Dove mangiano i cinghiali: un modello spaziale predittivo

LEONARDO Lami, Paolo Cavallini, Daniele Scarselli, Riccardo Petrini, Emilia Venturato, Cristina Moretto

Faunalia – piazza Garibaldi 5 – 56025 Pontedera Pl www.faunalia.it info@faunalia.it



immagine tratta dal sito del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

Introduzione

Nell'attuale panorama agricolo-forestale, la pressione esercitata da popolazioni di animali selvatici ed in particolare dagli Ungulati sulle colture agricole e forestali rappresenta uno dei principali problemi per lo sviluppo delle politiche rurali, costituendo una causa di conflitto fra caccaiatori e agricoltori. In Toscana i danni da fauna selvatica risultano un problema rilevante per le Amministrazioni Pubbliche con un costo di oltre 3,4 milioni di euro nel 2001.

La specie animale che provoca la maggior parte dei danni alle colture è di solito il cinghiale, responsabile in provincia di Pisa del 65% degli indennizzi nel 2002 e del 72% nel 2003. Se si escludono i danni provocati dalle specie in indirizzo, ovvero lepre e fagiano, una gestione oculata del cinghiale all'interno delle ZRC, diminuirebbe in misura sostanziale l'entità della spesa annuale.

Il progetto, svolto per conto dell'Amministrazione Provinciale di Pisa, nasce dall'esigenza di migliorare la gestione del cinghiale (*Sus scrofa*) in particolare nelle Zone di Ripopolamento e Cattura e, più in generale, su tutto il territorio provinciale.

L'idea di base dello studio era quella di integrare le informazioni in possesso relativi alle colture agricole danneggiate sia con i dati geografici propri della gestione faunistico-venatoria della provincia che con i dati del Sistema Informativo Territoriale della Regione Toscana, al fine di creare un modello che evidenziasse le aree a maggior rischio di danneggiamento da parte del cinghiale. Tale approccio permette di ottenere uno strumento di supporto alle scelte gestionali dell'Amministrazione, quali ad esempio:

- creazione di nuovi istituti faunistici e di protezione o ristrutturazione di quelli esistenti, escludendo le aree ad alto rischio di danni;
- impostazione, in tempo utile, di piani di prevenzione nelle zone a maggior rischio.

L'analisi delle relazioni tra la densità dei danni riscontrati all'interno delle ZRC e le variabili faunistiche e ambientali suddette, ha permesso di creare un modello matematico che, applicato in seguito a tutto il territorio provinciale ha fornito la mappa provinciale delle aree più a rischio.

Il modello si è basato sui dati raccolti nell'anno 2002 durante lo svolgimento delle perizie. Una prima validazione del modello è stata effettuata applicando i risultati ai dati

dei danni registrati nel 2003. L'applicazione del modello ai dati raccolti negli anni successivi ne verificherà la validità permettendo un adeguato perfezionamento.

Materiali e metodi

Software

L'analisi dei dati e la produzione delle mappe è stata effettuata tramite i seguenti software:

- il GIS (Geographical Information System) GRASS (Geographic Resources Analysis Support System);
- il programma di statistica *R* è costituito da un linguaggio e da un ambiente grafico dedicato al calcolo statistico, fornisce un'estesa varietà di analisi (modelizzazione lineare e non lineare, *test* di statistica classica, analisi temporali, classificazioni, *clustering*) ed è caratterizzato da un'elevata capacità grafica;
- il database PostgreSQL.

Tutti i programmi utilizzati sono disponibili sotto licenza GNU General Public License (GPL).

Le localizzazioni dei danni sono state effettuate tramite GPS (Garmin).

Dati utilizzati

Sono stati utilizzati i dati relativi ai soli danni attribuiti al cinghiale durante le perizie. Per ogni particella danneggiata sono state registrate le coordinate geografiche tramite GPS. I dati relativi ai danni verificati nel 2002 (N=166) sono stati utilizzati come base per la costruzione del modello, quelli dell'anno successivo, invece, sono serviti per la validazione.

Gli elementi geografici inseriti nell'analisi possono essere raggruppati, per semplicità, in quattro categorie in base alla loro natura:

Elementi morfologico-ambientali

- · vegetazione boschiva;
- · rete idrologica;
- DEM (Digital Elevation Model).

Elementi artificiali

- strade;
- linee ferroviarie;
- · aggregati urbani.

