



Cofinanziato
dall'Unione europea



LIFE
NatConnect
2030



L'efficacia dei sistemi radar nella mitigazione degli impianti eolici

Silvia Giuntini, PhD

UAGRA - Unità di Analisi e Gestione delle
Risorse Ambientali

Università degli Studi dell'Insubria

9 Settembre 2026



Perché *mitigare*?

Rapaci/grandi veleggiatori:

bassa fecondità, maturità sessuale tardiva, lunga aspettativa di vita → anche pochi decessi possono influenzare la dinamica di popolazione.

Specie migratrici: possibile esposizione di un elevato numero di individui al rischio di collisione durante una fase critica del ciclo biologico.

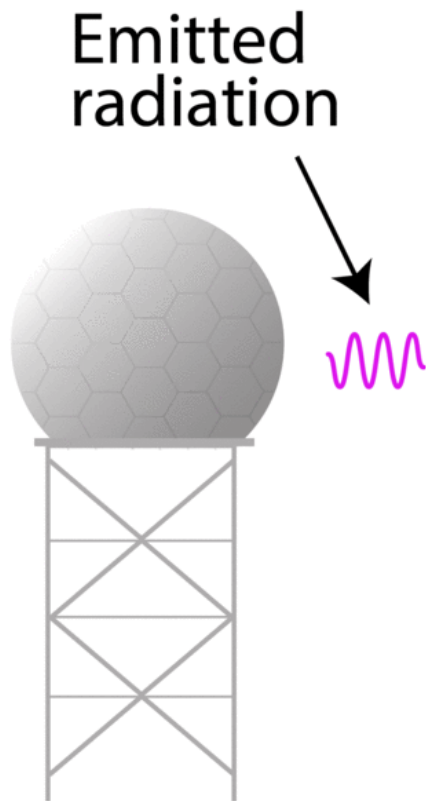
Tutte le specie presenti in Italia sono **protette dalla normativa europea.**

Migratori → rotte e periodi di migrazione ancora poco conosciuti e quindi più difficili da prevedere

Barotrauma



Radar(?)



