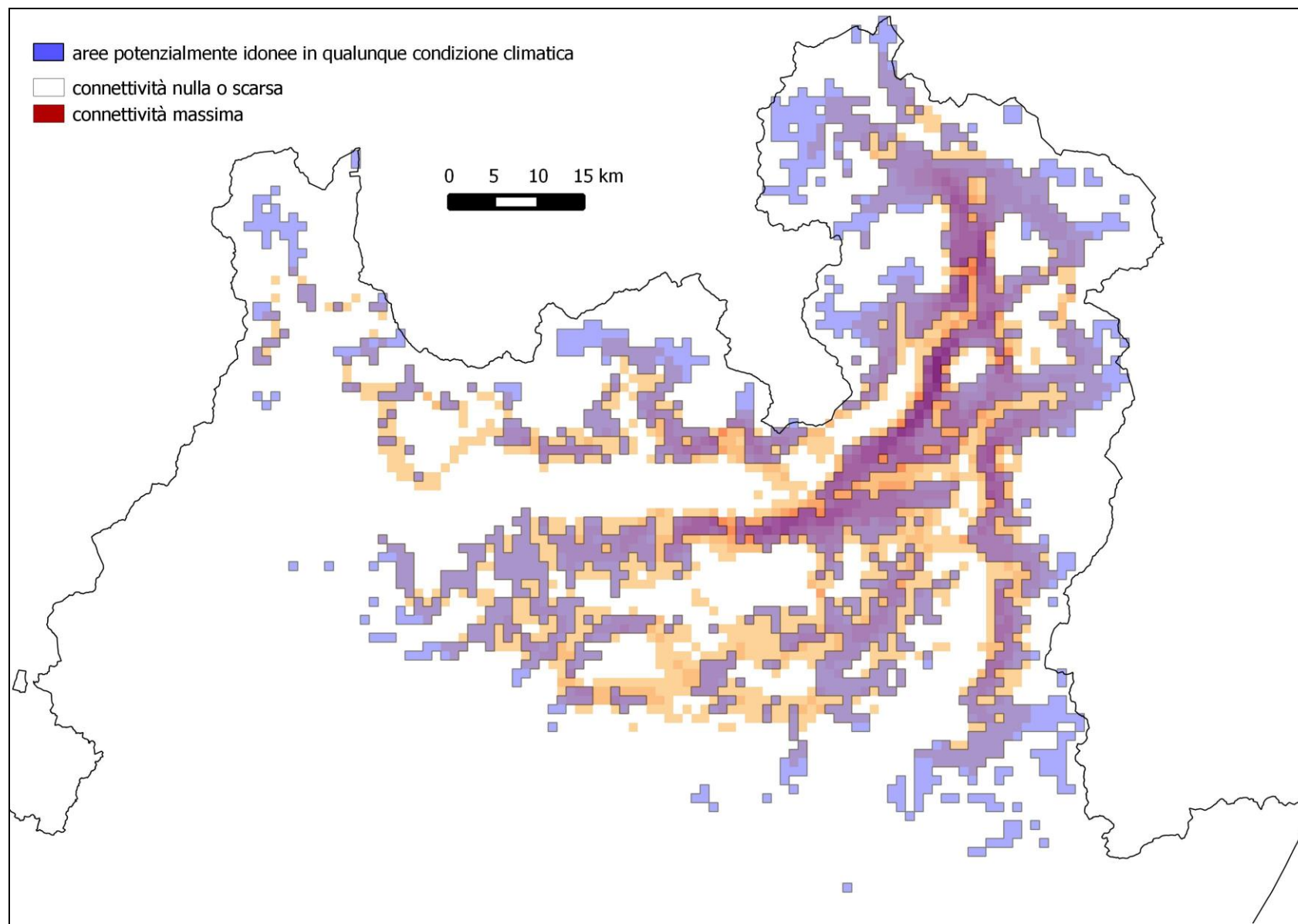


Figura 3.9. Connettività ecologica attuale per la civetta nana nella porzione alpina e prealpina della regione.

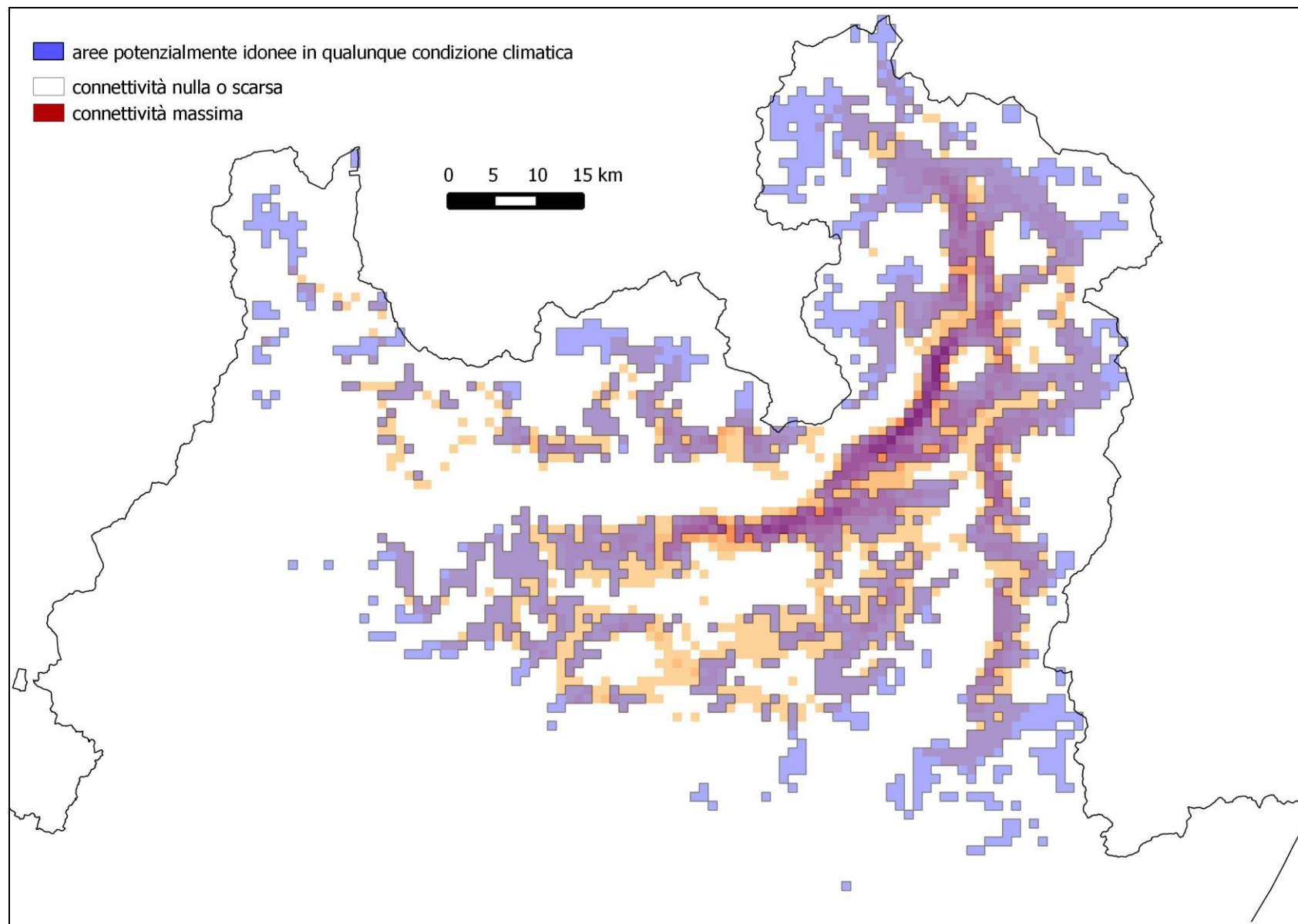


Figura 3.10. Connettività ecologica futura per la civetta nana (2050, RCP 4.5) nella porzione alpina e prealpina della regione.

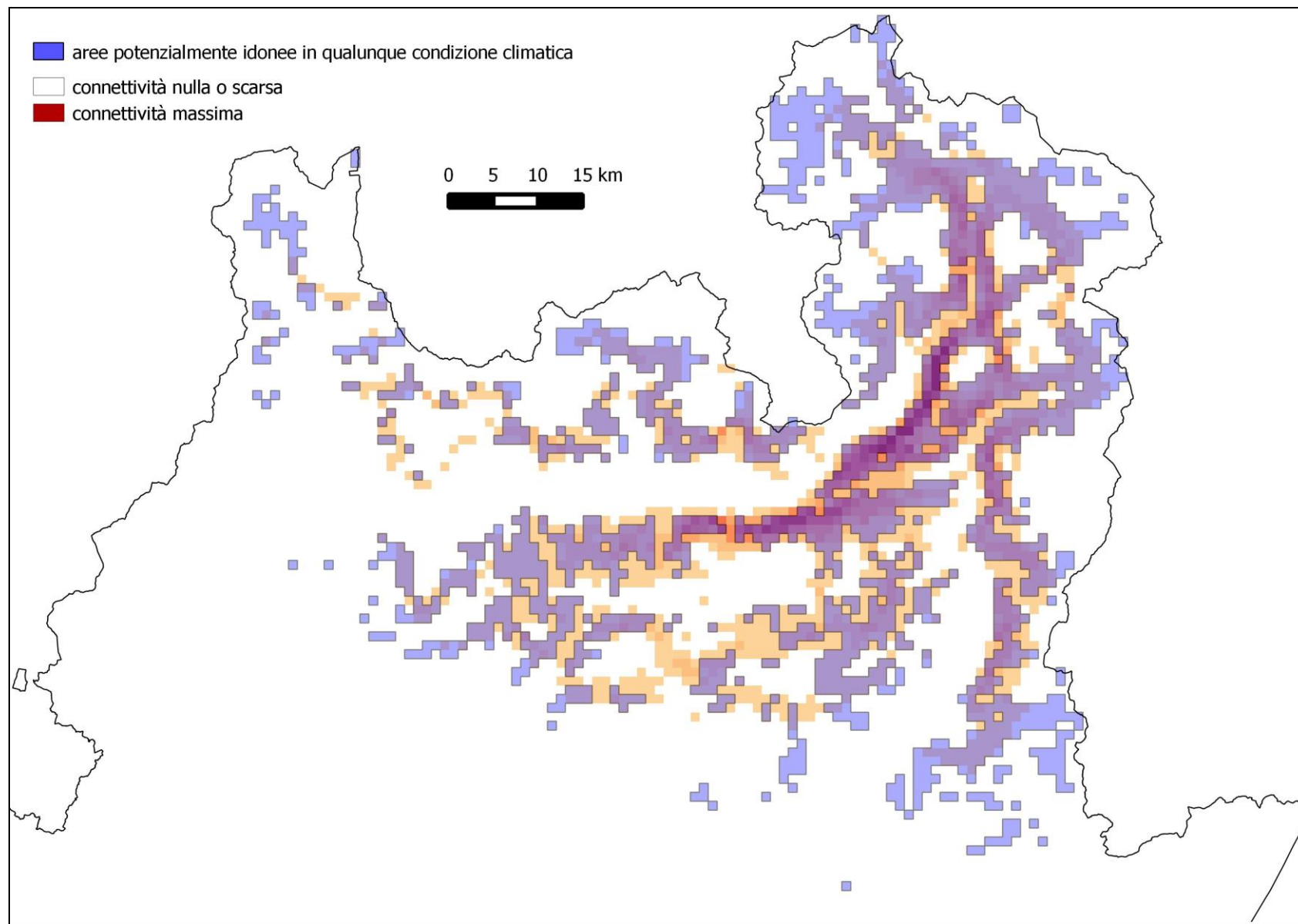


Figura 3.11. Connettività ecologica futura per la civetta nana (2050, RCP 8.5) nella porzione alpina e prealpina della regione.

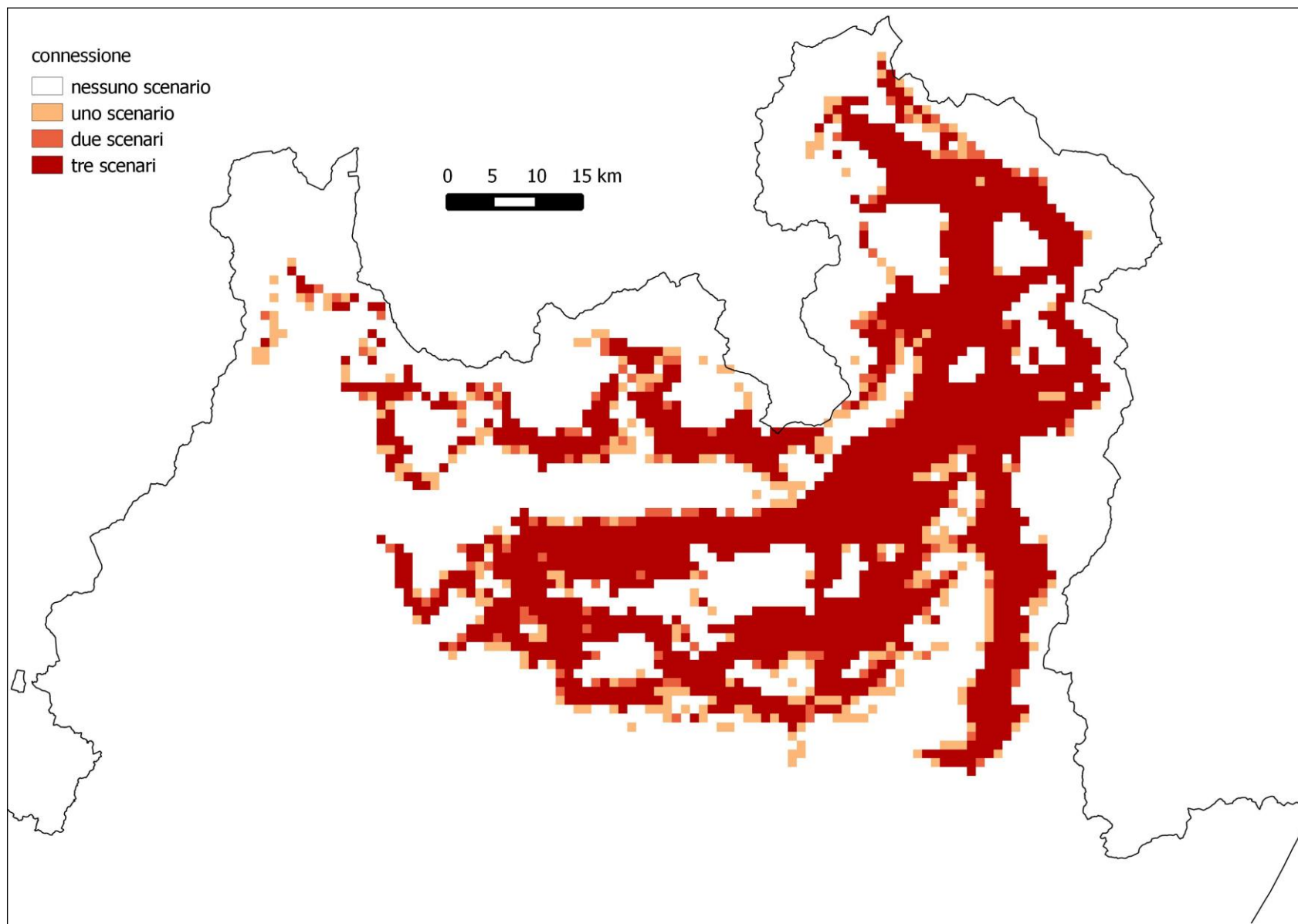


Figura 3.12. Sintesi della connettività ecologica per la civetta nana secondo i tre scenari.

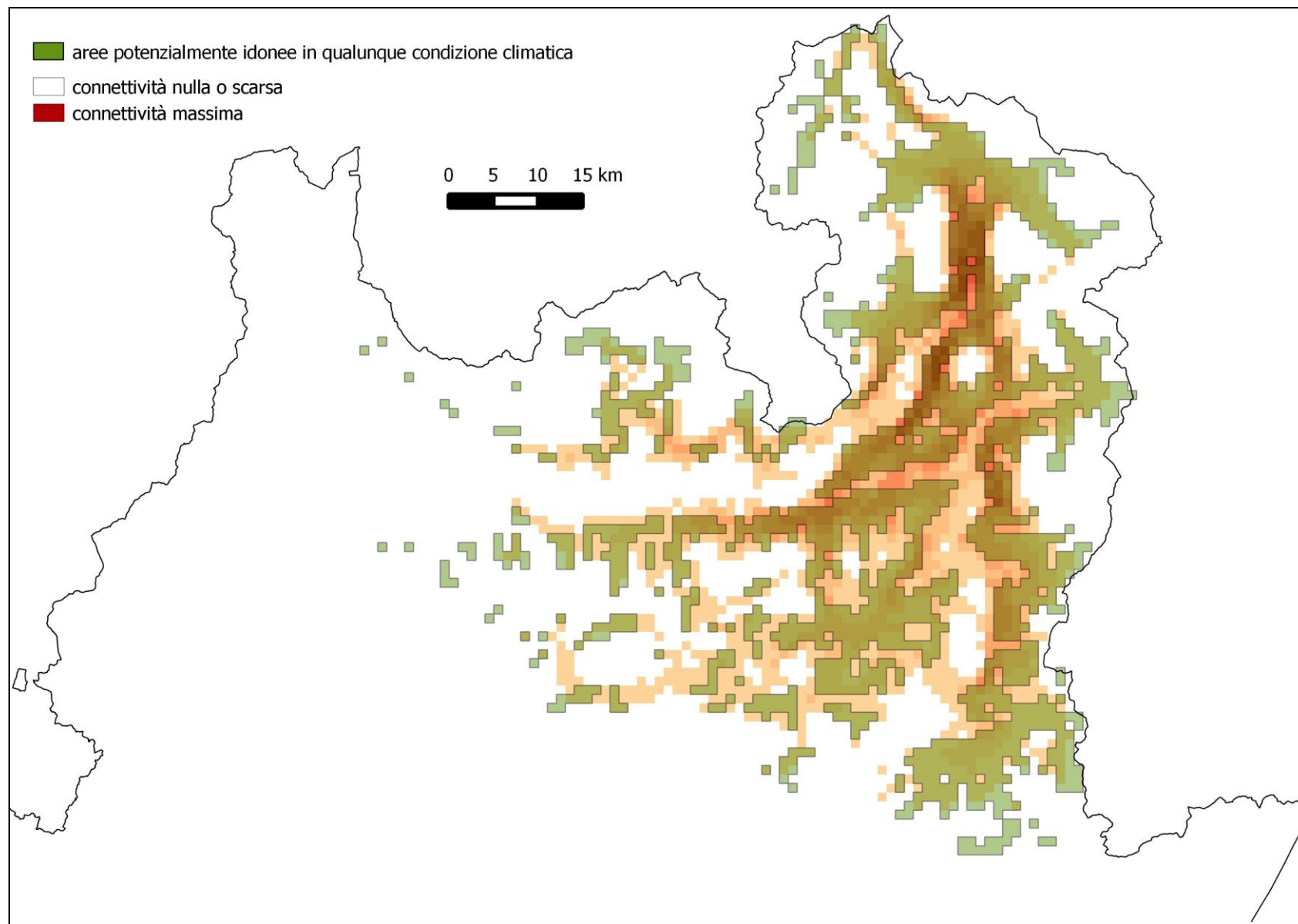


Figura 3.13. Connettività ecologica attuale per la civetta capogrosso nella porzione alpina e prealpina della regione.