Istituti faunistici

- Oasi;
- · Riserve Naturali;
- Aziende Faunistico Venatorie (AFV);
- Aziende Agrituristico Venatorie (AAV);
- Aree Addestramento Cani (AAC);
- Area vocata al cinghiale (anno 2001).

Coordinate geografiche

- Asse X;
- Asse Y.

Analisi statistica

Le localizzazioni dei danni 2002 e un campione di punti *random*, collocati all'interno delle stesse ZRC sono stati utilizzati per la determinazione delle variabili correlate con la densità di danneggiamenti. In particolare sono stati misurati (tramite GRASS) i seguenti parametri:

- la distanza minima dai diversi oggetti geografici (escluso il DEM);
- l'altitudine;
- le coordinate.

I risultati di questa prima analisi sono stati importati in R e usati come base per l'analisi univariata (*Kolmogorov-Smirnov test* per l'analisi della distribuzione, *Wilcoxon rank sum test* per l'analisi della mediana) al fine di evidenziare le differenze statisticamente significative tra i valori registrati per le variabili dei due campioni. Le variabili che presentavano differenze statisticamente significative in almeno uno dei due *test* sono state selezionate per l'analisi successiva.

Tramite l'analisi delle correlazioni sono state escluse, inoltre, dall'analisi successiva le variabili collineari (che presentavano un grado di correlazione uguale o superiore allo 0,8 con altre). All'interno del gruppo delle variabili tra loro correlate abbiamo mantenuto quella che, dal punto di vista ecologico, risultava più influente sul cinghiale.

Le variabili così selezionate sono state usate per l'analisi logistica multivariata stepwise che ha permesso di selezionarle ulteriormente e ottenere una funzione probabilistica spaziale in grado di determinare la probabilità di danno da cinghiale.

La validazione del modello è stata fatta tramite il campione dei punti relativi ai danni da cinghiale raccolti nel 2003, dei quali sono state misurate esclusivamente le variabili considerate dalla funzione probabilistica ottenuta.

La mappa di rischio

Il nostro obiettivo era la realizzazione di una carta che fosse in grado di dare informazioni geografiche esaurienti sulla distribuzione della probabilità di danno da cinghiale nell'intero territorio della Provincia di Pisa. Per far questo il territorio della provincia è stato suddiviso in sottounità ed è stato determinato il valore medio delle variabili interessate dalla funzione probabilistica per ogni sottounità.

Tramite GRASS è stata creata, all'interno del vettore dei confini provinciali, una griglia puntiforme di passo pari a 150 metri. Per ogni punto della griglia sono stati calcolati i valori delle variabili interessate dal modello. Tali valori sono stati poi importati in R per il calcolo (sulla base delle funzione probabilistica) delle probabilità associata ad ogni punto della griglia.

Per la rappresentazione della mappa finale la griglia puntiforme è stata trasformata in un raster costituito da celle di 150 x 150 metri, centrate nei punti della griglia e ad ogni cella è stata attribuita la probabilità calcolata per il punto di griglia corrispondente.

Risultati

Una prima visione qualitativa della provincia attraverso i tematismi geografici mostra una distribuzione complessa che permette però di identificare due zone più o meno omogenee (Figura 1):

- la zona nord con un maggior sviluppo urbano ed una rete viaria più estesa;
- la zona sud con un minor sviluppo urbano ma con più ampie zone interessate da coltivazioni agricole e appezzamenti boschivi.

