

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.  
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.  
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.  
SACYR S.A.U.  
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD  
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

 <p>IL PROGETTISTA Dott. Ing. D. Spoglianti Ordine Ing. Milano n° A 20953</p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE PROJECT MANAGER (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale Ing. G. Fiammenghi</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato Dott. P.Ciucci</p>
Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"			

Unità Funzionale	GENERALE _____	AMV0744_F0
Tipo di sistema	AMBIENTE _____	
Raggruppamento di opere/attività	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE _____	
Opera - tratto d'opera - parte d'opera	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE _____	
Titolo del documento	SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	V	G	A	M	I	A	Q	2	0	0	0	0	0	0	2	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	08/06/2012	Emissione finale	M. BATTISTON	M. SALOMONE	D. SPOGLIANTI



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

## INDICE

INDICE.....	3
Premessa.....	5
1 Sistema di monitoraggio .....	8
1.1 Individuazione del target.....	8
1.1.1 Risoluzione dei sistemi radar .....	9
1.1.2 Risoluzione radiale .....	10
1.1.3 Risoluzione angolare.....	10
1.1.4 Accuratezza.....	12
1.1.5 Rumore al ricevitore .....	14
1.1.6 Scansione orizzontale e scansione verticale.....	15
1.1.7 Valutazione della taglia del target .....	16
1.1.8 Clutter.....	18
1.1.9 Sistemi di mappatura clutter.....	21
1.1.10 Individuazione degli uccelli in condizioni meteorologiche avverse .....	25
1.1.11 Interferenze dovute da altri radar .....	27
1.1.12 Tracciamento delle traiettorie .....	28
1.2 Caratteristiche tecniche del sistema .....	29
1.2.1 MERLIN ARS .....	31
1.3 Posizionamento .....	32
1.4 Integrazione nel sistema di monitoraggio ornitologico.....	33
1.5 Procedure di analisi dei dati .....	34
1.6 Procedure per la Valutazione del rischio .....	40
2 Monitoraggio – attività previste .....	41
2.1 Analisi dei dati e supporto alla fase di survey.....	41
2.1.1 Attività di avvio premonitoraggio .....	42
2.1.2 Ornitologia per groundtrouthing.....	42
2.1.3 Revisione dati monitoraggio .....	42
2.1.4 Classificazione delle specie presenti nell'area ai fini del monitoraggio radar .....	43
2.1.5 Individuazione delle rotte principali e delle aree di attività.....	43
2.1.6 Quantificazione del Rischio di Impatto .....	43
2.1.7 Identificazione delle Risk Rules.....	43

2.1.8	Ottimizzazione della configurazione iniziale del sistema.....	44
2.2	Definizione delle possibili integrazioni da apportare al sistema base (HRS, VRS) .....	44
2.3	Prosecuzione delle attività di monitoraggio .....	44
2.4	Reportistica e rapporti con l'Amministrazione.....	44
2.4.1	Definizione delle modalità di presentazione della reportistica .....	44
2.4.2	Creazione della piattaforma web ad accesso differenziato operatore / Amministrazione .....	45
2.4.3	Produzione di reportistica secondo modalità e cadenza definite.....	45
3	Conclusioni .....	46
3.1.1	Principali risultati simulazioni.....	46
3.1.2	Attività previste .....	47

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

## Premessa

La presente relazione ha per oggetto l'uso del sistema radar per il monitoraggio dell'avifauna che sarà installato a servizio del Ponte sullo Stretto di Messina.

I criteri sui quali questo progetto si basa sono, in generale, i seguenti:

- utilizzo di tecniche consolidate
- efficienza del sistema
- continuità del servizio erogato
- adozione di logiche evolute di gestione e controllo.

Le scelte tecniche effettuate (tipologia di sistema, logiche di funzionamento. ecc...) sono frutto di una serie di valutazioni basate su esperienze assimilabili al caso in oggetto e su studi dedicati precedentemente effettuati.

In particolare, lo studio di settore e il connesso monitoraggio relativo all'avifauna migratoria attraverso lo Stretto di Messina, rappresenta un approfondito esame dello stato di fatto ante operam.

L'utilizzo del radar come strumento a servizio del monitoraggio dell'attività degli uccelli è largamente diffuso a livello internazionale: da decenni sono state predisposte stazioni di osservazioni radar sia nelle zone dei grandi flussi migratori (utilizzando la copertura dei radar meteorologici), che nelle aree destinate all'installazione di grandi wind-farm. Lo stesso monitoraggio ante operam del caso in oggetto è stato effettuato mediante sistemi radar a fascio fisso e a scansione orizzontale.

È importante notare che il monitoraggio in continuo tramite radar consente di ottenere una serie di dati che possono portare a valutazioni particolarmente interessanti: ad esempio, uno studio condotto tramite radar su un parco off shore da due ricercatori danesi (Mark Desholm e Johnny Kahlert del National Environmental Research Institute) e recepito dalla Società Reale Britannica per la Protezione degli Uccelli (RSPB), mostra come l'impatto degli aerogeneratori sull'attività degli uccelli migratori possa essere notevolmente sopravvalutato.

L'approfondita ricerca bibliografica effettuata in concomitanza con il monitoraggio radar ante operam mostra come l'applicazione del sistema radar per il monitoraggio dell'attività degli uccelli sia ormai consolidata da molti anni.

Sistemi radar dedicati (Merlin Avian Radar System, MARS, Echotrack, ecc...), nati per applicazioni aeronautiche, sono attualmente utilizzati sia nella fase di progettazione (valutazione del rischio), che nella fase operativa (mitigazione) dei parchi eolici. Installati su supporto mobile, questi sistemi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

sono essenzialmente costituiti da due radar (uno verticale e uno orizzontale), utilizzati per conteggiare in maniera automatica uccelli e pipistrelli, con funzionamento 24h-7gg. I sistemi più evoluti sono in grado di distinguere le taglie in funzione della radar cross section (RCS), che identifica, in una certa misura, le dimensioni di un oggetto colpito da un segnale radar in base al segnale reirradiato.

I vantaggi dell'uso del radar per il monitoraggio dell'attività degli uccelli sono riassumibili sinteticamente nei seguenti punti:

- ampi volumi di controllo, dovuti alla copertura radar;
- visualizzazione contemporanea di tutti i target: per ogni scansione (una scansione ogni 2.5s) si ha un'immagine che rappresenta la fotografia dell'attività degli uccelli nell'intero volume di controllo;
- disponibilità di ampio dataset per analisi a posteriori: i dati vengono registrati e quindi possono essere analizzati successivamente in postazione remota;
- disponibilità di informazioni circa la direzione, la velocità e la quota del target.

Sebbene siano molteplici i vantaggi teorici derivanti dall'utilizzo del radar, bisogna considerare che il particolare campo di applicazione e soprattutto le complesse caratteristiche del misurando non consentono l'uso diretto di sistemi radar sviluppati per altre applicazioni (marine, militari, ecc...).

Infatti, nel caso specifico degli uccelli, i target sono caratterizzati da piccole aree equivalenti radar (RCS), che ne rendono complicata l'individuazione e il tracciamento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Nella tabella sottostante si riportano, a titolo di esempio, alcuni valori di RCS a seconda del target:

Target	RCS [m2]	RCS [dB]
uccello	0.01	-20
uomo	1	0
piccola imbarcazione	10	10
automobile	100	20
camion	200	23
corner reflector	20379	43.1

Tabella 1: RCS tipo

Oltre a dipendere dalla taglia dell'uccello, la RCS varia in funzione di molteplici parametri difficilmente valutabili, quali la forma, l'orientamento rispetto al radar, la posizione delle ali, ecc..., che modificano la riflessione e la diffrazione dell'onda radar.

Per l'applicazione in oggetto, risulta inoltre essenziale non solo la collocazione del target (in un volume prossimo al radar stesso), ma anche l'individuazione della sua traiettoria.

È pertanto necessario che sistemi radar tradizionali siano adattati all'individuazione e al tracciamento di target molto particolari, collocati in un ambiente molto complesso (orografia, presenza di alberi, mare, ecc...). I sistemi commerciali attualmente disponibili per il monitoraggio degli uccelli sono stati sviluppati per ridurre le problematiche sopra esposte e quindi per consentire un'ottimale individuazione degli uccelli.

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del sistema individuato e le motivazioni che hanno portato a tale scelta tecnica.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

## 1 Sistema di monitoraggio

Pur essendo evidenti le potenzialità del monitoraggio attraverso radar, risulta comunque necessario prevedere l'utilizzo di sistemi dedicati all'attività di monitoraggio in oggetto, le cui performances siano comprovate da un numero statisticamente significativo di installazioni. Inoltre l'applicazione in oggetto suggerisce l'utilizzo di sistemi radar a scansione, vista la necessità di individuare target collocati a quote variabili e su ampi volumi di controllo. Per tali motivi e sulla base delle valutazioni di seguito riportate, si è optato per l'installazione del sistema MERLIN ARS. Numerose sono le installazioni di questi sistemi negli USA, oltre alla più recenti applicazioni in Europa (Spagna – El Pino Wind Farm, Norvegia – Smola Wind Park, Polonia – Jagnitkowo Wind Farm, Scozia – Beatrice Wind Demonstrator Project).

Il sistema MERLIN ARS è ottimizzato per minimizzare i disturbi, in modo tale da consentire un'ottimale individuazione dei target. L'utilizzo diretto di radar e display marini non sarebbe infatti efficace, a causa del processamento del segnale radar che, sviluppato per la navigazione, è caratterizzato da valori di probabilità di rilevazione (PD) prossima allo zero per target con RCS di dimensioni paragonabili a quella degli uccelli. Le soglie di filtraggio automaticamente impostate nei radar marini non consentono infatti un'efficace individuazione degli uccelli, a causa del clutter, ossia di tutti gli echi non voluti ricevuti dal radar, solitamente costituiti dalla riflessione dell'energia elettromagnetica su elementi naturali (montagne, precipitazioni, etc.) o artificiali (palazzi, strutture architettoniche, etc.) dell'ambiente che circonda il bersaglio. Il clutter costituisce quindi un disturbo di tipo additivo sovrapposto al segnale utile, che identifica invece il bersaglio da rilevare.

Il MERLIN ARS invece, sviluppato specificamente per l'individuazione degli uccelli, è dotato di sistema di processamento digitale del segnale, che consente di raggiungere valori PD pari a 85-95%.

Nei paragrafi seguenti sono illustrate nel dettaglio le motivazioni che hanno portato alle scelte tecniche di progetto.

### 1.1 Individuazione del target

Il target si presenta sullo schermo radar come una serie di pixel illuminati, la cui disposizione e forma varia a seconda dell'uccello individuato e a seconda della posizione dell'uccello nei confronti del radar.

È possibile variare la distanza di indagine (range) e di conseguenza modificare la risoluzione dello

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

schermo. La posizione del target viene individuata calcolando il valore medio della posizione dei pixel su un sistema di riferimento cartesiano (assi X e Y), cosicché risulta immediata la collocazione del target nel volume in analisi. Detta collocazione è resa ancora più agevole dalla funzione KVM (implementata nel sistema MERLIN ARS), che consente di passare dalla visualizzazione del MERLIN display, che consente una agevole individuazione del target, alla visualizzazione del raw radar display, nel quale sono agevolmente individuabili i riferimenti a terra (alberi, picchi, ecc...). Quindi il raw radar display viene utilizzato per creare una mappa radar del terreno alla quale andranno sovrapposte le immagini del MERLIN display, nelle quali sono evidenziati i target individuati. Queste funzionalità sono particolarmente importanti nella fase di taratura, perché consentono una rapida validazione dei dati mediante osservazione visiva da parte degli ornitologi.

### 1.1.1 Risoluzione dei sistemi radar

Quando si effettua una scansione, sia essa orizzontale o verticale, la posizione del target viene individuata da 2 parametri: la distanza radiale e l'angolo corrispondente all'orientamento dell'antenna.

La presenza di lobi laterali nel diagramma di radiazione dell'antenna può dar luogo a valutazioni errate circa il posizionamento del target, specialmente per target con elevate RCS. Tuttavia l'elevata direttività delle antenne del sistema in oggetto e la ridotta RCS degli uccelli consentono un'ottimale individuazione dei target: un piccolo uccello è individuabile solamente se si trova al centro del fascio principale e non produce un segnale rilevabile (basso rapporto segnale rumore) nel caso sia in corrispondenza dei lobi laterali.

Per risoluzione si intende la capacità di distinguere tra target che sono molto vicini. La normativa CEI EN 62388, che definisce i metodi di prova per determinare le prestazioni di radar marini, indica anche le prove da effettuare per la valutazione della risoluzione radiale e angolare. I risultati di queste prove corrispondono ai valori di risoluzione dichiarati nei cataloghi dei radar marini. Tuttavia occorre osservare che detti valori sono riferiti a condizioni di prova standardizzate: è piuttosto complesso ricavare, in funzione di tali test, la risoluzione radar relativamente a volumi collocati in posizioni differenti da quelle di prova, specialmente in presenza di clutter. Inoltre, nella CEI EN 62388, viene definito un target di prova fisso con una determinata RCS (10m<sup>2</sup> per banda X, 1m<sup>2</sup> per banda S). Nel caso in oggetto, i target sono caratterizzati da una RCS molto inferiore e di conseguenza la risoluzione corrispondente sarà sensibilmente differente da quella di catalogo.

Si riportano di seguito alcune valutazioni circa la risoluzione angolare e radiale dei sistemi in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

esame.

### 1.1.2 Risoluzione radiale

La risoluzione radiale è la capacità da parte del sistema radar di distinguere tra due o più target collocati a differente distanza dal radar stesso (a parità di posizione angolare): nel caso di radar a impulsi, la risoluzione radiale teorica dipende necessariamente dalla durata di impulso.

Tuttavia, bisogna considerare che la risoluzione radiale dipende non solo dalla durata dell'impulso, ma anche dal tipo e dalla taglia dei target considerati, dall'efficienza del ricevitore e infine dalla risoluzione del display.