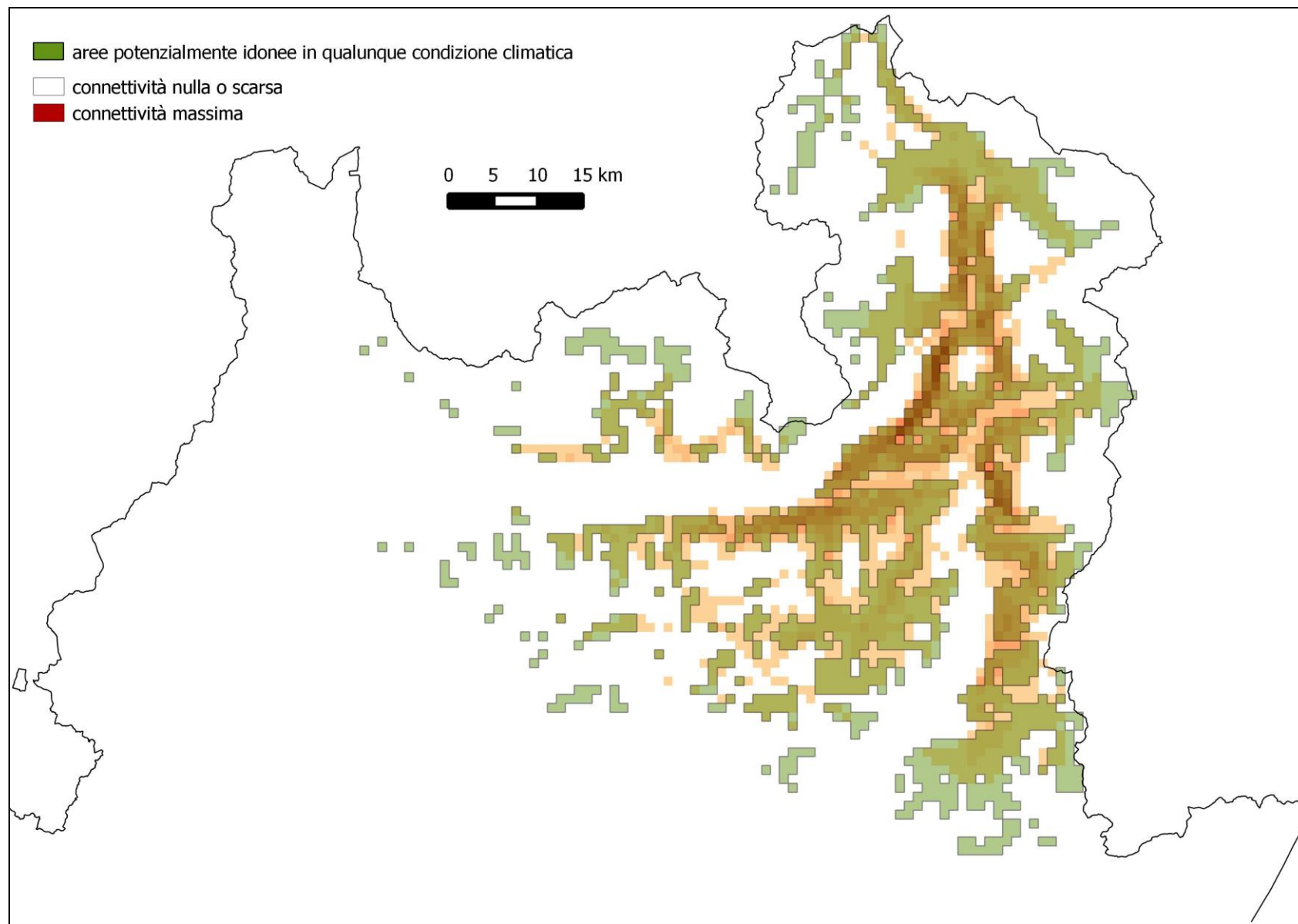


Figura 3.14. Connettività ecologica futura per la civetta capogrosso (2050, RCP 4.5) nella porzione alpina e prealpina della regione.

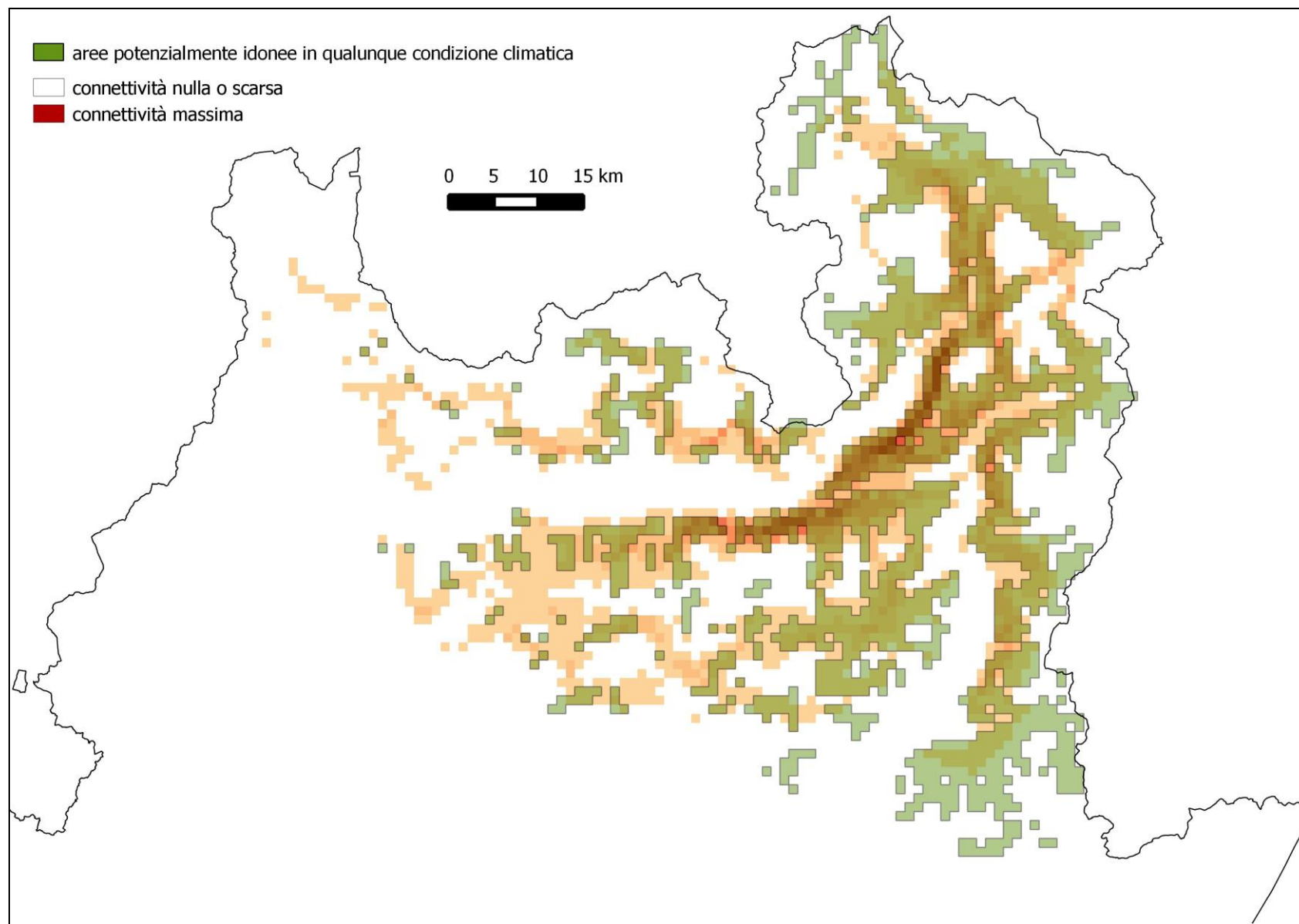


Figura 3.15. Connettività ecologica futura per la civetta capogrosso (2050, RCP 8.5) nella porzione alpina e prealpina della regione.

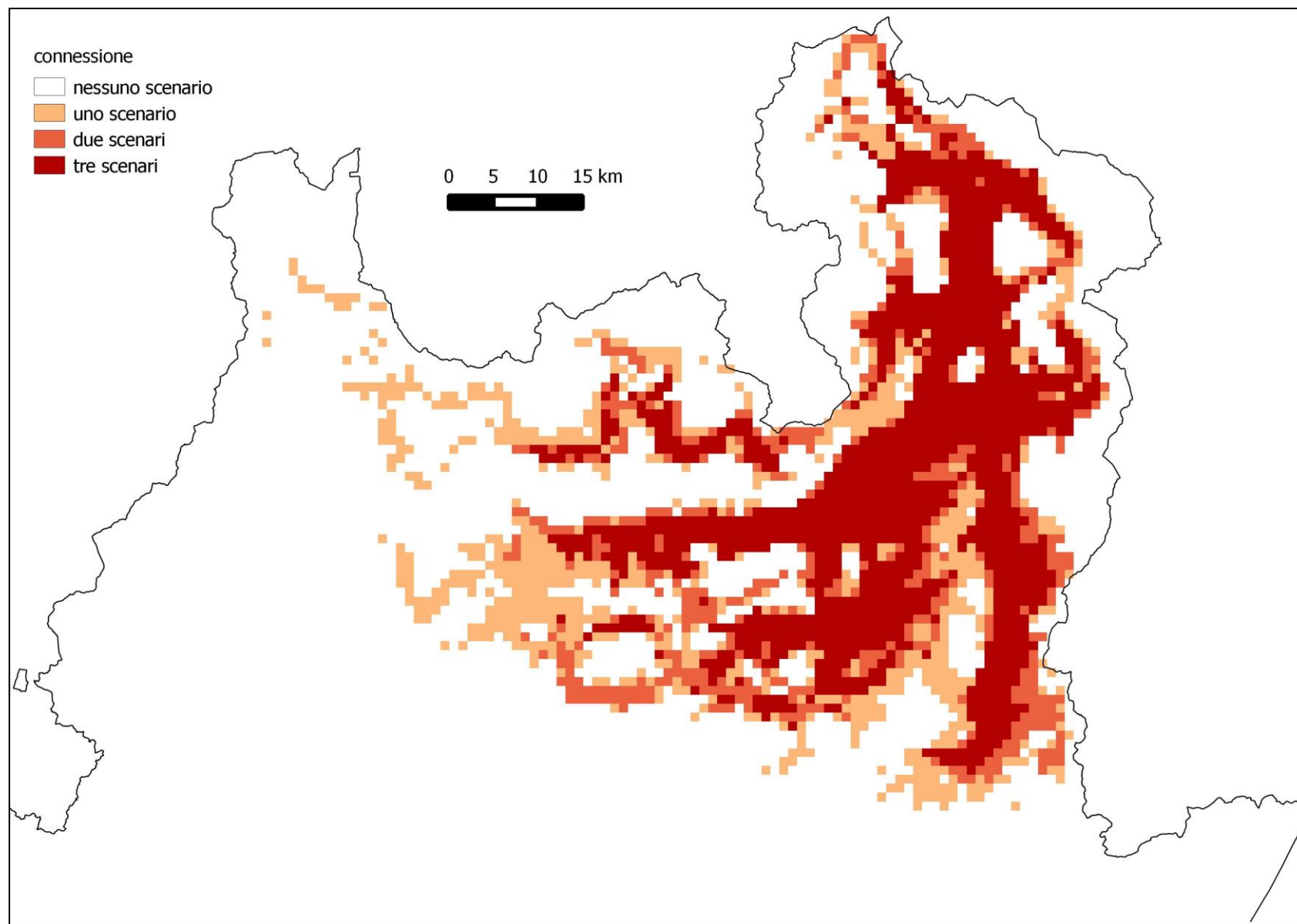


Figura 3.16. Sintesi della connettività ecologica per la civetta capogrosso secondo i tre scenari.

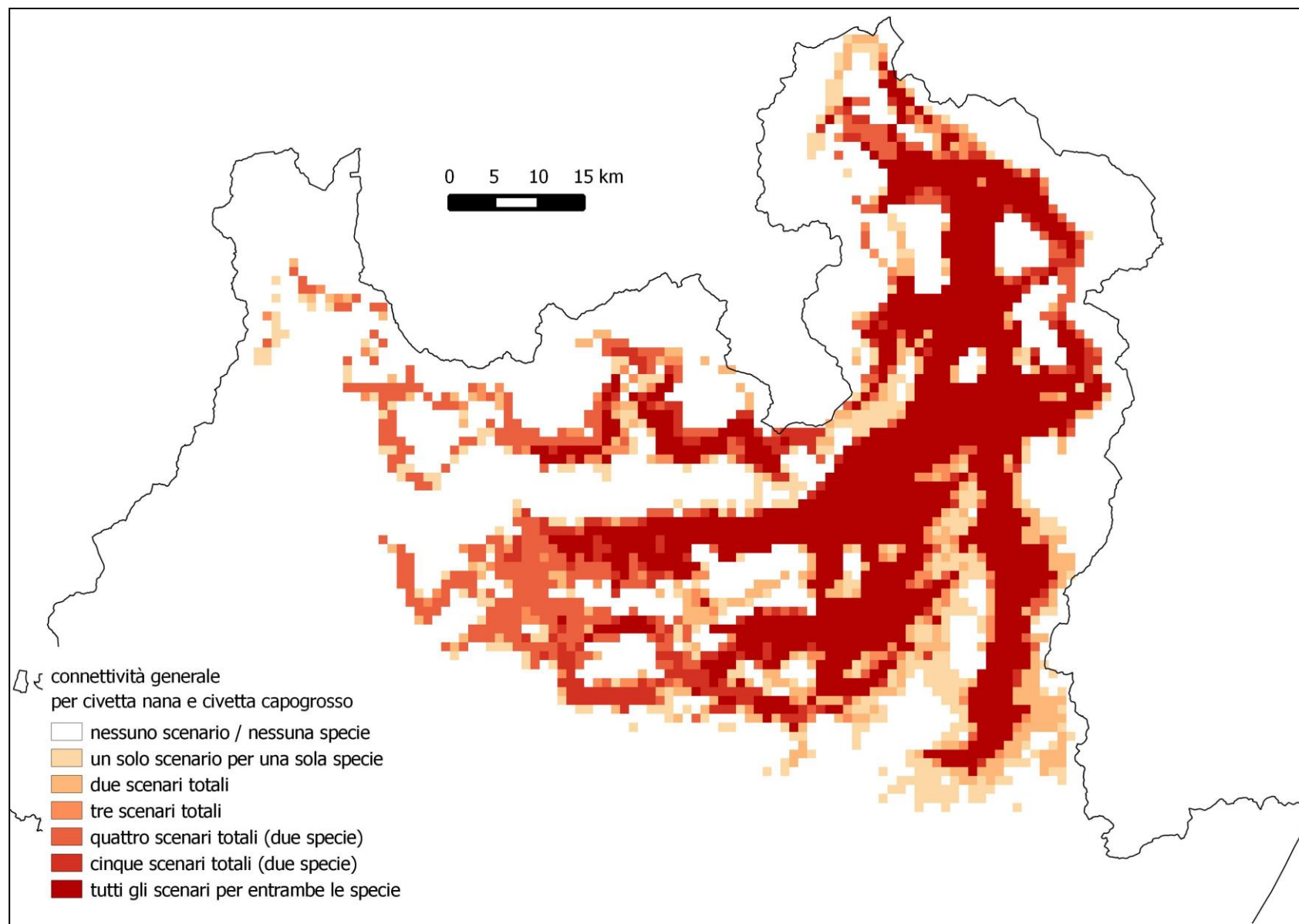


Figura 3.17. Sintesi della connettività ecologica (mappa complessiva) per civetta nana e civetta capogrosso secondo i tre scenari.

3.3 Implicazioni a scala regionale

Dalle analisi condotte emergono chiaramente alcune implicazioni per la gestione della RER e per la promozione della connettività ecologica a scala regionale.