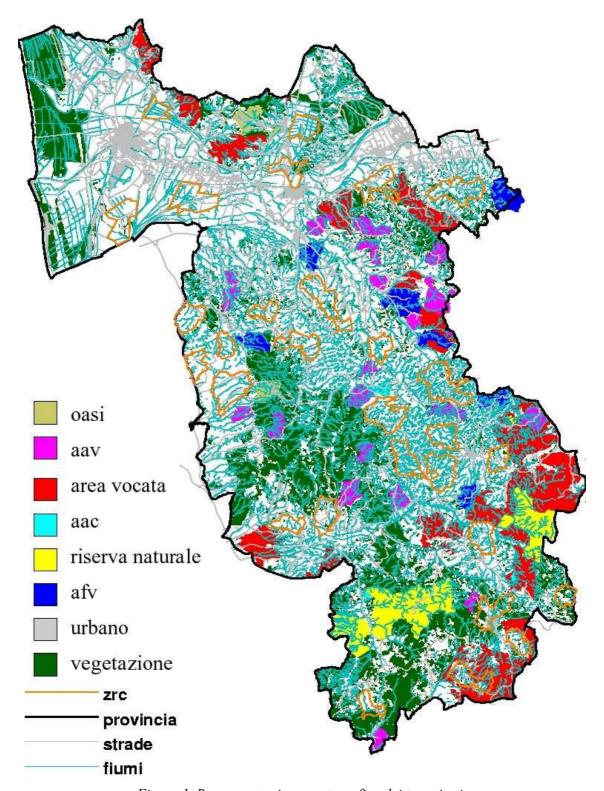


Figura 1. Rappresentazione cartografica dei tematismi

L'analisi univariata (tabelle 2 e 3, figure 2 e 3) effettuata su tutti i parametri iniziali ha permesso di selezionare le variabili di interesse per il modello.

Variabili a confronto	D	p-value	
Distanze da Aree Addestramento Cani	0.1707	0.0002885	
Distanze da Aziende Agrituristico Venatorie	0.0901	0.1701	
Distanze da Centri Urbani	0.1958	1.759e-05	
Distanze da Aziende Faunistico Venatorie	0.2589	2.934e-09	

Variabili a confronto	D	p-value	
Distanze da Aree Vocate	0.0999	0.09642	
Distanze da Ferrovia	0.3024	1.758e-12	
Distanze da Fiumi	0.0778	0.3175	
Distanze da Oasi	0.3612	< 2.2e-16	
Distanze da Riserve Naturali	0.4192	< 2.2e-16	
Distanze da Strade	0.3457	3.331e-16	
Distanze da Vegetazione	0.1479	0.002614	
Valori DTM	0.3521	< 2.2e-16	
Coordinate X	0.3163	1.297e-13	
Coordinate Y	0.542	< 2.2e-16	

Tabella 1. Kolmogorov-Smirnov test

Variabili a confronto	W	p-value	
Distanze da Aree Addestramento Cani	142811	0.5362	
Distanze da Aziende Agrituristico Venatorie	145599	0.8304	
Distanze da Centri Urbani	177784.5	8.421e-06	
Distanze da Aziende Faunistico Venatorie	189218	9.802e-10	
Distanze da Aree Vocate	141633	0.4299	
Distanze da Ferrovia	179647.5	2.308e-06	
Distanze da Fiumi	157892	0.1167	
Distanze da Oasi	212648	< 2.2e-16	
Distanze da Riserve Naturali	84310.5	< 2.2e-16	
Distanze da Strade	206879	< 2.2e-16	
Distanze da Vegetazione	128634	0.00746	
Valori DTM	109642	5.645e-08	
Coordinate X	207351.5	< 2.2e-16	
Coordinate Y	69961	< 2.2e-16	

Tabella 2. Wilcoxon Rank Sum test

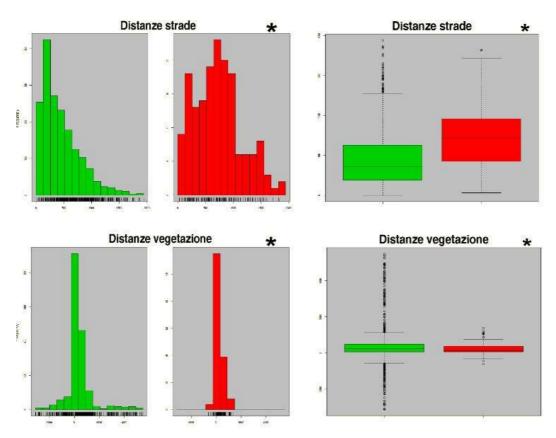


Figura 2 Test di Kolmogorov-Smirnov e Wilcoxon per alcune delle variabili in esame

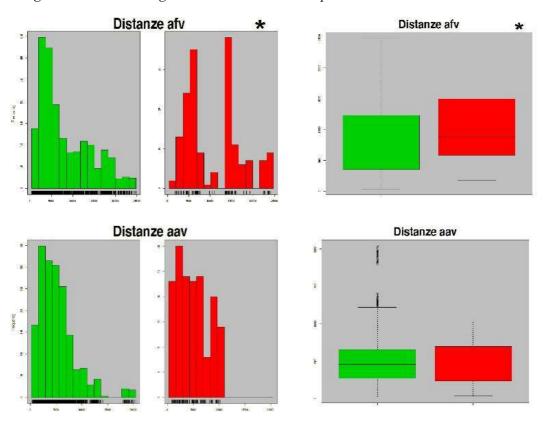


Figura 3 Test di Kolmogorov-Smirnov e Wilcoxon per alcune delle variabili in esame