Per quanto riguarda i radar allo stato solido previsti per il sistema SS200, la risoluzione radiale teorica dipende dall'ampiezza di banda del segnale trasmesso, essendo impiegata la compressione di impulso. Generalmente, nelle applicazioni standard, detta tecnica è ottimizzata per l'individuazione di target ad elevata distanza (vedi applicazioni militari): si prevedono impulsi sufficientemente lunghi, in modo tale da consentire l'individuazione di target ad elevata distanza. A una lunga trasmissione, corrisponde tuttavia un incremento dell'intervallo in cui il ricevitore non può essere attivo; si incrementa di conseguenza la minima distanza alla quale il target è rilevabile. Per ovviare a tale inconveniente, il sistema SS200 prevede l'utilizzo di trasmettitori (SharpEye - Kelvin Huges) in grado di inviare tre impulsi di ampiezza crescente, intervallati da tre intervalli di ricezione. I target a corto raggio necessitano di minor energia emessa per essere individuati e quindi vengono rilevati mediante l'impulso breve, mentre sono previsti un impulso medio e uno lungo per l'individuazione dei target a medio e lungo raggio. Le tre misure vengono successivamente ricombinate per dar luogo ad una sola misura. La modalità di trasmissione del segnale è ulteriormente ottimizzata per l'individuazione degli uccelli: non viene trasmesso l'impulso di lunga durata, visto che non interessa l'individuazione degli uccelli a largo raggio, individuazione che sarebbe comunque problematica vista la piccola RCS del target.

Il sistema sopra descritto consente di ottenere, anche alla massima portata (24nm), valori di risoluzione radiale pari a 15m, corrispondenti alla risoluzione teorica di un radar pulsato con impulso di durata pari a 0.1µs.

### 1.1.3 Risoluzione angolare

La risoluzione angolare è individuabile tramite l'angolo minimo che consente l'individuazione di due target collocati alla stessa distanza radiale. La risoluzione angolare dipende ovviamente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

dall'apertura dell'antenna, convenzionalmente individuata tramite l'angolo  $\theta$  sotteso alla direzione del massimo guadagno a -3dB, cioè l'angolo in cui il guadagno si mantiene entro 3dB dal valore massimo, definito dai punti a potenza dimezzata rispetto alla massima. Ne consegue che, maggiore è la direttività dell'antenna, migliore è la risoluzione angolare.

Tuttavia si deve considerare che la risoluzione angolare effettiva dipende dalla RCS del target: uccelli di piccola taglia sono individuabili soltanto se collocati al centro del lobo principale dell'antenna, per cui i valori ottenuti risultano cautelativi.

Sempre allo scopo di incrementare la risoluzione azimutale, è opportuno l'utilizzo di antenne lunghe, capaci di raccogliere maggiore energia a parità di eco. A titolo di esempio, nelle immagini di seguito riportate sono rappresentate due scansioni effettuate con antenne di lunghezza differente. Si osserva (cerchio rosso) come l'antenna più corta individua un solo target allungato, laddove l'antenna più lunga è in grado di distinguere tre differenti target. Si osserva inoltre (cerchio giallo) come l'antenna di dimensioni maggiori consente di distinguere piccoli target a corto raggio.

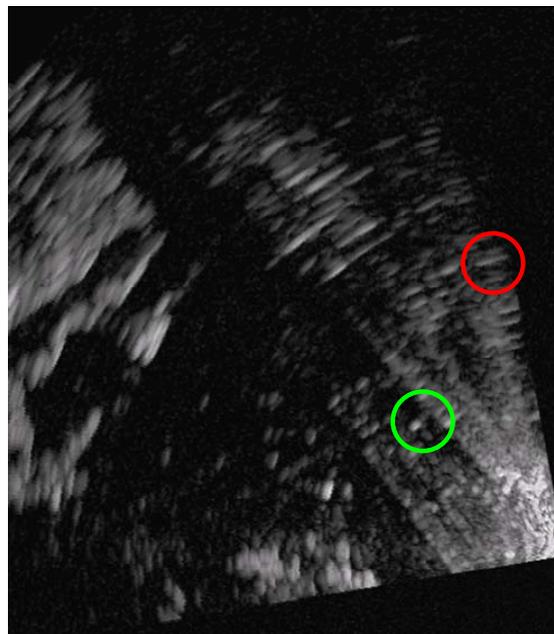


Fig. 1: scansione con antenna da 4 piedi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> DeTECT, INC. WWW.DETECT-INC.COM

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

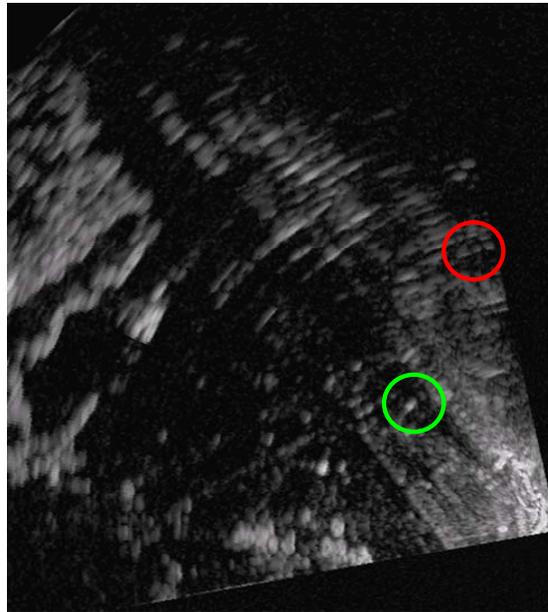


Fig. 2: scansione con antenna da 6 piedi<sup>2</sup>

Le dimensioni dell'antenna del sistema MERLIN ARS sono quindi dimensionate in modo tale da essere un buon compromesso tra le esigenze di elevata risoluzione angolare e la necessità di non saturare il ricevitore in presenza di elevato clutter e a corto raggio.

Risoluzione angolare e radiale possono essere combinate per ottenere la cella di risoluzione all'interno della quale due target non sono distinguibili. Ovviamente tale cella ha volume crescente al crescere della distanza considerata.

#### 1.1.4 Accuratezza

Così come per la risoluzione, la normativa CEI EN 62388 definisce i metodi di prova per la valutazione dell'accuratezza dei radar marini. I risultati di queste prove, corrispondenti ai valori di accuratezza dichiarati nei cataloghi dei radar marini, non sono direttamente utilizzabili per le motivazioni espresse in precedenza.

L'accuratezza nel posizionamento angolare del target, oltre a dipendere dalla risoluzione angolare del radar e quindi dalla RCS del target, varia sensibilmente al variare delle impostazioni/caratteristiche del trasmettitore. Incrementando il numero di impulsi per scansione, si ha infatti una valutazione più accurata della posizione angolare del target.

Aumentando il numero di impulsi per grado di scansione, si ha di fatto a disposizione (previo opportuno settaggio della scheda di acquisizione) un maggior numero di misure, con il vantaggio

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

di:

- ridurre la probabilità di “perdere” un piccolo target distante dal radar (essendo questo rilevato un maggior numero di volte per scansione);
- consentire la misura della taglia dell’uccello;
- ridurre la probabilità di falsi conteggi: in presenza di rumore elettronico, una scarsa accuratezza nel posizionamento angolare potrebbe portare a confondere il rumore con un target, specialmente all’incrementarsi della distanza del falso target, visto che pixel corrispondenti alla stessa cella di risoluzione (le cui dimensioni aumentano con la distanza) condividono lo stesso valore.

A un elevato numero di impulsi corrisponde quindi un incremento di accuratezza nel posizionamento angolare: il target viene individuato più volte per scansione, diversamente dal rumore elettronico, che può quindi essere più facilmente eliminato.

In taluni casi può essere opportuno diminuire appositamente la frequenza degli impulsi per scansione, allo scopo di ridurre la probabilità di individuare piccoli uccelli, mantenendo al contempo la capacità di individuare uccelli con elevata RCS (es: avvoltoi, aquile, stormi, ecc...).

Si fa notare infine che, se si utilizza un elevato numero di impulsi per scansione, target prossimi al radar danno luogo, in un diagramma PPI, a un eccessivo illuminamento (saturazione del display) dei pixel corrispondenti. Detto problema non sussiste ovviamente in una rappresentazione B-Scope.

È evidente come un elevato numero di impulsi per scansione comporti un incremento della complessità del sistema di processamento dati (non si ha più la diretta corrispondenza: 1 impulso = 1 grado) e del sistema di acquisizione (maggior flusso dati da visualizzare e memorizzare).

A tal proposito è importante settare correttamente la velocità di scansione: se si effettua una scansione a frequenza troppo elevata, ossia maggiore rispetto alla frequenza degli impulsi dell’emettitore, si assoceranno valori uguali a due o più elementi (pixel) distanziati di un intervallo di campionamento l’uno dall’altro. In tal caso dati ripetuti potrebbero portare a confondere il rumore (accentuato a causa dell’elevata frequenza di campionamento) con i target. È possibile, mantenendo un’elevata frequenza di campionamento (4096 campioni/giro), abbassare la velocità di rotazione del radar, in modo tale da innalzare il numero di impulsi per giro (es: PRF=Pulse Rate Frequency =6000 impulsi/giro); in tal caso si potrebbero però perdere alcuni piccoli target.

Per quanto riguarda i radar allo stato solido del sistema SS200 in esame, la PRF è impostabile (2200 o 1200 Hz). In questo caso, essendo inviati tre/due impulsi per volta, la frequenza alla quale ci si riferisce è quella relativa al segnale ricevuto e rielaborato ed è quindi direttamente

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

confrontabile con i valori riportati per i radar ad impulsi.

Le valutazioni sopra effettuate sono relative all'accuratezza nella misura della posizione a monte del processamento del segnale. Per motivi pratici, tuttavia, il posizionamento del target viene individuato su uno schermo, in base alla posizione del baricentro dell'area di pixel illuminati. La risoluzione dello schermo, variabile in funzione del range impostato, deve quindi essere considerata nella valutazione complessiva di accuratezza nella misura di posizione del target. Come evidenziato precedentemente, la dimensione corrispondente a un pixel può variare (da 0.90m a 14.46m) e di conseguenza l'incertezza relativa al posizionamento nello schermo deve essere composta con l'incertezza nella misura della posizione (radiale e angolare), caratteristiche dello strumento di misura.

### 1.1.5 Rumore al ricevitore

Un parametro importante per la scelta della componentistica è legato alle performances della catena di ricezione del segnale, che varia sensibilmente a seconda del produttore. È quindi importante ottenere dati circa questo parametro, dati che spesso non vengono forniti dal produttore.

Nei grafici seguenti sono riportati gli spettri relativi al rumore registrato nel ricevitore, a trasmettitore spento, per due radar marini ad impulsi:

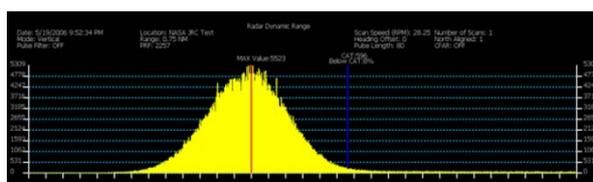


Fig. 3: rumore al ricevitore – radar marino A

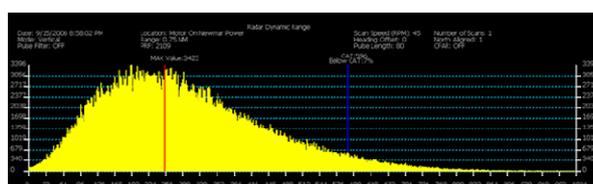


Fig. 4: rumore al ricevitore – radar marino B

Sulle ascisse si hanno i valori di riflettività riportati nella scala a 12 bit (si riportano solo i primi 1024 valori).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Nel primo caso (radar marino A), si osserva una distribuzione del rumore approssimabile con una gaussiana, mentre nel secondo caso (radar marino B) la distribuzione mostra una lunga coda, con dispersione più elevata. Anche nel caso si applichino i filtri (pulse filter) integrati nel sistema, risulta evidente come il primo sistema sia più performante del secondo, essendo caratterizzato da una banda di rumore più ristretta:

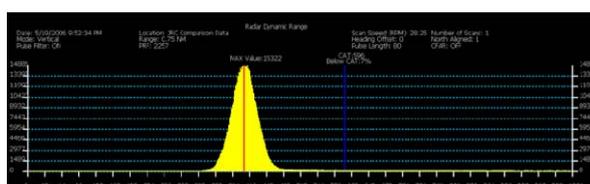


Fig. 5: rumore al ricevitore – radar marino A – Pulse filter on

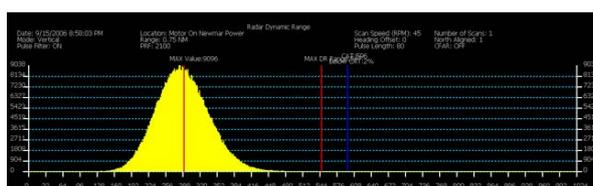


Fig. 6: rumore al ricevitore – radar marino B – Pulse filter on

Se si raffronta il rumore al ricevitore di un sistema magnetron con il sistema Solid State in esame, si osserva una forte riduzione di potenza e soprattutto una banda caratteristica molto più stretta:

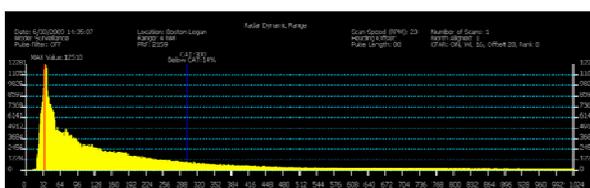


Fig. 7: : rumore al ricevitore – sistema MERLIN SS200

### 1.1.6 Scansione orizzontale e scansione verticale

Effettuando scansioni orizzontali e verticali si ottengono informazioni differenti circa l'attività degli uccelli nell'area in esame. Occorre da subito notare come le due modalità di scansione, anche nel caso si utilizzi la stessa componentistica (antenna, trasmettitore, ricevitore, ecc...), sono caratterizzate da problematiche differenti.

Sebbene molti studi di monitoraggio prevedano l'utilizzo del solo radar a scansione orizzontale,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

questo risulta efficacemente impiegato nel caso in cui si intendano effettuare valutazioni qualitative circa la distribuzione dei target nell'area di interesse (eventuale micrositing), ma non consente di ottenere dati significativi circa il conteggio dei target.

La scansione verticale invece, pur non consentendo di ottenere informazioni circa le principali direzioni/rotte dei target, consente di realizzare un efficace conteggio degli uccelli.

