

Sensori per il telerilevamento: Confronto sui principi di funzionamento, sui limiti degli apparati e sulle modalità di impiego

Marco Gonnelli (*), Giovanni Spaccavento (**), Fabio Sarti (***)

(*) Accademia Navale M.M. di Livorno, Direzione Studi, Dipartimento Capitanerie di Porto
Viale Italia 72, 57127 Livorno, Tel. 0586.238765, marco.gonnelli@marina.difesa.it

(**) Accademia Navale M.M. di Livorno, Direzione Studi, Dipartimento Capitanerie di Porto
Viale Italia 72, 57127 Livorno, Tel. 0586.238765, giovanni-spaccavento@marina.difesa.it

(***) Accademia Navale M.M. di Livorno, Direzione Studi, Dipartimento Capitanerie di Porto
Viale Italia 72, 57127 Livorno, Tel. 0586.238663, fabio-sarti@marina.difesa.it

Riassunto

Evoluzione dei mezzi, della sensoristica e della formazione operata dal Corpo delle Capitanerie di Porto al fine di rispondere con efficienza ed efficacia alle attività istituzionali in tema di tutela ambientale. Primi allestimenti operativi del velivolo ad ala fissa P166 DL3 SEM del Corpo (sistema fotografico VINTEN 618, sistema bispettrale Daedalus e multispettrale Sensytech, sistema infrarosso termico FLIR) – L’impiego del velivolo “long range” ATR 42 MP per finalità di monitoraggio in Italia ed all’estero – L’acquisizione di sistemi iperspettrali nella banda del Visibile e dell’Infrarosso Termico – le collaborazioni con università e istituti di ricerca.

Abstract

Italian Coast Guard vehicles, sensors and trainings evolution in order to efficiently and effectively respond to institutional activities in the field of environmental protection. Fixed-wing aircraft P166 DL3 SEM set up with Vinten 618 camera system, Daedalus bispectral system, Sensytech multispectral system and FLIR thermal infrared system. - Usage of "long range" aircraft ATR 42 MP, in Italy and abroad, for monitoring purposes - Acquisition of hyperspectral systems operating in the band of visible and termic infrared radiation - collaborations with universities and research institutes.

Premessa

La legge 979/82 “Disposizioni per la Difesa del mare” assegnò al Corpo delle Capitanerie di Porto il compito precipuo di tutelare il mare e le coste marine dall’inquinamento mediante il potenziamento del servizio di vigilanza da attuarsi con mezzi aerei e navali opportunamente allestiti. A circa 30 anni dall’emanazione della Legge 979/82 la problematica di tutela del mare e delle attività che ivi si svolgono o che con esso sono intimamente legate è di costante attualità e richiede un approccio sistemico del trinomio “Mezzi da Impiegare”, “Sensori” e “Formazione continua del Personale”.

Ferme restando le competenze specifiche attribuite all’Autorità Marittima dal combinato disposto della Legge n. 979 del 31.12.1982 e del Codice della Navigazione, la Legge n. 537 del 24.12.1993 ed il successivo decreto interministeriale del 28.04.1994, nel trasferire al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare le funzioni del soppresso Ministero della Marina Mercantile in materia di tutela e difesa del mare, affidarono al Corpo delle Capitanerie di Porto l’espletamento di tutte le funzioni ed attività che si svolgono in ambito marittimo.

In tale contesto il Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto – Guardia Costiera esercita, mediante la propria Centrale Operativa ed i dipendenti Comandi periferici e mezzi aeronavali, ogni attività inerente i servizi di istituto, con particolare riguardo all’azione di prevenzione e contrasto all’inquinamento marino.

Nell'ipotesi di accadimento di grandi emergenze ambientali all'interno del settore di competenza le Capitanerie di Porto – Guardia Costiera assicurano il proprio intervento sia con risorse organizzative, umane e materiali proprie sia mediante il coordinamento di ogni altra forma di risorsa antinquinamento disponibile (eventualmente anche del comparto industriale) presso i vari Compartimenti Marittimi, coinvolgendo, se necessario, anche allo Stato Maggiore della Marina per l'utilizzo delle dipendenti unità navali militari allestite per la bonifica delle zone di mare interessate da inquinamenti marini da idrocarburo.

Ultima norma, in ordine di tempo, che assegna competenze specifiche in materia ambientale al Corpo delle Capitanerie di Porto è il D.lgs 152/2006 (cosiddetto Testo Unico dell'Ambiente), con particolare riferimento agli artt. 135-C.2, 195-C.4 e 296 –C.9.

