

**STUDIO DI SIMULAZIONE SULL'UTILIZZO DI DIVERSE STRATEGIE DI
DEPOPOLAMENTO
COME STRUMENTO DI CONTENIMENTO DELLA PESTE SUINA AFRICANA**

Vincenzo Gervasi, Barbara Franzetti, Andrea Monaco, Vittorio Guberti

(24 Aprile 2025)

Riassunto e indicazioni per l'implementazione: Lo studio ha evidenziato che, allo scopo di realizzare un contenimento dell'attuale fronte della PSA e di contrastare la ricomparsa di focolai di infezione nelle aree già interessate dalla prima ondata epidemica, l'applicazione di una strategia integrata di gestione, basata su un depopolamento differenziale tra le aree interessate dalla presenza di focolai e quelle prive di casi di PSA, potrebbe essere uno strumento potenzialmente efficace.

Nell'ipotesi di una strategia integrata, i dati raccolti dai sistemi di sorveglianza della PSA sarebbero utilizzati su base quadrimestrale per classificare tutte le Unità di Gestione della Peste (UGP), secondo dei criteri numerici da definire nei dettagli, ma basati sui seguenti principi:

- 1- Le UGP nelle quali non sia stato riscontrato nessun caso di cinghiale abbattuto positivo alla PSA e in cui non sia stata raccolta nessuna carcassa di cinghiale, sarebbero classificate in zona 1.
- 2- Le UGP nelle quali sia stato riscontrato almeno un caso di cinghiale abbattuto positivo alla PSA o nelle quali sia stata raccolta almeno una carcassa di cinghiale infetta, sarebbero classificate in zona 2.

Sulla base di questa possibile zonizzazione, il modello di simulazione ha evidenziato che una strategia potenzialmente efficace per il contenimento della malattia potrebbe essere la seguente, basata su 3 obiettivi di gestione:

1. Nelle UGP classificate in zona 1 (non interessate da casi di PSA negli ultimi 4 mesi) raggiungimento di un **prelievo maggiorato del 25%** rispetto a quello medio del periodo 2022-2024, **realizzato con tutte le forme di abbattimento disponibili**.
2. Nelle UGP classificate in zona 2 (interessate da casi di PSA negli ultimi 4 mesi) raggiungimento di un **prelievo medio di almeno un capo / km²**, **realizzato unicamente con tecniche che abbiano un basso rischio di generare instabilità spaziale** nella popolazione di cinghiali (appostamento, trappole, recinti, etc.).
3. In tutte le UGP interessate dal sistema di gestione, raggiungimento di **un minimo di 15 carcasse di cinghiale / 100 km² ritrovate o segnalate ogni quattro mesi** (infette e non infette).

L'obiettivo generale del lavoro è stato quello di utilizzare gli strumenti analitici e i dati attualmente a nostra disposizione, per esplorare in che modo il depopolamento dei cinghiali nelle aree dell'Italia settentrionale attualmente interessate dalla peste suina possa rappresentare una strategia potenzialmente efficace di contenimento dell'epidemia, ed eventualmente di fornire indicazioni su come pianificare, organizzare e realizzare il depopolamento. L'analisi è stata realizzata alla scala dell'intero fronte di avanzamento attuale della malattia, senza poter scendere nel dettaglio di come la peste suina potrebbe svilupparsi localmente nei prossimi mesi.

Allo scopo di testare la possibile efficacia di diverse strategie di intervento per il contenimento della peste suina africana, abbiamo utilizzato come strumento di analisi un modello spazialmente esplicito di tipo individual-based, sviluppato nel corso degli ultimi 6 anni a partire da dati epidemiologici riferiti ai paesi baltici, e in particolare alla Lituania, e successivamente ottimizzato per il contesto dell'Italia settentrionale. Il modello era già stato utilizzato con successo per valutare quali fattori contribuissero maggiormente ad influenzare la probabilità di persistenza della malattia (Gervasi e Guberti 2021), per confrontare diverse strategie di eradicazione (Gervasi e Guberti 2022) e per simulare l'efficacia di una possibile futura campagna di vaccinazione (Gervasi e Guberti 2024). Si tratta, quindi, di un modello già sottoposto al vaglio della comunità scientifica come strumento per l'esplorazione dei principali aspetti eco-epidemiologici e di gestione legati alla peste suina africana. Nel gennaio 2024, nell'ambito di uno studio relativo alla diffusione e al contenimento della peste suina africana in Emilia-Romagna, il modello era poi stato calibrato per lo specifico contesto dell'Italia settentrionale (Gervasi et al. 2024).