Di seguito si illustrano le motivazioni che hanno portato alla suddetta definizione delle funzionalità relative ai due sistemi di scansione.

In primo luogo si fa notare che, nella scansione verticale, quando l'antenna è diretta verso il terreno, non vengono registrati, né visualizzati i segnali ricevuti. Esiste quindi una serie di dati (corrispondente a circa 180° di scansione) che non vengono considerati. Allo scopo di evitare errori sistematici nella conta dei target, è essenziale iniziare il conteggio a partire dalla zona cieca del radar. Diversamente, un target che si muove verso il radar potrebbe essere contato due volte.

Nel caso di scansione verticale, il problema è facilmente superabile, visto che si può iniziare il conteggio in corrispondenza dell'angolo cieco del radar, ma nel caso di scansione orizzontale questo non è possibile, visto che il radar non ha settori ciechi. L'unico modo di ovviare a tale problema nella scansione orizzontale sarebbe quello di ignorare una serie di record, e di iniziare il conteggio a partire dalla corrispondente posizione angolare dell'antenna. Ciò però comporterebbe una impossibilità da parte del radar di individuare target in corrispondenza del settore cieco, che potrebbe invece essere interessato da elevata attività.

Per quanto riguarda la copertura radar, si fa notare come, sia nel caso di scansione orizzontale che verticale, il diagramma di radiazione consenta solo una valutazione qualitativa relativamente al volume coperto. Occorre notare a tal proposito come la presenza di lobi laterali consenta l'individuazione di target anche in corrispondenza di volumi entro i quali teoricamente non sarebbero individuabili. Ad esempio, in una scansione orizzontale, non è insolito individuare uccelli (di grande taglia) che volano sopra il radar, in corrispondenza del teorico cono di silenzio.

### **1.1.7 Valutazione della taglia del target**

Il sistema di processamento dati MERLIN effettua in automatico la classificazione dei target sulla base delle caratteristiche della RCS. Si individuano tre categorie principali: target piccoli, medi e grandi.

La misura della taglia viene effettuata analizzando l'illuminamento dei pixel (numero dei pixel e riflettanza), mediante algoritmi dedicati che utilizzano curve di pesatura variabili a seconda del range impostato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Occorre specificare che queste categorie non sono relative alla taglia dell'uccello, ma alla RCS del target individuato e pertanto dipendono da svariati parametri, come evidenziato in precedenza. L'aspetto più critico relativo alla caratterizzazione della taglia del target consiste nella calibrazione del sistema in funzione della distanza del target. Si osserva infatti come allo stesso target corrisponda un'area (di pixel) differenti a seconda della distanza dal radar:



Fig. 8: Target A: distanza ravvicinata

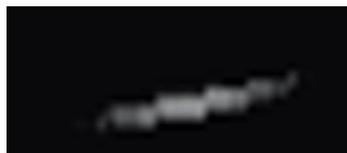


Fig. 9: Target A: lunga distanza

In generale, al crescere della distanza, l'area dei pixel corrispondenti al target diminuisce in direzione radiale e aumenta in azimuth.

Si rende quindi necessaria una taratura, allo scopo di ottenere delle curve che consentano di associare al target la taglia corrispondente, in funzione della distanza dal radar e del numero di pixel illuminati.

Pur essendo disponibili generatori di segnali test per sistemi radar, occorre in ogni caso validare i test simulati mediante osservazioni visive.

Questa operazione è piuttosto complessa, perché necessita una serie significativa di osservazioni di uccelli, il cui comportamento non è prevedibile: in alcuni casi l'uccello può uscire dal volume di copertura radar, talvolta può posarsi a terra e quindi rialzarsi in volo solo più tardi, a volte può girare in circolo e quindi elevarsi in quota ecc...

Inoltre detta taratura è dipendente dalle impostazioni del raggio massimo visualizzabile sullo schermo. Alle differenti impostazioni corrisponde una differente capacità di individuazione dei target: piccoli uccelli e insetti, chiaramente visibili a 0.5nm, risultano non individuabili nel display impostato a 0.75nm. Di fatto il settaggio del range consiste in un filtro passa basso, che consente di eliminare/perdere target caratterizzati da bassa RCS, come gli insetti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Sempre relativamente alle misure di taglia, è necessario che il guadagno dell'antenna sia fisso per tutte le scansioni, ma questo non costituisce un problema, visto che il guadagno è settabile tramite la RCI e non più modificabile direttamente dall'operatore. Si fa notare invece che, nei normali display marini, il guadagno è impostabile tramite i principali tasti/manopole funzione, il che può portare a una indesiderata/inopportuna modifica di tale parametro da parte di personale non esperto, con conseguente erronea valutazione circa la taglia del target individuato.

La valutazione della taglia del target consente anche di ottimizzare le operazioni di conteggio degli uccelli. Pur avendo settato opportunamente il range, il numero di impulsi per scansione e la frequenza di campionamento, potrebbero comunque essere individuati e quindi contati insetti (RCS prossime a quelle degli uccelli più piccoli) in luogo di uccelli. Una soluzione a tale problema potrebbe consistere nel settare un valore minimo di taglia del target, al di sotto del quale non vengono memorizzati i dati (ad esempio considerando solo le macrocategorie media e grande taglia), con la conseguenza di perdere anche gli uccelli di piccola taglia. Per ottimizzare detta operazione di filtraggio, occorre valutare la variazione della dimensione del target in funzione della distanza e quindi impostare una curva (funzione del raggio) al di sotto della quale scartare i target individuati.

### 1.1.8 Clutter

Quanto sopra esposto può essere ritenuto valido per una scansione verticale, visto che il clutter in tal caso è limitato ai volumi in corrispondenza del terreno, facilmente eliminabili in fase di postprocessamento dati. Nella scansione orizzontale invece si ha la presenza di clutter che riduce sensibilmente la probabilità di rilevazione del target.

Per ovviare a questo problema, si potrebbe pensare di impostare una soglia minima di riflettività (illuminamento minimo dei pixel). Tuttavia, in molti casi, il clutter presenta valori di riflettività elevata con conseguente impostazione della soglia su valori troppo alti: si perderebbero troppi target. L'adozione dell'algoritmo CFAR (Constant False Alarm Rate) consente invece di adattare la soglia al valore medio di riflettività rilevato e quindi di individuare i picchi di riflettività al variare del suo valore medio. Nelle immagini seguenti si riportano scansioni effettuate in contemporanea, che illustrano l'applicazione del sistema CFAR:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

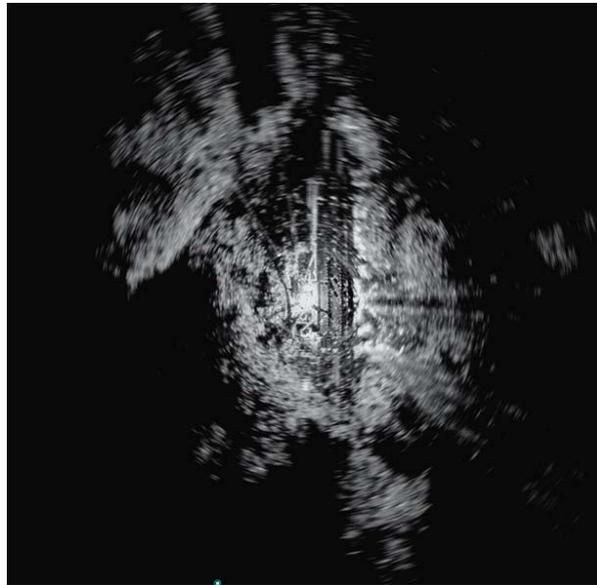


Fig. 10: raw radar display

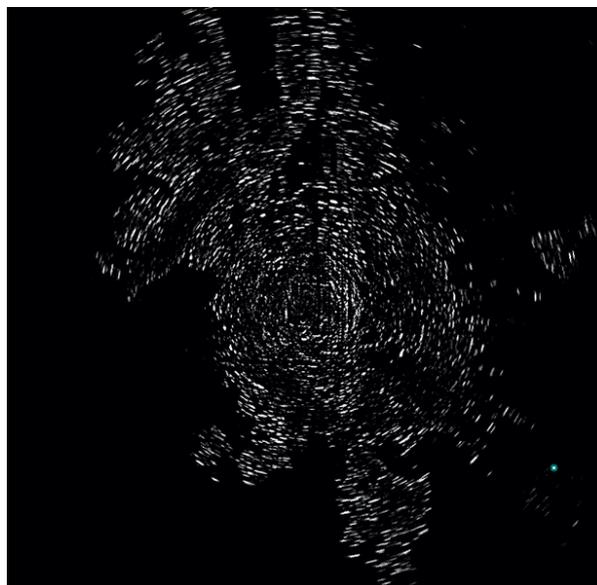


Fig. 11: CFAR on

L'adozione del CFAR consente di ridurre i dati, semplificando l'immagine radar: vengono individuati soltanto i picchi significativi di riflettività (aerei, uccelli, tetti degli edifici, forti asperità del terreno, ecc..). Un ulteriore vantaggio deriva dal fatto che, mentre normalmente si avrebbe una graduale riduzione della riflettività all'aumentare della distanza (minore energia a parità di superficie), il sistema CFAR normalizza questa riduzione di potenza. Questo aspetto è molto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

importante per l'individuazione degli uccelli, caratterizzati da una bassa RCS, che però è individuabile come un picco di riflettività anche a elevate distanze.

Si nota infine che l'adozione di sistemi CFAR di fatto è un filtraggio del segnale e pertanto può dar luogo a variazioni della RCS misurata. Ne consegue che, se si intende valutare la taglia del target con il sistema CFAR acceso, occorre effettuare una ulteriore calibrazione del sistema.

La misura del voltaggio e la conseguente classificazione della riflettività in una scala a 12bit (4096 valori) risulta particolarmente importante per la corretta implementazione di sistema CFAR, perché, laddove non ci sia saturazione, consente di distinguere gli uccelli (contrasto) che volano sopra il clutter. Se si utilizzasse un display marino, si avrebbero soltanto pochi livelli di intensità (tipicamente 4), con la conseguenza che non si riuscirebbero ad individuare gli uccelli che volano in una zona caratterizzata anche da clutter a bassa riflettività.

Una volta utilizzato l'algoritmo CFAR, occorre definire quali siano i picchi che rappresentano gli uccelli e quali invece siano i picchi che rappresentano il clutter: si rende necessaria una mappatura del clutter, realizzata effettuando un confronto tra una serie di scansioni e memorizzando la posizione dei picchi "fermi".

Il sistema MERLIN SS200 è dotato di un ulteriore filtraggio che sfrutta l'effetto Doppler, consentendo di migliorare sensibilmente la PD e il tracciamento delle traiettorie degli uccelli che volano in aree caratterizzate da intenso clutter. L'utilizzo di radar allo stato solido consente infatti la misura dello spostamento di frequenza dovuto all'effetto doppler e quindi la misura della velocità radiale del target. In tal modo è possibile filtrare tutto il clutter fisso e quindi individuare gli uccelli in movimento nelle zone corrispondenti. L'implementazione di filtraggio Doppler comporta però necessariamente una riduzione della velocità di scansione, e quindi della risoluzione, visto che è necessario rilevare il target per tempi più lunghi per consentire la misura dello spostamento in frequenza.

Anche utilizzando un filtraggio Doppler, non è possibile eliminare i segnali provenienti da clutter in movimento (es: fronde degli alberi mosse dal vento), per i quali si deve ricorrere comunque a sistemi di mappatura del clutter.

L'utilizzo di radar allo stato solido consente infine di realizzare un'ulteriore tipo di filtraggio, basato sulla diversità di frequenza (frequency diversity) di due segnali (due trasmettitori) inviati uno in direzione ortogonale e uno inclinato (nello stesso piano di scansione) rispetto all'orientamento dell'antenna radar. Al ricevitore si hanno due grafici B-scope (corrispondenti a due scansioni molto ravvicinate) che potranno essere confrontati. Sulla base dei valori di correlazione tra i due segnali, è possibile filtrare il clutter (ritorni dalla spuma delle onde del mare) caratterizzato da una dinamica

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

molto più veloce di quella degli uccelli. Questa tecnica in via di sviluppo è particolarmente interessante per l'applicazione in oggetto e ne sarà valutata l'implementazione in fase esecutiva.

### 1.1.9 Sistemi di mappatura clutter

È possibile creare delle mappe del clutter sulla base della seguente ipotesi: se si analizzano scansioni successive, il clutter rimane costante, mentre i bersagli si muovono. Questa assunzione ha dei limiti perché:

- il clutter può modificarsi nel tempo (es: cantiere);
- i bersagli possono essere fermi (es: uccelli posati su stagno o a terra);
- il clutter può essere in movimento (es: mare, alberi sottoposti a vento, ecc...).

Sulla base dell'ipotesi sopra descritta, per creare una mappa del clutter occorre effettuare una serie di scansioni e registrare il clutter come la serie di pixel che non hanno subito variazioni. Ogni volta che si desidera aggiornare il clutter, bisogna ricorrere a tale operazione, che può essere automatizzata. La mappatura del clutter, realizzata allo scopo di migliorare la visualizzazione dei target, può essere necessaria anche per scansioni verticali, per la presenza di elementi (torri, alberi, sovrastrutture, edifici, ecc...) collocati in corrispondenza del volume di scansione. In tal caso è opportuno considerare scansioni distanziate nel tempo (es: prima scansione, quarta scansione, settima scansione), in modo tale da evitare di memorizzare come clutter un target che si sta muovendo perpendicolarmente al radar e che quindi viene rilevato nella stessa posizione in più scansioni successive.