Le variabili selezionate in questa prima fase sono state:

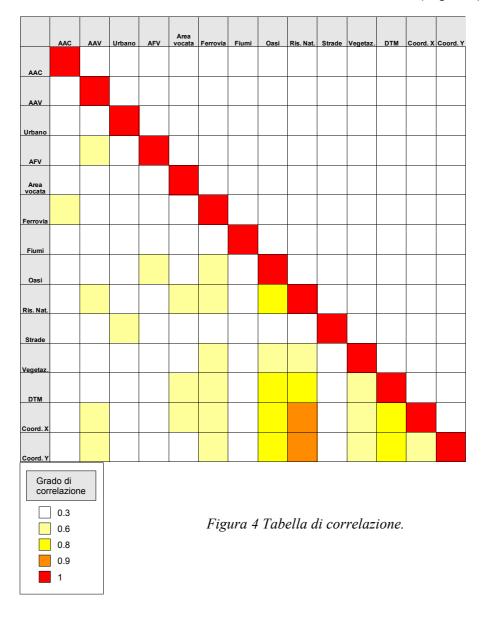
Distanza da:

- · aggregati urbani;
- ferrovia;
- · strade;
- · vegetazione boschiva;
- · Oasi;
- · Riserve Naturali;
- Aree Addestramento Cani (AAC);
- Aziende Faunistico Venatorie (AFV).

Valore di:

- DEM
- · Coordinate X;
- · Coordinate Y.

Una seconda selezione è stata fatta escludendo le variabili correlate tra di loro (Figura 4).



Le variabili risultanti, usate per l'analisi multivariata, sono state:

Distanze da:

- · aggregati urbani;
- strade;
- · vegetazione boschiva;
- · Oasi;
- Riserve Naturali:
- Aree Addestramento Cani (AAC);
- Aziende Faunistico Venatorie (AFV).

L'analisi multivariata *stepwise* ha fornito i risultati riportati nella Tabella 3 evidenziando come le variabili di interesse per la determinazione della probabilità di danno fossero date dalla distanza dell'appezzamento rispetto a: Aziende Faunistico Venatorie, Riserve Naturali, strade e vegetazione boschiva.

· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·						
Coefficients	Estimate	Std. Error	Z Value	P(> z		
Intercept	-2,752	2,495E-01	-1,103E+02	<2E-16	***	
AFV	6,297E-05	1,338E-05	4,706E+00	2,52E-06	***	
Riserve Naturali	-8,333E-05	1,129E-05	-7,383E+00	1,55E-13	***	
Strade	1,473E-03	2,064E-04	7,135E+00	9,70E-13	***	
Vegetazione boschiva	5,054E-04	1,183E-04	4,272E+00	1,93E-05	***	

Tabella 3. Variabili e relativi coefficienti selezionate dall'analisi logistica multivariata

La funzione probabilistica ottenuta è la seguente:

$$P = \frac{1}{(1 + \exp(-2.85 + AFV \times (1.6 \times 10^{-4}) + RN \times (-8.01 \times 10^{-06}) + strade \times (1.24 \times 10^{-03}) + veg \times (5.28 \times 10^{-04})))}$$

dove le variabili coinvolte risultano essere le distanze da:

- Aziende Faunistico Venatorie (AFV)
- Riserve Naturali (RN)
- Strade (strade)
- Vegetazione boschiva (veg)

La lettura della funzione mostra come il valore della probabilità aumenti con l'aumentare della distanza dalle strade (presumibilmente il facile accesso da parte dell'uomo provoca maggiori abbattimenti), dalle Aziende Faunistico Venatorie (dove il cinghiale viene cacciato, spesso molto intensamente) e dalla vegetazione boschiva (nel cui intorno le coltivazioni sono spesso più scarse e di minor valore economico) e, soprattutto, al diminuire della distanza dalle Riserve Naturali (dove sono presenti notevoli popolazioni di cinghiali).

Il modello probabilistico ottenuto è stato applicato al campione dei punti relativi ai danni effettuati da cinghiali nel 2002 ed al campione dei punti *random*.