I velivoli

La componente Aerea della Guardia Costiera trae origine dall'attuazione della legge 979/82 "Disposizioni per la difesa del mare" ove, testualmente si prevede:

- 1) l'istituzione di un servizio di protezione dell'ambiente marino, nonché di vigilanza costiera e di intervento per impedire e controllare gli inquinamenti in mare;
- 2) l'istituzione di un servizio di vigilanza sulle attività marittime ed economiche nelle aree di giurisdizione nazionale;
- 3) il potenziamento del servizio di vigilanza e soccorso mediante l'acquisizione di aeromobili.

In attuazione a quanto sopra, nel corso del mese di agosto 1988, vennero consegnati i primi 4 velivoli Piaggio P-166 DL3 in versione SEM (Sorveglianza Ecologica e Marittima) con capacità operativa classificata "Medium Range" che operarono stand alone sino al 2001 anno in cui la componente aerea acquisì anche 2 velivoli di ultima generazione ATR42 in configurazione MP (*Marittime Patrol*) classificati "Long Range".

Aeromobile Piaggio P166DL3-SEM

La Guardia Costiera dispone, attualmente, di 7 velivoli P166DL3-SEM di cui uno in versione "addestratore" ed altri due dedicati ai controlli ambientali mediante sistemi di telerilevamento. Il velivolo Piaggio 166DL3-SEM è un monoplano con ala medio-alta a gabbiano, dotato di carrello triciclo retrattile, coppia di eliche spingenti e turbomotori LTP 101 che forniscono circa 600 SHp. Alle due estremità alari sono applicati i serbatoi supplementari.

L'avionica di missione comprende un apparato Rarar Fiar Bendix con funzioni di ricerca e meteo, un sensore F.L.I.R. (Forward Looking Infra Red) uno scanner bispettrale (ultravioletto e infrarosso termico) Daedalus AA3505 ed uno scanner multi spettrale (visibile, infrarosso vicino e termico) Sensytech 1268 ATM-E.

Le apparecchiature di bordo consentono di effettuare, anche di notte, controlli finalizzati al monitoraggio antinquinamento alla ricerca di naufraghi ai quali, all'occorrenza, può essere prestato un primo soccorso mediante il lancio di zattere autogonfiabili.

SCHEDA TECNICA VELIVOLI		
	P166DL3-SEM	ATR 42 MP
		
Costruttore:	Piaggio Aero Industries	Alenia Consorzio ATR
Nominativo:	Orca	Manta
Entrata in esercizio:	1998	2001
Equipaggio	4 persone	7 persone
Lunghezza totale	12.38 mt	22.67 mt
Apertura alare f.t.:	14.69 mt	24.00 mt
Spazio di decollo:	475 mt	970 mt
Spazio di atterraggio:	415 mt	1150 mt
Autonomia oraria:	3,5 h	7 h

Tabella 1

Aeromobile ATR42MP

Il velivolo ATR42 è un bimotore turboelica, nato dalla collaborazione di due aziende europee, la ALENIA (italiana) e la AEROSPATIALE (francese), largamente usato dalle compagnie aeree civili per il trasporto passeggeri. La versione MP (*Maritime Patrol*), sviluppata dalla Società ALENIA, è destinata principalmente ad assicurare attività di pattugliamento marittimo (per la ricerca e l'identificazione del naviglio di superficie), SAR (ricerca e soccorso), lotta contro l'immigrazione clandestina e vigilanza antinquinamento. La Guardia Costiera dispone, attualmente, di 3 velivoli di cui uno in versione "Green".

Il Radar di Ricerca imbarcato è in grado di individuare anche imbarcazioni molto veloci e con ridotta superficie riflettente. Un gruppo elettro/optico denominato E.O.S.T. (Electro Optical Sensor Turret), che consta di una torretta trinata operante con rilevatori nella banda Visibile ed Infrarosso Vicino, Infrarosso Termico e Long Range TV) e piattaforma giostabilizzata, consente di ottenere immagini estremamente stabili, anche in presenza di elevati ratei di virata del velivolo e con l'ottica spinta alle massime focali. Completa la dotazione di bordo un sensore "attivo" operante nella banda delle microonde tipo S.L.A.R. (Side Looking Airborne Radar) per la scoperta di inquinamenti da idrocarburo. Nell'ambito della Convenzione di Barcellona per la protezione del Mar Mediterraneo dai rischi dell'inquinamento (firmata a Barcellona il 16 febbraio 1976, entrata in vigore nel 1978 e ratificata in Italia il 3 febbraio 1979) il velivolo ha concorso alla determinazione dell'estensione ed al monitoraggio dello sversamento che inquinò le acque e 900 chilometri di costa Franco- Spagnola nel novembre 2002. L'impatto sull'ecosistema del sinistro marittimo, occorso al largo delle coste Galesi alla motocisterna Prestige, ebbe tanta risonanza nell'opinione pubblica da determinare provvedimenti normativi di messa al bando delle motocisterne monoscafo nelle acque comunitarie.