Nell'effettuare la mappatura del clutter, occorre definire opportuni algoritmi che, in funzione della differenza tra i valori di illuminamento dei pixel, individuano il clutter e isolano i disturbi (rumore elettronico). Visto che l'individuazione del clutter viene effettuata considerando le differenze tra i valori di illuminamento di pixel attigui, è importante definire quanto piccole debbano essere dette differenze per poter identificare il clutter e distinguerlo dal rumore. Questa operazione è piuttosto delicata e difficilmente standardizzabile, visto che è dipendente dal clutter caratteristico del sito in cui viene installato il radar. In conseguenza di ciò, si può affermare che la PD sia dipendente dal sito; occorre quindi prestare molta attenzione nel caso si intenda effettuare un raffronto tra campagne di monitoraggio effettuate in siti differenti. Risulta invece molto più sensato raffrontare misure effettuate sullo stesso sito, ma in tempi diversi. Per tale motivo sarà necessario avviare le fasi di monitoraggio sin dalle prime fasi di cantiere, in modo tale da collezionare uno storico sufficiente all'elaborazione di analisi comparative tra la fase ante operam e la fase di esercizio del Ponte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

La mappatura del clutter consente di definire per ogni pixel il valore di background (es: valore max, valore min.), mediante una serie n di scansioni. Occorre definire una soglia, che consenta di incrementare opportunamente il valore di background, visto che, nel tempo che occorre per processare il segnale, si possono verificare delle variazioni nel segnale, che si sommano al valore di background, pur non essendo dovute ad un effettivo incremento di riflettività. La soglia di cui sopra può essere fissa, anche se, per l'applicazione in oggetto, è opportuno sia variabile, in funzione della deviazione standard della riflettività del clutter, valutata su più scansioni successive. Se si rileva una forte variazione di riflettività del clutter al variare delle scansioni, allora si avrà una elevata deviazione standard e quindi si dovrà impostare una soglia elevata, per far sì che non si registrino falsi target (dati dal clutter).

Una bassa variazione di riflettività (bassa deviazione standard) consente invece di ridurre la soglia per l'individuazione del target.

L'utilizzo della soglia variabile consente l'individuazione di piccoli uccelli che volano in un clutter a elevata riflettività, ma con bassa variabilità.

Da quanto sopra esposto si evince come un'ottimale mappatura del clutter non possa prescindere da considerazioni di tipo statistico relative a più scansioni.

Si ipotizza la seguente procedura preliminare per la mappatura del clutter:

1. effettuare una pre-mappatura sulla base dei valori minimi di riflettività: restano esclusi automaticamente i target (alta riflettività);
2. utilizzare il valore medio, che consente di "diluire" i valori e quindi di filtrare parzialmente le interferenze, pur non consentendo di filtrare adeguatamente gli uccelli, né il rumore medio nel ricevitore;
3. Utilizzare il valore massimo per individuare le eventuali interferenze di un altro radar: tali interferenze sono facilmente rilevabili a trasmettitore spento e ricevitore acceso. I valori massimi consentono anche di visualizzare l'attività degli uccelli;
4. Utilizzare la differenza tra valore massimo e valore minimo (range), al fine di individuare le tracce dei target, ma soprattutto di visualizzare, tramite aree "buie", le zone in cui i valori minimi sono prossimi ai massimi, ossia le zone in corrispondenza delle quali non è possibile individuare i target, a meno di utilizzare filtraggio doppler. In queste zone il clutter troppo elevato porta ad una saturazione del ricevitore. Questa funzionalità non risulta normalmente implementata nei radar marini;
5. Utilizzare la deviazione standard per individuare lo scorrimento azimutale: se, esaminando il

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

limite della scansione, si osserva una elevata deviazione standard, significa che si ha un elevato scorrimento azimutale: il radar vede il clutter in posizioni diverse a seconda della scansione.

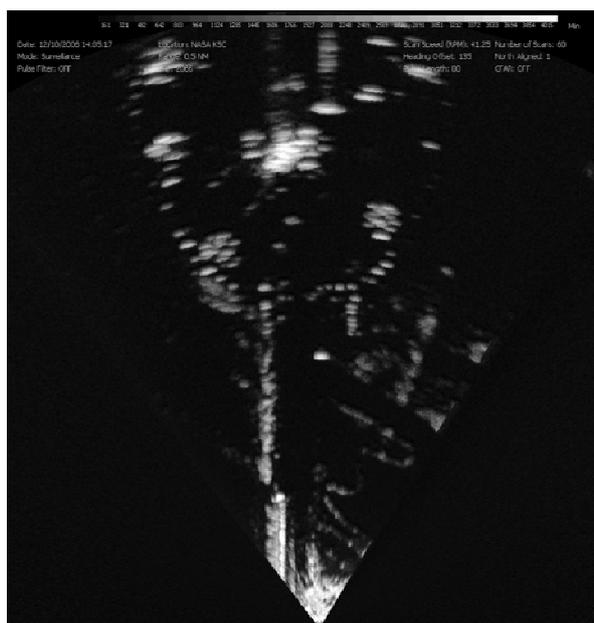


Fig. 12: immagine statistica valori minimi

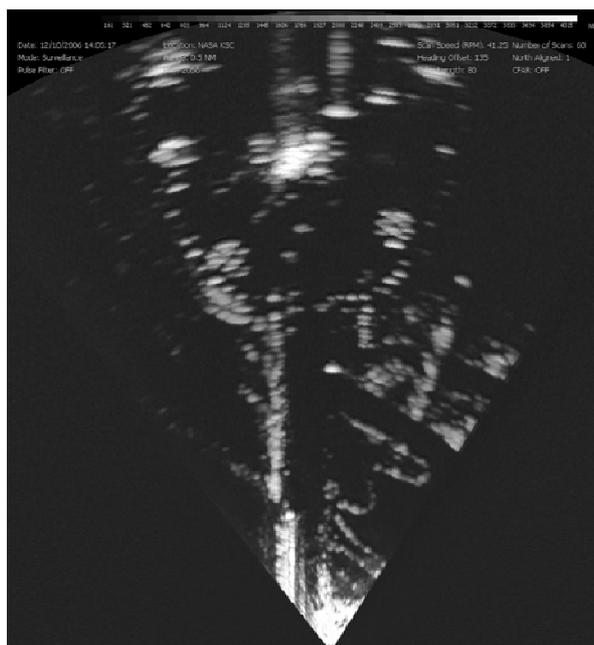


Fig. 13: immagine statistica valori medi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

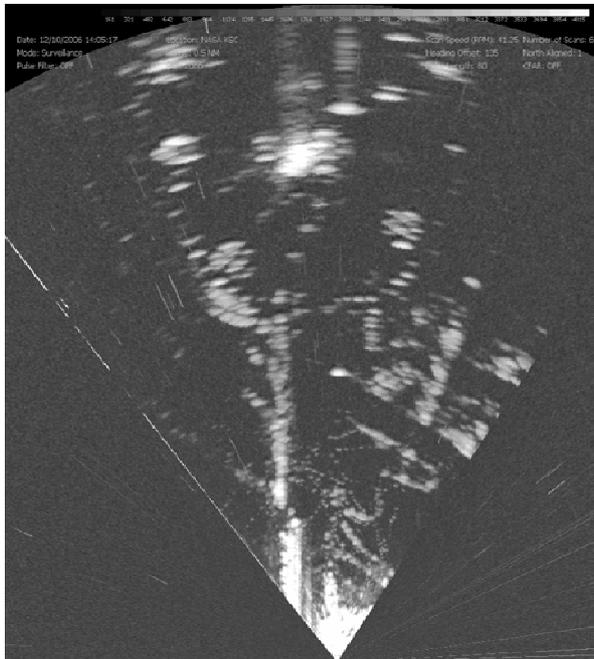


Fig. 14: immagine statistica valori massimi

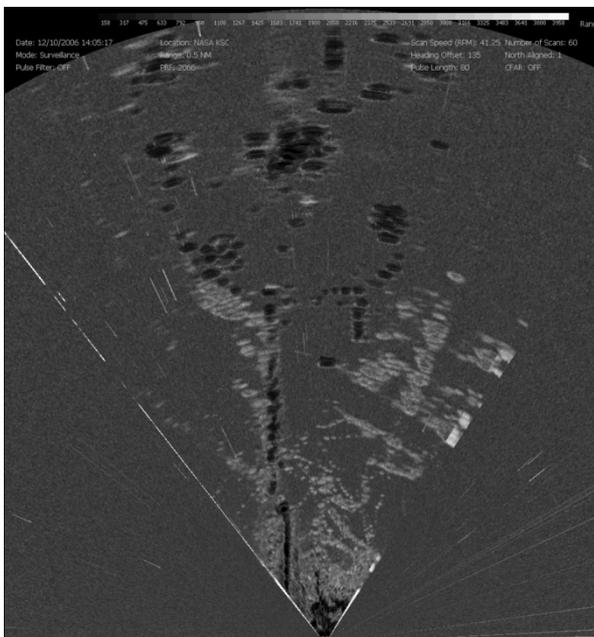


Fig. 15: immagine statistica range

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

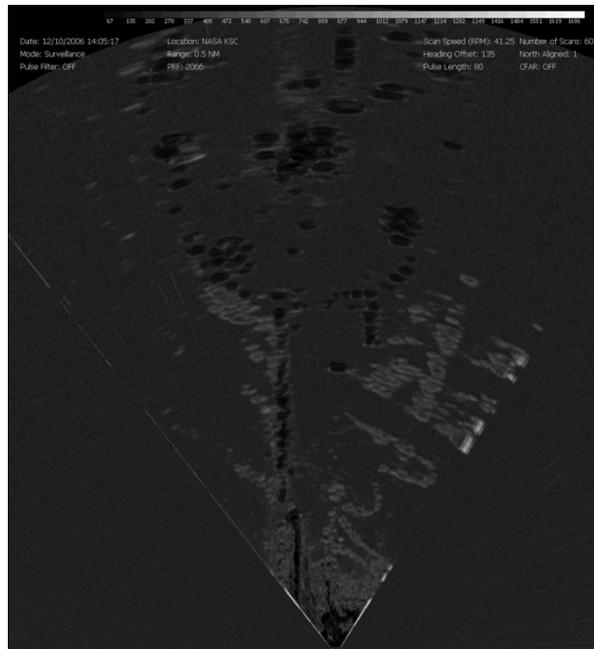


Fig. 16: immagine statistica deviazione standard

Le immagini statistiche sopra riportate a titolo di esempio sono ricavate da un numero limitato di scansioni (da un minimo di 4 ad un massimo di 12 scansioni): incrementando il numero di scansioni, aumentano i campioni per le statistiche, ma aumenta anche lo sforzo del processore. È opportuno valutare il numero di scansioni necessarie per la mappatura del clutter in funzione delle caratteristiche di quest'ultimo.

Normalmente un sistema marino standard non è dotato di sistema di mappatura del clutter, né di CFAR, per cui i target "mascherati" dal clutter non vengono rilevati. Questo dà luogo a conteggi sensibilmente diversi nel caso di scansione orizzontale, soprattutto in presenza di elevato clutter.

Nel caso di scansione verticale, i conteggi sono invece più consistenti, sempre nel caso in cui siano assenti le interferenze e ridotto il clutter: con il postprocessamento si possono cancellare i dati corrispondenti alle rilevazioni in corrispondenza del clutter (torri, edifici, ecc...).

#### 1.1.10 Individuazione degli uccelli in condizioni meteorologiche avverse

Per ridurre la probabilità di individuare e quindi registrare oggetti di piccole dimensioni (es: gocce di pioggia, fiocchi di neve, ecc...), è opportuno utilizzare radar caratterizzati da lunghezza d'onda maggiore rispetto ai radar in banda X. Si utilizzano a tal proposito radar in banda S, caratterizzati da una lunghezza d'onda pari a 10cm, che dà luogo a ridotte interazioni con i suddetti target,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA	<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

laddove l'utilizzo di radar a banda X (lunghezza d'onda pari a 3cm) porterebbe alla saturazione del ricevitore. Nell'immagine sottostante si osserva come per un radar S-band, pur essendo possibile individuare le zone in cui si ha pioggia, la riflettività misurata non porta a saturazione il ricevitore:



Fig. 17: PPI radar banda S – precipitazioni

Utilizzando l'algoritmo CFAR, è possibile "cancellare" la pioggia dallo schermo, come illustrato nelle immagini seguenti:



Fig. 18: PPI radar banda S – raw radar display

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

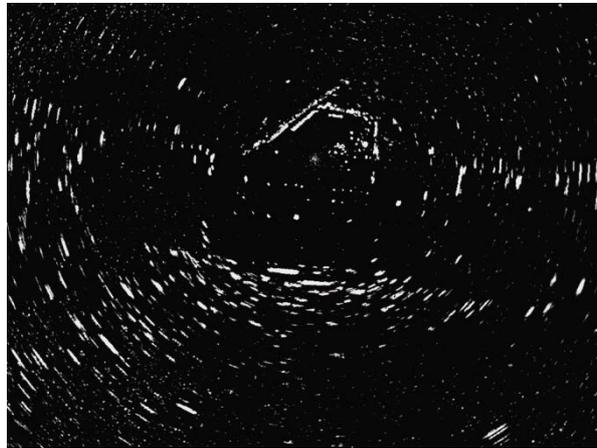


Fig. 19 PPI radar banda S – CFAR on

Ne consegue che l'utilizzo del radar S-band abbinato all'algoritmo CFAR consente di individuare i picchi di riflettività nelle zone di pioggia e quindi i target (vedi mappatura clutter).

#### 1.1.11 Interferenze dovute da altri radar

I radar marini non hanno frequenze esclusive. Nel caso di applicazioni su imbarcazioni, questa limitazione non costituisce un problema, anzi, dalla lettura delle interferenze un operatore esperto è in grado di dedurre la presenza di emettitori radar, e quindi di navi, al di fuori della portata del radar.

Nel caso però in cui si applichi l'algoritmo CFAR, dette interferenze vengono isolate (picchi di riflettività) e quindi processate dagli algoritmi di tracciamento.