©BirdCast.org

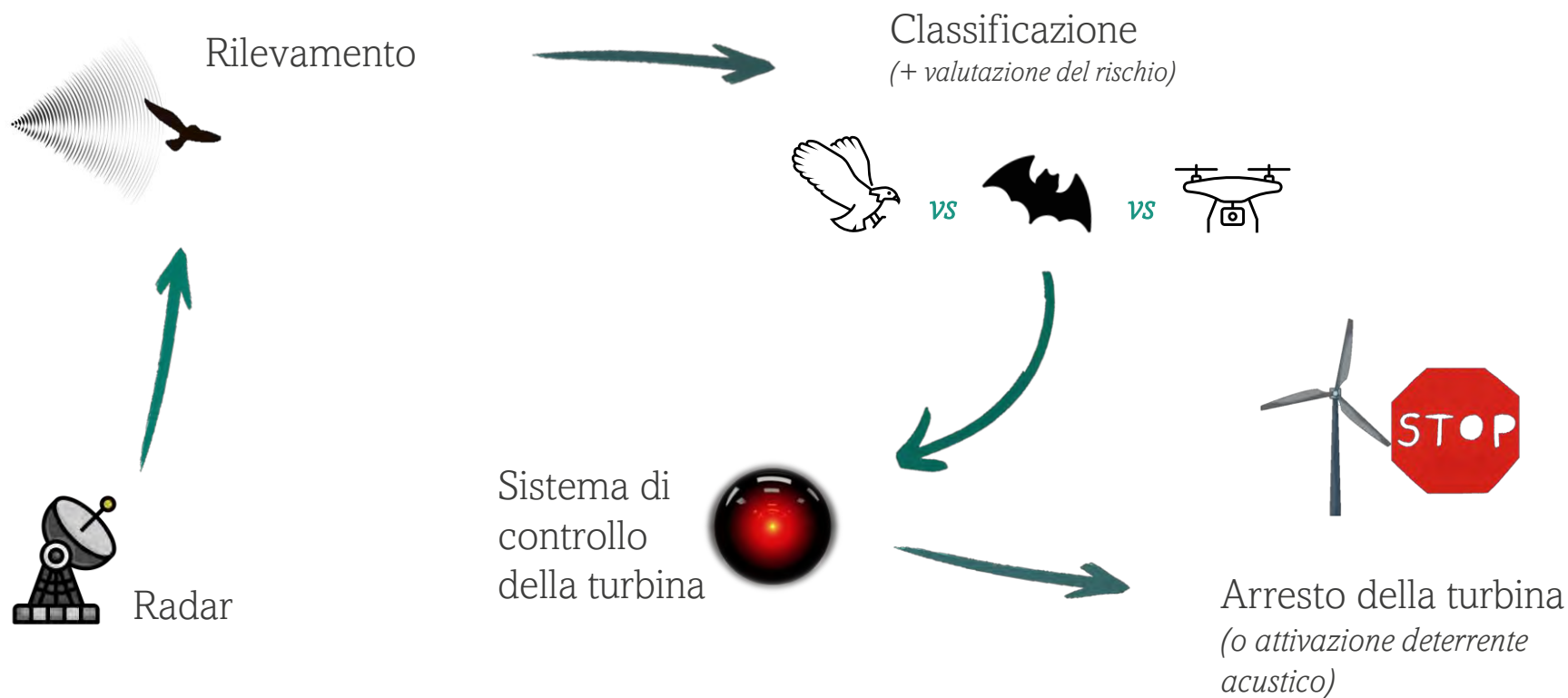


Quali radar?

	Tipo	Caratteristiche principali
<i>Banda di frequenza</i>	S-band	Lunga portata, minore risoluzione, meno sensibile alle condizioni atmosferiche
	X-band	Compromesso tra portata e risoluzione
	Ka-band / FMCW	Elevata risoluzione, portata ridotta
<i>Geometria di scansione</i>	Radar orizzontale	Osserva il movimento nel piano orizzontale
	Radar verticale	Osserva il movimento nel piano verticale



Mitigare come?



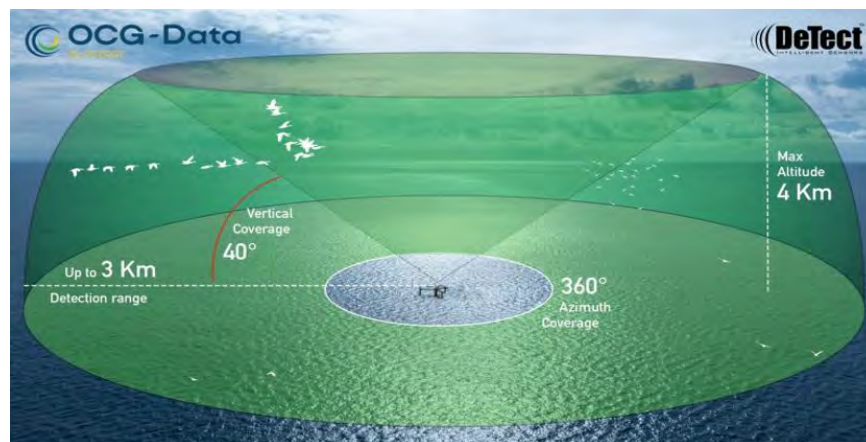
MERLIN Avian Radar System (DeTect)

Caratteristiche

- Radar orizzontale (HSR) e radar verticale (VSR) operanti simultaneamente.
- S-band (HSR) e X-band (VSR).
- Copertura fino a ~3 km di raggio (360°) e monitoraggio verticale fino a ~4,5 km di quota*

Testato nel parco eolico di Smøla (Norvegia).

- Dimostra buone prestazioni di rilevamento e tracking, soprattutto per uccelli di grandi dimensioni.
- **Limiti:** efficacia (i.e. detection e continuità delle tracce) si riduce notevolmente con bersagli di piccole dimensioni.