Nel settembre-ottobre 2006 in base alla stessa Convenzione prese corpo l'operazione "Bahar" con

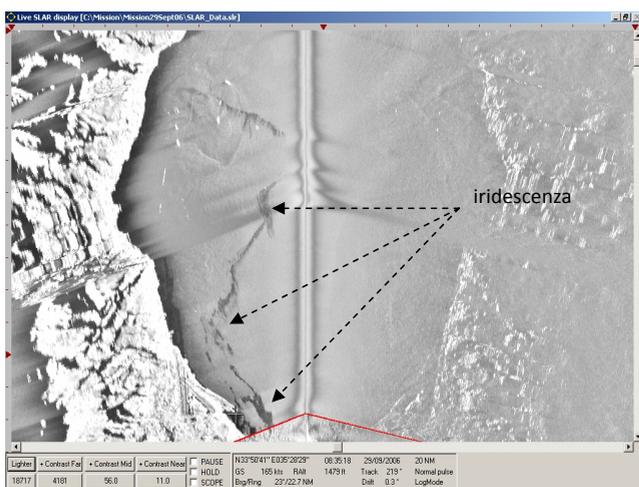


Figura 2 – Oil spill rilevati con sensore SLAR.

la quale venne effettuato il monitoraggio aereo delle coste libanesi interessate da un cospicuo sversamento di olio combustibile denso (OCD) proveniente dalla centrale termoelettrica di Jieh, che aveva provocato la fuoriuscita in mare di circa 15 mila tonnellate di idrocarburo, interessando circa 170 chilometri di costa. Bahar richiese l'impiego coordinato di unità aeree, navali e subacquee alle quali fu consentito di intervenire nell'area, teatro di operazioni belliche, solo nel settembre 2006 (circa due mesi dopo il bombardamento della centrale). L'intervento tardivo, conseguente al blocco aereo navale, dovette fronteggiare le difficoltà causate dall'inabissamento della parte più densa dell'idrocarburo, dalla deriva e dallo spiaggiamento della restante. Il sensore SLAR consentì la mappatura della frazione superficiale alla deriva, mentre il multi spettrale permise di individuare le aree costiere maggiormente raggiunte dall'OCD mediante la classificazione basata sull'algoritmo Spectral Angle Mapper (SAM).

I sistemi di cui è dotato l'ATR42MP sono sistematicamente impiegati in attività di monitoraggio del territorio nazionale secondo quanto previsto nelle linee guida contenute nel piano triennale, periodicamente edito, dal Comando Generale del Corpo. Lo stesso Comando, avvalendosi di convenzioni o di accordi di collaborazione con istituti universitari ed enti di ricerca, dispone l'impiego in missioni che coniughino l'interesse scientifico, quello operativo e quello addestrativo

del personale. L'Autorità Giudiziaria, all'occorrenza, può richiedere l'intervento del velivolo per accertare atti o fatti illeciti.

Sensori

Gli aeromobili della Guardia Costiera dispongono di vari sensori, specializzati per la ricerca in mare e per il telerilevamento marino classificabili come attivi (se in grado di "illuminare" autonomamente la scena ricevendole l'energia di ritorno) o passivi qualora ricevano l'energia originata da una sorgente esterna.

Sistema fotografico verticale e obliquo Vinten 618

E' costituito da due fotocamere identiche posizionate in modo da avere un diverso orientamento verticale l'una (80°) e obliquo l'altro (40°,5). Il sistema è in dotazione ai velivoli Piaggio P166DL3 SEM del Corpo e viene impiegato normalmente con pellicole pancromatiche b/n per il controllo della fascia demaniale costiera.



Figura 3 – Controllo demaniale e dei fenomeni erosivi.

a quota 5000 piedi, con temporizzazione di 1 fotogramma ogni 5 secondi. Ciò consente di ottenere una risoluzione al suolo di 25 cm, una copertura del fotogramma di 1150 mt.

Il sistema Vinten 618 può essere impiegato, per il **monitoraggio dei fenomeni erosivi**, in configurazione verticale, nelle ore centrali del giorno (11.00 - 15.00), a quota 3000 piedi, con temporizzazione di 1 fotogramma ogni 3 secondi. Ciò consente di ottenere una risoluzione al suolo di 15 cm, una copertura del fotogramma di 690 mt.