In particolare, in riferimento alle diverse porzioni del territorio regionale, si presentano le seguenti priorità di indirizzo:

1. nella porzione orientale della Pianura padana (province di Brescia, Cremona, Mantova), si dovrebbe:
 - a. cercare di incrementare la connettività per le specie e gli ambienti forestali attraverso interventi localizzati soprattutto lungo le aste fluviali, che offrono i residui ambienti 'alberati' di maggior valore per la connessione ecologica e le aree a minor resistenza, favorendo le specie (e la conservazione degli habitat) legati agli ambienti boschivi;
 - b. cercare di rendere meno impermeabile la matrice agricola intensiva, attraverso la differenziazione delle colture, l'incremento di elementi in grado di offrire habitat (e/o da fungere da corridoi o *stepping stones* per molte specie), quali siepi, cespugli, piccoli incolti, la tutela e, ove possibile, l'aumento dei prati stabili, favorendo così le specie legate agli ambienti aperti;
 - c. salvaguardare le zone umide residue e realizzarne di nuove (ad esempio tramite fondi derivanti dal Piano di Sviluppo Rurale) nelle aree strategiche per la connessione tra ambienti umidi, in particolare lungo le aste fluviali (vedi Figura 3.C);
2. lungo l'asta del fiume Po, si raccomanda di:
 - a. realizzare nuove zone umide, soprattutto nel tratto lodigiano e cremonese, dove la connettività per gli ambienti umidi risente maggiormente dell'isolamento delle aree umide;
 - b. promuovere il mantenimento e/o il recupero delle aree prative golenali, potenzialmente di grande importanza per le specie di ambienti aperti, e differenziare le colture, incrementare la presenza di siepi, cespugli, piccoli incolti, prati stabili, soprattutto nell'area mantovana, dove maggiore risulta l'isolamento delle patches di ambienti aperti residui idonee ad ospitare l'averla piccola e altre specie legate a colture non intensive e paesaggi a

La conservazione della connettività ecologica nel sistema Natura 2000 lombardo e il ruolo della RER
mosaico;

c. ricreare fasce boscate lungo l'asta fluviale, soprattutto nella porzione orientale;

3. in Oltrepò pavese, sarebbe opportuno:

a. incrementare la presenza di zone umide nella porzione pianeggiante orientale, per dare continuità ad un sistema 'parallelo' al corso del fiume Po, di potenziale grande valore per l'avifauna (e non solo) delle zone umide;

b. mantenere i prati e pascoli e, ove possibile, ripristinare quelli recentemente scomparsi a causa dell'abbandono o di piantumazioni; le aree aperte e semi-aperte del settore appenninico e pre-appenninico rivestono un valore naturalistico di primissima importanza;

c. incrementare la presenza di fasce boscate, in grado da consentire spostamenti a specie forestali anche relativamente esigenti, lungo i corridoi primari localizzati lungo i torrenti che collegano il settore montano e collinare alla valle del Po;

4. nel settore alpino della regione, si propone di:

a. mantenere la copertura forestale, privilegiando le conifere ed evitando ulteriori frammentazioni e interruzioni dei nuclei boscati esistenti (ma preservando radure e altre aperture presenti), lungo i due versanti (retico ed orobico) valtellinesi, in Alta Valtellina, nella zona di collegamento tra Valtellina e Valchiavenna (inclusa la Val Codera), in Valcamonica, nelle Orobie bergamasche, secondo quanto mostrato in Figura 3.19;

b. preservare gli ambienti 'alpini' aperti nelle aree individuate come prioritarie per la conservazione delle specie d'alta quota all'interno del documento "Valutazione dei possibili effetti dei cambiamenti climatici su specie indicatrici e implicazioni per la conservazione";

c. conservare i prati permanenti in fondovalle, promuovendone una gestione meno intensiva, e i pascoli di versante e in quota (evitando sovra- e sottopascolamento);

d. ricreare zone umide in fondovalle, soprattutto lungo nelle aree che sarebbero (e sono tuttora, in caso di piene), soggette a esondazione, favorendo così il collegamento tra i siti 'relitti' in questi contesti, spesso

soggetti a forti trasformazioni ambientali;

5. nell'area prealpina, appare di fondamentale importanza:

- a. mantenere le connessioni ancora esistenti nella fascia a nord della conglomerazione urbana che da Milano ormai si estende verso est ed ovest; numerosi varchi della RER in quest'area, che i modelli di connettività per gli ambienti forestali indicano come molto importante per garantire gli scambi tra le popolazioni isolate di molte specie in pianura e quelle ancora relativamente in salute delle aree montane, appaiono fortemente minacciati e talora almeno parzialmente compromessi;
- b. gestire opportunamente le zone umide, al fine di mantenere ambienti idonei ad ospitare la maggior parte delle specie di interesse conservazionistico, con particolare attenzione a livello dell'acqua, evoluzione della vegetazione, presenza di micro-habitat;
- c. migliorare lo stato di conservazione dei laghi, conservando e ripristinando gli ambienti umidi perilacuali, favorendo il mantenimento o il ritorno della vegetazione acquatica, riparia e perilacuale;
- d. conservare i prati e i mosaici agricoli superstiti, incentivando ove possibile la conversione di seminativi a prati.

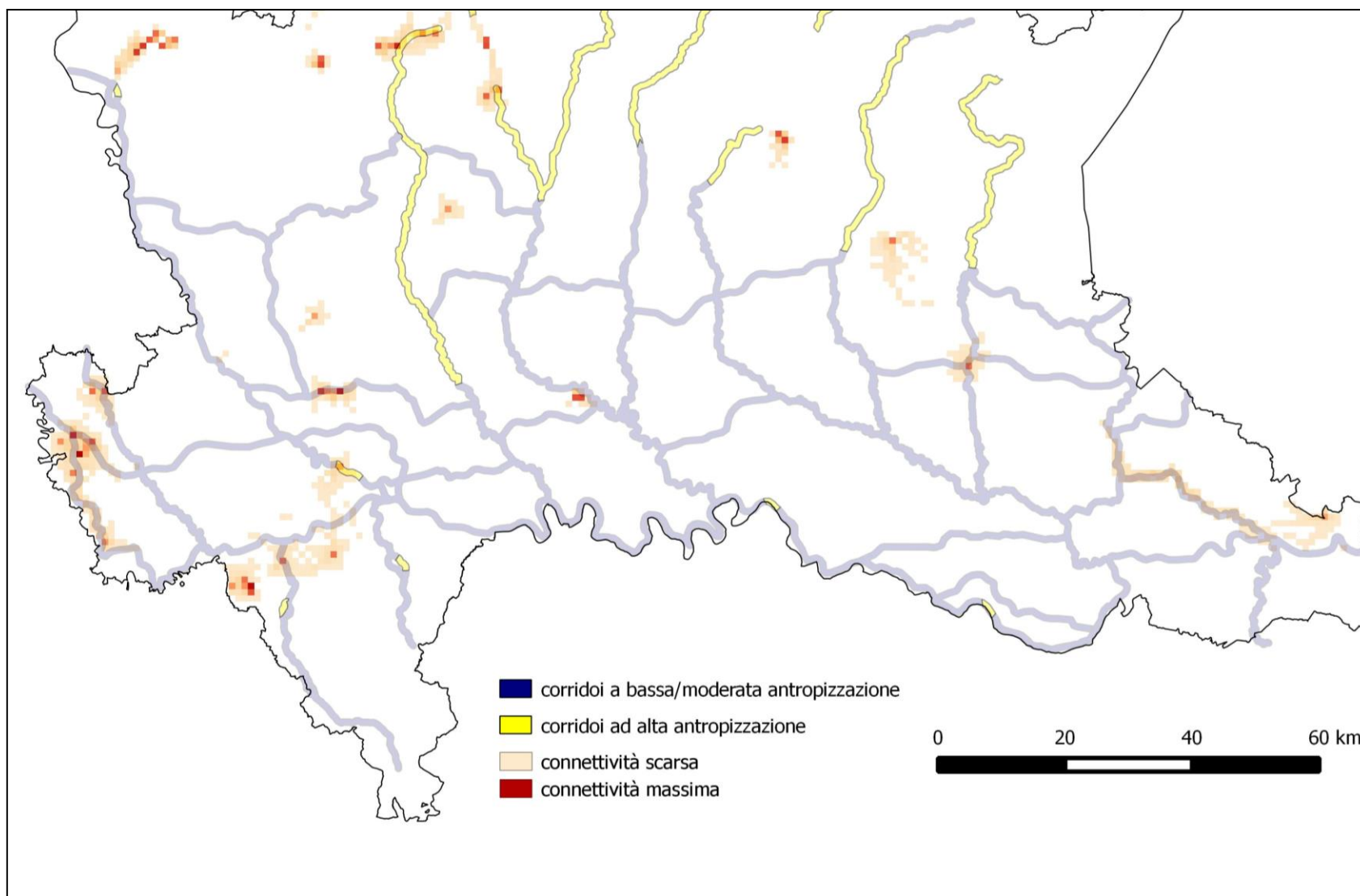


Figura 3.18. La connettività ecologica per le zone umide in Pianura. I corridoi regionali (in particolare quelli insistenti sulle aste fluviali) rappresentano gli ambienti privilegiati per ricostruire la permeabilità ecologica per questo contesto ambientale fortemente minacciato a scala regionale.

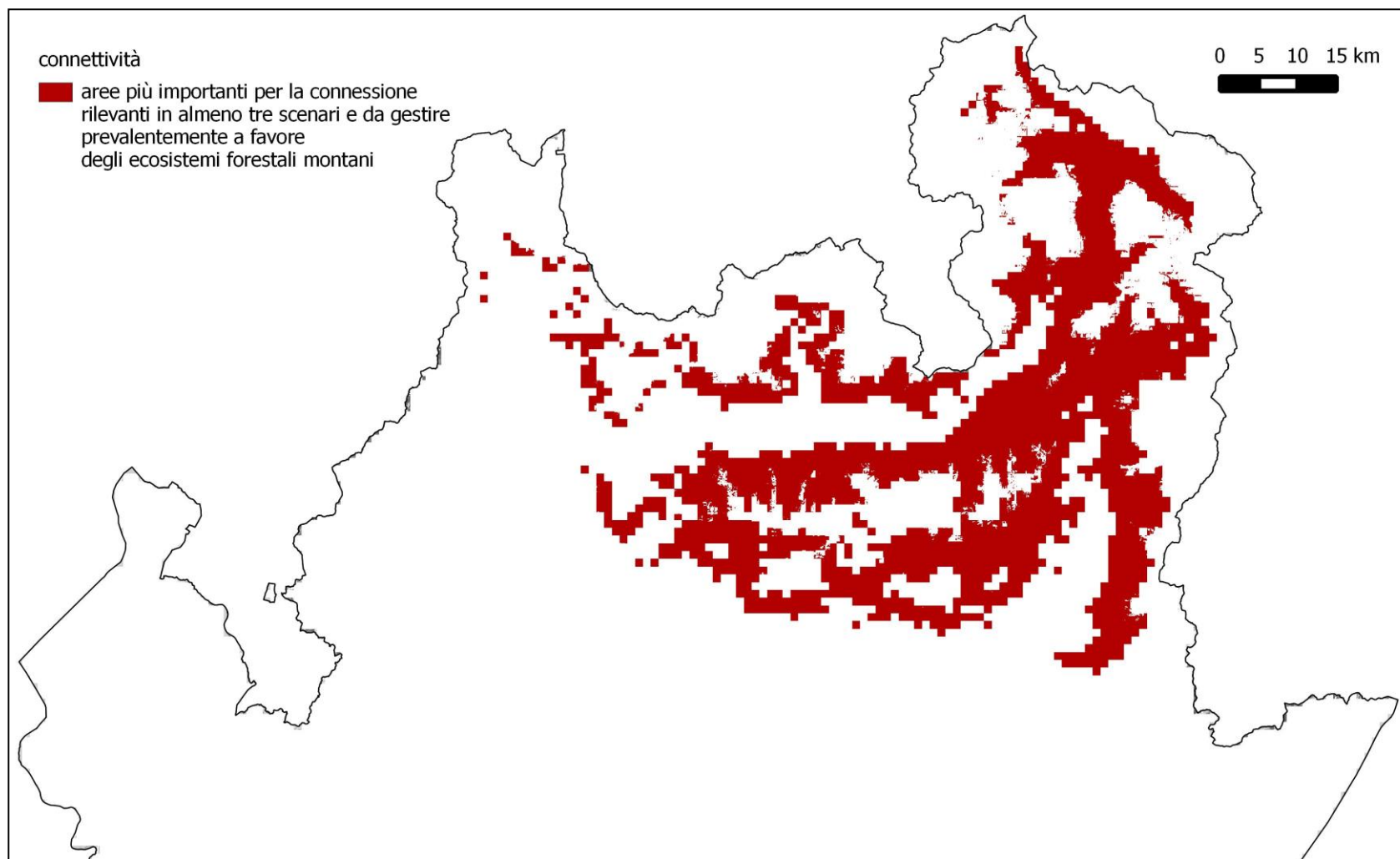


Figura 3.19. Sintesi della connettività ecologica (mappa complessiva) per civetta nana e civetta capogrosso secondo i tre scenari: aree idonee in almeno tre scenari differenti (sui sei possibili) e non sovrapposte alle aree idonee anche in futuro per le specie di ambienti aperti d'alta quota.

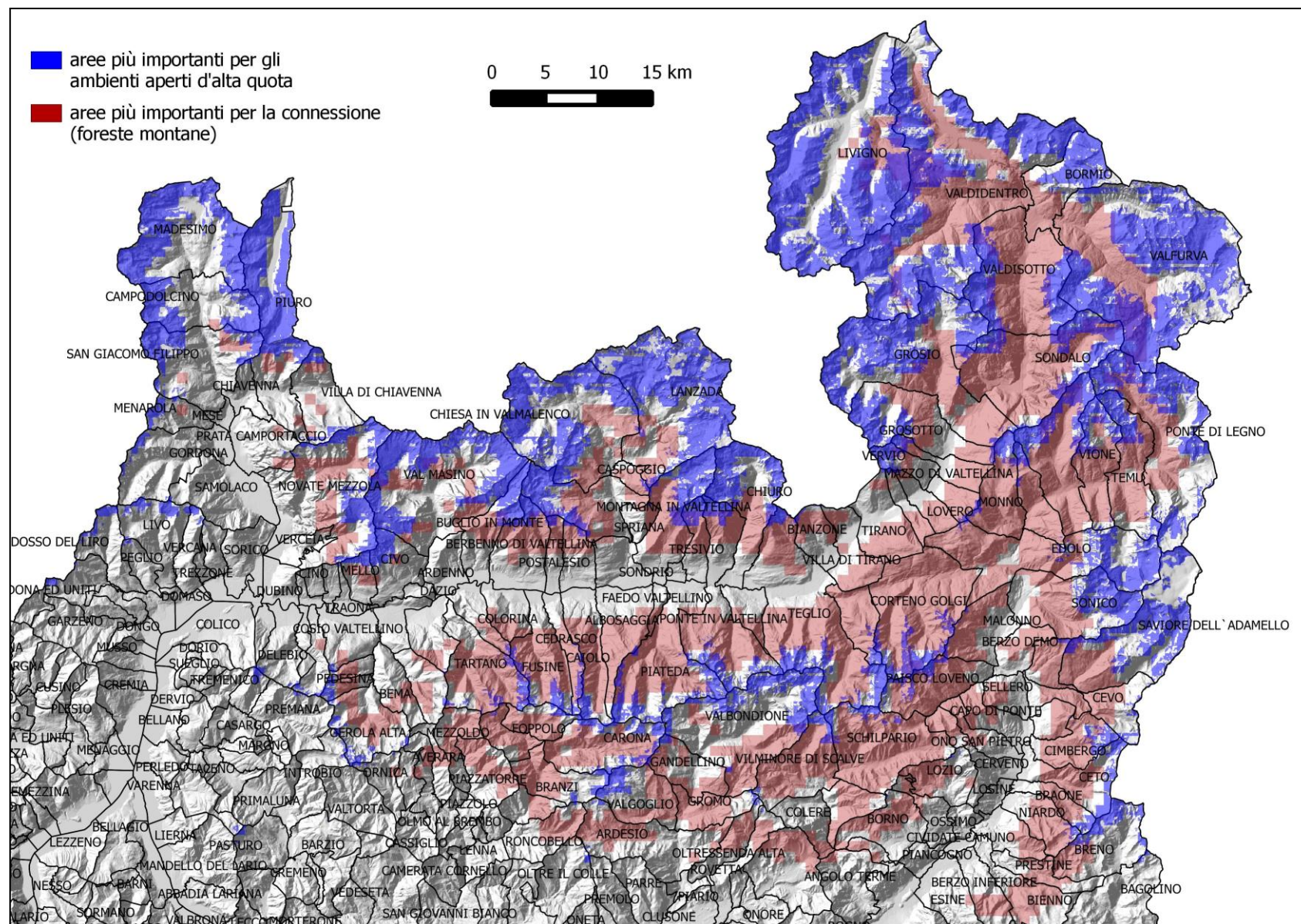


Figura 3.20. Aree importanti per la connettività ecologica per le foreste montane (aree idonee in almeno tre scenari differenti sui sei possibili per civetta nana e civetta capogrosso) e aree idonee e importanti anche in futuro per le specie di ambienti aperti d'alta quota.

3.4 Revisione della RER per garantire la connessione tra siti Natura 2000

A partire dalla *gap analysis* effettuata nell'ambito dell'Azione A.3 e dell'individuazione di siti Natura 2000 parzialmente esclusi dagli elementi di primo livello della RER, o tra loro collegati solamente da elementi di secondo livello, si propone di ampliare il disegno della Rete Ecologica Regionale ed in particolare di elevare alcune porzioni di elemento da elementi di secondo livello ad elementi di primo livello.

I contesti territoriali per cui questa variazione si rende necessaria sono descritti nella sezione seguente, con un dettaglio sulle situazioni più importanti; infine, viene presentato un quadro di sintesi delle aree in cui si propone un'estensione degli elementi di primo livello, comprendente tutte le porzioni di siti Natura 2000 escluse dagli elementi primari della RER di dimensioni superiori ai 1000 m².

3.4.1 Siti Natura 2000 parzialmente esclusi dal disegno della RER o inseriti/collegati solamente in elementi di secondo livello

La situazione che mostra indubbiamente il più elevato grado di discordanza tra disegno della rete ecologica e ubicazione dei siti Natura 2000 è rappresentata dall'area della Lomellina (provincia di Pavia), dove la ZPS Risaie di Lomellina risulta parzialmente esclusa dal disegno della RER (Figura 3.21).