Per quanto riguarda il caso in oggetto, il problema è particolarmente evidente a causa dell'elevato traffico marittimo; è necessario pertanto adottare algoritmi che consentano di filtrare il segnale, depurandolo dalle interferenze. Una rappresentazione qualitativa del funzionamento di detti algoritmi è riportata nella figura seguente:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

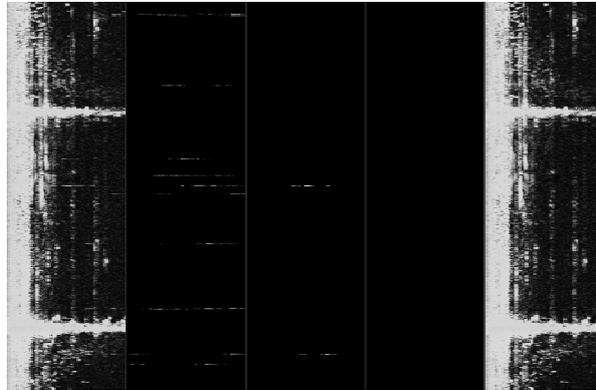


Fig. 20: filtraggio interferenze radar banda X - B-scope - sx: segnale non filtrato; centro: interferenza; dx: segnale filtrato

Di fatto vengono eliminate le righe corrispondenti alle interferenze e sostituite con valori derivati da interpolazioni tra le righe limitrofe. Questa operazione, pur riducendo al minimo le interferenze, può però portare all'eliminazione di piccoli target, in corrispondenza delle zone di interferenza. Inoltre detti algoritmi non consentono il filtraggio di tutte le interferenze: si stima che il 5-10% delle interferenze non siano filtrate. Ne conseguono falsi target, che possono essere ridotti mediante l'adozione di sistemi più performanti (radar allo stato solido).

### 1.1.12 Tracciamento delle traiettorie

Gli uccelli sono un target molto complesso da individuare tramite radar marini convenzionali, a causa della mancanza di algoritmi di tracciamento adeguati.

Nei display marini sono tipicamente implementati algoritmi di tracciamento (echotrail) per l'individuazione delle traiettorie dei target. Tuttavia questi algoritmi non possono essere efficacemente impiegati nel caso si intenda analizzare la traiettoria di un uccello, visto che sono stati sviluppati allo scopo di individuare la traiettoria di navi, caratterizzate da una dinamica piuttosto prevedibile: non ci si aspetta che una nave scompaia o cambi completamente rotta in tempi ridotti (ogni 2.5s, ossia ogni scansione). La modalità con la quale sono interrogati i pixel limitrofi al target scansione dopo scansione caratterizza detti algoritmi. Nel caso in oggetto occorre impostare logiche dedicate che dovrebbero essere aperte a modifiche al variare del tipo di monitoraggio.

In primo luogo si fa notare come sia opportuno utilizzare la modalità di scansione verticale per il tracciamento delle traiettorie. Infatti, in caso di scansione orizzontale, in corrispondenza delle aree

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

con intenso clutter la traccia viene interrotta e quindi ripresa una volta che il target esce dal clutter. Anche nel caso di scansione verticale, eventuali disturbi (es: rumore elettronico) possono comunque dare luogo a falsi rilevamenti. È quindi necessario rilevare il target in più scansioni successive, non solo per individuarne la traiettoria, ma anche per poterlo classificare come target e quindi per incrementare la conta. Si ritiene che, per “iniziare” una traccia, sia necessario analizzare un minimo di 4 scansioni successive. La correlazione tra le posizione del target al variare delle scansioni è alquanto complessa, visto che:

- La dinamica di volo non è prevedibile ed è spesso caratterizzata da brusche variazioni di direzione;
- Nel caso di uno stormo, si possono avere separazioni e ricongiungimenti;
- Due o più uccelli possono convergere e quindi dar luogo ad un solo plot.

Si impostano le seguenti logiche di tracciamento:

- Per definire una traccia occorrono 4 scansioni;
- Una traccia si considera interrotta se, in corrispondenza di due scansioni successive, non vengono effettuate rilevazioni in corrispondenza dell'area di controllo;
- L'area di controllo (in pixel) è definita come un cerchio con centro in corrispondenza della posizione del plot e raggio (corrispondente al raggio entro il quale ci si aspetta si trovi il target 2.5s dopo) impostabile in funzione della velocità massima dell'uccello;
- La correlazione tra plot viene effettuata utilizzando il metodo dei minimi quadrati.

Analizzando la modalità di rappresentazione dei target sullo schermo si osservano:

- Traiettorie caratterizzate da lente variazioni;
- traiettorie caratterizzate da brusche variazioni di direzione ripetute periodicamente;
- traiettorie caratterizzate da accelerazione/decelerazione costante (es: uccello che si posa o che spicca il volo).

Sebbene sia ipotizzabile l'utilizzo di un algoritmo base sviluppato con logiche predefinite, si ritiene necessario lo sviluppo di algoritmi dedicati ai casi specifici. Ad esempio, nel caso si intenda monitorare l'attività di grandi predatori che volteggiano, occorrerà sviluppare un algoritmo che tenga conto della rapida variazione di intensità e posizione dei plot, caratterizzata però da una forte periodicità.

## 1.2 Caratteristiche tecniche del sistema

Le motivazioni sopra esposte hanno motivato la scelta di sistemi di monitoraggio Merlin ARS per il monitoraggio e l'individuazione dei target in prossimità del ponte.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Le caratteristiche principali del sistema previsto sono le seguenti:

- Radar MERLIN a scansione orizzontale (HSR): effettua la scansione azimutale su 360° con un range massimo di 3.2-4.8 km per una quota massima di 3km (misurata a 3km di raggio);
- Radar MERLIN a scansione verticale (VSR): effettua la scansione verticale con un range massimo di 1.6-3.2 km;

Di seguito si riporta l'illustrazione tipo della copertura radar:

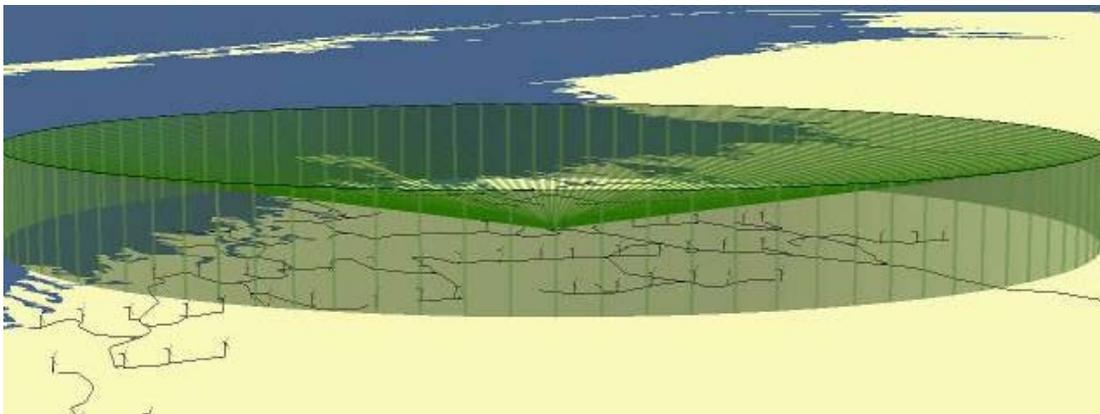


Figura 21: HSR – tipico copertura radar

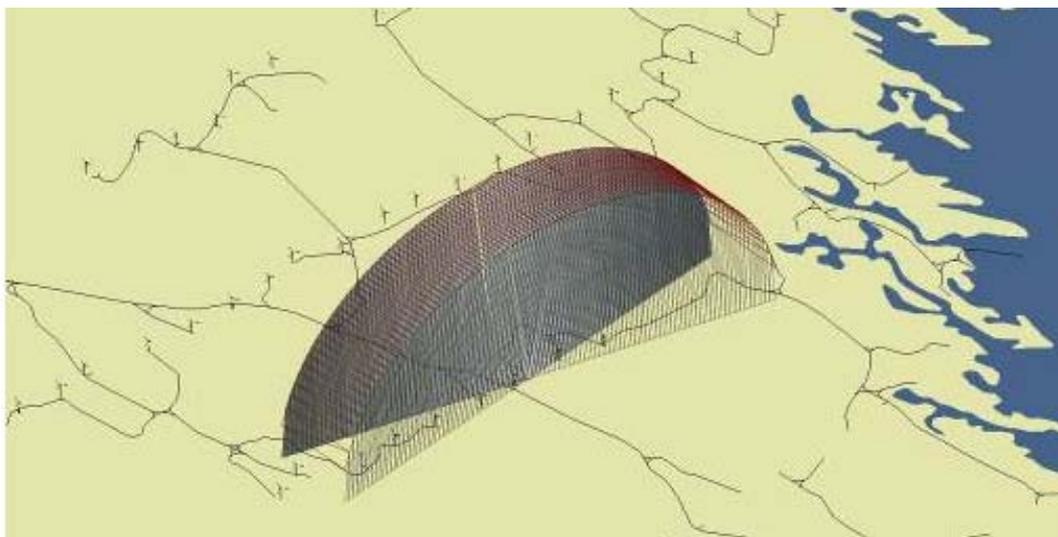


Figura 22: VSR – tipico copertura radar

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

### 1.2.1 MERLIN ARS

Per le considerazioni sopra esposte si prevede l'installazione di unità mobili equipaggiate con radar a scansione verticale (VSR) e radar a scansione orizzontale (HSR). In particolare, nella fase ante operam, si prevede l'utilizzo di unità mobili, vista la necessità di ottimizzare mediante prove in situ il layout dell'impianto. L'unità mobile, alimentabile anche dalla rete mediante connessione bt, è infatti dotata di generatore diesel da 6 kW con serbatoi per un'autonomia di 10 giorni 24h/24h e di batteria UPS di back-up e protezione.

Il sistema radar è costituito da:

- Un radar S-band a scansione orizzontale installato su torre estendibile;
- Un radar X-band a scansione verticale installato su braccio estendibile.



Il sistema MERLIN SS200 prevede l'utilizzo di radar allo stato solido (SharpEye – Kelvin Huges), il cui trasmettitore emette in una sequenza specifica una serie di impulsi, tali da consentire l'individuazione dei target a corto, medio e lungo raggio. Il segnale emesso comprende un impulso corto (0.1µs CW) e due impulsi (medio e lungo) contenenti un chirp modulato in frequenza (non lineare) con una larghezza di banda di sweep pari a circa 20MHz. La suddetta combinazione di impulsi codificati a differente durata consente di realizzare la compressione di impulsi. Le modalità di trasmissione del segnale sono programmabili. Nel caso in oggetto è stata sviluppata una

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

modalità specifica di trasmissione del segnale, atta ad incrementare le performances a corto/medio raggio. Di seguito si riportano le principali caratteristiche del radar solid state:

- Frequenza: 3050 MHz: elettronicamente modificabile (interferenze) da 2930 a 3080 MHz (passo di variazione di 20 MHz – 8 possibili bande di frequenza)
- Potenza di picco: 170W, corrispondente a 170kW di picco, assumendo una pulse compression ratio di 1000:1
- Ampiezza fascio orizzontale = 1.9°
- Ampiezza fascio verticale = 24°
- Lunghezza antenna: 3.9m
- Possibilità di tilt-up di 24°
- Durata di impulso: 0.1, 5 e 33 µs
- Pulse Repetition Frequency: 2200 o 1200 Hz
- Velocità di rotazione: 24rpm (standard), incrementabile fino a 48rpm
- Sincronizzazione automatica
- Copertura HSR standard= 4-8nm
- Copertura VSR standard=3-4nm
- Sistema di processamento Doppler
- Possibilità di implementare filtraggio basato su diversità di frequenza

L'unità mobile è dotata di cabina climatizzata con finestra e porta con accesso a codice. I sistemi elettronici sono isolati mediante ammortizzatori di vibrazioni dai supporti sui quali sono installati. Il sistema di processamento dati opera in ambiente windows ed è dotato di interfaccia e processore dedicato per entrambi i radar, switch di connessione alla rete di alimentazione, sistema di comunicazione per controllo da remoto e GPS/giroscopio per la georeferenziazione. È prevista l'installazione di una rete wireless a corto raggio (30m) per agevolare gli ornitologi nell'operazione di validazione mediante osservazione (vedi fase 1), nel caso sia necessario l'appostamento all'esterno della cabina. Il sistema è inoltre dotato di stazione metereologica (Davis Weather Wizard) e di sensore di visibilità.

### 1.3 Posizionamento

Circa la collocazione dei sistemi ARS, si è proceduto effettuando ripetute simulazioni che, mediante processo iterativo, hanno portato alla definizione delle zone ottimali per l'installazione dei sistemi ARS. Sono state individuate (vedi elaborati di progetto) quattro posizioni (due lato Calabria e due lato Sicilia), in corrispondenza delle quali si hanno livelli massimi di copertura radar. In

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

particolare, si hanno:

- ARSC1: sistema ARS nell'entroterra del lato Calabria, in corrispondenza della stazione radar attualmente utilizzata per il monitoraggio dell'avifauna;
- ARSC2: sistema ARS nel lungomare del lato Calabria;
- ARSS1: sistema ARS nell'entroterra del lato Sicilia, in corrispondenza della stazione radar esistente;
- ARSS2: sistema ARS nel lungomare del lato Sicilia;

Le simulazioni di copertura orizzontale (radar dish) hanno evidenziato come le quattro posizioni consentano un'ottimale copertura delle zone di interesse. Mentre le posizioni nell'entroterra (ARSC1, ARSS1) consentono un'ampia copertura per quanto riguarda la scansione orizzontale, le posizioni lungomare (ARSC2, ARSS2), risultano ottimali per quanto riguarda la scansione verticale, che può essere effettuata agevolmente fino al livello del mare. Questo significa che il conteggio effettuato con il radar verticale in caso di posizionamento lungomare risulta più efficace che nel caso di posizionamento entroterra. Inoltre, come evidenziato dalle simulazioni di copertura a terra, la probabilità di individuare gli uccelli in volo a bassa quota sul livello del mare mediante configurazione ARSC1 - ARSS1 risulta inferiore rispetto alla configurazione ARSC2 - ARSS2. Tuttavia, bisogna considerare che i posizionamenti in quota (ARSC1 - ARSS1) sono caratterizzati da problematiche inferiori in termini di clutter e quindi da una maggiore probabilità di individuazione.

In seguito a queste considerazioni, nella fase ante operam, i trailers saranno posizionati alternativamente nelle postazioni individuate, in modo tale da verificarne sperimentalmente pregi e difetti. Successivamente sarà ottimizzata la configurazione più efficace per il monitoraggio nella fase di esercizio; sarà a tal proposito valutata la possibilità di installare i radar a scansione orizzontale in corrispondenza del centro del ponte (ARSM), visto che tale configurazione consentirebbe di adottare semplici logiche di implementazione delle risk rules.