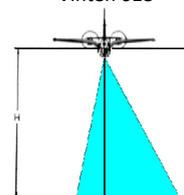
Gli **scarichi abusivi** non sono direttamente individuati attraverso la fotografia aerea, a meno di fenomeni illeciti macroscopici, in quanto i liquidi di scarico possono facilmente miscelarsi con l'acqua marina, senza che si manifesti l'alterazione del colore dell'acqua del litorale. L'utilizzo della fotografia aerea per tale obiettivo è prevalentemente complementare all'impiego del sensore Flir, in quanto permette di definire in maniera precisa l'ubicazione dello scarico, una volta scoperto con l'apparato ad infrarossi. Anche in questo caso l'apparato sarà usato in modalità verticale, nelle ore centrali del giorno (11.00 - 15.00), a quota 5000 piedi, con temporizzazione di 1 fotogramma ogni 5 secondi, conseguendo una risoluzione al suolo di 25 cm e una copertura del fotogramma di 1150 mt.

L'apparato, usato in configurazione obliqua, permette il rilievo del litorale finalizzato alla **visione prospettica dei manufatti** ivi presenti. Gli orari più opportuni per l'esecuzione di questo tipo di missione ricadono nella fascia oraria tra le 11.00 e le 15.00 ad una quota variabile tra 1600 e 2500 piedi con impostazione di temporizzazione e risoluzione/copertura conseguenti alla quota di volo adottata.

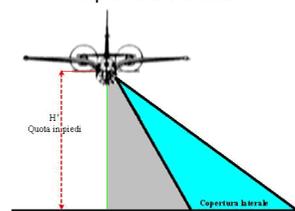
L'impiego del sistema Vinten 618 è soggetto a preliminare pianificazione su idonea cartografia.



Vinten 618



Copertura Verticale



Copertura Obliqua

Figura 4 – Campi di vista del sensore Vinten 618.

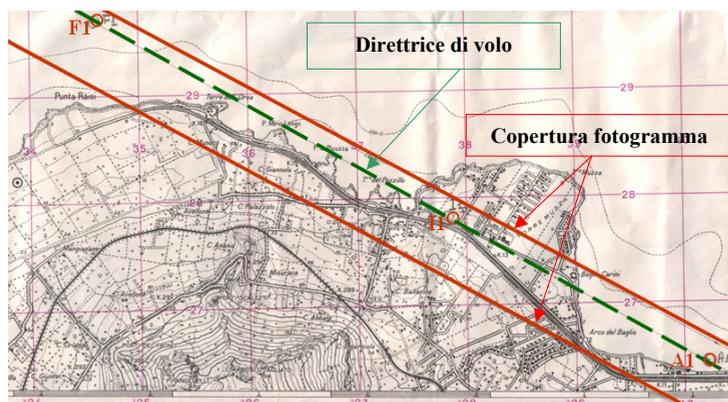


Figura 5 – Pianificazione su carta topografica.

A seguito della missione è necessario procedere allo sviluppo della pellicola al fine di acquisire le immagini. Il tempo necessario per tale operazione è connesso ai metri di pellicola da sviluppare.

A sviluppo avvenuto, si effettuerà la scansione dei fotogrammi, in Bianco e Nero o a Colori, per l'acquisizione degli stessi in formato digitale e la successiva memorizzazione su sup-

porti ottici (cd – dvd). Il dato rilevato sarà disponibile successivamente all'elaborazione del Laboratorio Fotografico del Nucleo Aereo (circa 3 gg).

Fotocamere digitali

Tutti i velivoli sono equipaggiati con fotocamere digitali portatili, operate direttamente dal personale di bordo. Sono utilizzate principalmente nel corso di operazioni di polizia marittima e per documentare le fasi salienti delle operazioni di soccorso/antiquinamento e/o di contrasto all'immigrazione clandestina, forniscono in output immagini a colori con risoluzione dipendente dalla quota del velivolo e dalle impostazioni. Il dato rilevato è direttamente fruibile mediante un PC e archiviabile su supporto ottico (cd – dvd).

Videocamere IR

Operano nella banda dell'infrarosso termico (8 -12 μm), grazie a rivelatori IR del tipo Hg-Cd- Te (Mercurio – Cadmio – Tellururo). Qualunque superficie esterna di un corpo emette, a varie lunghezze d'onda, radiazioni elettromagnetiche, la cui potenza dipende dalla temperatura del corpo, dalla lunghezza d'onda di emissione e dal coefficiente di emissività (caratteristiche fisiche-chimiche-geometriche della sua superficie), secondo le leggi generali dell'emissione di energia elettromagnetica. Da un punto di vista operativo, tale comportamento, consente il rilevamento della scena, anche notturno, grazie alla continua emissione di energia elettromagnetica.