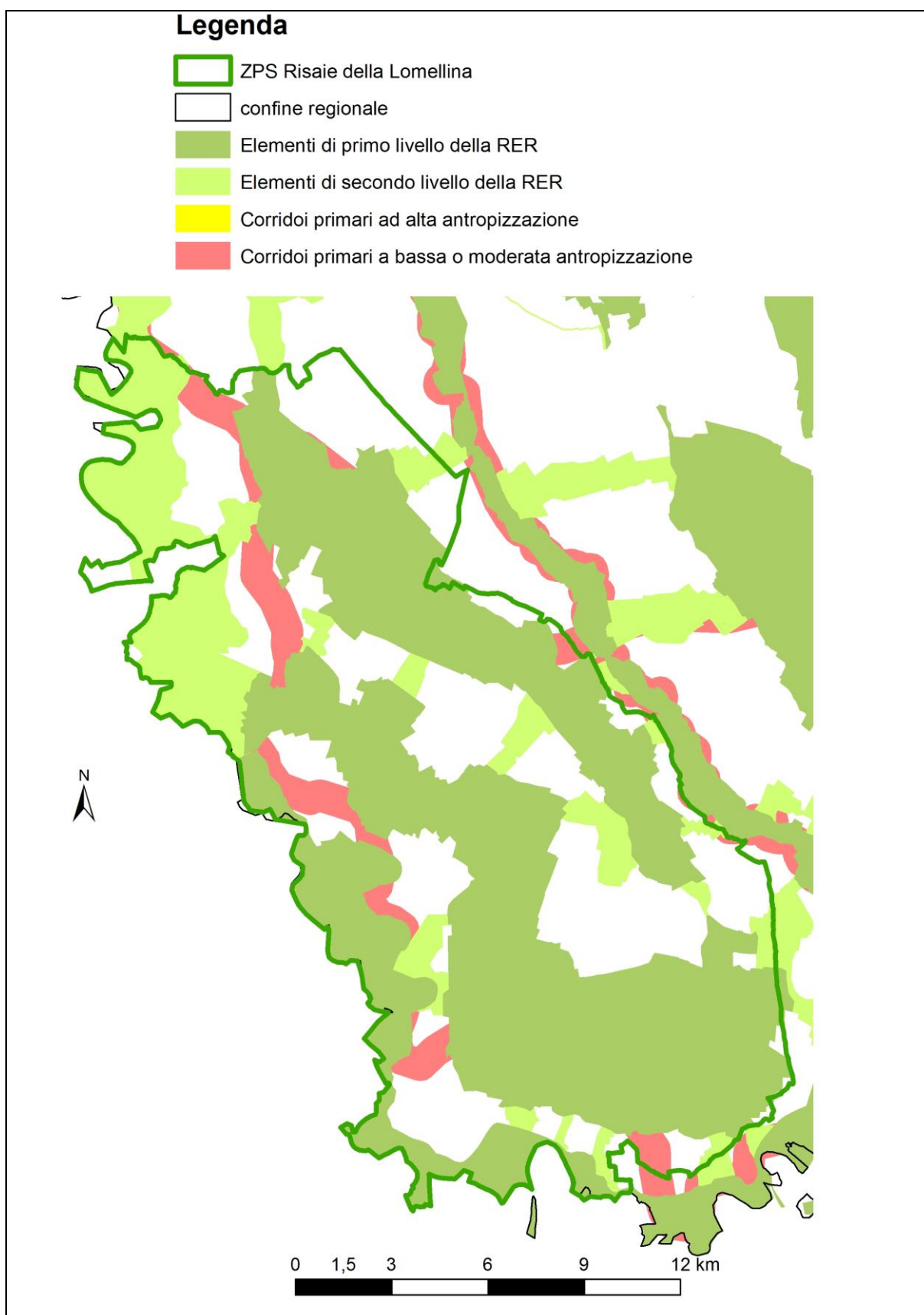
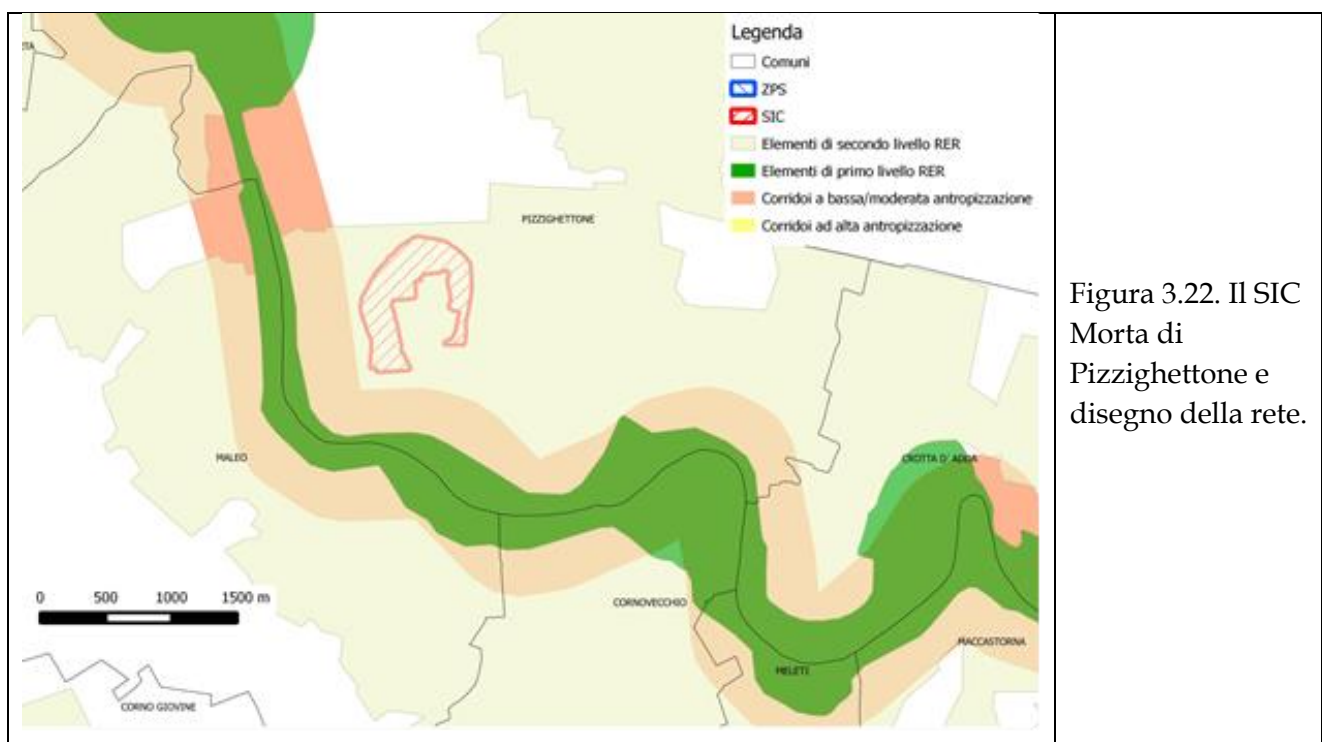


Figura 3.21. Zona di Protezione Speciale “Risaie della Lomellina” e disegno della Rete Ecologica Regionale (RER).

La ZPS Risaie della Lomellina racchiude un'area estremamente ampia, al cui interno si trovano sia aree di estremo interesse naturalistico, quali garzaie, boschi igrofilo, zone umide, etc., sia aree urbanizzate e aree di monocoltura intensiva. Queste ultime sono importanti per il mantenimento di alcuni dei valori naturalistici principali tutelati dalla zona di protezione speciale, dal momento che le risaie sono ambiente di foraggiamento per gli aironi che nidificano nelle garzaie, e ospitano, soprattutto in primavera, importantissimi contingenti di uccelli acquatici migratori, ma in alcuni casi hanno un'importanza relativamente bassa per la connessione ecologica, dal momento che risultano poco permeabili a molte specie selvatiche, nonostante il loro elevato valore per le componenti sopraccitate. Anche gli ambiti urbani (in senso lato, includendo sia gli spazi residenziali che gli insediamenti produttivi), la cui corretta pianificazione e "gestione" è importante per consentire il mantenimento dei valori naturali nell'area, sono in buona parte esclusi per ovvie ragioni dal disegno della RER. Si ritiene pertanto rimarcare l'importanza di indirizzare correttamente la gestione dell'intera area, a prescindere da un'estensione della RER che appare non necessaria. Il SIC Morta di Pizzighettone risulta inserito in elementi di secondo livello della RER. In questo caso, è auspicabile estendere l'elemento di primo livello insistente sulla gola del fiume sino ad includere interamente il SIC; si tratta di un aggiustamento di poche centinaia di metri, sufficienti comunque per ri-comprendere interamente il sito negli elementi di maggior importanza della RER.



Il SIC Oasi Le Foppe di Trezzo sull'Adda risulta anch'esso inserito in elementi di secondo livello della RER; l'istituzione del SIC stesso è successiva alla definizione della rete ecologica per la porzione pianiziale del territorio regionale, al cui interno ricade il sito.

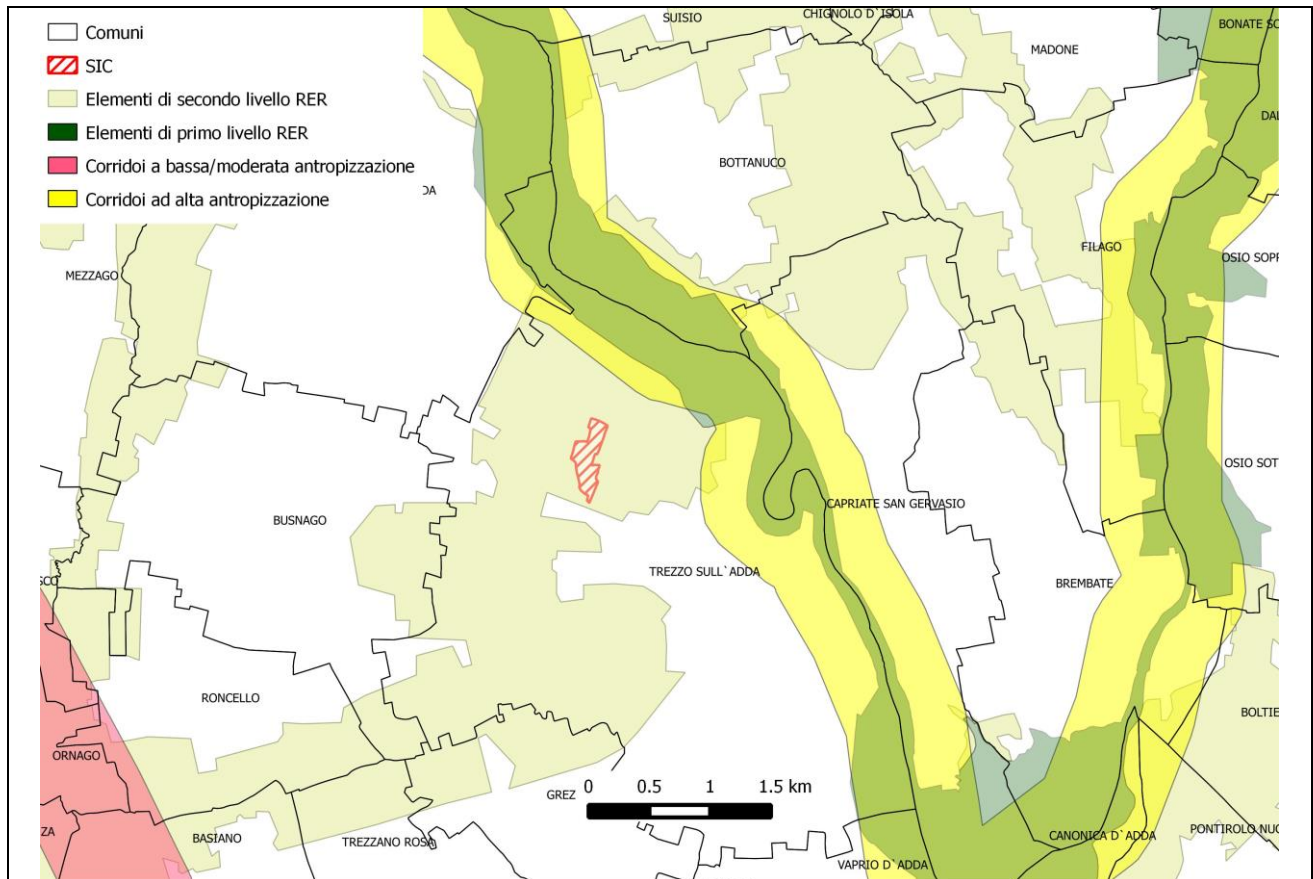


Figura 3.23. Il SIC Oasi Le Foppe di Trezzo sull'Adda e il disegno di rete

Il SIC Morta di Bertonico risulta in parte incluso in elementi di secondo livello anziché in elementi primari. In particolare, la parte meridionale della 'morta' appare in parte al di fuori degli elementi primari. Anche in questo caso, una estensione di poche centinaia di metri dell'elemento di primo livello insistente sulla gola fluviale consentirebbe di includere totalmente il SIC e pertanto è altamente raccomandata una revisione del disegno della RER in questo senso.

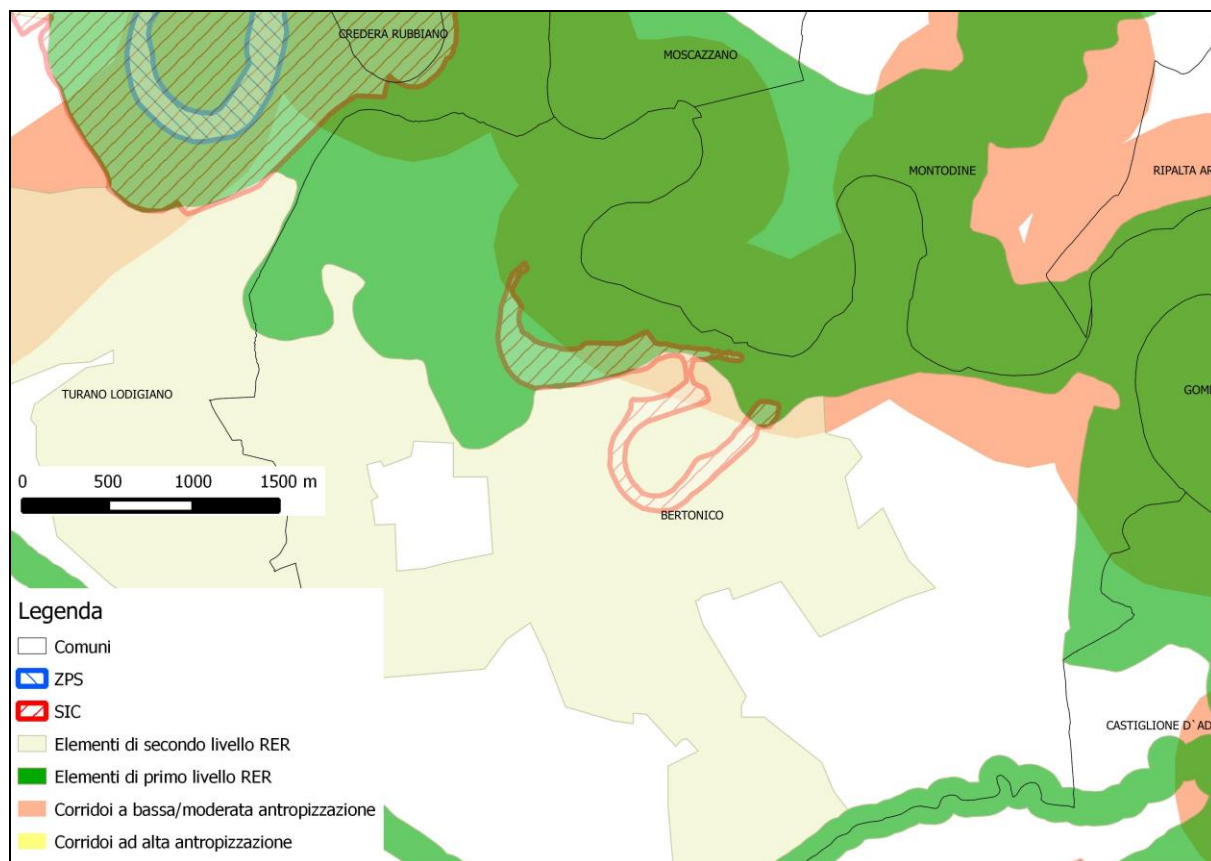


Figura 3.24. Il SIC Morta di Bertonico.

Il SIC Spina Verde risulta in parte al di fuori degli elementi primari della RER: la porzione più occidentale dello stesso, peraltro inserita nel sito in seguito ad un ampliamento successivo alla redazione della RER, risulta compresa in elementi di secondo livello anziché in elementi di primo. Si propone di aggiornare ad elementi di primo livello le porzioni di RER attualmente comprese in elementi di secondo livello e includenti il SIC.

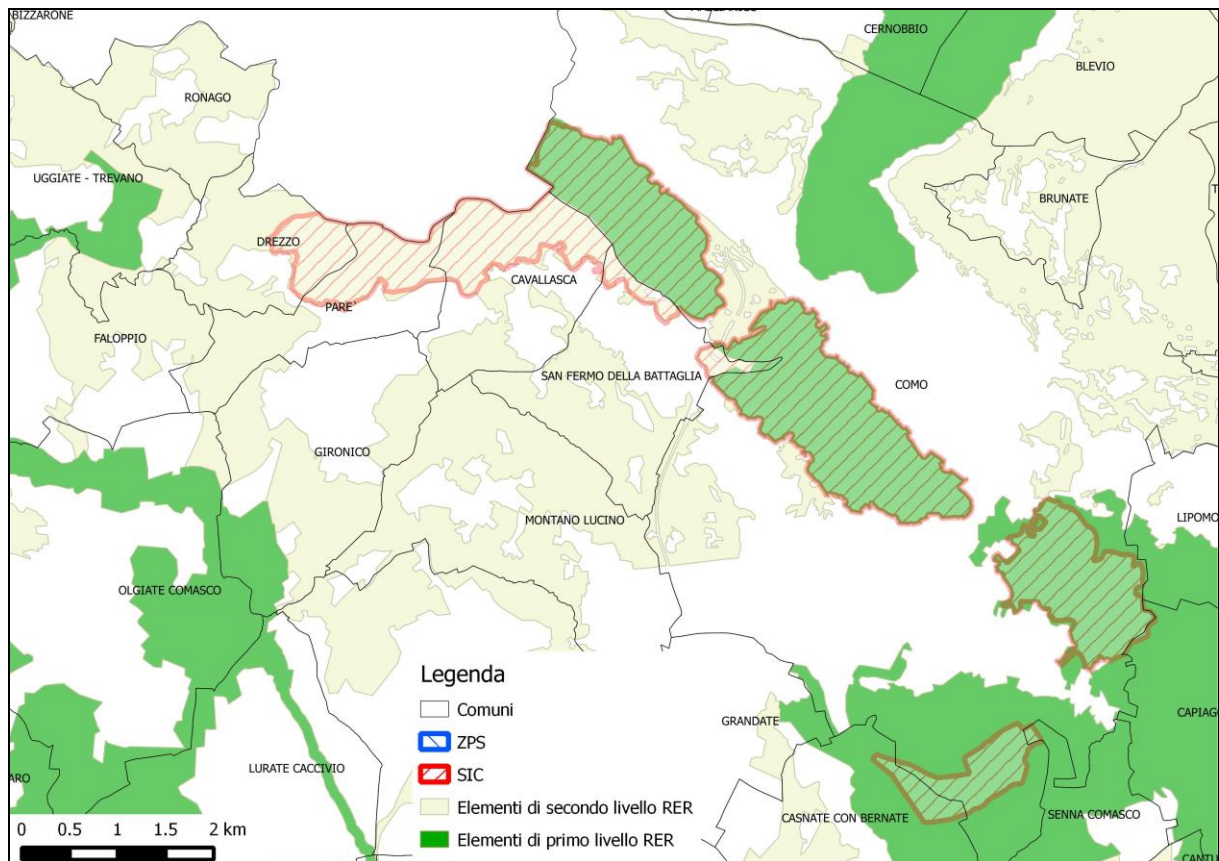


Figura 3.25. Rapporto tra SIC Spina Verde (in rosso nella parte centrale dell'immagine) e RER: si noti come la porzione occidentale del SIC, frutto di un'estensione successiva alla redazione della RER, sia inclusa in elementi di secondo livello (e non di primo).

Infine, situazioni in cui piccole porzioni di Siti Rete Natura 2000 risultano al di fuori degli elementi primari della RER si riscontrano in particolare lungo l'Oglio e il Mincio, dove alcune piccole parti di SIC e ZPS sono al di fuori del perimetro degli elementi primari (elementi di primo livello e corridoi regionali primari) che insistono sulla golena primaria dei fiumi e sull'area immediatamente circostante l'asta fluviale. In questi casi, piccolissime estensioni degli elementi primari a scapito di quelli secondari consentirebbero di includere tali porzioni di siti Natura 2000 negli elementi di maggior rilevanza della rete, a fronte di variazioni minime nella struttura della RER stessa.