#### **1.4 Integrazione nel sistema di monitoraggio ornitologico**

Nel caso in oggetto, è previsto l'utilizzo di più sistemi radar collocati in zone differenti (lato Sicilia e lato Calabria) per la caratterizzazione dell'attività degli uccelli nel volume di controllo.

Poiché in fase di postprocessamento è necessario effettuare il merging dei dati ottenuti dai sistemi, generalmente gestiti/forniti separatamente, risulta particolarmente critica l'accuratezza nel tempo del sistema radar, spesso sottovalutata nel caso si consideri il sistema a sé stante. Dovranno essere evitati sfasamenti temporali tra i segnali acquisiti; a tale scopo sarà utilizzato come

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

riferimento il segnale GPS.

Il sistema radar previsto può essere inoltre integrato con altri sistemi di monitoraggio, visto che la sincronizzazione è garantita dalla condivisione della base dei tempi derivata da sistema GPS, integrato nel MERLIN ARS.

In particolare, studi precedenti hanno dimostrato come sistemi infrarossi (IR) passivi possano essere efficacemente utilizzati per individuare uccelli durante le migrazioni notturne, sebbene vi siano dei limiti per quanto concerne il range operativo (tipicamente inferiore a 3km) e le condizioni climatiche; i sistemi IR hanno performances elevate in presenza di cielo terso e a basse temperature . Sebbene i sistemi IR non consentano di distinguere agevolmente le specie sotto osservazione, essi possono essere molto utili nella fase di taratura del radar, visto che permettono di estendere il periodo di validazione alle fasce notturne, consentendo di associare all'eco rilevato tramite radar importanti caratteristiche, quali numero dei target corrispondenti e specifiche dinamiche di volo.

La realizzazione di un sistema fisso di monitoraggio mediante termocamere infrarosso a copertura dell'intero impalcato del Ponte sarebbe però piuttosto complessa. Una serie significativa di termocamere dovrebbero essere installate a copertura del lato dx e sx del Ponte: il flusso dati risultante sarebbe di difficile gestione e si dovrebbe prevedere un complesso sistema di registrazione e post-processamento dati mediante algoritmi dedicati. La necessità di mantenere operativi i dispositivi ottici imporrebbe inoltre l'adozione di complesse procedure di manutenzione del sistema. Per tali motivi, non è prevista l'installazione di sistemi fissi automatici infrarossi a integrazione del monitoraggio radar.

Considerando però che il monitoraggio fino ad ora effettuato ha evidenziato periodi di intensa attività in corrispondenza delle fasce notturne, si prevede l'utilizzo di termocamere portatili per estendere il periodo di validazione del radar anche agli orari notturni di maggior interesse. Le termocamere saranno in tal caso impiegate efficacemente per verifiche "puntuali" operate direttamente (modalità manuale) da personale qualificato.

## 1.5 Procedure di analisi dei dati

Il segnale processato costituisce l'output del sistema, consistente in una matrice (K) 1024x1024, generata ogni scansione (2.5s), nella quale ad ogni elemento corrisponde lo stato del pixel corrispondente. Complessivamente si hanno a disposizione 1048576 elementi che assumono lo stato 1 qualora il pixel corrispondente non sia "illuminato" e 0 qualora il pixel corrispondente sia "illuminato".

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Sebbene siano stati applicati precedentemente sistemi di filtraggi dinamici, quali CFAR o doppler, può comunque essere opportuno agire a posteriori sulla matrice di dati, per mascherare alcune zone nelle quali si rilevino disturbi da clutter. Si tratta di un filtraggio a posteriori che, pur riducendo l'area di monitoraggio, risulta particolarmente utile nel caso di dati ottenuti da scansione verticale, visto che, in prossimità del suolo, il clutter può dar luogo a conteggi errati.

Nel caso di scansione verticale, è ad esempio opportuno cancellare i valori rilevati nei pixel corrispondenti alle torri, mentre nel caso di scansione orizzontale, è necessario eliminare eventuali dati dei pixel corrispondenti alla viabilità pubblica o di cantiere, oltre che al traffico marittimo.

Queste operazioni di mascheramento devono essere effettuate caso per caso e manualmente, visto che dipendono dalla configurazione dell'impianto specifico.

Un secondo filtraggio a posteriori applicabile sui dati memorizzati consiste nell'eliminazione dei record corrispondenti agli eventi atmosferici di disturbo del segnale radar. Si divide la matrice principale K in 256 matrici  $J_i$  da 4096 elementi cadauna. Per ogni matrice viene valutata la riflettività totale, misurando il rapporto tra i pixel illuminati (valore 0) e quelli non illuminati (valore 1). Questa operazione viene effettuata in condizioni di cielo sereno e consente di ottenere 256 valori di background di riferimento. Al variare delle condizioni, la "riflettività" totale misurata nelle matrici  $J_i$  varia a causa dei target rilevati. Qualora tale valore dovesse variare eccessivamente, si considera che nel volume corrispondente ci sia pioggia. In tal caso i valori registrati nella matrice  $J_i$  corrispondente vengono cancellati. Si perdono così i conteggi relativi alle regioni in cui si ha pioggia, allo scopo di evitare falsi conteggi. Una volta effettuati tali mascheramenti, si ha a disposizione una serie di matrici che possono essere utilizzate per generare l'output desiderato.

Per quanto concerne il monitoraggio, si definisce una procedura standard per l'analisi dei dati archiviati, allo scopo di creare uno strumento che possa essere facilmente utilizzabile sia in fase di taratura che in esercizio. Per quanto riguarda la scansione verticale, utilizzata per quantificare l'attività degli uccelli, si ritiene opportuno produrre output giornalieri che riepilogano, tramite istogrammi, la quantità di target individuata su base oraria. Tale grafico consente di individuare le fasce orarie critiche in termini quantitativi: i dati sono poi riepilogati in un grafico a torta che evidenzia le specie individuate in funzione della taglia. Sempre tramite l'uso del radar verticale è possibile rilevare la distribuzione dei target in funzione della quota.

Di seguito si riportano alcuni dei report relativi alla scansione verticale:

 <b>Stretto di Messina</b>		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

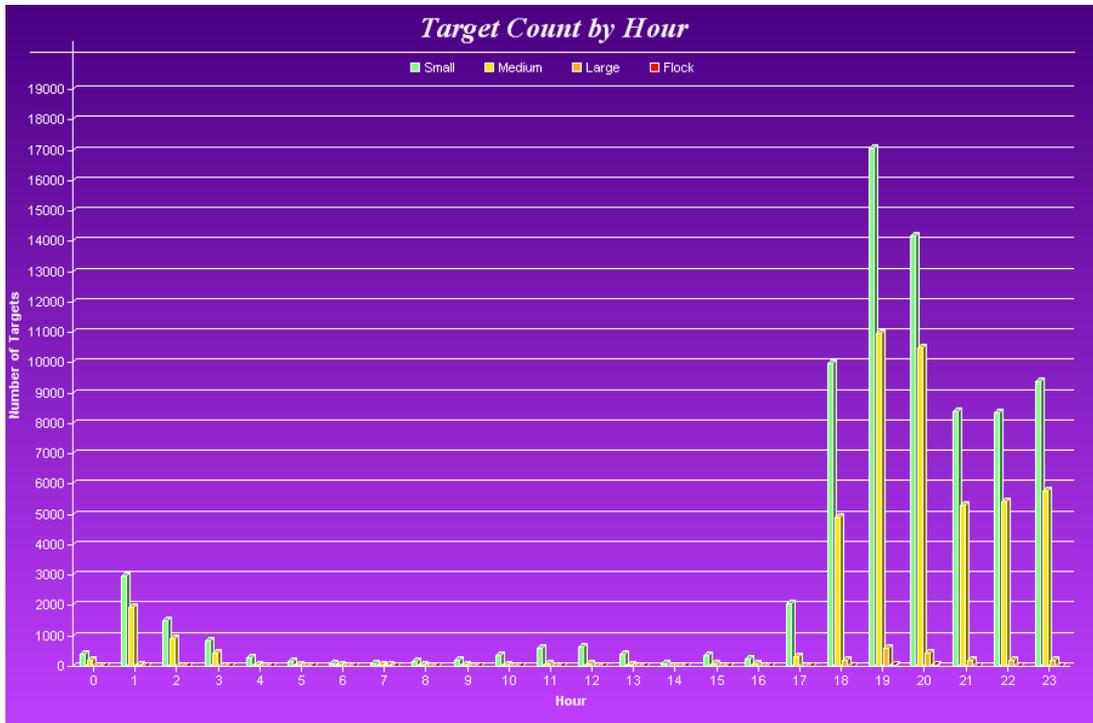


Figura 1: VSR - conteggio target (suddivisi per taglia) su base oraria

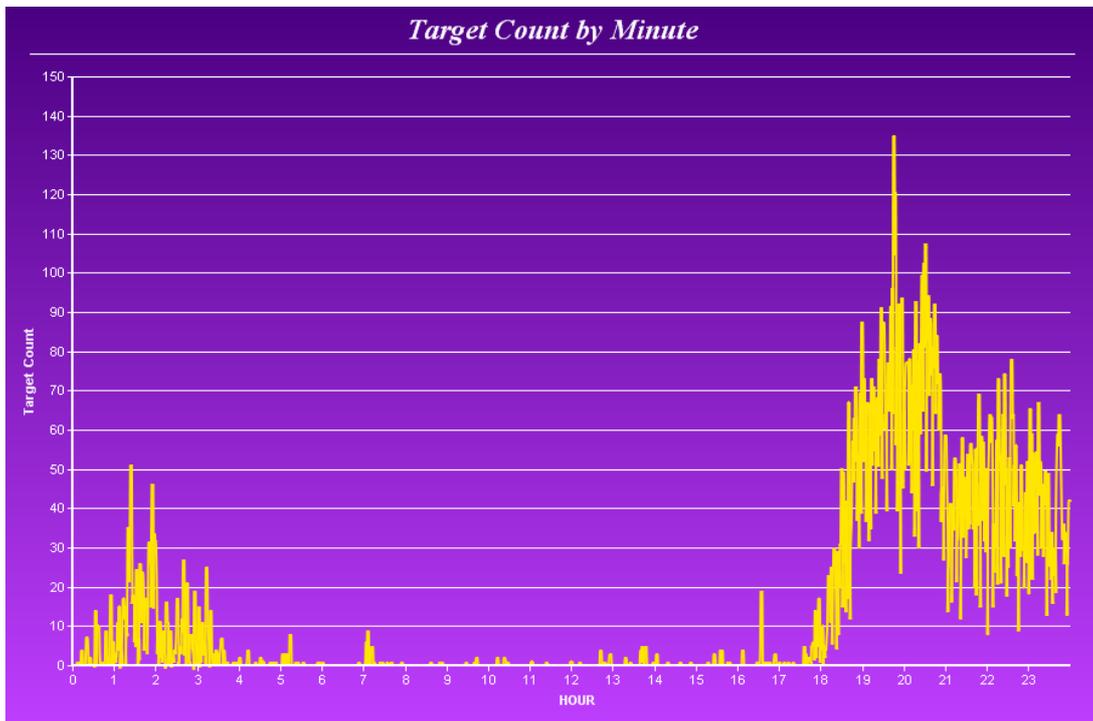


Figura 2: VSR - conteggio target al minuto

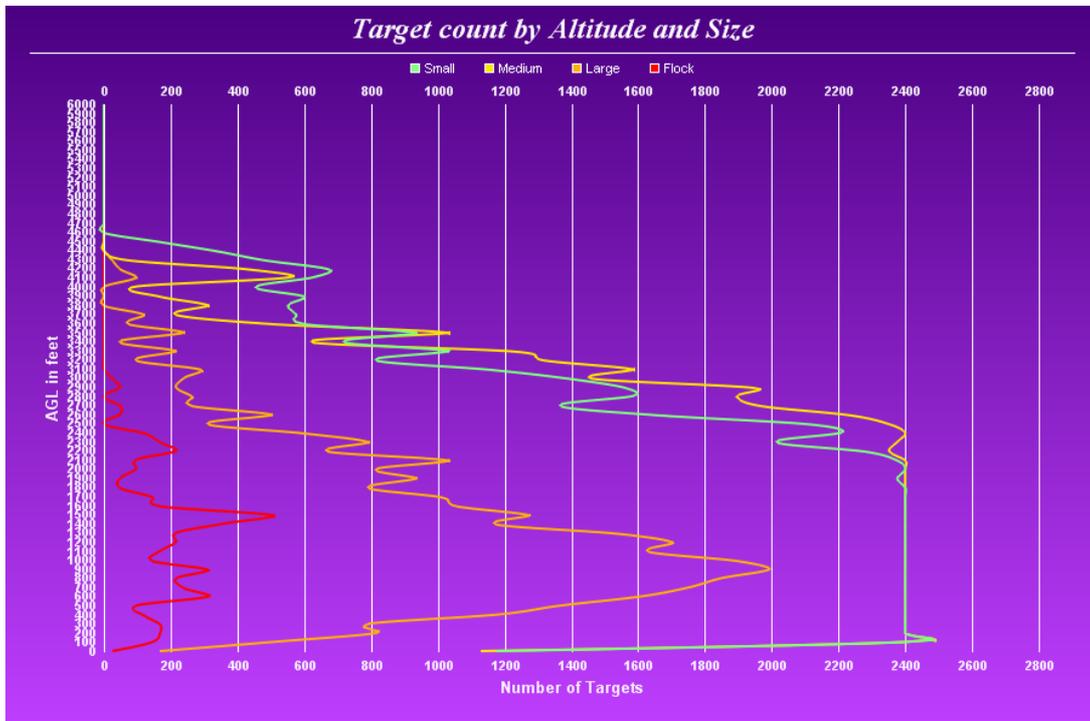
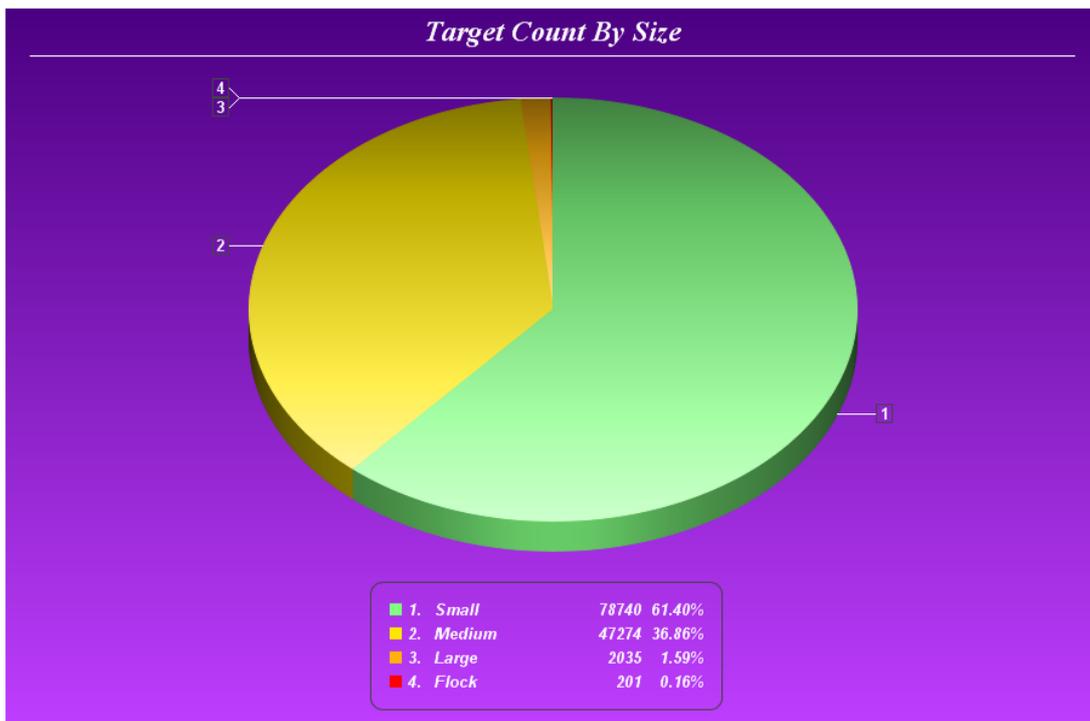