Il lavoro di analisi è consistito in due fasi successive, con i seguenti obiettivi:

- 1- verificare se alla data del 31 gennaio 2025 il modello avesse ancora un buon livello di verosimiglianza rispetto ai dati reali dedotti dai sistemi di sorveglianza;
- 2- utilizzare il modello per confrontare diversi scenari di gestione della peste nel prossimo futuro, in termini di zonizzazione, intensità e tipo di prelievo, sforzo di ricerca delle carcasse infette.

1- Validazione del modello

Ai fini della validazione del modello, questo è stato fatto girare per 100 iterazioni, ognuna della durata di 1280 giorni, corrispondenti al tempo intercorso tra l'inizio dell'epidemia e il 31 gennaio 2025. Per ogni iterazione e per ognuno dei 3 anni di epidemia, sono state registrate le seguenti quantificazioni alla data del 31 gennaio: 1) numero di carcasse infette raccolte; 2) numero di cinghiali abbattuti e risultati infetti; 3) dimensioni stimate dell'area infetta. La distribuzione di frequenza di questi valori è stata poi confrontata con i valori reali, desunti dal sistema di sorveglianza della peste suina africana.

In Fig. 1 è possibile vedere il confronto tra il numero di casi giornalieri di PSA emersi tramite i sistemi di sorveglianza dall'inizio dell'epidemia (in basso) e il numero di carcasse infette presenti ogni giorno all'interno dello spazio simulato dal modello (in alto), a testimoniare la sostanziale concordanza temporale nei picchi epidemici tra dati reali e dati simulati.

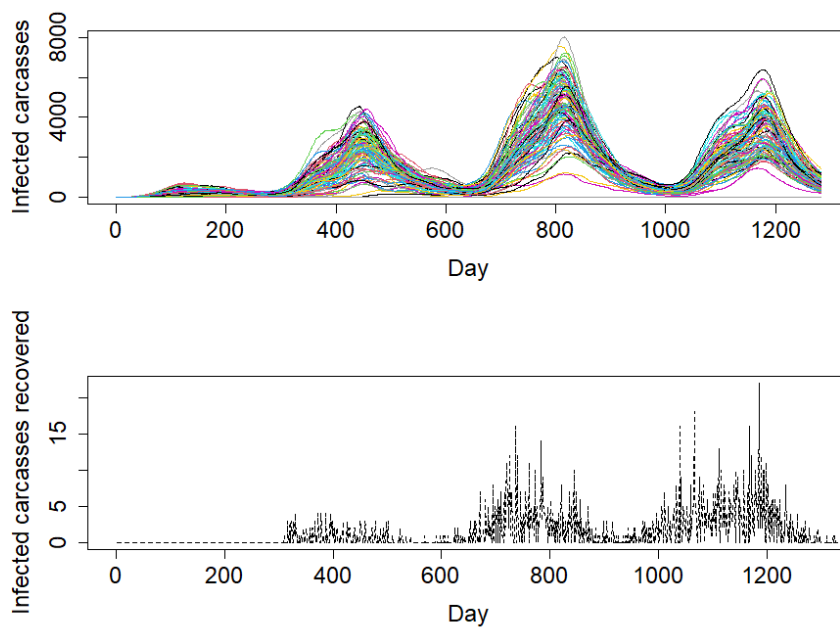


Fig. 1 - Confronto tra il numero di casi giornalieri di PSA emersi tramite i sistemi di sorveglianza dall'inizio dell'epidemia (in basso) e il numero di carcasse infette presenti ogni giorno all'interno dello spazio simulato dal modello (in alto).