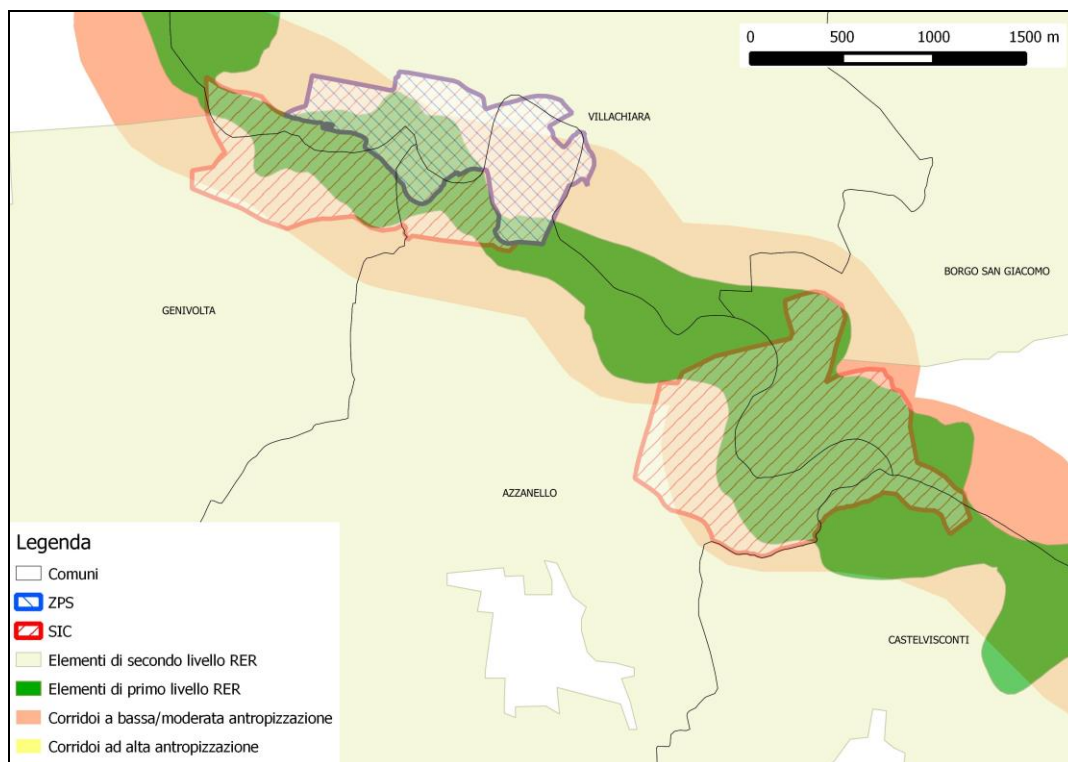


Figura 3.26. SIC e ZPS Scolmatore di Genivolta e SIC Lanche di Azzanello: si noti come delle porzioni dei siti Natura 2000 appaiano fuori dagli elementi primari e incluse al contrario in elementi di secondo livello. Si tratta di superfici in ogni caso modeste.

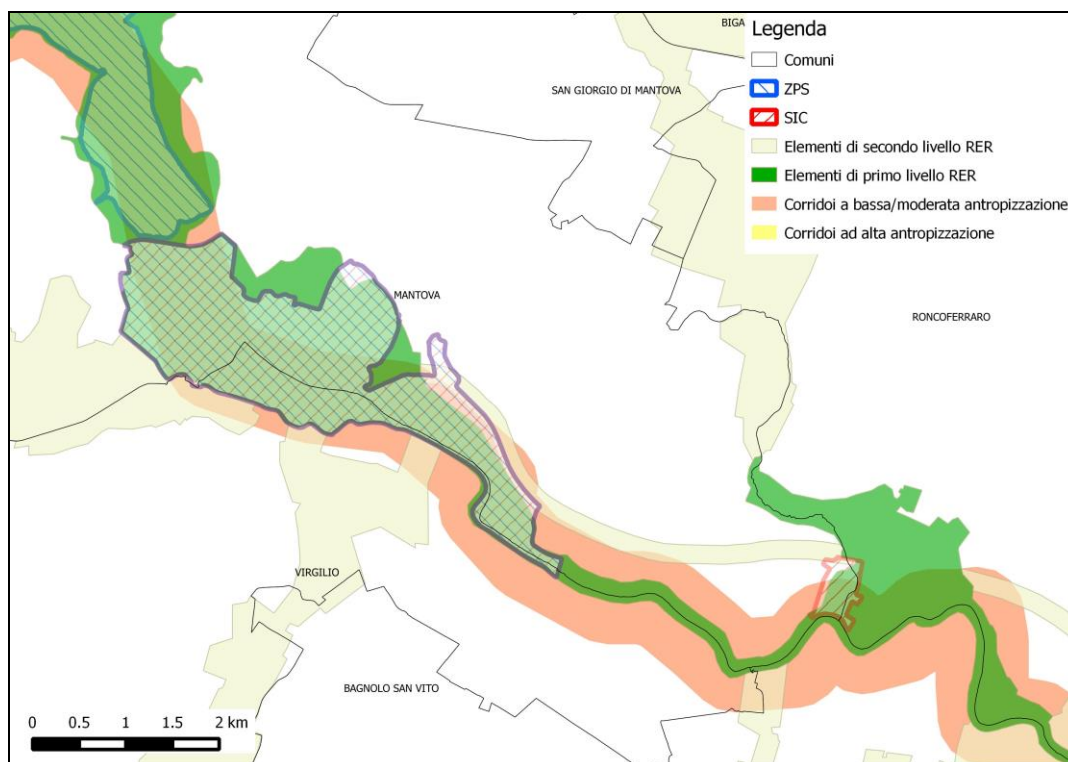


Figura 3.27. Siti Natura 2000 Vallazza e Chiavica del Moro: delle piccole porzioni risultano fuori dagli elementi primari.

3.4.2 Siti estremamente isolati

Nessuno dei siti di Rete Natura 2000 appare particolarmente isolato dal resto del sistema della rete: in particolare, la RER connette, attraverso elementi di primo o di secondo livello, tutti i siti Natura 2000 presenti sul territorio regionale. Il SIC Complesso Morenico di Castellarò Ragusello risulta distante oltre 17 km dai siti Natura 2000 più prossimi; tuttavia, anche questo sito è ben inserito nel disegno della RER ed in particolare negli elementi di primo livello e pertanto non appare “isolato” rispetto al resto del sistema Natura 2000.

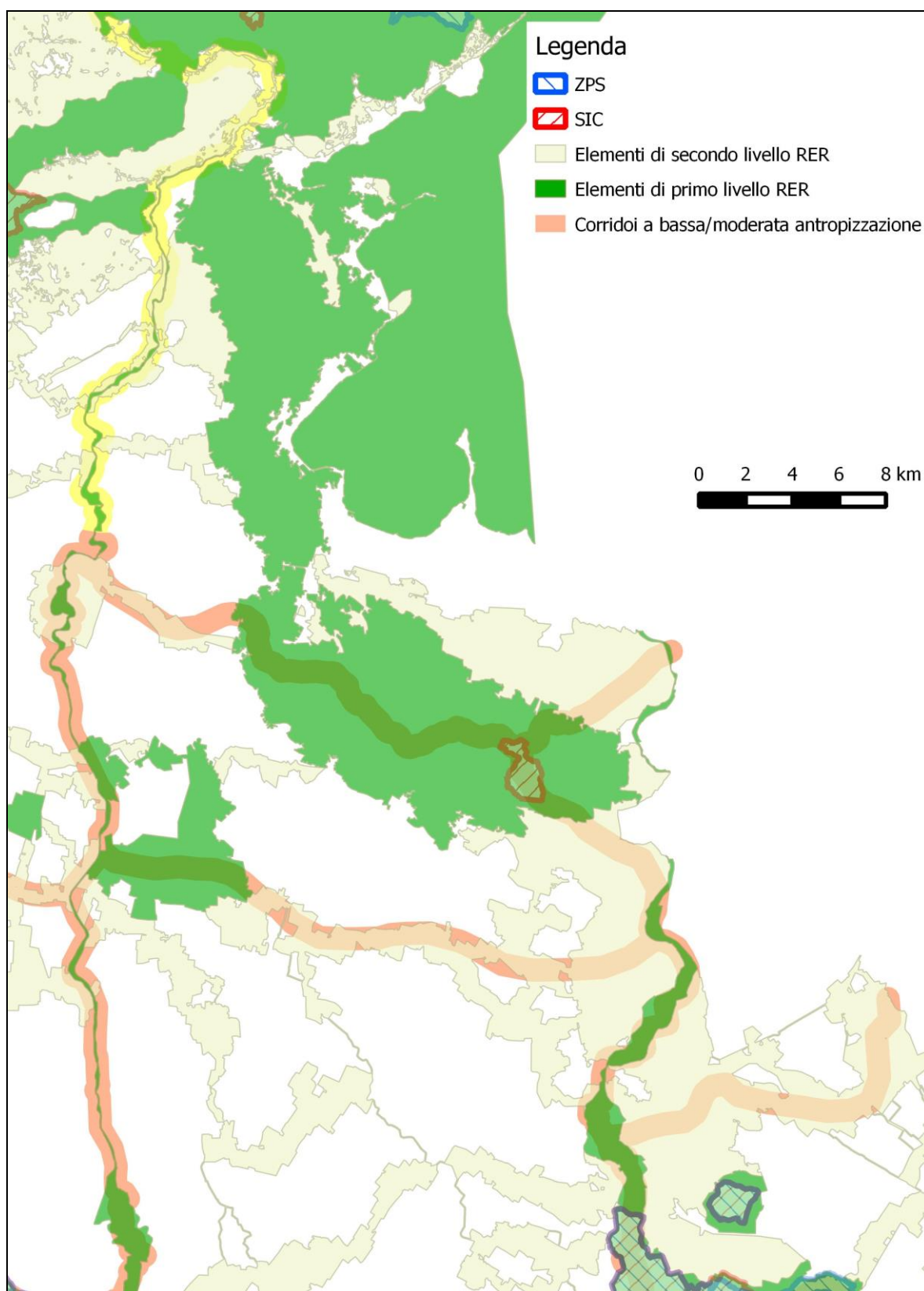


Figura 3.28. Il SIC Complesso morenico di Castellaro Ragusello, al centro dell'immagine, appare lontano da altri siti Natura 2000, ma al tempo stesso ben 'collegato' al resto del sistema regionale di Natura 2000 dalla RER.

Ancor più marcata è la lontananza del SIC Monte Alpe da altri siti Natura 2000: ben 31 km separano infatti il sito da quello più vicino (Garzaia della Roggia Torbida), appartenente peraltro a tutt'altra tipologia ambientale. Monte Alpe risulta comunque ben inserito nella RER che attraverso elementi di primo livello collega quest'area con gli altri contesti appenninici di elevato valore naturalistico e con la valle del Po. Potenziare la connessione con la valle del Po può rivestire particolare importanza per numerose specie animali, sia in un'ottica di spostamento verso quote più elevate (dalla pianura all'Appennino) dovute ai cambiamenti climatici, sia per consentire la ricolonizzazione di ambienti degradati in pianura, qualora le condizioni ambientali dovessero tornare idonee in seguito ad interventi di ripristino o riqualificazione, da parte di specie sopravvissute nella fascia collinare e montana ma attualmente estinte o estremamente localizzate in pianura.

Quali possibili esempi di queste specie, si possono citare averla piccola e ortolano *Emberiza hortulana*, specie tutt'ora presenti in ambito collinare (spesso con densità apprezzabili) ed estremamente rarefatte, quando non scomparse, dai settori planiziali. Considerazioni analoghe riguardano la maggior parte dei Mammiferi di dimensioni medie e grandi, presenti con relativa continuità in ambito montano e assenti (es. lupo) o presenti solo raramente o localmente (es. capriolo) nel contesto planiziale.

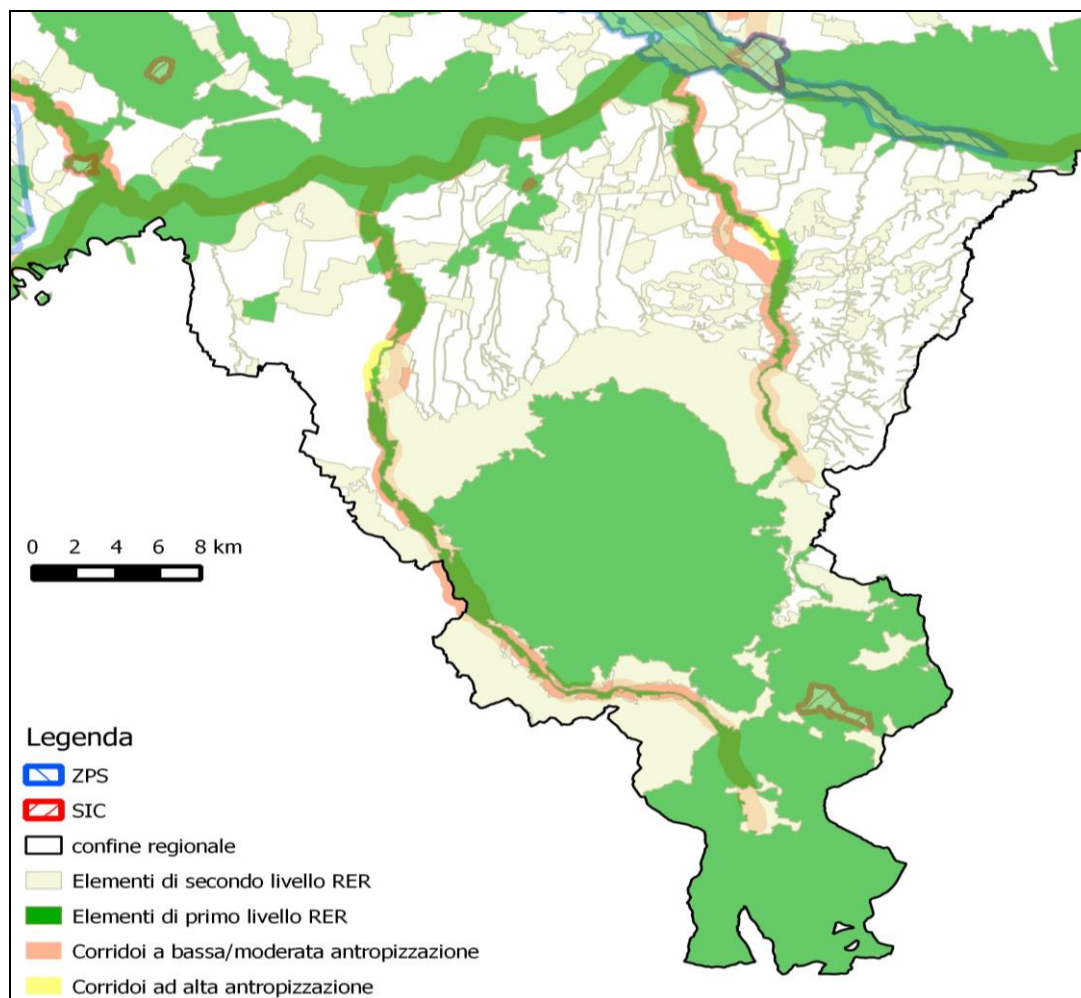


Figura 3.29. Il SIC Monte Alpe (nella parte bassa dell'immagine), sebbene disti oltre 30 km dal più vicino sito Natura 2000, risulta ben collegato dalla RER agli ambiti di pregio in area appenninica e alla valle del Po.

3.4.3 Siti Natura 2000 connessi solo da elementi di secondo livello della RER

I SIC Morta di Pizzighettone e Oasi Le Foppe di Trezzo sull'Adda (come evidenziato nel paragrafo 3.4.1) risultano inseriti in elementi di secondo livello e, come ovvio, collegati ad altri siti Natura 2000 solo da elementi di secondo livello della RER.

3.4.3.1 Bosco Fontana

L'area di Bosco Fontana appare sostanzialmente isolata rispetto al resto della Rete Natura 2000, alla quale è comunque collegata da elementi di secondo livello della RER.

Potrebbe essere opportuno estendere gli elementi di primo livello della RER, al fine di garantire una maggior tutela e maggior attenzione all'area compresa tra la riserva e la golenale fluviale.

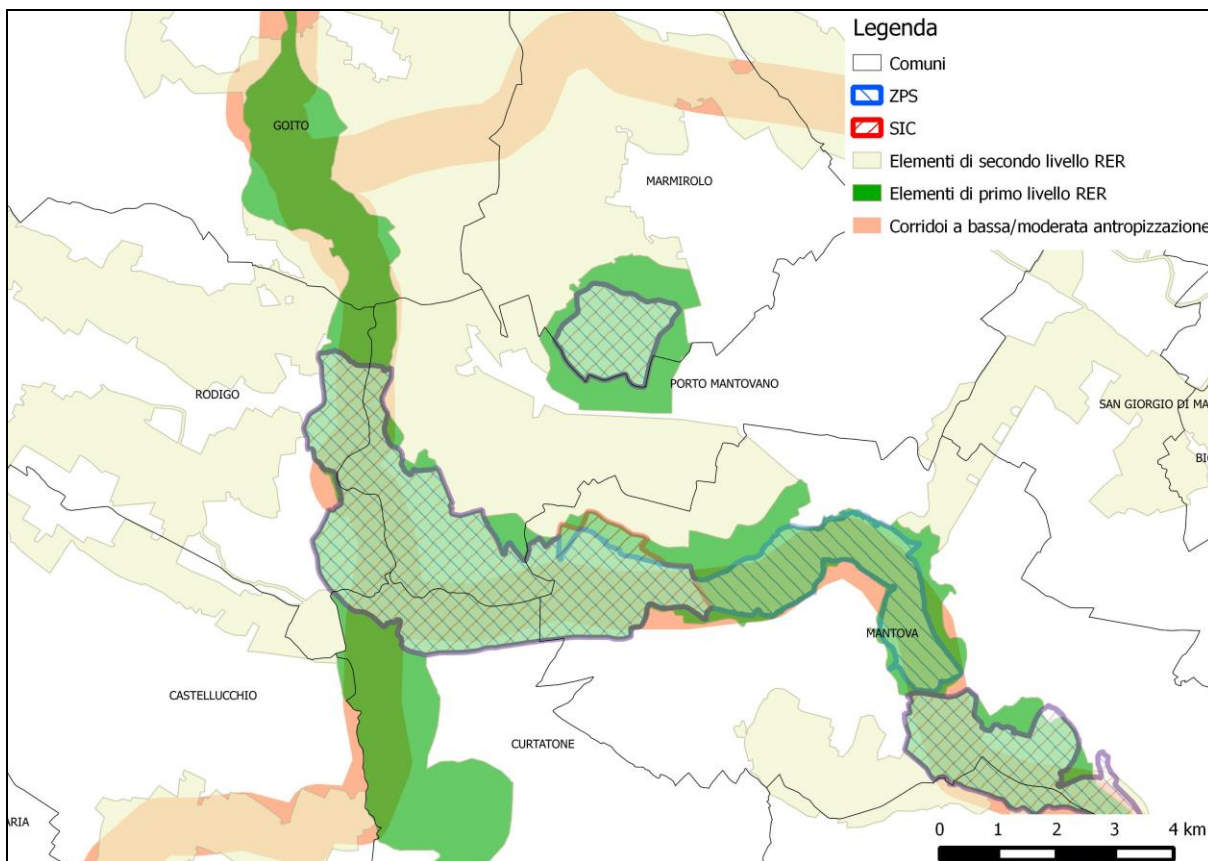


Figura 3.30. Il SIC e ZPS Bosco Fontana (al centro dell'immagine) risulta connesso al resto del sistema Natura 2000 prevalentemente da elementi di secondo livello.