Le diverse tonalità di grigio presenti nelle immagini rilevate nella banda dell'infrarosso termico non devono essere considerate come gradazioni di una scala termometrica bensì sono rappresentative della potenza elettromagnetica proveniente dal corpo osservato dipendente, a sua volta, dalla temperatura superficiale del corpo e del suo coefficiente di emissività. Per tale motivo differenti grigi non indicano necessariamente, o esclusivamente, differenti temperature ma possono essere anche indice di materiali caratterizzati da diverso coefficiente di emissività.

L'operatore può agevolmente individuare la presenza di anomalie (disomogeneità di temperatura e/o materiale) sebbene non possa direttamente dedurre la temperatura degli oggetti inquadrati.

- Il velivolo Piaggio P 166 DL3 “Orca” del Corpo dispone di un sistema a puntamento manuale, denominato FLIR (Forward Looking Infra Red), alloggiato sotto l’ala sinistra dell’aereo. Il sistema di termovisione passivo visualizza in tempo reale su di un monitor la scena ripresa con una profondità di pixel pari a otto bit. Tra le finalità operative del sensore rientrano la rilevazione degli scarichi in mare dalla costa, l’individuazione delle strisce di iridescenza, il monitoraggio di chiazze oleose consistenti ed estese e la visione notturna per l’investigazione di natanti.

La **rilevazione degli scarichi in mare dalla costa** avviene tra le 06.00 e le 08.00 con sorvoli a quote tra 1000 e 1500 piedi. L’ottica (campo largo) viene posizionata con un tilt di -15° e azimuth prossimo a 0° . Il sorvolo deve avvenire mantenendo la costa a sinistra rispetto alla direttrice di volo.

Le **strisce di iridescenza** sono osservabili a quote tra i 500 e i 1500 piedi con orientamento dell’ottica (campo largo) posizionata con un tilt di -10° e azimuth prossimo allo 0° . Lo svolgimento della missione prevede il posizionamento del velivolo in modo che la striscia iridescente scorra sotto la semiala sinistra. L’operatore annota le coordinate di inizio e fine striscia iridescente, l’orientamento ed ampiezza della chiazza, quota, velocità e GDO del velivolo, stato del mare ed eventuali note a commento della presenza di unità navali nelle immediate vicinanze o con elementi del moto compatibili.

Chiazze oleose consistenti ed estese sono osservate con voli tra i 1000 e i 2000 piedi di quota e ottica (campo largo) posizionata al fine di conseguire una visione d’insieme della zona di mare interessata dall’inquinamento. Identificate, attraverso l’immagine sul monitor, le zone a più alta concentrazione di inquinante, l’operatore annota il GDO, le coordinate del punto centrale dell’area, la descrizione e stima dell’estensione, le coordinate dei punti a più alta concentrazione di inquinante, lo stato del mare, eventuali note a commento della presenza di unità navali nelle immediate vicinanze, nonché quota, velocità del velivolo. Durante l’operazione eventuali mezzi disinquinanti ricevono le suddette informazioni.

L’**investigazione notturna di natanti** è effettuata operando a quote tra i 500 e i 1500 piedi alternando le ottiche di campo largo e campo stretto per riconoscere e classificare i target. In questo caso l’apparato deve essere impiegato in maniera complementare al radar di bordo. Il radar permette la scoperta del target, il FLIR ne consente la sua classificazione rilevandone l’attività che sta compiendo anche alla luce della scia termica che permane in acqua.

- L’ATR 42 dispone, di una camera termica con tre ottiche intercambiabili a diversa lunghezza focale, inserita in un sistema elettro-ottico (E.O.S.T.) alloggiato in una torretta installata sotto la fusoliera del velivolo. La scena inquadrata viene visualizzata, in tempo reale, e resa con una profondità di pixel pari a 12 bit insieme a metadati quali GDO (gruppo data orario), posizione gps del target, ottica selezionata, quota di volo.

Il sensore, impiegato per compiti analoghi a quanto sopra indicato per il P 166 DL3, stanti le differenti ottiche e collocazione, necessita di diverse modalità operative. In particolare, per la **rilevazione degli scarichi in mare dalla costa**, le missioni sono svolte a quote tra i 1500 e i 5000 piedi lasciando la costa sul lato destro del vettore; l’**individuazione delle strisce di iridescenza** è effettuata con voli tra i 1000 e i 2000 piedi; il **monitoraggio di chiazze oleose consistenti ed estese** è operato tra 1500 e 3000 piedi.