DeTect, Inc. & Ocergy (2025).
<https://detect-inc.com>

Robin 3D Radar System (Robin Radar Systems)

Caratteristiche

- Radar orizzontale (HSR) e radar verticale (VSR) operanti simultaneamente.
- S-band (HSR) e X-band (VSR).
- Copertura fino a ~6 km di raggio (360°) e monitoraggio verticale fino a ~1,5 km di quota

Testati in parchi eolici offshore (Paesi Bassi, es. Luchterduinen)

- Utilizzati per validare modelli previsionali di migrazione

Dati storici
+
variabili ambientali



Alta
Probabilità
di migrazione!



Curtailment:

arresto temporaneo delle
turbine eoliche
durante periodi di elevato
rischio

Robin 3D Radar System (Robin Radar Systems)

Caratteristiche

- Radar orizzontale (HSR) e radar verticale (VSR) operanti simultaneamente.
- S-band (HSR) e X-band (VSR).
- Copertura fino a ~6 km di raggio (360°) e monitoraggio verticale fino a ~1,5 km di quota

Testati in parchi eolici offshore (Paesi Bassi, es. Luchterduinen)

- Utilizzati per validare modelli previsionali di migrazione
- Gli episodi di maggiore intensità migratoria sono risultati quasi sempre anticipati correttamente dal modello.
- L'utilizzo del radar migliora continuamente il modello

Middelveld. et al. 2024



BirdScan radar (Swiss Birdradar Solution AG)

Caratteristiche

- Radar verticale (VLR) X-band.
- Copertura verticale fino a ~3 km di quota agl, ~500 m in diametro (a seconda delle impostazioni)

Testato in un parco eolico a Husum, Germania

- Utilizzato per allenare un Collision Risk Model (CRM)

Dati radar (MTR, quota di volo, velocità, direzione, dimensioni..)