3.4.3.2 Boschi di Astino e dell'Allegrezza

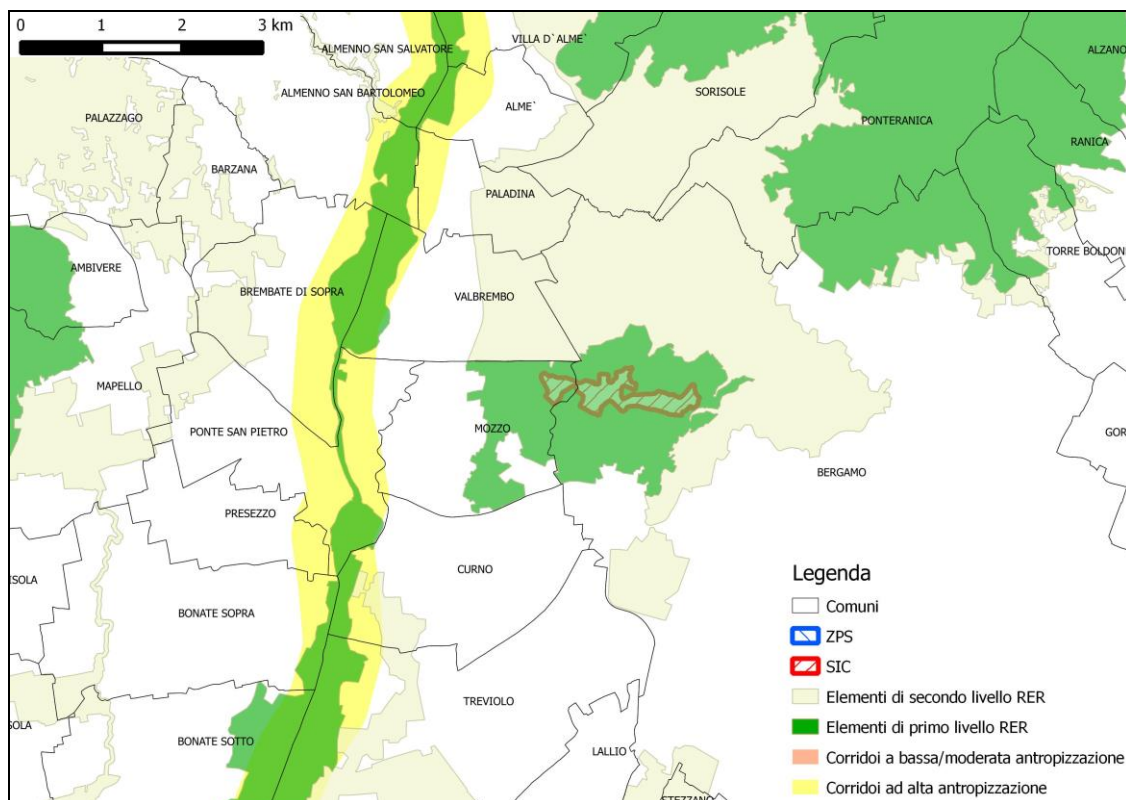


Figura 3.31. Il SIC Boschi dell'Astino e dell'Allegrezza risulta collegato ad altri elementi di Rete Natura 2000 da elementi di secondo livello.

4.3.3 Lago di Piano e Valsolda

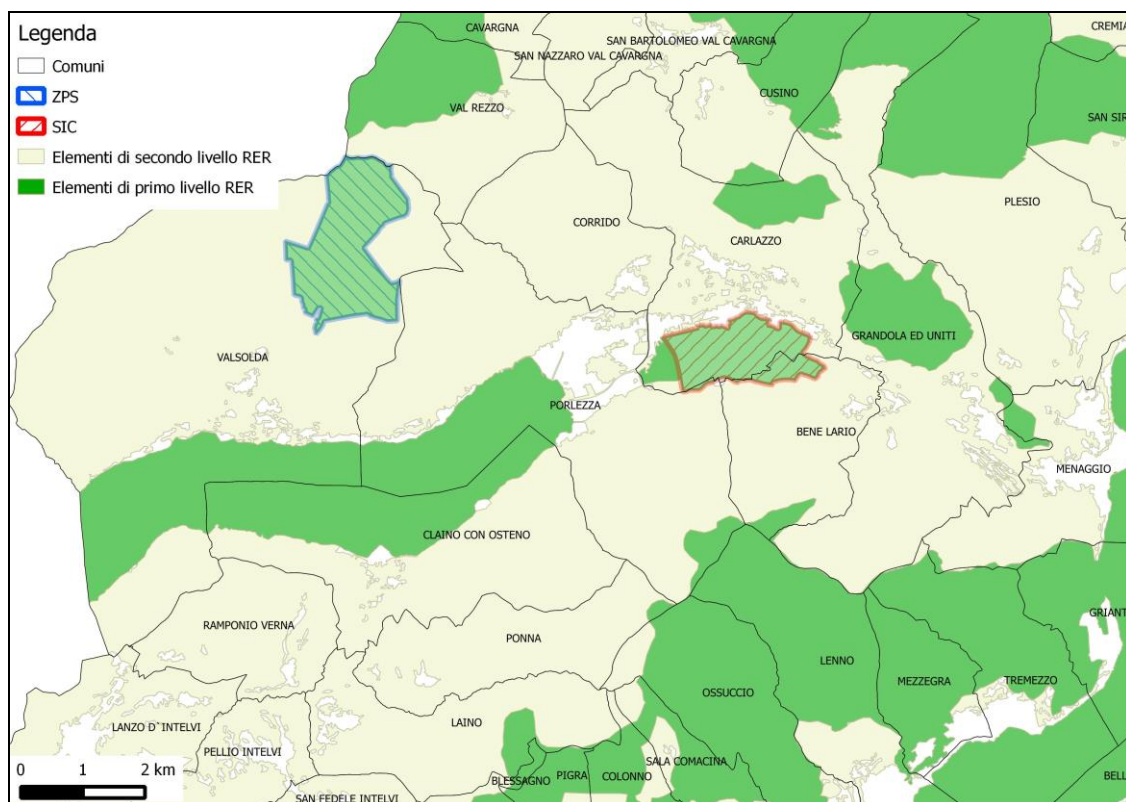


Figura 3.32. Il SIC Lago di Piano e la ZPS Valsolda sono collegati ad altri siti Natura 2000 da elementi di secondo livello.

3.4.3.4 Spina Verde

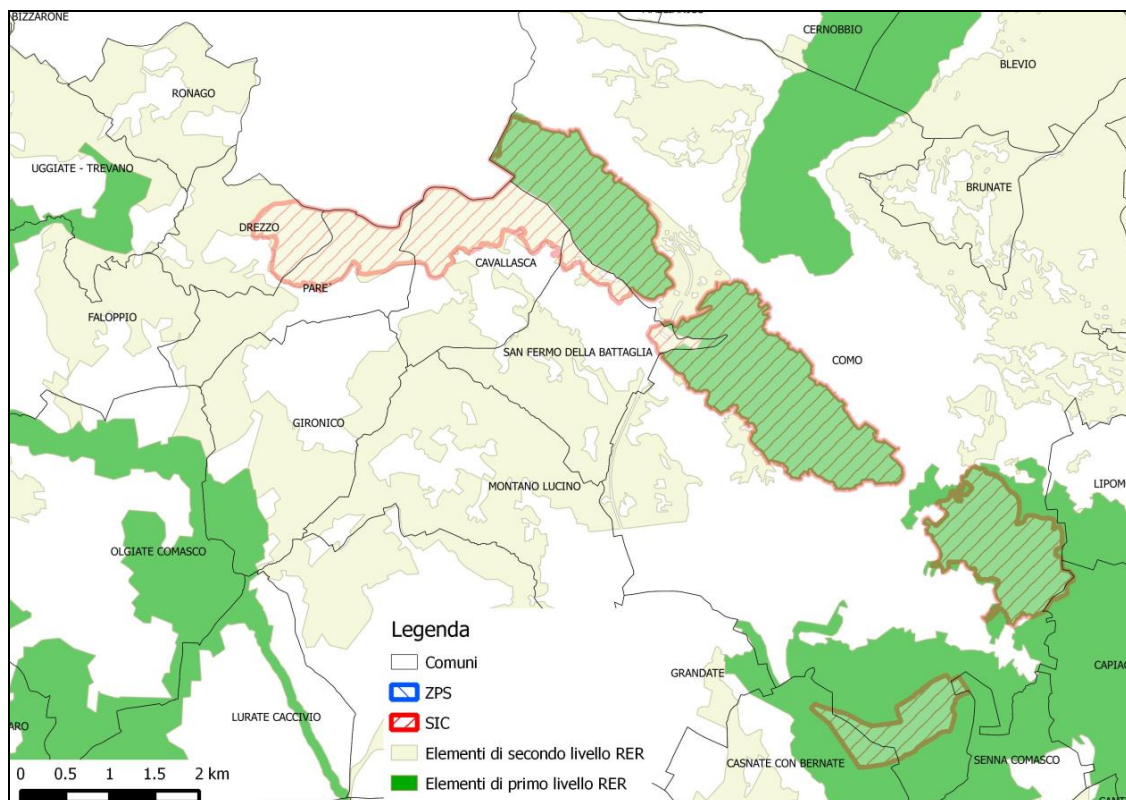


Figura 3.33. Il SIC Spina Verde è connesso ad altri siti Natura 2000 e al resto della RER da elementi di secondo livello.

3.4.3.5 Ostiglia

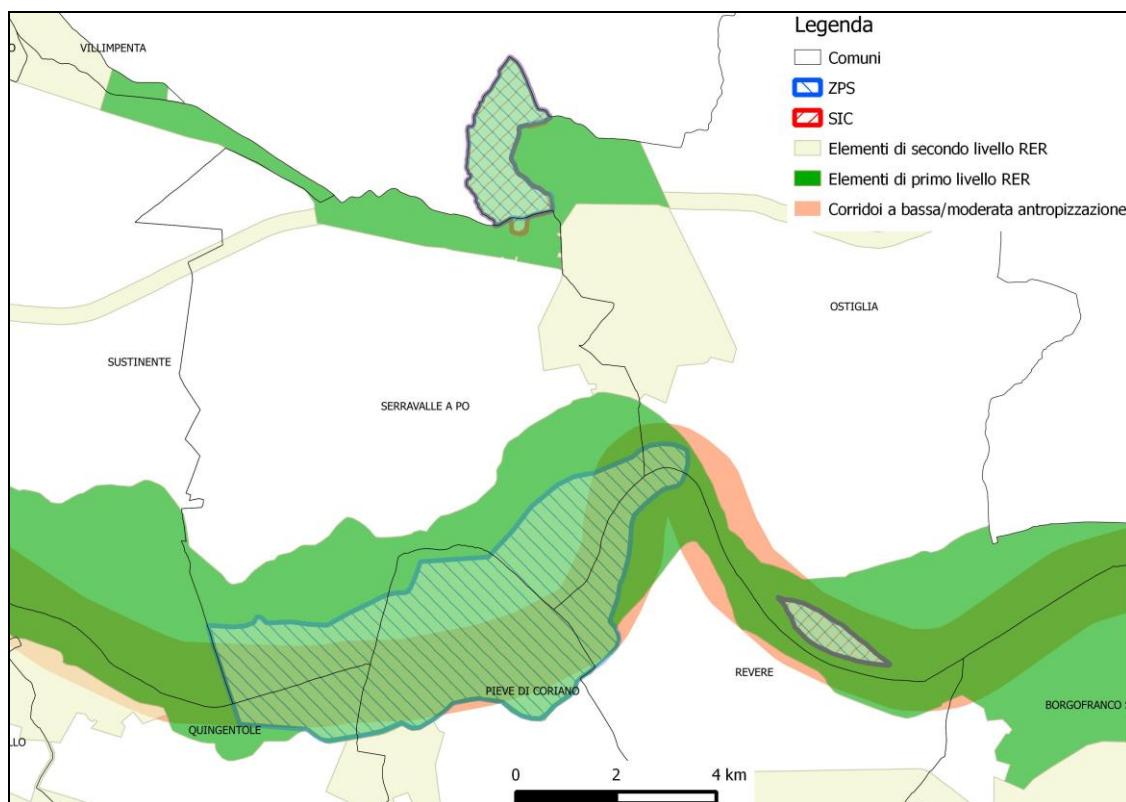


Figura 3.34. SIC e ZPS di (Paludi di) Ostiglia sono collegati ad altri siti del sistema Natura 2000 principalmente da elementi di secondo livello.

Il SIC Ostiglia e la ZPS Paludi di Ostiglia risultano connesse agli altri siti Natura 2000 lombardi da elementi di secondo livello.

Il quadro complessivo delle superfici da elevare a elementi di primo livello per includere le porzioni di siti Natura 2000 (di superficie pari ad almeno 1000 m² ed esclusi quelli relativi alla ZPS Risaie della Lomellina) è mostrato nella Fig. 3.35.

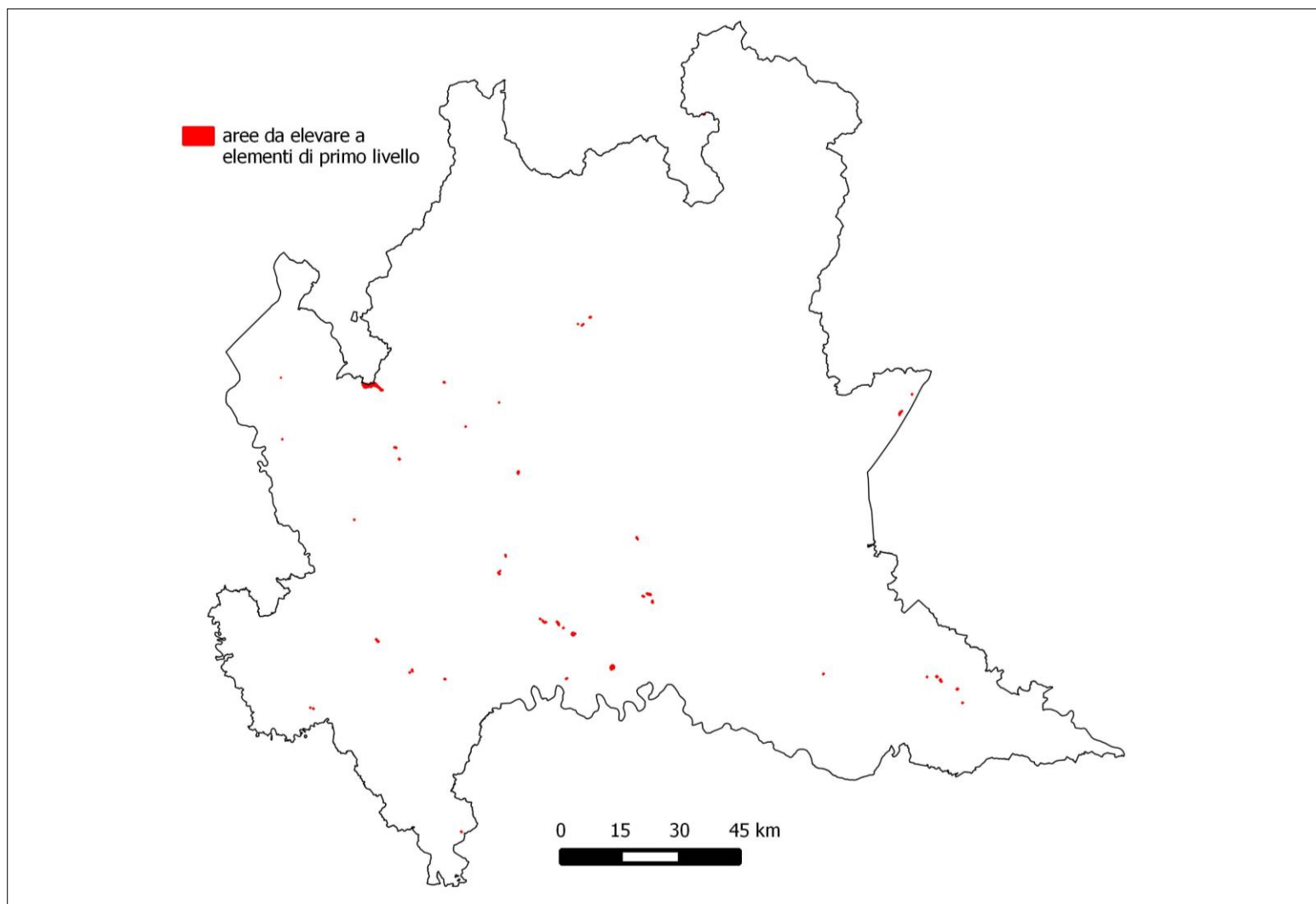


Figura 3.35. Superfici di siti Natura 2000 attualmente escluse dagli elementi primari della RER e per le quali si propone di estendere gli elementi di primo livello della RER al fine di includere tali superfici negli elementi di maggior importanza della rete ecologica. Si tratta in generale di superfici molto piccole; in questa mappa e nelle figure seguenti è stato volutamente reso più ampio il bordo dei poligoni, per facilitarne la visione a questa scala generale. Per una definizione precisa delle

aree da includere negli elementi di primo livello si rimanda allo shape file allegato