Il primo gruppo presenta la quasi totalità dei punti con probabilità di essere interessati da danni da cinghiale maggiore del 50% (Figura 5) mentre il campione random è costituito da punti che per gran parte hanno probabilità minore del 50% (Figura 6).

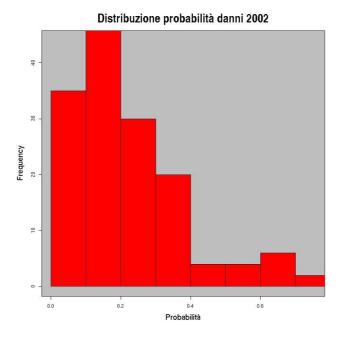


Figura 5. Distribuzione valori probabilità dei punti danni da cinghiale 2002

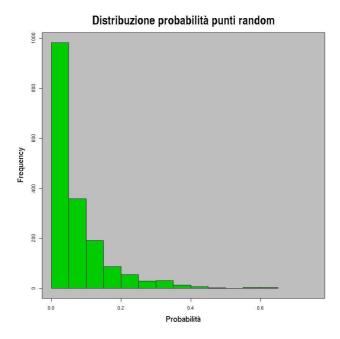


Figura 6. Distribuzione probabilità punti random

La validazione effettuata applicando il modello ai punti di danno del 2003 (Figura 7) mostra che il modello ha limitata efficacia nel predire la distribuzione dei danni nell'anno successivo.

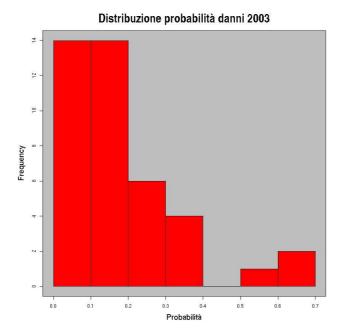


Figura 7.Distribuzione valori probabilità dei punti danni da cinghiale 2003

Il motivo di questa limitazione è probabilmente dovuto a variazioni interannuali, legate sia alla rotazione delle colture che alla fluttuazione delle diverse popolazioni di cinghiale dovute a motivi naturali (condizioni climatiche particolarmente diverse tra i due anni) e ad interventi gestionali differenti tra una ZRC e l'altra; inoltre, nel 2003 sono stati messi in atto interventi di prevenzione, che hanno sicuramente modificato la situazione.

L'applicazione dei valori di probabilità risultanti dall'analisi effettuata sulle ZRC a tutto il territorio della provincia, tramite la suddivisione di tutto il territorio provinciale in sottounità di uguale estensione ha permesso di realizzare la mappa delle probabilità di danno da cinghiale (Figura 8).

Si nota una notevole differenza tra le aree del nord (nelle quali il rischio è alto quasi esclusivamente lungo la costa tirrenica) e le aree a sud in cui, invece, il rischio di danneggiamenti è molto più diffuso e consistente, sebbene con notevoli variazioni da zona a zona.

Carta probabilita' danni da cinghiale

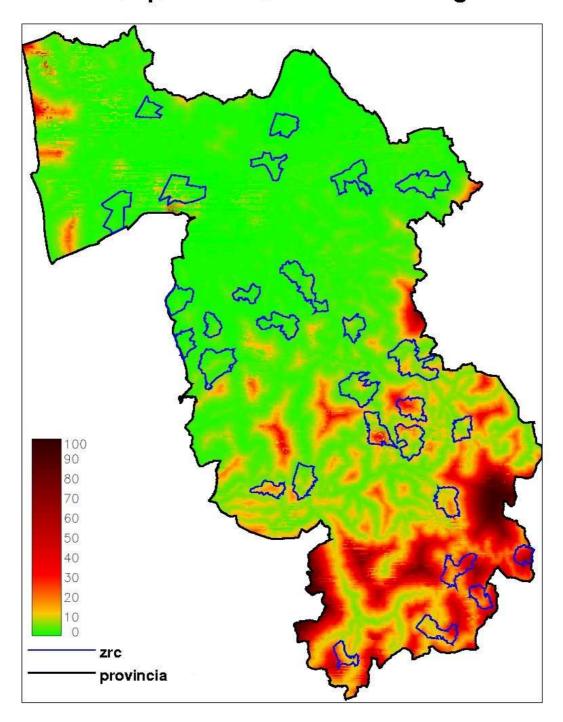


Figura 8. Mappa delle probabilità di danno da cinghiale per la Provincia di Pisa

Per meglio visualizzare e comprendere come le variabili selezionate dall'analisi statistica influenzino il rischio di danno nel territorio in esame, al *raster* delle probabilità di danno sono stati sovrapposti i *raster* ed i vettoriali relativi alle variabili del modello (Figura 9).