Le videocamere IR in dotazione consentono l’inversione di polarità (bianco-caldo, nero-freddo e viceversa) e la registrazione dei dati su nastro magnetico digitale per la loro archiviazione e fruizione differita; i filmati possono, poi, essere riversati su un formato commerciale analogico o digitale mediante appositi apparati, presenti solo presso i Nuclei Aerei.

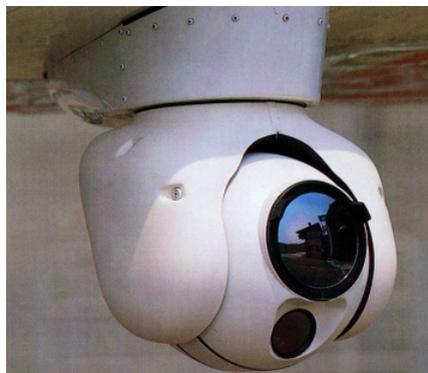


Figura 6 – Sistema FLIR 2000 LCRS.

Video camera a colori ATV (Acquisition Tele Vision)

La videocamera ATV è in dotazione al solo velivolo ATR 42 “Manta” inserita nel sistema E.O.S.T. (Electro-optical Surveillance and Tracking). Dotata di uno zoom continuo, è utilizzata come ausilio nello svolgimento dei vari compiti di istituto assegnati alla componente aerea. La attività di vigilanza costiera, vigilanza pesca, polizia marittima, antinquinamento si avvalgono del sensore ATV, utilizzato secondo i più comuni canoni di impiego di telecamere a colori, in missioni svolte necessariamente in orari diurni. Il velivolo sarà posizionato in modo da agevolare la registrazione con il sensore e i filmati potranno essere successivamente impiegati purché riversati, mediante apparati presenti solo presso i Nuclei Aerei, su un formato commerciale analogico o digitale.

Spotter monocromatico LRTV (Long Range Tele Vision)

La videocamera monocromatica L.R.T.V., opera nella banda del visibile e dell’infrarosso vicino (Near Infra Red). Tale sensore viene utilizzato prevalentemente per la lettura dei nominativi delle unità navali, per rilevarne segnali ottici marini visivi e la presenza di eventuali clandestini in coperta. Le informazioni raccolte possono essere impiegate anche ai fini della verifica del numero di persone a bordo di pescherecci e/o unità da diporto e del riconoscimento della persona alla condotta del natante impegnato in operazioni di immigrazione clandestina o altre attività illecite. Le missioni sono condotte in orario diurno oppure notturno qualora disponibile il faro di ricerca. Per l’**investigazione di natanti** condotta in orari notturni è necessario operare ad una quota compresa tra i 500 e i 2000 piedi avvicinando il bersaglio lungo la direttrice poppa/prua ed utilizzando la scia come sentiero di avvicinamento

Scanner

Nei sistemi elettro-ottici a scansione, detti comunemente “scanner”, la radiazione elettromagnetica, raccolta da uno specchio rotante e convogliata su un’ottica alloggiata nella cosiddetta “testa” dello strumento, viene focalizzata sui singoli sensori di lavoro del sistema. La velocità di rotazione dello specchio è stabilita in funzione della velocità del velivolo e della quota; in tal modo l’immagine ricavata risulta composta da linee, ciascuna corrispondente ad un giro dello specchio rotante.

- Il **Daedalus AA3505 (Bispettrale)** è un apparato di rilevazione operante nelle lunghezze d’onda dell’ultravioletto (U.V.) e dell’infrarosso termico (I.R.). La presenza contestuale dei due canali è finalizzata all’individuazione, nelle ore diurne, delle chiazze di idrocarburi sull’acqua. L’infrarosso termico evidenzia la differenza in termini di emissività (si noti che l’idrocarburo in acqua si porterà all’equilibrio termico, pertanto non saranno riscontrabili differenze di temperatura tra le



Figura 7 – Identificazione di unità con LRTV.