Band
Collision
Risk Model



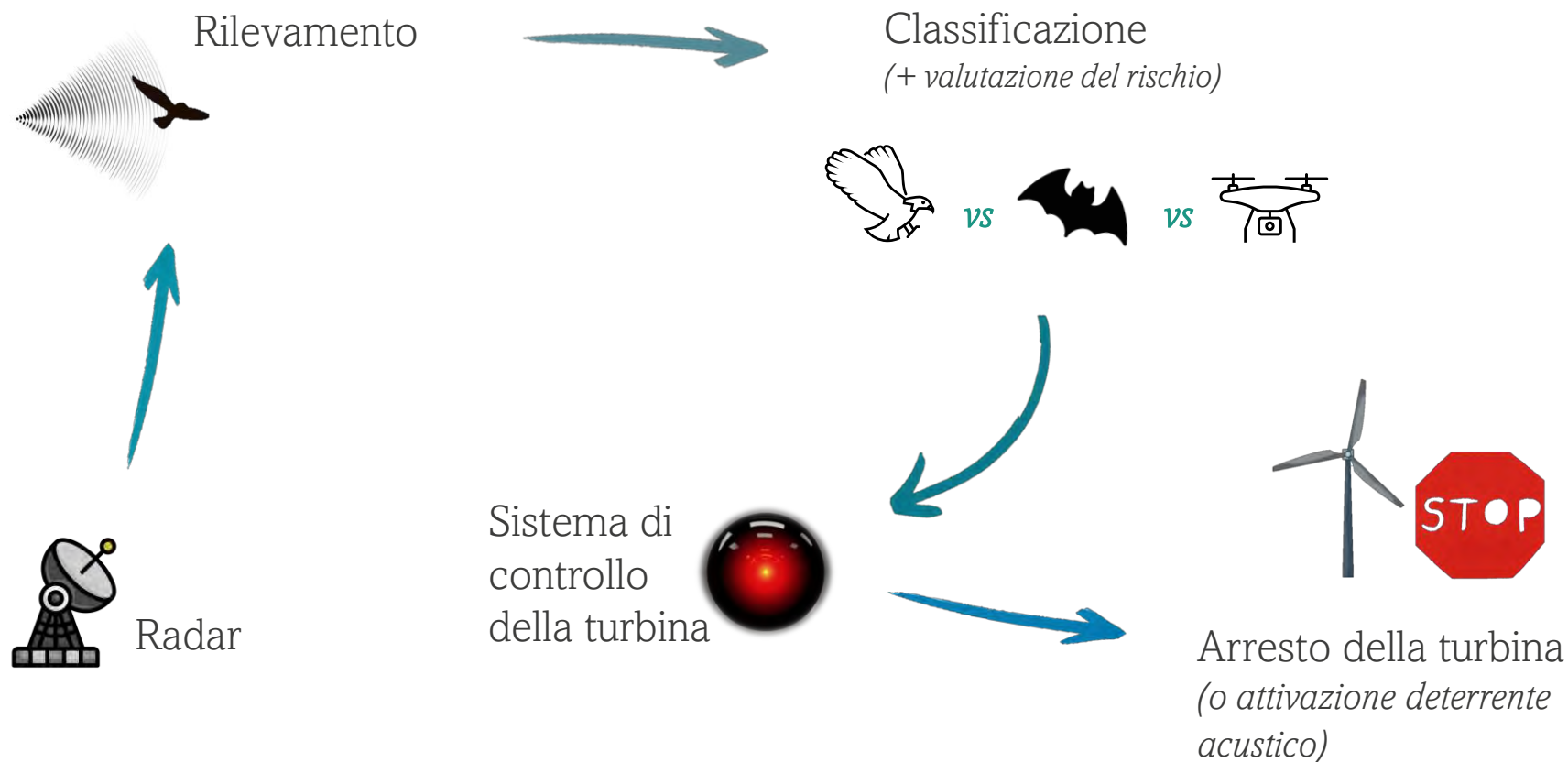
Collisioni previste