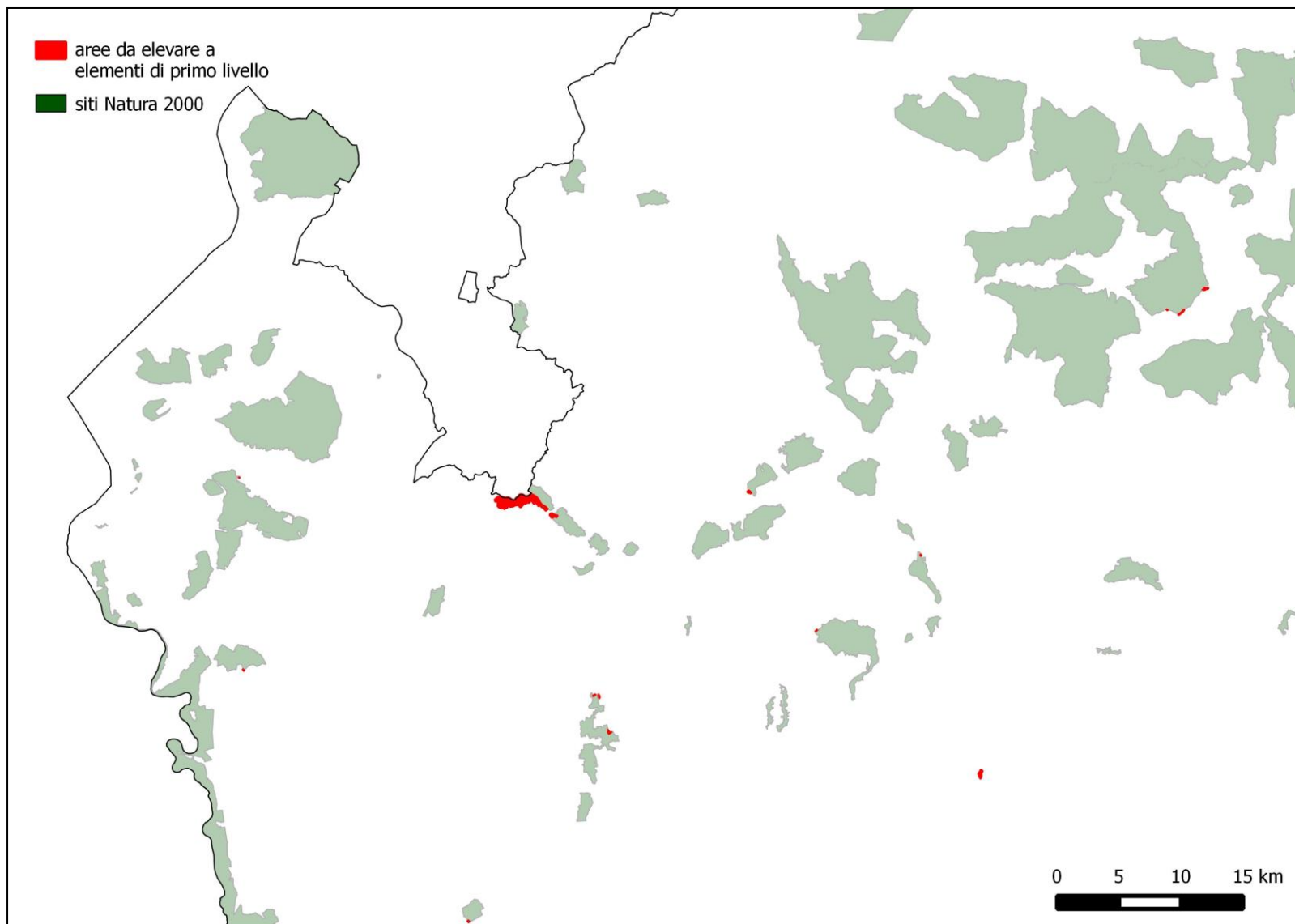


Figura 3.36. Superfici di siti Natura 2000 attualmente escluse dagli elementi primari della RER e per le quali si propone di estendere gli elementi di primo livello della RER: settore nord-occidentale.

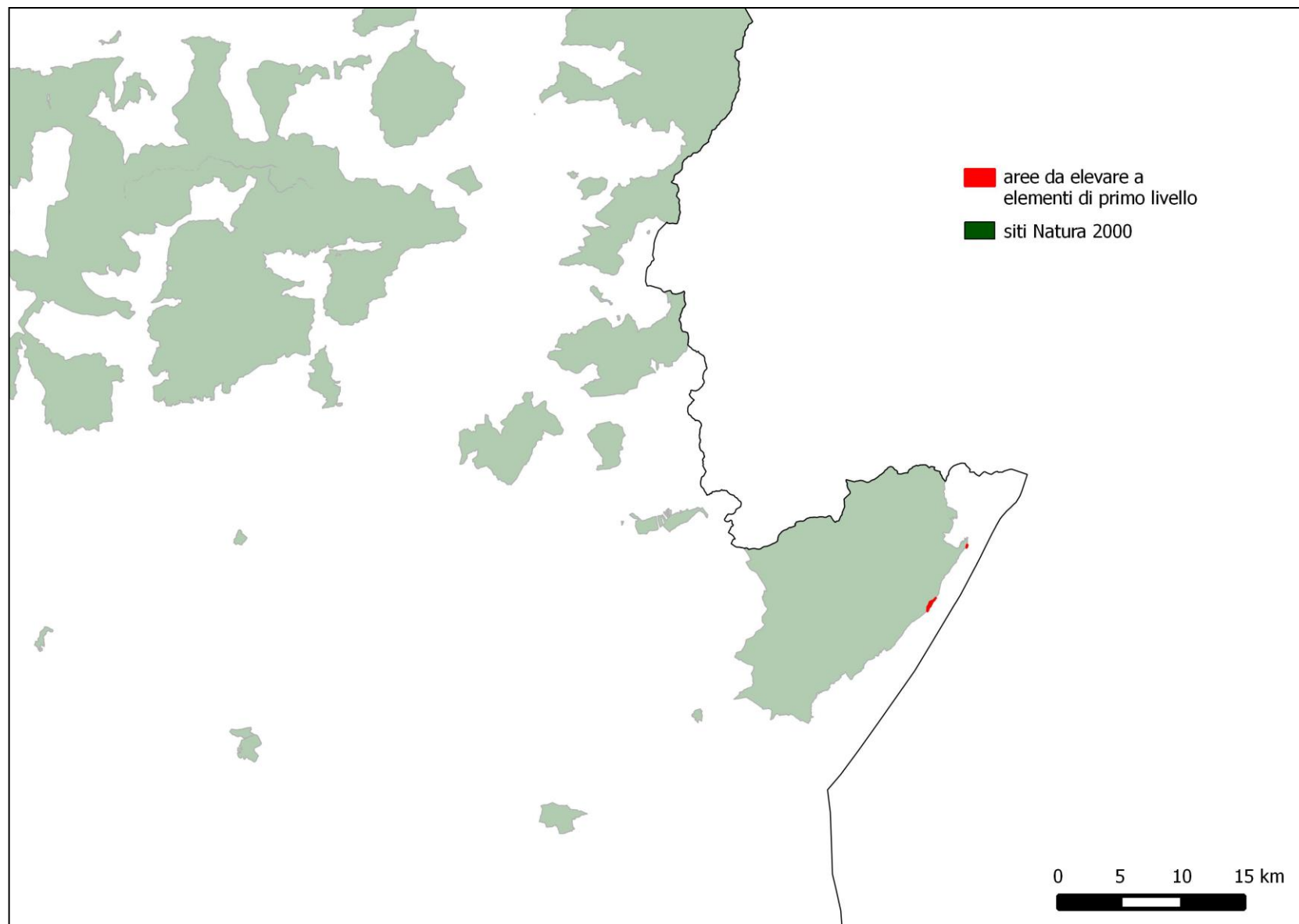


Figura 3.37. Superfici di siti Natura 2000 attualmente escluse dagli elementi primari della RER e per le quali si propone di estendere gli elementi di primo livello della RER: settore orientale.

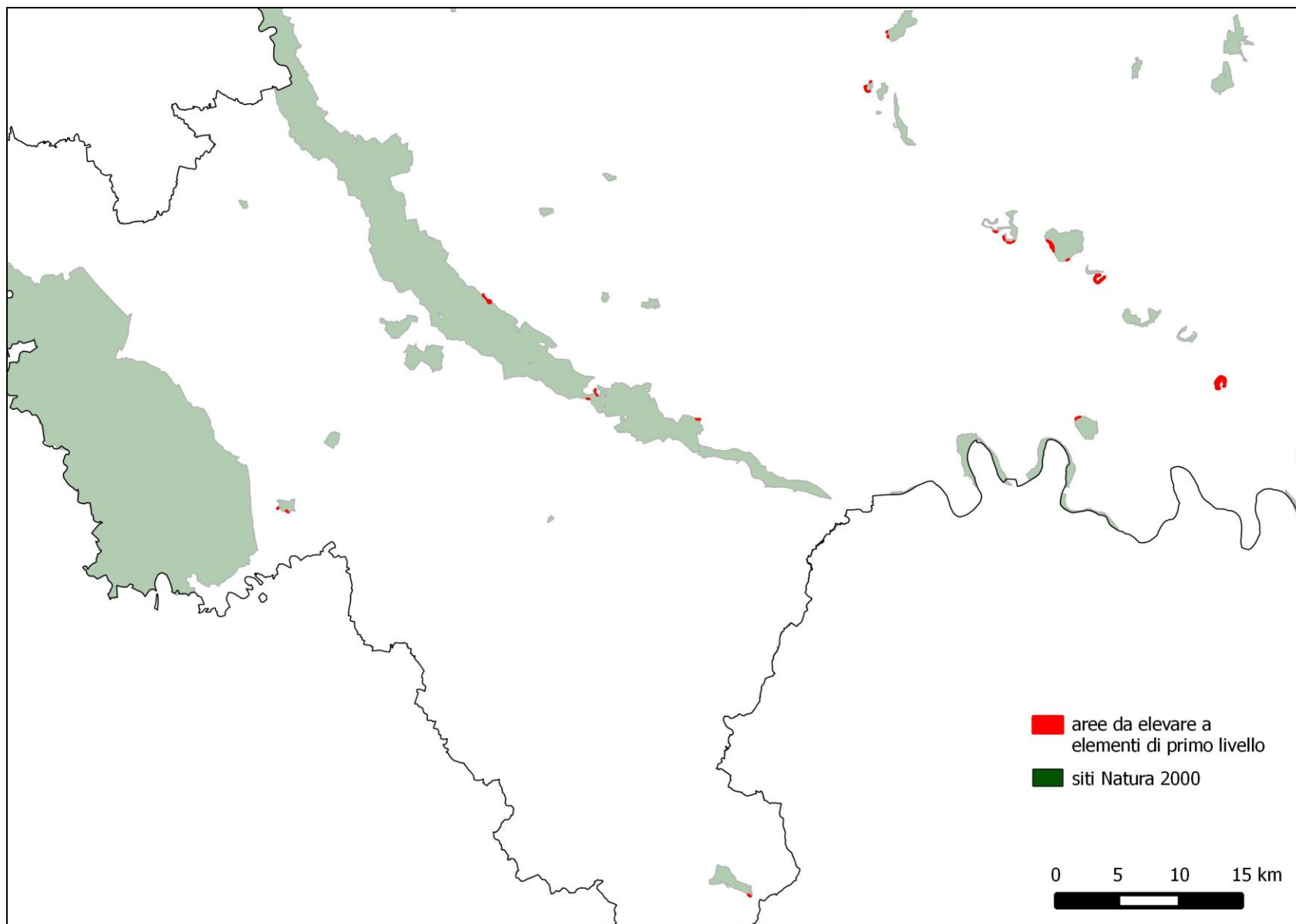


Figura 3.38. Superfici di siti Natura 2000 attualmente escluse dagli elementi primari della RER e per le quali si propone di estendere gli elementi di primo livello della RER: settore sud-occidentale.

LIFE+ LIFE11 NAT/IT/044 GESTIRE

Development of the strategy to manage the Natura 2000 network in the Lombardia Region

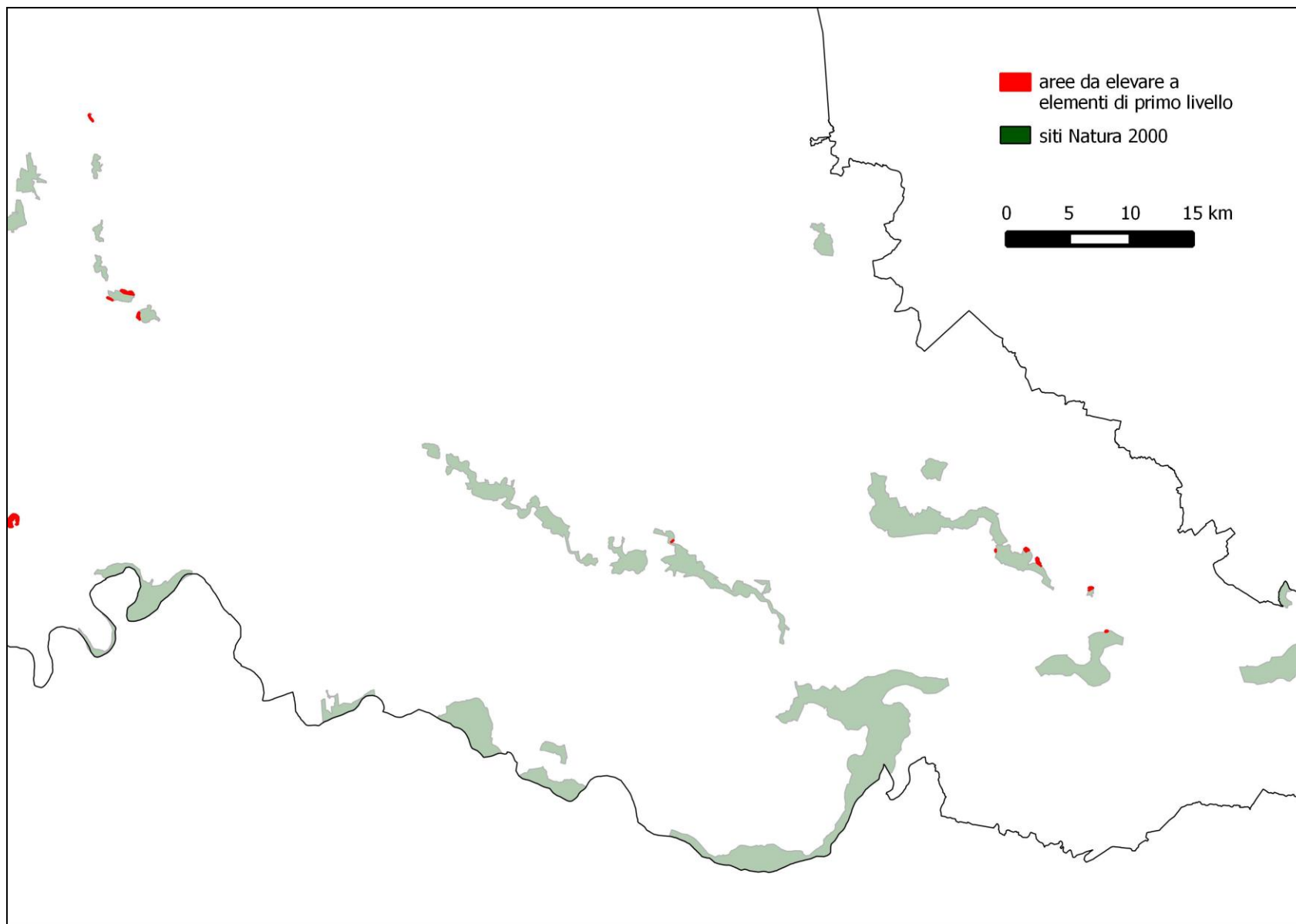


Figura 3.39. Superfici di siti Natura 2000 attualmente escluse dagli elementi primari della RER e per le quali si propone di estendere gli elementi di primo livello della RER: settore sud-orientale.

LIFE+ LIFE11 NAT/IT/044 GESTIRE

Development of the strategy to manage the Natura 2000 network in the Lombardia Region

4. Discussione

La frammentazione degli habitat rappresenta uno dei principali problemi per la conservazione di molte specie ed habitat a livello europeo e, in generale, in tutte le aree densamente popolate o comunque soggette a forte urbanizzazione o altre forme di alterazione antropica.

Anche in Lombardia, molte porzioni del territorio regionale risentono fortemente dell'impatto delle attività umane e della conseguente frammentazione degli habitat.

L'individuazione delle aree strategiche come aree sorgente e corridoi in una rete di aree protette o comunque di valore ambientale, quale l'insieme dei siti Natura 2000, è necessaria per una corretta programmazione territoriale, sia in termini di valutazione di piani e progetti (e di conseguenti misure per prevenire impatti; Bennet 2004, Gurrutxaga et al. 2011), sia in termini di strategie di conservazione e deframmentazione delle barriere e delle interruzioni alla connessione ecologica. La Direttiva Habitat impone che il paesaggio sia gestito in modo da garantire la coerenza ecologica di rete Natura 2000, e tale requisito è basilare per la corretta implementazione della Direttiva stessa (Kettunen et al. 2007). Questi elementi sono stati alla base della definizione della Rete Ecologica Regionale e sono stati ripresi in questa analisi finalizzata a rivedere ed aggiornare il ruolo della RER secondo la specifica esigenza di elemento di connessione per siti, specie ed habitat della rete Natura 2000. Come già precedentemente spiegato, le analisi di connettività ecologica evidenziano un quadro sostanzialmente positivo per le specie e gli habitat forestali nel contesto alpino e prealpino, con interruzioni della continuità ecologica in corrispondenza dei principale fondovalle alpini (interruzioni di natura antropica), oppure delle cime più elevate e dei grandi laghi (interruzioni naturali). Avvicinandosi verso la Pianura padana, l'aumento dell'impatto antropico sugli habitat naturali determina una brusca riduzione della connettività ecologica, nell'area a cavallo tra alta pianura e prime propaggini prealpine, con forte riduzione delle aree permeabili. In questo contesto, sottoposto a fortissime pressioni legate alla forte urbanizzazione e infrastrutturazione (peraltro ancora in aumento), è di vitale importanza salvaguardare le connessioni esistenti, con particolare riguardo ai varchi¹ individuati dalla RER.

Nella Pianura padana, la scarsa connettività mediamente riscontrata è dovuta

¹ I varchi rappresentano situazioni particolari in cui la permeabilità ecologica di aree interne o contigue ad elementi della RER viene minacciata o compromessa da interventi antropici, quali urbanizzazione, realizzazione di importanti infrastrutture, creazione di ostacoli allo spostamento delle specie biologiche. Sono ambiti critici ove mantenere e/o ripristinare la permeabilità ecologica.

principalmente all'agricoltura intensiva, sebbene il contributo di infrastrutture e zone urbanizzate sia localmente importante. In questo quadro di scarsa permeabilità ecologica, le aste fluviali emergono come gli unici contesti ambientali in cui si sono preservati elementi di valore anche ai fini della connettività ecologica. Lungo queste direttrici, peraltro costituenti la struttura portante della RER in pianura e largamente tutelate da aree protette, è opportuno potenziare la connessione ecologica dirigendo in modo strategico gli interventi di forestazione e le altre azioni di riqualificazione ecologica.