Nelle Figure 2, 3 e 4 è invece riportata la distribuzione di frequenza del numero di carcasse infette raccolte (Fig. 2), del numero di cinghiali abbattuti positivi alla PSA (Fig. 3) e delle dimensioni dell'area infetta (Fig. 4) al termine del primo, secondo e terzo anni di epidemia. Le distribuzioni sono confrontate con i valori reali riportati dai sistemi di sorveglianza e indicano una sostanziale concordanza tra la tendenza temporale reali e quelle prodotte dal modello, tenendo conto dell'elevata variabilità dovuta alla natura stocastica del modello e del sistema eco-epidemiologico della PSA. In conclusione, pur con le cautele che derivano dalla natura teorica del modello e dalla mancanza di alcuni dati di campo (primo fra tutti la densità effettiva dei cinghiali), la validazione del modello ha mostrato un livello sufficiente di concordanza tra simulazioni e realtà. Ciò ha consentito di passare alla seconda fase del lavoro, ovvero quella del confronto tra diversi scenari di gestione dell'epidemia attraverso il depopolamento dei cinghiali.

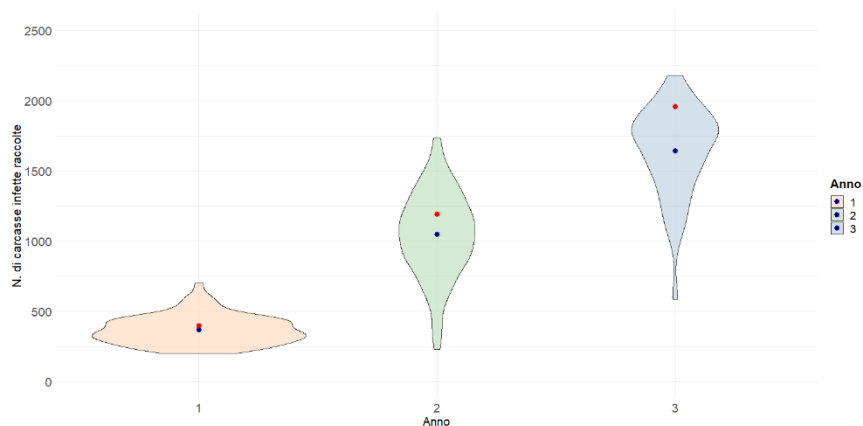


Fig. 2 – Distribuzione di frequenza del numero di carcasse infette raccolte al termine del primo, secondo e terzo anno di simulazione del modello PSA. I punti in blu indicano la media tra tutti i valori prodotti dal modello, mentre i punti in rosso indicano le quantità reali riportate dai sistemi di sorveglianza.

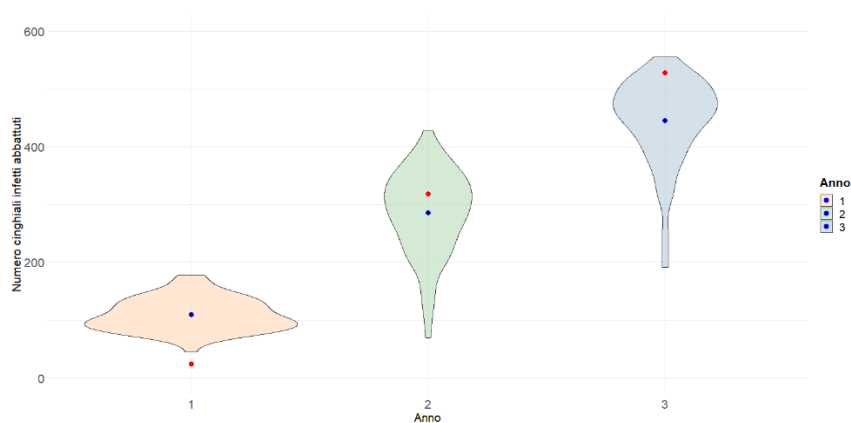


Fig. 3 – Distribuzione di frequenza del numero di cinghiali abbattuti e risultati positivi alla PSA al termine del primo, secondo e terzo anno di simulazione del modello PSA. I punti in blu indicano la media tra tutti i valori prodotti dal modello, mentre i punti in rosso indicano le quantità reali riportate dai sistemi di sorveglianza.