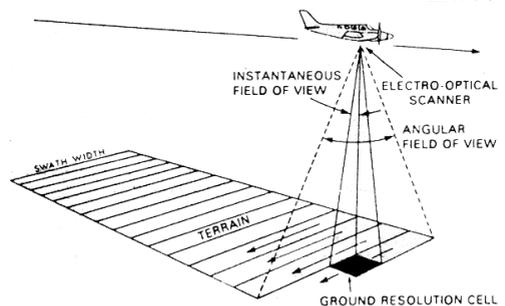


Figura 8 – Schema di scansione.

fasi). Un concomitante e caratteristico picco di fluorescenza rilevato nel canale ultravioletto confermerà la presenza dell'idrocarburo sul corpo idrico. In orari notturni è possibile impiegare solo il canale IR, tuttavia le anomalie radiometriche eventualmente riscontrate, in difetto dell'informazione proveniente dal canale ultravioletto, non potranno essere imputate con certezza a chiazze oleose. L'impiego operativo del sensore avviene, pertanto, in orari diurni per la rilevazione delle macchie di idrocarburi o all'alba per la rilevazione degli scarichi costieri; la quota di esecuzione della missione è, nei due casi, compresa tra i 1000 e i 2000 piedi. Oltre alla visualizzazione diretta a monitor, il sistema fornisce il proprio output anche su video cassette SVHS (solo un canale, ma direttamente fruibile) o su Hard Disk rimovibili. L'estrazione e archiviazione dei dati, nel secondo caso, è necessariamente effettuata tramite gli apparati in dotazione al Nucleo Aereo di Catania.

• L'impiego del **sistema multispettrale Sensytech 1268 ATM-E** per le rilevazioni superficiali di zone marine interessate da inquinamenti da idrocarburi non è pagante, da un punto di vista operativo, quanto altri sistemi (Radar Slar, Flir, IR Camera) in grado di produrre immagini della zona inquinata con più celerità e semplicità d'impiego. L'apparato viene impiegato, con maggiore efficacia,

Canale	Sensore ATM Banda (μm)	Sensore CZCS Banda (μm)
1	0,42 – 0,45	0,43 – 0,45
2	0,45 – 0,52	0,48 – 0,50
3	0,52 – 0,60	0,50 – 0,53
4	0,60 – 0,62	0,54 – 0,57
5	0,63 – 0,69	0,58 – 0,63
6	0,69 – 0,75	0,63 – 0,70
7	0,76 – 0,90	0,71 – 0,81
8	0,91 – 1,05	0,83 – 0,94
9	1,55 – 1,75	
10	2,08 – 2,35	
11	8,50 – 14,00 (basso guadagno)	
12	8,50 – 14,00 (alto guadagno)	

Tabella 9 – Risoluzione spettrale
Sensytech 1268 ATM-E.

per valutare le conseguenze che gli sversamenti di idrocarburi in specchi acquei inducono nei parametri ambientali fisici, chimici e biologici. Tuttavia, solo l'impiego e il coordinamento di uomini e mezzi, secondo un protocollo che preveda una serie coordinata e formalizzata di azioni tese ad ottenere l'acquisizione simultanea e georeferenziata di misurazioni spettrali, nonché di campionamenti fisico-chimici e biologici, può permettere la comparazione di dati radiometrici e di fattori biologici dello specchio acqueo monitorato. Sulla scorta dei dati così rilevati, il Corpo delle Capitanerie di porto realizza mappe tematiche degli indicatori fondamentali dello stato di salute dell'ecosistema marino quali temperatura superficiale, sedimenti solidi sospesi e clorofilla A. Il protocollo citato prevede che il personale dei Nuclei Aerei, preliminarmente all'esecuzione della missione di telerilevamento pianifichi la missione e esegua la calibrazione del sistema. Nello stesso ambito personale qualificato imbarcherà sulle unità navali del Corpo per effettuare le misurazioni e gli eventuali campionamenti in situ necessari. I campioni di acqua prelevati nello specchio acqueo monitorato saranno analizzati da Laboratori/Istituti convenzionati in grado di determinare quantitativamente i parametri fisico-biologici che saranno successivamente utilizzati per gli algoritmi di correlazione. Le caratteristiche del Sensytech 1268 ATM-E (IFOV 2.5 [mrad], FOV 1.5 [rad], linea di scansione 714 [pixel], cicli di scansione 6.25 – 100 [scan/sec], Risoluzione radiometrica 12 [bit] pari a 4096 [livelli], quota minima operativa 1.000 [piedi] e risoluzione spettrale come da tabella) unitamente alle sue limitazioni (necessità di calibrare ed imbarcare l'apparato ad ogni missione, autonomia limitata nella banda termica legata all'esaurimento della carica di azoto liquido) suggeriscono un impiego diurno dalle ore 11.00 alle 15.00, evitando le condizioni favorevoli alla presenza di sunglint. I rilievi in temperatura possono essere condotti anche nottetempo. Voli condotti ad una quota di 4000 piedi produrranno immagini con pixel size al suolo di circa 3 metri. I dati memorizzati in formato digitale proprietario Sensytech sono resi fruibili a successive elaborazioni previa decodifica operata con applicativi a disposizione dei nuclei aerei e del Comando Generale del Corpo. Durante il volo l'operatore può osservare a monitor un canale a sua scelta della scansione in corso; tuttavia nessuna ulteriore informazione sarà disponibile prima della citata decodifica.