Carta probabilita' danni da cinghiale

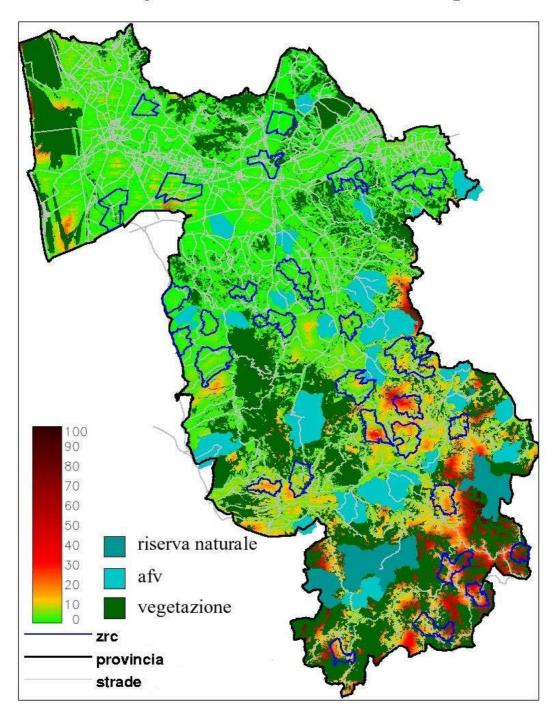


Figura 9. Mappa delle probabilità di danno da cinghiale per la Provincia di Pisa con sovrapposti i tematismi della funzione logistica

Adeguati ingrandimenti della mappa delle probabilità sulle singole ZRC (Figura 10) e la sovrapposizione dei punti di danno da cinghiale registrati nell'anno 2002 (in nero) e nell'anno 2003 (in blu) mostrano come i dati del 2002 e,in misura minore, quelli del 2003 siano localizzati nella quasi totalità dei casi all'interno, o nell'immediata prossimità, delle zone a più alto rischio.

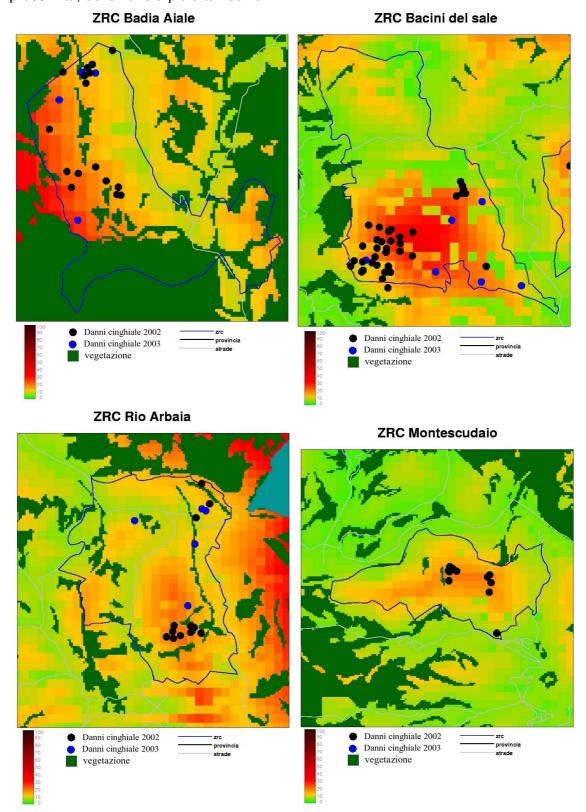


Figura 10. Particolari della mappa di probabilità di danno da cinghiale relative ad alcune ZRC

Conclusioni

Il fenomeno analizzato è risultato essere complesso e soprattutto non dipendente da una sola variabile.

Il ridotto potere predittivo ottenuto può essere dovuto sia al numero di dati limitato che da aree di campionamento piccole e relativamente omogenee.

Risulta quindi necessario un approfondimento con un maggior numero di dati tale da migliorare il modello predittivo e renderlo più efficiente.

La mappa risultante è comunque di notevole interesse come supporto alla pianficazione faunistico-venatoria della provincia e potrà essere integrata ed affinata da elaborazioni future.