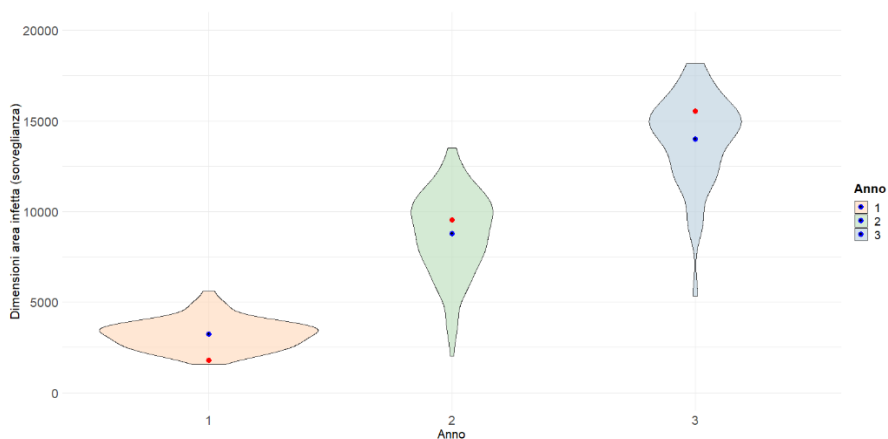


Fig. 4 – Distribuzione di frequenza delle dimensioni dell'area infetta al termine del primo, secondo e terzo anno di simulazione del modello PSA. I punti in blu indicano la media tra tutti i valori prodotti dal modello, mentre i punti in rosso indicano le dimensioni reali riportate dai sistemi di sorveglianza.

2- Simulazione degli scenari di gestione

Le simulazioni relative a diversi sistemi di gestione della PSA attraverso il depopolamento dei cinghiali sono state basate su un'ipotesi di zonizzazione delle aree interessate dall'epidemia, diversa rispetto a quella attualmente utilizzata. In base all'ipotesi di nuova zonizzazione, l'anno solare potrebbe essere suddiviso in tre quadrimestri: febbraio- maggio, giugno-settembre, ottobre-gennaio. Al termine di ogni quadrimestre, i dati raccolti dai sistemi di sorveglianza della PSA sarebbero utilizzati per classificare tutte le Unità di Gestione della Peste (UGP), secondo dei criteri numerici da definire nei dettagli, ma basati sui seguenti principi:

- 1- Le UGP nelle quali non sia stato riscontrato nessun caso di cinghiale abbattuto positivo alla PSA (in presenza di uno sforzo di caccia al di sopra di una soglia minima da definire) e in cui non sia stata raccolta nessuna carcassa di cinghiale infetta (in presenza di uno sforzo di ricerca di carcasse al di sopra di una soglia minima da definire), sarebbero classificate in zona 1.
- 2- Le UGP nelle quali sia stato riscontrato almeno un caso di cinghiale abbattuto e risultato positivo alla PSA o nelle quali sia stata raccolta almeno una carcassa di cinghiale infetta, sarebbero classificate in zona 2.

Inoltre, l'identificazione dei diversi scenari di gestione ha voluto prendere in considerazione e dare rilevanza al legame tra il prelievo venatorio e la comparsa di fenomeni di instabilità spaziale nel cinghiale. Diversi studi europei e italiani (Kueling et al. 2008, Scillitani et al. 2011, Thurfjell et al. 2013, Fattebert et al. 2017, Olejars et al. 2024) hanno messo in evidenza come il tipo e l'intensità della pressione di caccia possano modificare temporaneamente o permanentemente gli spostamenti del cinghiale sul territorio. Almeno uno di questi studi (Scillitani et al. 2011) è stato condotto nell'Appennino settentrionale, ovvero in un contesto ecologico molto simile a quello delle aree dell'Italia nord-occidentale, attualmente interessate dalla PSA. L'instabilità spaziale dovuta alla pressione della caccia può essere classificata in due categorie:

- 1- **Abbandono permanente dell'area:** avviene soprattutto durante il periodo della caccia (ottobre-gennaio), ma anche in altri periodi dell'anno, in seguito ad un disturbo intenso e ripetuto nel tempo. Scillitani et al. (2011) hanno osservato che 3 dei 10 gruppi familiari monitorati durante il loro periodo di studio hanno modificato in modo permanente il loro range, in seguito a ripetuto disturbo legato all'attività venatoria.
- 2- **Aumento dell'area di spostamento:** Anche questo fenomeno si verifica in modo prevalente durante il periodo della caccia, a seguito di un disturbo ripetuto nel tempo e di un tentativo di ridurre attivamente il rischio di mortalità. Scillitani et al. (2011) riferiscono di un aumento di circa 3.5 volte delle dimensioni delle aree di riposo dei cinghiali durante il periodo della caccia, rispetto a quello precedente. Keuling et al. (2008) riferiscono di un aumento del 75% nelle dimensioni dell'area frequentata dai cinghiali durante il periodo della caccia, rispetto ai periodi precedente e successivo.

Per tenere conto di questi effetti, nel modello sono state inserite tre diverse forme di prelievo, con diverse conseguenze sul movimento degli animali. Come illustrato in Tab. 1, sono state simulate due forme di prelievo ad alto e una a basso impatto sul movimento dei cinghiali. Gli effetti sono stati

generati attraverso due funzioni che legano in modo diretto e proporzionale l'intensità del prelievo alla modificazione dei pattern di spostamento. Nello scenario di base, la probabilità di abbandono permanente dell'area vitale è stata posta al 30% annuo in presenza di prelievo venatorio, mentre l'aumento delle dimensioni dell'area frequentata è stato posto al 75%.

Tipo di prelievo	Tecnica di prelievo	Periodo	Impatto sul movimento	Tasso di prelievo medio
Caccia	braccata, girata	Ottobre-gennaio	Elevato	20%
Controllo	braccata, mini-braccata con 3 segugi o con coppia o muta di 4 segugi abilitati, girata, girata con più di un cane	Tutto l'anno	Elevato	2.5%
Controllo con catture	recinti, trappole, tiro da appostamento diurno e notturno, cerca da auto	Tutto l'anno	Basso/nulla	2.5%

Tab. 1 – Tipologie di prelievo simulate nel modello di gestione della PSA, con indicazioni relative al periodo di applicazione, agli effetti sul movimento dei cinghiali e ai tassi di prelievo annui nello scenario di base.

Sulla base di questa ipotetica zonizzazione del territorio interessato dall'epidemia di PSA e dei possibili legami tra prelievo e dinamiche spaziali del cinghiale, il modello di simulazione è stato utilizzato per confrontare due macro-scenari, che si differenziano per le modalità di depopolamento all'interno delle due zone. In particolare:

Macro-scenario 1: In questo scenario, lo sforzo di contenimento della PSA sarebbe attuato attraverso un depopolamento intensivo nelle UGP classificate in zona 1, con un aumento del prelievo complessivo rispetto ai valori attuali, attraverso tutte le modalità di abbattimento disponibili (caccia e controllo). In questo scenario, all'interno delle UGP classificate in zona 2 si attuerebbe una strategia del tipo *sit-and-wait*, ovvero con una restrizione totale di tutte le forme di prelievo del cinghiale.

Macro-scenario 2: In questo scenario, lo sforzo di contenimento della PSA sarebbe attuato attraverso un sistema integrato che attui forme diverse di prelievo tra le UGP in zona 1 e quelle in zona 2. Per le UGP classificate in zona 1 si prevederebbe un aumento del prelievo rispetto ai valori attuali, attraverso tutte le modalità di abbattimento disponibili (caccia e controllo), mentre all'interno delle UGP classificate in zona 2 si attuerebbe il prelievo unicamente attraverso metodologie in grado di minimizzare i rischi di provocare fenomeni di instabilità spaziale nel cinghiale (tiro da appostamento diurno/notturno, cerca da auto e catture).