vs

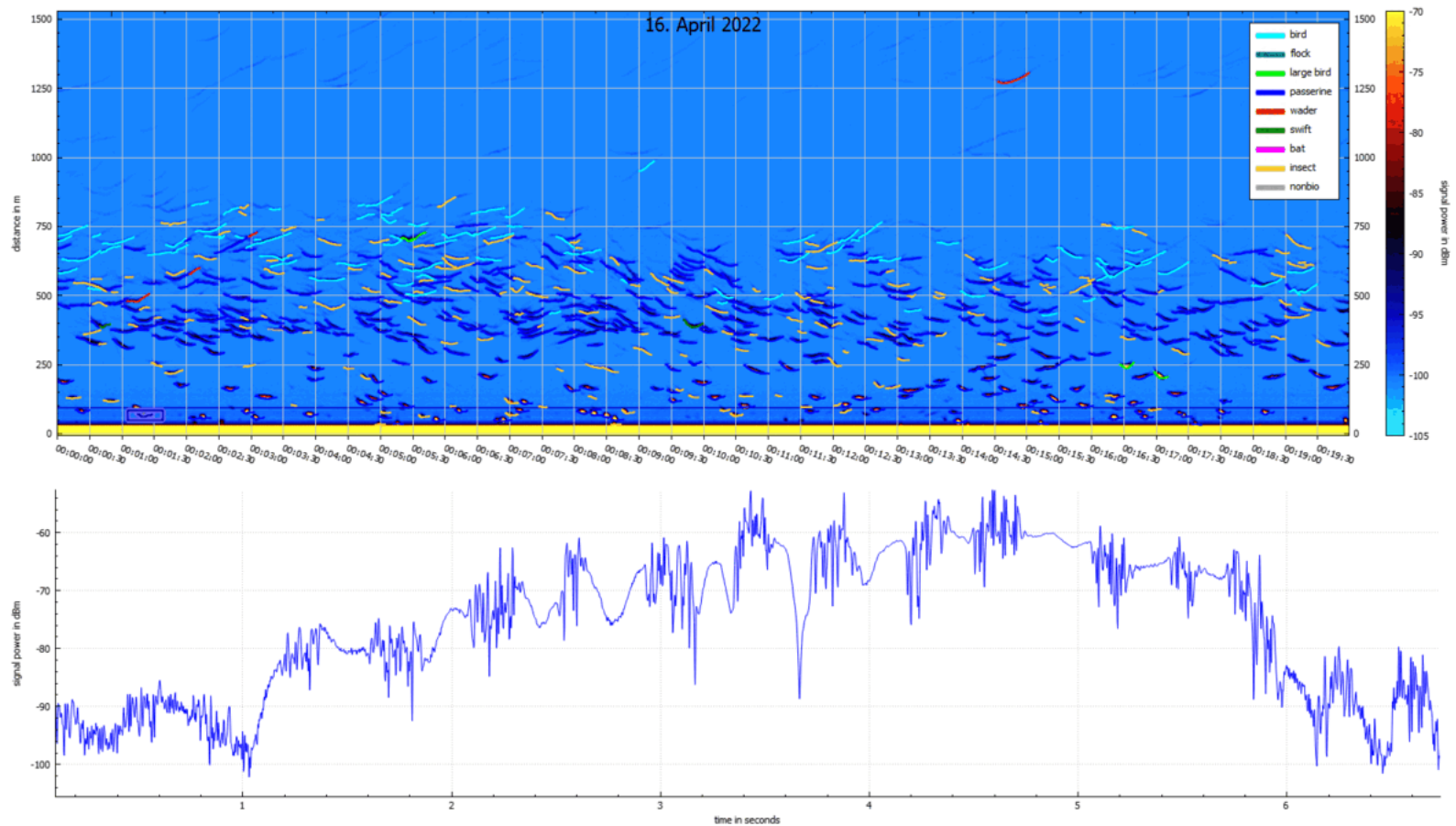
Collisioni **osservate**
(telecamere + carcasse)