Figura 3: VSR - conteggio target (suddivisi per taglia) per quota



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Figura 4: VSR - conteggio target per dimensione

Per quanto riguarda la scansione orizzontale, i dati registrati non possono essere utilizzati per effettuare una valutazione quantitativa dell'attività degli uccelli. La copertura del radar orizzontale è infatti limitata in termini di quota: il sistema prevede scansione azimutale su 360° con un range massimo di 3.2-4.8 km per una quota massima di 3km (misurata a 3km di raggio).

Il radar orizzontale viene quindi utilizzato al solo scopo di individuare la distribuzione dei target sul piano azimutale. I grafici che ne derivano sono del tipo polare e consentono di individuare le principali aree interessate dall'attività degli uccelli.

Di seguito si riportano alcuni dei report relativi alla scansione orizzontale:

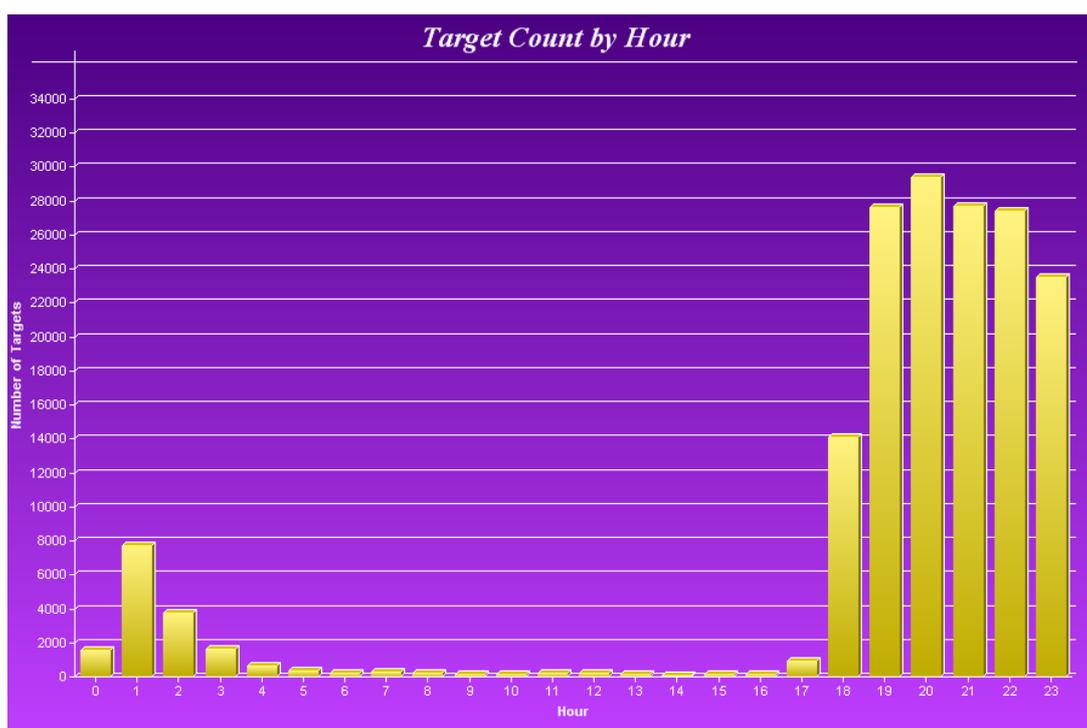


Figura 5: HSR - conteggio target per ora

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

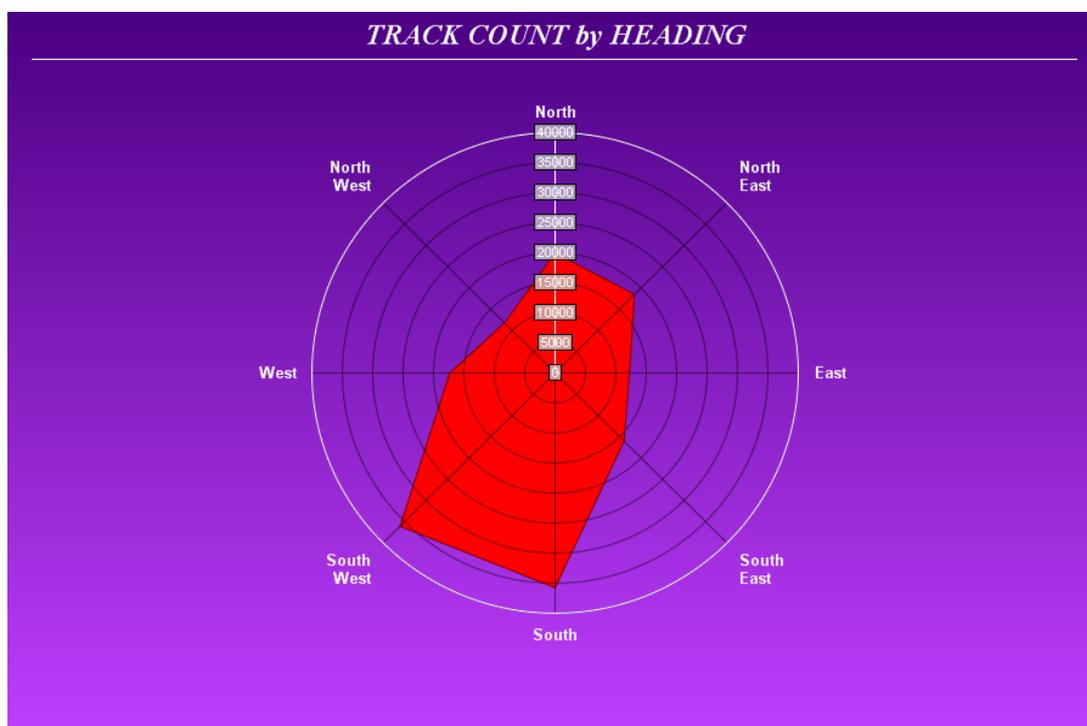


Figura 6: HSR - conteggio target per direzione

In ogni caso, sia nella scansione orizzontale che in quella verticale, è necessario che i dati siano validati da ornitologi che, in funzione di eventuali anomalie rilevate dal radar e riepilogate nell'output predefinito, possano riesaminare l'intero dataset e individuare la causa dell'anomalia. Si mette così a disposizione degli ornitologi un potente strumento, che consente di approfondire gli studi sul comportamento delle specie nelle varie condizioni meteorologiche (prima e dopo la pioggia, con bassa visibilità, ecc...).

Infine i dati possono essere ulteriormente riepilogati su base mensile, ottenendo statistiche utili sia nella fase di taratura ante operam che nella fase di esercizio.

Di seguito si riportano alcuni dei report riepilogativi:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

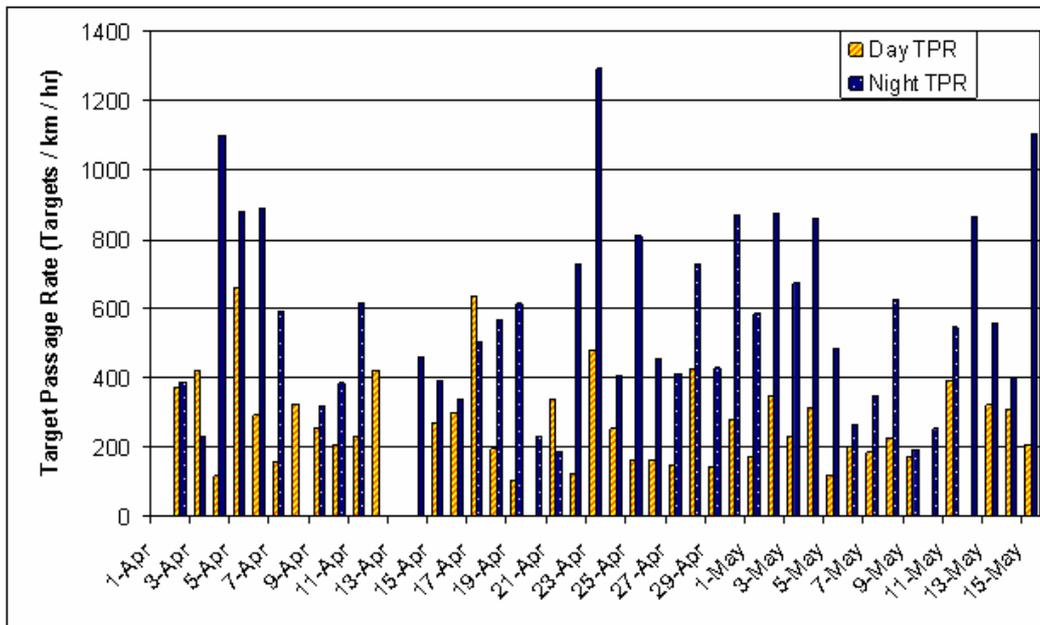


Figura 7: VSR - riepilogo conteggio target per giorno/notte

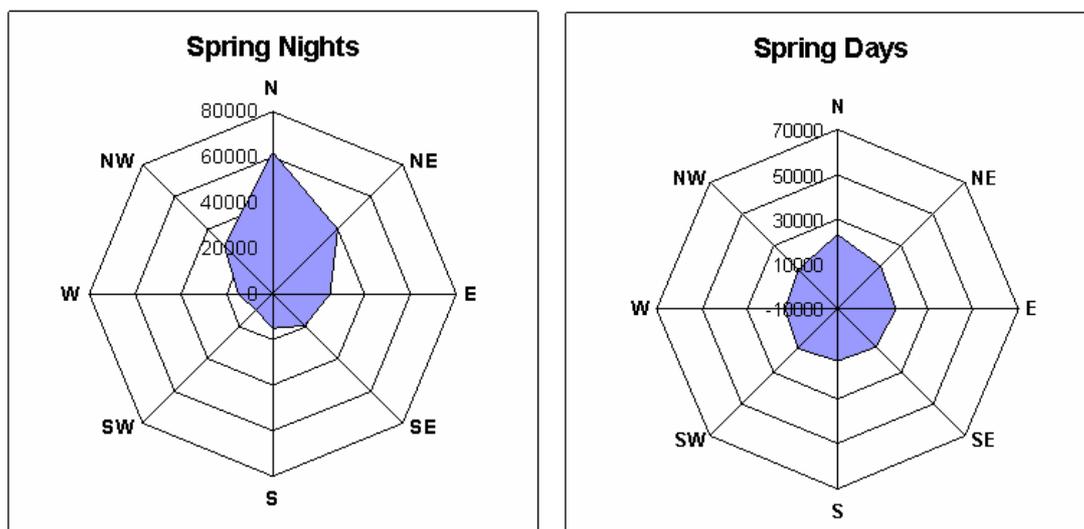


Figura 8: HSR - riepilogo direzione target per stagione

## 1.6 Procedure per la Valutazione del rischio

Risulta evidente come l'individuazione di una corretta strategia di valutazione del rischio sia fondamentale per la corretta interpretazione dei dati acquisiti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Come evidenziato precedentemente, l'isolamento di una particolare specie dalle altre risulta assai problematico quando le RCS hanno valori comparabili. Oltre alle conoscenze derivanti dalle precedenti esperienze effettuate con i sistemi MERLIN, risulterà di nuovo determinante la fase di taratura, che consentirà di rilevare corrispondenze tra i target rilevati e le specie osservate non solo in termini di RCS, ma anche in termini di dinamica di volo.

L'analisi di quest'ultima verrà effettuata tramite la modalità di variazione del segnale rilevato ad ogni scansione. In alcuni casi infatti lo schema con la quale il target si "sposta" sullo schermo radar è rappresentativo della dinamica di volo di una o più specie sotto osservazione.

Sia per il monitoraggio ante operam, che per il monitoraggio in esercizio, si tratta di definire dei criteri alla base della valutazione del rischio. Se nel primo caso è possibile in molti casi standardizzare la procedura di postprocessamento, nel secondo caso si richiedono valutazioni ad hoc.

L'ampio dataset reso disponibile dal sistema consente di impostare modelli di valutazione del rischio specificatamente sviluppati per il sito in analisi. In fase di studio di fattibilità e monitoraggio ante operam, è opportuno definire delle macroaree all'interno della zona di copertura del radar e associare differenti livelli di pericolosità a dette aree. In questa fase sono stati definiti dei volumi di controllo sulla base di modelli sviluppati e adottati per le wind farm. Modelli specifici saranno sviluppati in fase di progettazione esecutiva.