All'interno di ognuno dei due macro-scenari, sono stati verificati gli effetti combinati delle seguenti variabili: 1) dimensioni medie delle UGP (intervallo 36-225 km²); 2) intensità del prelievo (aumento del prelievo 0-50%); 3) efficacia nel rinvenimento delle carcasse infette (aumento della raccolta di carcasse 0-100%). Gli scenari sono stati fatti girare per 100 iterazioni ciascuno e per un periodo di 2 anni, corrispondente a 6 quadrimestri, arrivando quindi fino a gennaio 2027. Il numero di iterazioni per ogni scenario è stato mantenuto necessariamente basso (più basso di quello che sarebbe ottimale per una maggiore stabilità ed accuratezza dei risultati), dati i tempi relativamente lunghi di calcolo

del modello e quelli molto stretti intercorsi tra l'assegnazione dell'incarico e la scadenza per la presentazione dei risultati. Si tratta, comunque, di un numero di iterazioni sufficiente ad evidenziare delle tendenze generali dei vari sistemi di gestione simulati.

3- Risultati delle simulazioni

In Fig. 5 sono illustrati i risultati delle simulazioni condotte per il macro-scenario 1 (nessun prelievo in zona 2 e prelievo intensificato in zona 1), nel caso in cui le dimensioni medie delle UGP vengano fissate a 225 km².

Tutti gli scenari simulati sono risultati non soddisfacenti, poiché il numero di UGP interessate dalla PSA a distanza di due anni dall'inizio della simulazione non è mai risultato inferiore a quello relativo allo scenario base, in cui non sono state simulate differenze di prelievo tra le UGP in zona 1 e in zona 2. È da notare il fatto che nello scenario di base, l'aspettativa generata dal modello è quella di un raddoppio delle UGP interessate dalla peste nell'arco di due anni.

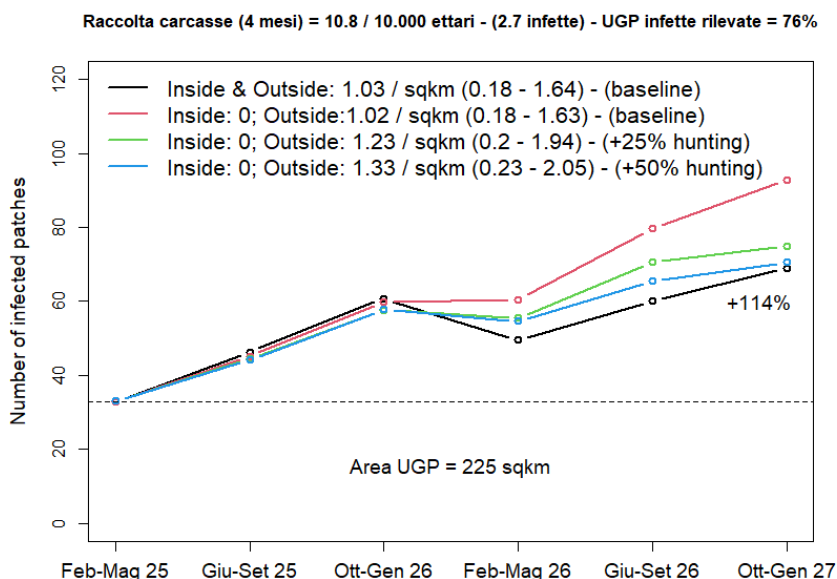


Fig. 5 – Numero atteso di UGP caratterizzate dalla presenza del virus della PSA, macro-scenario 1 (nessun prelievo in zona 2 e prelievo intensificato in zona 1), in funzione di diversi tassi di prelievo nelle zone non interessate dalla peste. Dimensioni delle UGP = 225 km²

Gli scenari relativi ad una riduzione nelle dimensioni medie delle UGP hanno mostrato un progressivo miglioramento nella capacità di contenimento della peste, ma mai fino ad arrivare a livelli realmente soddisfacenti, poiché la diffusione della malattia a due anni dall'inizio della simulazione è risultata sempre maggiore che nel momento iniziale. A titolo esemplificativo, in Fig. 6 è mostrato il risultato delle simulazioni relative allo scenario con dimensioni delle UGP pari a 36 km².