Liedtke et al., 2025 (VolZug Project)

Mitigare come?



Il vero limite del radar



swiss-birdradar.com



Cofinanziato
dall'Unione europea



09/09/2026

L'efficacia dei sistemi radar nella mitigazione degli impianti eolici

Il potere del Data Fusion

Remote Sensing in Ecology and Conservation

Open Access



Research Article

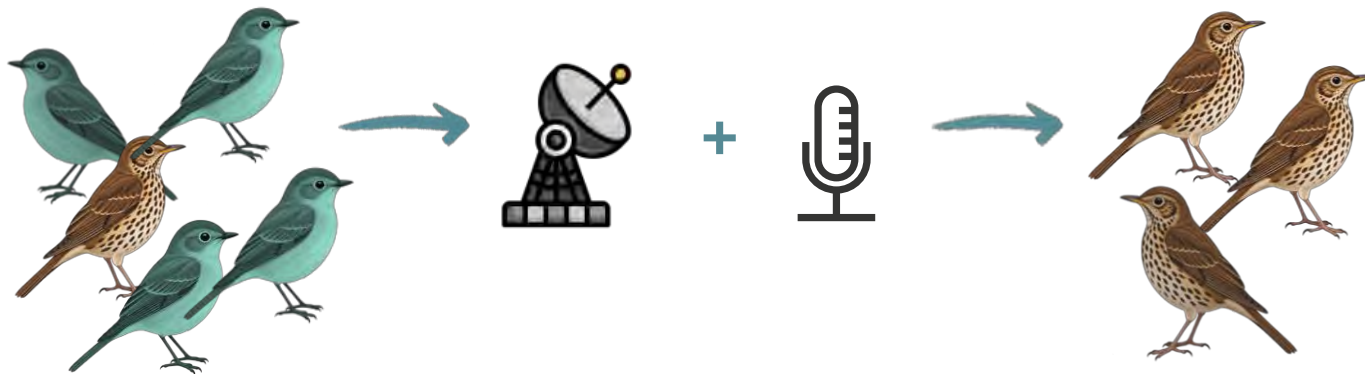
Open Access



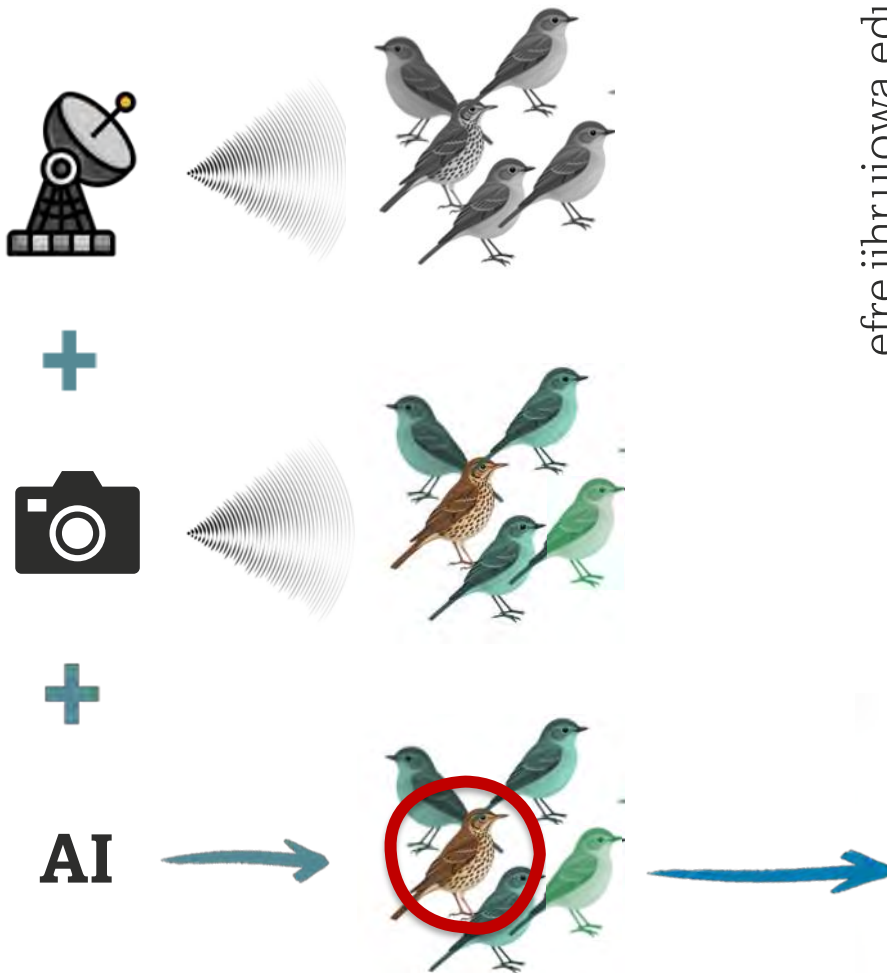
Quantifying nocturnal thrush migration using sensor data fusion between acoustics and vertical-looking radar

[Silvia Giuntini](#) ✉, [Juha Saari](#), [Adriano Martinoli](#), [Damiano G. Preatoni](#), [Birgen Haest](#), [Baptiste Schmid](#), [Nadja Weisshaupt](#)

First published: 19 June 2024 | <https://doi.org/10.1002/rse2.397> | [VIEW METRICS](#)