Per quanto riguarda le zone umide, al di là della naturale scarsità di siti rappresentativi e di collegamento tra gli stessi in ambito montano, si ravvisa come la situazione risulti piuttosto compromessa nei fondovalle dell'area alpina e prealpina e, ancora più rilevante, vi siano poche zone di reale continuità ecologica nelle aree planiziali e di alta pianura. In questi contesti, accanto ad alcune situazioni caratterizzate da buona connettività, come nel caso dei laghi prealpini ubicati a ridottissima distanza tra loro (come nel Varesotto e nel caso dei Laghi Briantei) o in alcune porzioni della Lomellina, dell'Oltrepò pavese pianeggiante (porzione occidentale) o del Mincio, vi sono vaste aree in cui gli elementi di pregio e la connettività ecologica risultano rispettivamente molto scarsi/isolati e molto debole. Risulta pertanto molto importante sviluppare strategie di mitigazione dell'isolamento delle zone umide, attraverso ampliamento, riqualificazione e realizzazione di nuovi siti, soprattutto nei pressi delle aste fluviali, che anche in questo caso includono la maggior parte delle aree dove si è preservata una certa connettività (Fig. 4.1).

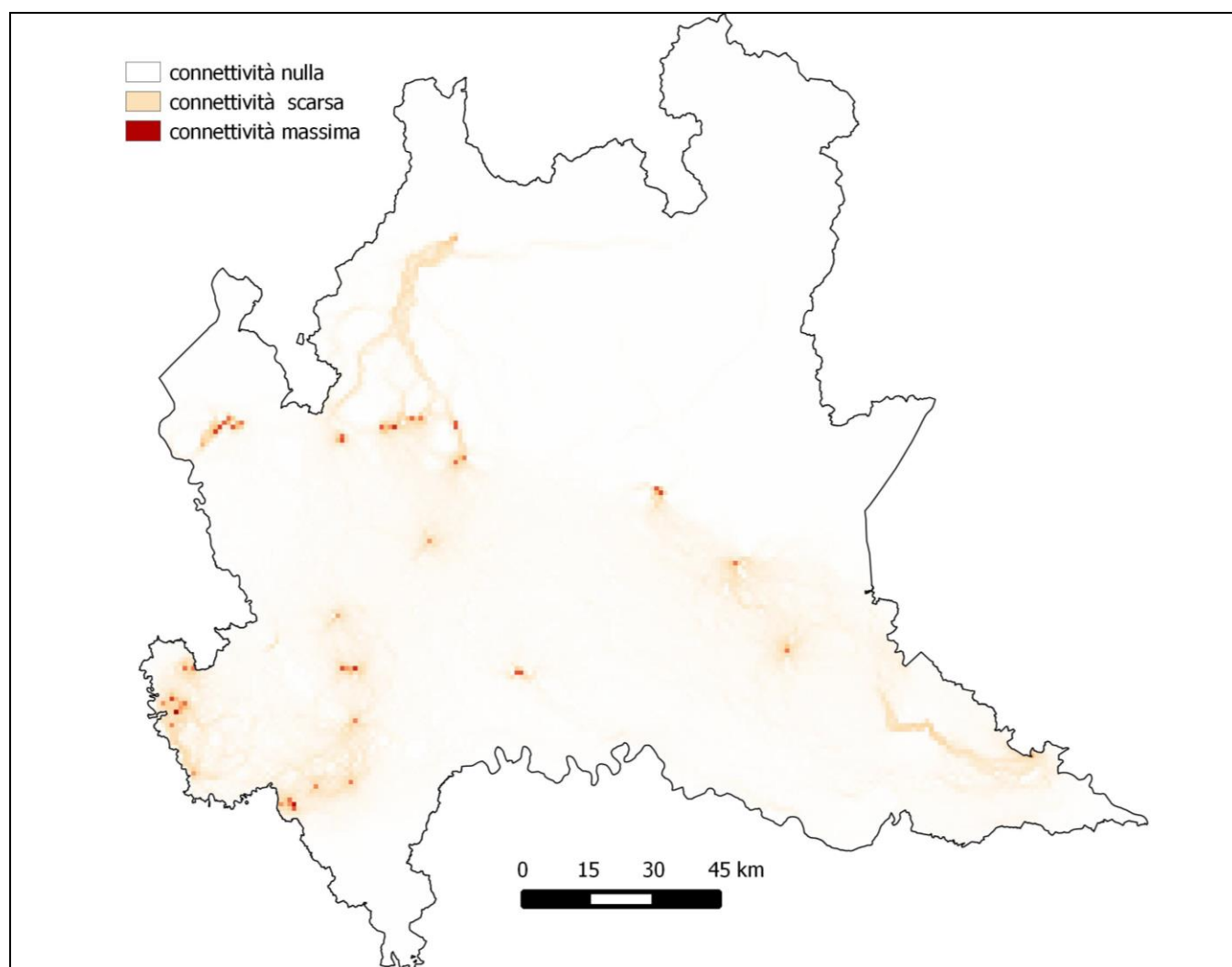


Figura 4.1. La connettività ecologica per le zone umide in Lombardia.

5. Conclusioni

Il mantenimento della connessione ecologica è un elemento essenziale della strategia adottata a livello continentale per la conservazione della biodiversità attraverso le direttive europee, ed in particolare tramite la Direttiva Habitat. Quest'ultima considera il sistema Rete Natura 2000 stesso come la base per la realizzazione di una rete ecologica coerente a larga scala, e pertanto a livelli gerarchici e geografici inferiori (nazionale, regionale, provinciale, locale, comunale) è essenziale che la pianificazione integri le esigenze di connessione ecologica a partire proprio da siti, specie ed habitat tutelati dalle direttive comunitarie.

Questo è il processo alla base della realizzazione della RER e su cui si è sviluppato anche il presente lavoro, finalizzato da un lato a rivedere, alla luce delle recenti variazioni nella individuazione e perimetrazione di alcuni siti e delle analisi spazialmente esplicite di connettività ecologica, alcuni dettagli della perimetrazione degli elementi della RER e, dall'altro, a fornire gli indirizzi per la sua gestione e attuazione concreta.

Con questo lavoro sviluppato nell'ambito dell'Azione C.1 è stato possibile individuare le aree in cui è auspicabile ampliare gli elementi di primo livello della RER, per includere i siti Natura 2000 recentemente istituiti o ampliati o le porzioni di siti rimaste al di fuori. Inoltre, si sono definite delle priorità gestionali per i diversi ambiti della RER, finalizzate ad incrementare la connettività ecologica tra gli habitat e a preservare, anche in un futuro caratterizzato da un clima mutato rispetto all'attuale, gli ambienti e le aree necessarie a garantire la connessione ecologica per gli habitat e le specie che varieranno il loro areale in risposta ai cambiamenti climatici.

Bibliografia citata e consultata

- Araújo MB, Lobo JM, Moreno JC 2007. The effectiveness of Iberian protected areas in conserving terrestrial biodiversity. *Conserv Biol* 21:1423-1432.
- Baldwin RA 2009. Use of maximum entropy modeling in wildlife research. *Entropy* 11:854-869
- Bennett G. 2004. Integrating Biodiversity Conservation and Sustainable Use: Lessons Learned From Ecological Networks. IUCN, Gland, Switzerland/Cambridge, UK.
- Bogliani et al. 2007. Aree prioritarie per la biodiversità nella Pianura Padana lombarda. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano.
- Bogliani et al. 2009. Aree prioritarie per la biodiversità nelle Alpi e Prealpi lombarde. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano.
- Brambilla M & Saporetti F 2014. Modelling distribution of habitats required for different uses by the same species: Implications for conservation at the regional scale. *Biological Conservation*, 174: 39-46.
- Brambilla M, Casale F, Bergero V, Crovetto GM, Falco R, Negri I, Siccardi P & Bogliani G 2009. GIS-models work well, but are not enough: Habitat preferences of *Lanius collurio* at multiple levels and conservation implications. *Biological Conservation* 142: 2033-2042.
- Brambilla M, Bassi E, Bergero V, Casale F, Chemollo M, Falco R, Longoni V, Saporetti F, Viganò E, Vitulano S 2013. Modelling distribution and potential overlap between Boreal Owl *Aegolius funereus* and Black Woodpecker *Dryocopus martius*: implications for management and monitoring plans. *Bird Conserv Internatn* 23:502-511.
- Brambilla M, Casale F, Bergero V, Bogliani G, Crovetto GM, Falco R, Roati M, Negri I 2010. Glorious past, uncertain present, bad future? Assessing effects of land-use changes on habitat suitability for a threatened farmland bird species. *Biol Conserv* 143:2770-2778.
- Brambilla M, Rizzolli F, & Pedrini P 2012. The effects of habitat and spatial features of wetland fragments on the abundance of two rallid species with different degrees of habitat specialization. *Bird Study* 59: 279-285.
- Brambilla M, Bergero V, Bassi E, Falco R 2015. Current and future effectiveness of Natura 2000 network in the central Alps for the conservation of mountain forest owl

- species in a warming climate. *European Journal of Wildlife Research* 61: 35-44.
- Brambilla M, Ficetola GF 2012. Species distribution models as a tool to estimate reproductive parameters: a case study with a passerine bird species. *J. Anim Ecol* 81:781-787.
- Braunisch V, Patthey P, & Arlettaz R 2011. Spatially explicit modeling of conflict zones between wildlife and snow sports: prioritizing areas for winter refuges. *Ecological Applications*, 21(3), 955-967.
- Caprio E, Chamberlain DE, Isaia M & Rolando A 2011. Landscape changes caused by high altitude ski-pistes affect bird species richness and distribution in the Alps. *Biological Conservation*, 144(12), 2958-2967.
- Carnaval AC, Hickerson MJ, Haddad CFB, Rodrigues MT, Moritz C 2009. Stability Predicts Genetic Diversity in the Brazilian Atlantic Forest Hotspot. *Science* 323:785-789.
- Casale F, Brambilla M. 2009. *Averla piccola. Ecologia e conservazione*. Fondazione Lombardia per l'Ambiente e Regione Lombardia, Milano. ISBN 978-88-8134-069-9.
- Chamberlain DE, Negro M, Caprio E, Rolando A 2013. Assessing the sensitivity of alpine birds to potential future changes in habitat and climate to inform management strategies. *Biol Conserv* 167:127-135.
- Cramp S 1985. *The birds of the Western Palearctic, Volume IV*. Oxford University Press, Oxford.
- Dawson TP, Jackson ST, House JI, Prentice IC, Mace GM 2011. Beyond Predictions: Biodiversity Conservation in a Changing Climate. *Science* 332:53-58.
- Devictor V, van Swaay C, Brereton T et al. 2012 Differences in the climatic debts of birds and butterflies at a continental scale. *Nature Climate Change* 2:121-124.
- Dimitrakopoulos PG, Memtsas D, Troumbis AY 2004. Questioning the effectiveness of the Natura 2000 Special Areas of Conservation strategy: the case of Crete. *Global Ecol Biogeogr* 13:199-207.
- Dirnböck T, Essl F, Babitsch W 2011. Disproportional risk for habitat loss of high-altitude endemic species under climate change. *Global Change Biol* 17:990-996.
- Disch D, Reppe S, Liebing A. 2007. *Climate change in the Alps Facts - Impacts -*

Adaptation. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU).

Elith J, Graham CH, Anderson RP et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29:129–151.

Elith J, Phillips SJ, Hastie T, Dudík, M Chee YE, Yates CJ 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17:43–57.

Engler JO, Rödder D, Stiels D, Förchler MI 2014. Suitable, reachable but not colonised: seasonal niche duality in an endemic mountainous songbird. *J Ornithol* 155: 657–669.

ERSAF 2013. Rapporto sullo stato delle foreste in Lombardia al 31 dicembre 2012.

ERSAF, Regione Lombardia.
http://www.ersaf.lombardia.it/upload/ersaf/gestionedocumentale/RAPPORTO_STATO_FORESTE_2012_784_16743.pdf

Essl F, Staudinger M, Stöhr O, Schratt-Ehrendorfer L, Rabitsch W, Niklfeld H 2009. Distribution patterns, range size and niche breadth of Austrian endemic plants. *Biol Conserv* 142:2547–2558

European Commission. 2013. Guidelines on Climate Change and Natura 2000.

Gurrutxaga M, Lozano PJ, del Barrio G 2010. GIS-based approach for incorporating the connectivity of ecological networks into regional planning. *J. Nat. Conserv.* 18, 318–326.

Gurrutxaga M, Rubio L & Saura S 2011. Key connectors in protected forest area networks and the impact of highways: A transnational case study from the Cantabrian Range to the Western Alps (SW Europe). *Landscape and Urban Planning* 101: 310–320.

Gustin M, Brambilla M, Celada C 2009. Valutazione dello stato di conservazione dell'avifauna italiana. Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare & LIPU/BirdLife Italia, Roma.

Gustin M, Brambilla M, Celada C (eds.) 2010. Valutazione dello Stato di Conservazione dell'avifauna italiana. Volume II. Passeriformes. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Lega Italiana Protezione

Uccelli (LIPU), Roma.

Hannah L, Midgley G, Andelman S, Araujo M, Hughes G, Martinez-Meyer E, Pearson R, Williams P 2007. Protected area needs in a changing climate. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5:131–138

Hansen L, Hoffman J, Drews C, Mielbrecht E 2010. Designing Climate-Smart Conservation: Guidance and Case Studies. *Conserv Biol* 24:63–69.

Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG, Jarvis A 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int J Climatol* 25:1965–1978.

Jetz W, Wilcove DS, Dobson AP 2007. Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. *PLoS Biol* 6:e157.

Johnston A, Ausden M, Dodd AM et al. 2013. Observed and predicted effects of climate change on species abundance in protected areas. *Nature Climate Change* 3:1055–1061.

Kettunen M, Terry A, Tucker G, Jones A 2007. Guidance on the maintenance of landscape features of major importance for wild flora and fauna – Guidance on the implementation of article 3 of the Birds Directive (79/409/EEC) and Article 10 of the Habitats Directive (92/43/EEC). Institute for European Environmental Policy, Brussels.

Kujala H, Araújo MB, Thuiller W, Cabeza M 2011. Misleading results from conventional gap analysis—Messages from the warming north. *Biol Conserv* 144: 2450–2458.

Laiolo P, Dondero F, Ciliento E, Rolando A 2004. Consequences of pastoral abandonment for the structure and diversity of the alpine avifauna. *J Appl Ecol* 41:294–304.

Liu C, Berry PM, Dawson TP, Pearson RG 2005. Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography* 28:385–393.

Liu C, White M, Newell G 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *J Biogeogr* 40:778–789.

Lobo JM, Jiménez-Valverde A, Real R 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecol Biogeogr* 17:145–151.

- Mantyka-Pringle CS, Martin TG, Rhodes JR 2012. Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biol* 18:1239–1252.
- Martin K 2001. Wildlife in alpine and sub-alpine habitats. In: *Wildlife-Habitat Relationships in Oregon and Washington*. Johnson, D.H., O'Neil, T.A. (eds.); Oregon State University Press, Corvallis, OR, pp. 285-310.
- McRae BH 2006. Isolation by resistance. *Evolution* 60:1551-1561.
- McRae BH & Beier P 2007. Circuit theory predicts Gene flow in plant and animal populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 104:19885-19890.
- McRae BH, Dickson BG, Keitt TH, Shah VB 2008. Using circuit theory to model connectivity in ecology and conservation. *Ecology* 10: 2712-2724.
- McRae, BH, Shah VB, Mohapatra TK 2013. *Circuitscape 4 User Guide*. The Nature Conservancy. <http://www.circuitscape.org>.
- Moss RH et al. 2010. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature* 463: 747–756.
- Parmesan C, Yohe G 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421:37–42.
- Paterson JS, Araujo MB, Berry PM, Piper JM, Rounsevell MD 2008. Mitigation, adaptation, and the threat to biodiversity. *Conservation Biology*, 22: 1352-1355.
- Patthey P, Wirthner S, Signorell N, Arlettaz R 2008. Impact of outdoor winter sports on the abundance of a key indicator species of alpine ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 45: 1704-1711.
- Pearson RG, Raxworthy CJ, Nakamura M, Peterson AT 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *J Biogeogr* 34:102–117.
- Pedrini P, Caldonazzi M, Zanghellini S (eds) 2005. *Atlante degli uccelli nidificanti e svernanti in provincia di Trento*. Museo Tridentino di Scienze Naturali, Trento.
- Pereira HM, Leadley PW, Proenca V et al. 2010. Scenarios for Global Biodiversity in the 21st Century. *Science* 330:1496–1501.

- Phillips SJ, Anderson RP, Schapire RE 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol Model* 190:231–259.
- Pirovano AR, Zecca G 2014. Black Woodpecker *Dryocopus martius* habitat selection in the Italian Alps: implications for conservation in Natura 2000 network. *Bird Conservation International* 24: 299-315.
- Pozzi A. 2009. The Effect of Climate Change on Alpine destinations in Lombardy. IREALP. available at <http://www.climalptour.eu/>
- Regione Lombardia, ERSAF 2014. DUSAF 4.0. <https://www.dati.lombardia.it/Territorio/Uso-del-suolo-DUSAF-4-0-Anno-2012/2ze8-fyd2>.
- Reif J, Flousek J 2012. The role of species' ecological traits in climatically driven altitudinal range shifts of central European birds. *Oikos* 121:1053–1060.
- Rubio-Salcedo M, Martínez I, Carreño F, Escudero A 2013. Poor effectiveness of the Natura 2000 network protecting Mediterranean lichen species. *J Nat Conserv* 21:1-9.
- Maiorano L, Falcucci A, Garton EO, Boitani L 2007. Contribution of the Natura 2000 Network to Biodiversity Conservation in Italy. *Conserv Biol* 21:1433-1444.
- Sekercioglu CH, Schneider SH, Fay JP, Loarie SR 2008. Climate change, elevational range shifts and bird extinctions. *Conserv Biol* 22:140–150.
- Sergio F, Newton I, Marchesi L 2005. Top predators and biodiversity *Nature* 436:192
- Settele J et al 2008. Climate Risk Atlas of European Butterflies. Pensoft, Sofia.
- Shurulinkov P, Ralev A, Daskalova G, Chakarov N 2007. Distribution, numbers and habitat of Pigmy Owl, *Glaucidium passerinum* in Rhodopes Mts (S Bulgaria). *Acrocephalus* 28:159-163.
- Turner WR, Bradley BA, Estes LD, Hole DG, Oppenheimer M, Wilcove DS 2010. Climate change: helping nature survive the human response. *Conservation Letters* 3: 304-312.
- Vickery J, Arlettaz R 2012. The importance of habitat heterogeneity at multiple scales for birds in European agricultural landscapes. In Fuller, R.J. (ed.), *Birds and Habitat. Relationships in Changing Landscapes*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vigorita V, Cucè L (eds.) 2008. La fauna selvatica in Lombardia. Rapporto 2008 su

distribuzione, abbondanza e stato di conservazione di uccelli e mammiferi. Regione Lombardia.

Vrezec A, Tome D 2004. Habitat selection and patterns of distribution in a hierarchic forest owl guild. *Ornis Fennica* 81:109-118.

Wisz MS, Hijmans RJ, Peterson AT, Graham CH, Guisan A, NPSDW Group 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Divers Distrib* 14:763-773.