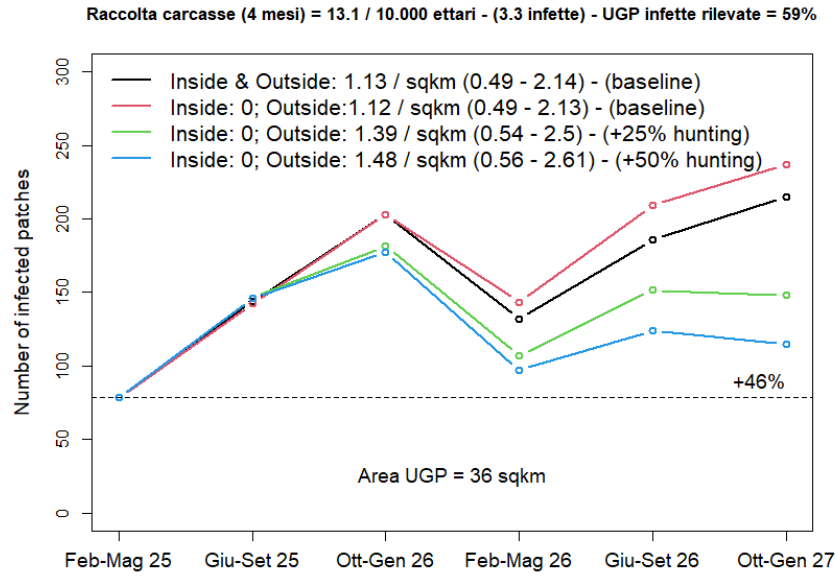


Fig. 6 – Numero atteso di UGP caratterizzate dalla presenza del virus della PSA, macro-scenario 1 (nessun prelievo in zona 2 e prelievo intensificato in zona 1), in funzione di diversi tassi di prelievo nelle zone non interessate dalla peste. Dimensioni delle UGP = 36 km²

Per quanto riguarda il macro-scenario 2 (prelievo con metodi a basso impatto in zona 2, prelievo con tutti i metodi disponibili in zona 1), questo ha sicuramente mostrato delle performance migliori rispetto all'obiettivo di contenimento della PSA in un orizzonte temporale di due anni. In Fig. 7 è evidenziata l'evoluzione del sistema epidemiologico nel caso in cui si verifichi un aumento del 25% del prelievo venatorio in zona 2, mentre in zona 1 venga applicato un prelievo progressivamente crescente, con metodi a basso impatto sul movimento degli animali. Dalla figura si evince che, per un prelievo medio di almeno un capo / km² all'interno delle UGP classificate in zona 1, il numero di UGP con presenza di PSA a due anni dall'inizio dell'applicazione della strategia integrata è mediamente inferiore del 15% rispetto a quello iniziale. In sostanza, pur non portando ad una decisa contrazione della diffusione della malattia, una strategia di questo tipo sembra in grado di realizzare almeno un contenimento o (con tutte le incertezze legate alla stocasticità del modello) una lieve regressione.