Il potere del Data Fusion



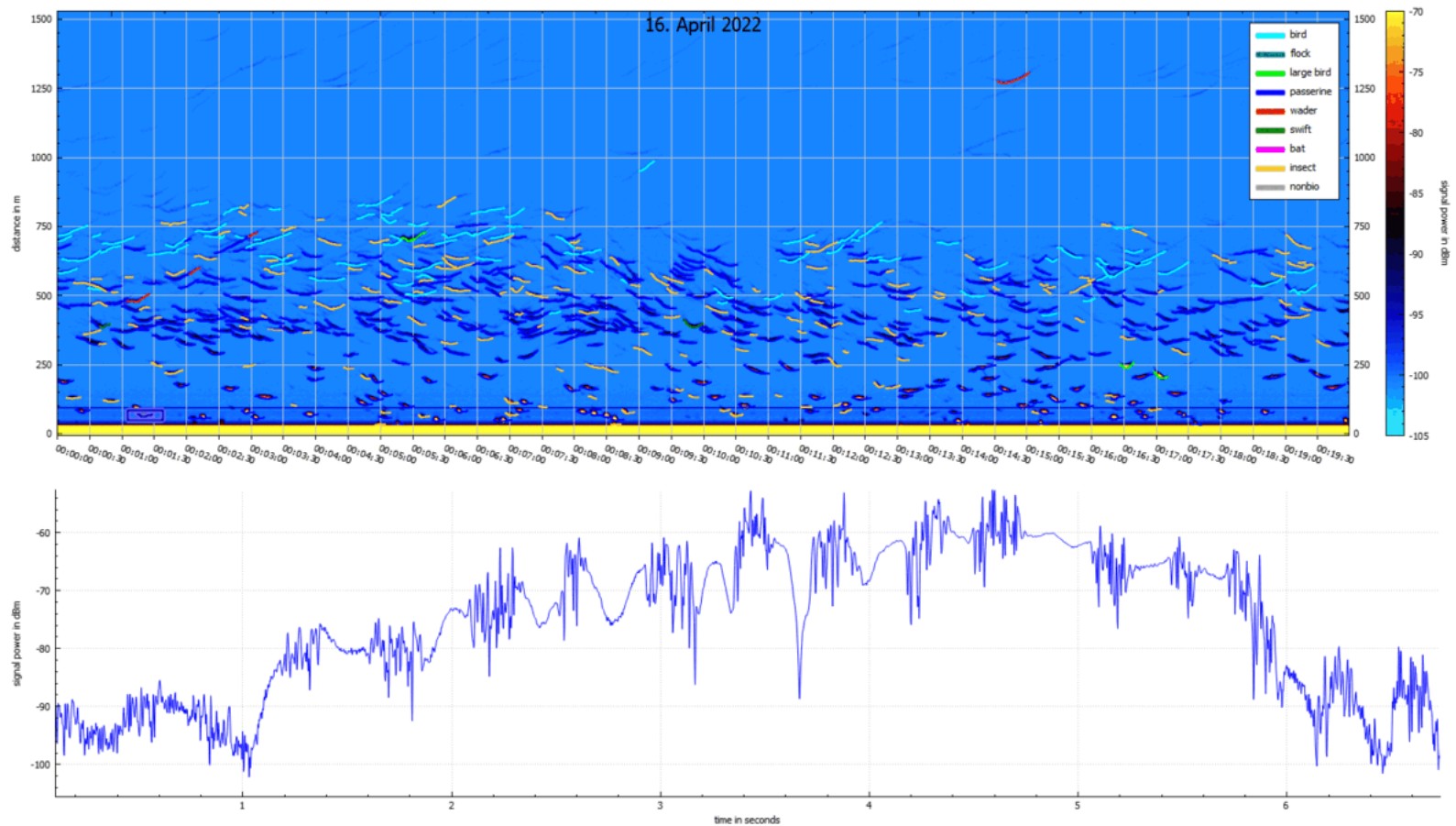
efre.ihr.uiowa.edu



Radar Doppler a banda X e termocamere utilizzate in un impianto eolico in Iowa.



Il vero limite del radar



swiss-birdradar.com



Cofinanziato
dall'Unione europea



09/09/2026

L'efficacia dei sistemi radar nella mitigazione degli impianti eolici

Ma funziona?

- I sistemi che utilizzano il radar per ottenere le informazioni necessarie a decidere quando fermare una turbina riescono *effettivamente* ad attivare lo spegnimento quando viene rilevato ciò che abbiamo stabilito essere rilevante? **Sì.**
- l'utilizzo di sistemi radar ha effettivamente ridotto il numero di collisioni? *Sembra di sì.*

Tomé et al. 2017:

Radar Assisted Shutdown on Demand
(RASOD)

- rilevamento dei rapaci in avvicinamento
- shutdown delle turbine secondo criteri prestabiliti
- 0 mortalità di uccelli veleggiatori in 5 autunni consecutivi





Cofinanziato
dall'Unione europea



LIFE
NatConnect
2030



ADBPO
Autorità di bacino distrettuale del fiume Po



Parco Delta del Po
Emilia-Romagna



Sostenuto da
Fondazione
CARIPLO

Grazie per *l'attenzione*