Side Looking Airborne Radar (SLAR)

Il sensore SLAR è un radar operante in banda X (9375 Mhz) per la scoperta a lungo raggio di inquinamento da olii combustibili vari sulla superficie marina. Il sensore SLAR è integrato nel sistema EOST. in dotazione al velivolo ATR 42 "Manta" e consente lo svolgimento di missioni di moni-

toraggio marittimo alla ricerca di possibili zone inquinate da oli combustibili. Le operazioni sono condotte sia di giorno che di notte alla quota di 1500 piedi impostando l'apparato su una scala 20 miglia nautiche, con normal pulse e log mode per rilievi costieri delle acque territoriali oppure alla quota di 4000 piedi impostando l'apparato su una scala 40 miglia nautiche, con normal pulse e log mode per rilievi d'altura. Il sistema EOST consente la memorizzazione dei dati rilevati dal sensore come filmati dai quali è possibile esportare i frame di interesse in formato jpg. Ciò consente una immediata fruizione dei dati che non necessitano di ulteriori elaborazioni.

Conclusioni

La Legge 979/82 determinò per il Corpo delle Capitanerie di Porto la necessità di dotarsi di una componente aerea e di potenziare l'esistente supporto navale e l'acquisizione di sistemi di telerilevamento per il controllo ambientale. Da allora l'impiego operativo e l'evoluzione tecnologica hanno posto in luce potenzialità e limitazioni del vettore aereo: il monitoraggio costante, frequente e su vaste aree comporta oneri non sostenibili. Mentre il vettore aereo è ottimale nella effettuazione di rilievi mirati, condotti in aree circoscritte e offre la possibilità di determinare il tempo ed il luogo di missione, i sensori satellitari agevolano la rilevazione di vasti territori offrendo un quadro d'insieme di fenomeni che si evolvono in tempi compatibili con i sorvoli determinati dall'orbita.

Il vasto repertorio di sensori e vettori a disposizione consente al Corpo di rispondere al mandato Istituzionale con una elevata e multiforme capacità operativa, tuttavia richiede al personale una preparazione multidisciplinare che non può prescindere da una continua formazione ed addestramento. In tale ottica il Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto sin dallo scorso 2008 ha ritenuto di strategica importanza istituire presso l'Accademia Navale di Livorno un laboratorio didattico di Telerilevamento ed un cooperante laboratorio di biologia marina, inquadrati all'interno del Dipartimento CP della Direzione Studi. I laboratori e l'unità navale scientifica CP406 A. Scialoja, dislocata presso la Capitaneria di Porto di Livorno consentono agli Ufficiali in formazione di effettuare campagne addestrative per acquisire le indispensabili nozioni teorico pratiche connesse ai compiti istituzionali accennati nella stesura del presente lavoro. L'attività di telerilevamento, come noto, richiede competenze in un numero elevato di settori scientifici che non possono facilmente essere dominati da un singolo soggetto. Il personale coinvolto in questa attività, per quanto formato ed addestrato, deve necessariamente attingere a competenze e conoscenze esterne all'amministrazione mediante collaborazioni che si concretizzano in accordi, protocolli, contratti e convenzioni con istituti di ricerca, università e aziende private. In tale ambito rientrano:

- il protocollo con l'Associazione Italiana Telerilevamento e le Università di Palermo e Cagliari;
- la convenzione con l'INGV;
- l'iniziativa formativa per il "Monitoraggio dell'Ambiente Marino finalizzato alla prevenzione degli inquinamenti";
- corsi di telerilevamento.

L'acquisizione del sistema iperspettrale ottico CASI 1500 arricchisce le capacità operative nel settore e pone una nuova sfida agli operatori che dovranno apprendere le potenzialità e le modalità di impiego. Il Corpo delle Capitanerie di Porto, in futuro, potrà avvicinare i sensori multispettrali obsolescenti in banda termica, con sistemi iperspettrali TASI.

Bibliografia

- Piano Triennale 2010 – 2012
- Protocollo d'intesa tra il Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto e l'INGV stipulato in data 23.09.2009
- Circolare Amb 1 del Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto, 22.05.2007.
- Protocollo con l'Associazione Italiana Telerilevamento e le Università di Palermo e Cagliari
- Piano Triennale 2007 – 2009
- Manuale tecnico operativo velivolo ATR 42MP edizione 2001;
- Manuale tecnico – operativo velivolo Piaggio DL3 SEM edizione 1988;