Si ipotizza inoltre che gli uccelli riescano ad evitare l'ostacolo Ponte in caso di buona visibilità: è quindi importante utilizzare sensori meteo per il monitoraggio delle condizioni di visibilità sia verticale che orizzontale.

## 2 Monitoraggio – attività previste

### 2.1 Analisi dei dati e supporto alla fase di survey

Consiste nella implementazione del sistema MERLIN ARS.

I principali obiettivi sono:

- taratura del sistema;
- definizione dei modelli relativi alla dinamica di volo;
- identificazione dei modelli di rischio;
- quantificazione del rischio;
- ottimizzazione del posizionamento del sistema MERLIN ARS.

La macro attività si compone delle attività elementari 2.1.1, ..., 2.1.8 e si ripete per le seguenti

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

annualità:

- **prima annualità:** si intende il primo anno a partire dall'installazione dei sistemi MERLIN ARS;
- **prima annualità fase di esercizio:** si intende il primo anno a partire dall'esercizio dell'infrastruttura Ponte;

### 2.1.1 Attività di avvio premonitoraggio

Nella fase iniziale di avviamento del sistema, sarà curata la configurazione di partenza [analisi delle mappe di clutter; verifica iniziale copertura radar etc], allo scopo di rendere operativi e funzionanti gli apparati Merlin ARS.

### 2.1.2 Ornitologia per groundtrouthing

Scopo del groundtrouthing è ottenere una serie significativa di dati per tarare il sistema, registrando la corrispondenza dei record con l'attività osservata. Saranno effettuate osservazioni visive in concomitanza con l'acquisizione radar, registrando informazioni circa i livelli di attività, i comportamenti e le dinamiche di volo.

Come evidenziato nel paragrafo 1.4, si prevede l'utilizzo di termocamere portatili per estendere il periodo di validazione anche agli orari notturni di maggior interesse. Le termocamere saranno impiegate per verifiche "puntuali" operate direttamente (modalità manuale) da personale qualificato.

Sulla base di questa taratura saranno ottimizzati gli algoritmi di individuazione del target, ottenendo corrispondenze tra il segnale radar e le osservazioni visive.

Si agirà inoltre sulla matrice di dati, per mascherare le zone nelle quali si rilevino elevati disturbi da clutter, ossia di tutti i segnali non voluti ricevuti dal radar. Si tratta di un filtraggio a posteriori che, pur riducendo l'area di monitoraggio, risulta necessario in caso di scansione verticale, visto che, in prossimità del suolo, il ground clutter può dar luogo a conteggi errati.

Queste operazioni di mascheramento dovranno essere effettuate manualmente nella fase di taratura, poiché dipendono dalla configurazione dell'impianto specifico.

### 2.1.3 Revisione dati monitoraggio

I dati relativi al monitoraggio radar saranno analizzati da ornitologi che affineranno lo studio del comportamento delle specie nelle varie condizioni meteorologiche (prima e dopo la pioggia, con

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

bassa visibilità, ecc...), rilevando eventuali eventi di disturbo precedentemente non filtrati, ecc...

#### **2.1.4 Classificazione delle specie presenti nell'area ai fini del monitoraggio radar**

Il sistema di processamento dati MERLIN effettua in automatico la classificazione dei target sulla base delle caratteristiche della RCS. Si individuano tre categorie principali: target piccoli, medi e grandi. La misura della taglia viene effettuata analizzando l'illuminamento dei pixel (numero dei pixel e riflettanza), mediante algoritmi dedicati che utilizzano curve di pesatura variabili a seconda del range impostato.

In questa fase sarà validata la classificazione automatica del sistema e saranno effettuati eventuali variazioni delle soglie in funzione delle osservazioni effettuate e dei risultati provenienti dalla revisione dati monitoraggio.

#### **2.1.5 Individuazione delle rotte principali e delle aree di attività**

La dinamica di volo degli uccelli dipende da molti parametri ed è assai complessa. L'individuazione via radar delle rotte è ancor più complessa vista la possibilità che l'uccello ha di entrare/uscire dal volume di scansione del radar. Utilizzando algoritmi specifici che consentano di ottimizzare la correlazione dei target da scansione a scansione e sulla base della validazione di cui al punto 2.1.1, sarà effettuata un'analisi dettagliata relativamente ai dati di tracciamento (rotta e velocità) e alle aree di maggiore attività.

#### **2.1.6 Quantificazione del Rischio di Impatto**

Questa fase consiste nel postprocessing dei dati ottenuti nella fase 2.1.1, allo scopo di effettuare un'ipotesi predittiva relativa al rischio di impatto degli uccelli con le future strutture.

#### **2.1.7 Identificazione delle Risk Rules**

Saranno sviluppate le logiche di intervento preliminari e saranno definiti i criteri alla base della valutazione del rischio mediante valutazioni specifiche per il sito in analisi.

Tale processo si articola sinteticamente come segue:

- individuazione, sulla base di modelli standardizzati, delle macroaree all'interno della zona di copertura del radar alle quali saranno associati differenti livelli di pericolosità, con le corrispondenti soglie di rischio;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

- sviluppo di logiche dedicate per l'elaborazione degli input del sistema, costituiti da dati in tempo reale (ottenuti mediante ARS) del livello di attività degli uccelli, delle dinamiche di avvicinamento, della quota di volo, associate con dati relativi alle condizioni meteorologiche.

### 2.1.8 Ottimizzazione della configurazione iniziale del sistema

Sulla base dei dati della fase di survey, sarà ottimizzato il posizionamento del sistema MERLIN ARS allo scopo di garantire un'ottimale copertura radar. Detta operazione sarà ripetuta in fase di esercizio.

## 2.2 Definizione delle possibili integrazioni da apportare al sistema base (HRS, VRS)

Dopo la fase di monitoraggio iniziale, sarà valutata, sulla base dei risultati sperimentali, l'opportunità di installare eventuali ulteriori radar per incrementare l'efficacia del sistema di monitoraggio.

## 2.3 Proseguimento delle attività di monitoraggio

Consiste nel verificare il corretto funzionamento dei sistemi MERLIN ARS e nel proseguire l'attività di monitoraggio, revisione dati e reportistica, sia per le annualità successive alla "prima annualità" e precedenti la fase di esercizio dell'infrastruttura Ponte, che per le annualità successive alla "prima annualità fase di esercizio";

## 2.4 Reportistica e rapporti con l'Amministrazione

Attività consistenti nella pianificazione degli interventi e nella definizione delle modalità di scambio di informazioni con Amministrazione ed Enti preposti. L'attività sarà svolta a partire dall'installazione del sistema Merlin ARS.

### 2.4.1 Definizione delle modalità di presentazione della reportistica

Sarà definito un protocollo condiviso con le Amministrazioni circa le modalità di:

- implementazione del sistema di monitoraggio;
- presentazione della reportistica (tipo di report, modalità di trasmissione, cadenze, ecc...), a partire dal report automaticamente generato.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

#### **2.4.2 Creazione della piattaforma web ad accesso differenziato operatore / Amministrazione**

Sarà sviluppata una web interface multi accesso che consentirà l'accesso remoto a più livelli operativi. In particolare, il Gestore avrà pieno accesso alle informazioni provenienti dal sistema, tramite sinottici, queries etc.; Amministrazioni ed Enti potranno ricevere informazioni di interesse, eventualmente in tempo reale, mediante un'interfaccia dedicata.

#### **2.4.3 Produzione di reportistica secondo modalità e cadenza definite**

Sarà prodotta la reportistica concordata che sarà trasmessa secondo le modalità e le cadenze definite al punto 2.4.1. I report saranno consegnati su formato digitale, cartaceo etc. in occasione di riunioni periodiche, conferenze, tavoli tecnici etc.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

### 3 Conclusioni

Le analisi di dettaglio (capitolo 1) relative alle caratteristiche tecnico-prestazionali dei sistemi di monitoraggio radar hanno consentito l'individuazione del sistema MERLIN ARS come dispositivo ottimale per l'applicazione in oggetto.

In particolare si prevede l'utilizzo di sistemi MERLIN Avian Radar System SS200. Solid State S-Band Radar Suite. Ogni sistema MERLIN ARS è comprensivo di:

- radar a scansione orizzontale (HSR) e torretta con sensore di visibilità integrato;
- radar a scansione verticale dual range (VSR) e torretta con sensore di visibilità integrato;

#### 3.1.1 Principali risultati simulazioni

Le simulazioni effettuate (punto 1.3) hanno consentito di minimizzare il numero dei sistemi ARS necessari e di individuare le aree ottimali per la collocazione di detti dispositivi per ottenere una copertura efficace dei volumi di interesse.

Sulla base di tali risultati, le prime fasi di monitoraggio saranno effettuate mediante n.2 dispositivi MERLIN ARS completi entrambi di un radar a scansione orizzontale e un radar a scansione verticale.

Ciascun sistema MERLIN ARS sarà installato a bordo di un trailer: questa soluzione consentirà agevolmente di ottimizzarne il posizionamento nelle fasi di setup iniziale.

La configurazione iniziale prevede la collocazione dei due trailers nelle due posizioni lungomare (vedi elaborati grafici):

- ARSC2: sistema ARS nel lungomare del lato Calabria;
- ARSS2: sistema ARS nel lungomare del lato Sicilia;

In questa configurazione, sarà effettuato un primo monitoraggio di breve durata (due mesi) che consenta di ottenere una base dati minima per il confronto con altre configurazioni.

Successivamente si prevede la ricollocazione dei dispositivi MERLIN ARS nelle due posizioni entroterra (vedi elaborati grafici), che le simulazioni hanno individuato come ottimali:

- ARSC1: sistema ARS nell'entroterra del lato Calabria, in corrispondenza della stazione radar attualmente utilizzata per il monitoraggio dell'avifauna;
- ARSS1: sistema ARS nell'entroterra del lato Sicilia, in corrispondenza della stazione radar esistente;

Sarà quindi effettuato un secondo monitoraggio di breve durata (due mesi) e i risultati saranno messi a confronto con quelli ottenuti dal primo monitoraggio, con particolare riferimento alla

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

probabilità di individuazione dei target sotto osservazione.

In tal modo sarà possibile validare sperimentalmente i risultati delle simulazioni e quindi selezionare il posizionamento ottimale dei dispositivi. Una volta individuata la configurazione ottimale, si procederà con le attività previste al capitolo 2.

Dopo il primo anno di esercizio del sistema di monitoraggio, sarà valutata, sulla base dei risultati sperimentali, l'opportunità di installare eventuali ulteriori radar per incrementare l'efficacia del sistema.

Nella fase di esercizio dell'infrastruttura sarà infine valutata la possibilità di installare radar a scansione orizzontale in corrispondenza del centro del ponte (elaborati grafici – posizione ARSM), allo scopo di aumentare l'efficacia del sistema di monitoraggio e di semplificare le logiche di implementazione delle risk rules.

### 3.1.2 Attività previste

Nella tabella seguente sono dettagliate le attività previste per l'implementazione del sistema di monitoraggio radar in relazione alle differenti fasi operative:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		Codice documento AMV0744_F0 .docx	Rev F0	Data 8/06/2012

Rif.	Attività	prima annualità	monitoraggio annuale ante operam	prima annualità fase di esercizio	monitoraggio annuale fase di esercizio
<b>RT-2.1 Analisi dei dati e supporto alla fase di survey</b>					
RT-2.1.1	Attività di avvio premonitoraggio	X			
RT-2.1.2	Ornitologia per groundtrouthing	X		X	
RT-2.1.3	Revisione dati monitoraggio	X	X	X	X
RT-2.1.4	Classificazione delle specie presenti nell'area ai fini del monitoraggio radar	X			
RT-2.1.5	Individuazione delle rotte principali e delle aree di attività	X	X	X	X
RT-2.1.6	Quantificazione del Rischio di Mortalità	X	X	X	X
RT-2.1.7	Identificazione delle Risk Rules	X		X	
RT-2.1.8	Ottimizzazione della configurazione iniziale del sistema	X		X	
RT-2.2	Definizione delle possibili integrazioni da apportare al sistema base ARS	X		X	
<b>RT-2.3 Prosecuzione delle attività di monitoraggio</b>					
<b>RT-2.4 Reportistica e rapporti con l'Amministrazione</b>					
RT-2.4.1	Definizione delle modalità di presentazione della reportistica	X			
RT-2.4.2	Creazione della piattaforma web ad accesso differenziato operatore / Amministrazione	X			
RT-2.4.3	Produzione di reportistica secondo modalità e cadenza definite	X	X	X	X
<b>1 Global service gestionale e manutentivo delle apparecchiature installate</b>					
1.1	Verifica on-site della piena funzionalità delle installazioni	X	X	X	X
1.2	Rifornimento del gruppo diesel generatore	X			
1.3	Manutenzione impianto di climatizzazione	X	X	X	X

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AVIFAUNA – RELAZIONE TECNICA		<i>Codice documento</i> AMV0744_F0 .docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 8/06/2012

Le fasi cui si fa riferimento in tabella sono di seguito specificate:

- **prima annualità:** si intende il primo anno a partire dall'installazione dei sistemi MERLIN ARS;
- **monitoraggio annuale ante operam:** si intende il monitoraggio annuale per le annualità successive alla "prima annualità" e precedenti la fase di esercizio dell'infrastruttura Ponte;
- **prima annualità fase di esercizio:** si intende il primo anno a partire dall'esercizio dell'infrastruttura Ponte;
- **monitoraggio annuale fase di esercizio:** si intende il monitoraggio per le annualità successive alla "prima annualità fase di esercizio";

Come evidenziato in tabella, le osservazioni ornitologiche per il groundtrouthing e quindi per la validazione del monitoraggio radar saranno effettuate principalmente nelle fasi di taratura del sistema (punto 2.1.2), anche se si prevedono verifiche periodiche durante l'intero periodo di esercizio del sistema di monitoraggio. Dette osservazioni saranno effettuate da postazioni di osservazione fisse in corrispondenza dei sistemi MERLIN ARS e da postazioni mobili, il cui posizionamento sarà di volta in volta definito in funzione delle esigenze legate alle procedure di taratura. Ai fini del monitoraggio radar non è quindi prevista la realizzazione di stazioni ornitologiche fisse.