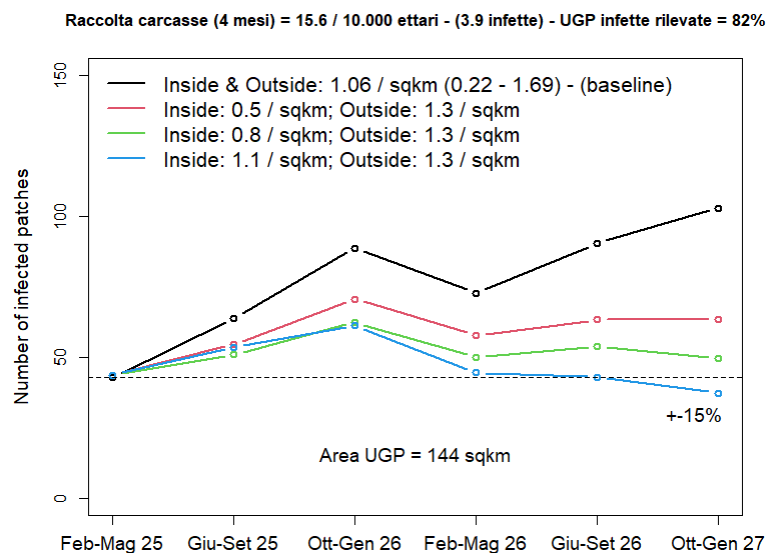


Fig. 7 – Numero atteso di UGP caratterizzate dalla presenza del virus della PSA, macro-scenario 2 (prelievo a basso impatto sul movimento in zona 2 e prelievo intensificato in zona 1), in funzione di diversi tassi di prelievo nelle zone interessate dalla peste. Dimensioni delle UGP = 144 km²

Infine, il modello ha evidenziato l'importanza di associare allo sforzo di depopolamento anche uno sforzo più intenso di ricerca delle carcasse infette di cinghiale, non solo nella zona di espansione del fronte, ma anche nelle aree interne. Infatti, nel contesto di un sistema integrato in cui ogni quattro mesi ci sia una rivalutazione delle zone di gestione, è fondamentale che il sistema abbia una buona capacità di rilevare in tempi brevi una elevata proporzione dei nuovi focolai, in modo da applicare la gestione integrata quando il cluster di PSA è ancora relativamente ridotto in termini di estensione geografica. In questo senso, il modello indica che per una dimensione media delle UGP di 36 km², l'attuale tasso di emersione delle carcasse infette di circa 9 carcasse infette / anno / 100 km² corrisponderebbe ad una capacità di rilevare solo il 59% delle UGP infette già nel primo quadrimestre di comparsa di un nuovo focolaio di PSA. Un raddoppio del numero di carcasse infette ritrovate porterebbe tale percentuale al 71%, con un deciso miglioramento della capacità del sistema di

gestione integrata di agire rapidamente sui nuovi focolai. Va infine ricordato che UGP più grandi dei 36 km² sopra riportati potrebbero aumentare ulteriormente tale capacità di rilevamento delle nuove aree infette, poiché un singolo nuovo caso di PSA porterebbe all'applicazione delle misure restrittive su un'area più grande. Pertanto, dato che le dimensioni medie delle UGP non sembrano avere effetti marcati sulle performance della strategia integrata, sembra ragionevole orientarsi verso un sistema basato su UGP di dimensioni medie comprese tra i 50 e i 100 km².

Bibliografia

Fattebert, J., Baubet, E., Slotow, R., Fischer, C. 2017: Landscape effects on wild boar home range size under contrasting harvest regimes in a human-dominated agro-ecosystem. *European Journal of Wildlife Research* 63: 32.

Gervasi, V., and V. Guberti, 2021: African swine fever endemic persistence in wild boar populations: key mechanisms explored through modelling. *Transbound Emerg Dis* 68, 2812–2825.

Gervasi, V., and V. Guberti, 2022: Combining hunting and intensive carcass removal to eradicate African swine fever from wild boar populations. *Prev Vet Med* 203.

Gervasi, V., and V. Guberti, 2024: The effect of partial and temporary vaccination on African swine fever eradication rates. *Transbound Emerg Dis*, 9409991.

Keuling O., Stier N., and Roth M. 2008: How does hunting influence activity and spatial usage in wild boar *Sus scrofa*? *European Journal of Wildlife Research* 54: 729-737.

Olejarz, A., Augustsson E., Kjellander P., Jezek M., Podgorski, T. 2024: Experience shapes wild boar spatial response to drive hunts. *Scientific Reports* 14: 19930.

Scillitani L., Monaco A., Toso, S. 2010: Do intensive drive hunts affect wild boar (*Sus scrofa*) spatial behaviour in Italy? Some evidence and management implications. *European Journal of Wildlife Research* 56: 307-318.

Thurfjell H., Spong G., Ericsson, G. 2013: Effects of hunting on wild boar *Sus scrofa* behaviour. *Wildlife Biology* 19: 87-93.