

## METEOROLOGIA E ASSISTENZA AL VOLO NEL XXI SECOLO

*Le nuove frontiere dell'assistenza meteorologica alla navigazione aerea*

*di Marco Tadini*

Il traffico aereo del futuro sarà ancora soggetto ai medesimi vincoli meteorologici che condizionano attualmente le attività aeree. Nondimeno, alla Meteorologia Aeronautica viene oggi proposta la grande sfida di una modifica del proprio concetto di "assistenza", con la richiesta di nuovi sistemi e prodotti, che valutino il considerevole impatto del fattore atmosferico in termini di sicurezza, capacità ed efficienza sul complesso della gestione del traffico aereo, assicurando una tempestiva, completa ed accurata disponibilità di informazioni meteorologiche, specifiche per ciascuna delle diverse fasi del volo.

L'Avioexpo di Voghera ha fornito l'opportunità per discutere di questi argomenti non solo con il pubblico generale, convenuto numeroso all'aeroporto di Rivanazzano, ma anche con gli stessi "addetti ai lavori", ovvero con i molti piloti che, specialmente se poco avvezzi al mondo dell'aviazione commerciale, ignorano la complessità sistemica ed organizzativa che si nasconde dietro un semplice dato meteorologico. L'immagine "romantica" della capannina con il suo corredo di termometri e barometri è, nei fatti, oramai decisamente superata e la distribuzione dei sensori (ormai veri e propri gioiellini di elettronica) all'interno del sedime aeroportuale è tale da

garantire non solo la ridondanza delle informazioni ma, addirittura, la differenziazione tra le condizioni atmosferiche che possono interessare le diverse testate pista di un aeroporto.

### **Nuovi requisiti per la meteorologia aeronautica**

È questo uno dei requisiti principi che l'ICAO ha introdotto nella più recente versione del suo Annesso 3, vera e propria "bibbia" normativa per chi opera nel campo della meteorologia aeronautica. La domanda di traffico aereo è già oggi ad un livello tale (ma ancora più lo sarà in futuro) che non ha senso penalizzare l'operatività di un intero aeroporto solo perché condizioni di tempo "marginale" ne interessano una parte, magari minima. Aeroporti come Roma Fiumicino (per non parlare di alcuni scali europei o nordamericani, ben più estesi di quello romano) hanno dimensioni comparabili a quelle di alcuni nostri paesi o piccole città di provincia, con la conseguenza che, in presenza di un temporale o di nebbia in banchi che ne interessano una parte, non si esclude a priori che altri settori possano essere disponibili per le normali attività aeree. Ovviamente, l'esigenza di presidiare così in dettaglio volumi aeroportuali assai estesi porta con sé la necessità di una forte spinta verso l'automazione delle attività di osservazione



### › **Figura 1**

Lontane dalla tradizionale immagine delle capannine, le moderne stazioni meteorologiche aeroportuali hanno ora l'aspetto di altri tralicci, ancorati in prossimità delle testate pista, su supporti facilmente frangibili in modo da non arrecare danni agli aeromobili in caso di impatto

meteorologica, che costituisce, difatti, il secondo punto cardine del nuovo Annesso 3 ICAO. Sarebbe infatti obiettivamente poco realistico pensare che un singolo operatore umano, per quanto esperto, possa avere la capacità di tenere contemporaneamente sotto controllo il dettaglio di un intero aeroporto, per di più da

un'unica postazione di lavoro, come le vecchie stazioni aerologiche in corrispondenza della testata pista più in uso. E ciò non solo per un discorso di estensione spaziale, ma anche perché oggi giorno la complessità delle attività e dei movimenti che caratterizzano la quotidianità di un grande aeroporto è tale da richiedere sempre più la costruzione di edifici (hangar, palazzine, ecc.) o zone di parcheggio per aeromobili, ovviamente da illuminarsi a giorno per le attività notturne, con conseguente impedimento alla visuale per osservazioni condotte a livello del suolo. Ed innalzare la postazione di osservazione se da un lato può permettere di superare la verticalità degli ostacoli, dall'altro introduce forti imprecisioni nella descrizione di certi fenomeni (per esempio la visibilità al suolo in presenza di nebbia), che per loro natura devono essere descritti al livello della pista.

E l'automazione conduce inevitabilmente ad una revisione normativa, cancellando procedure magari radicate da anni. È ciò che sta avvenendo alla nostra idea di "visibilità", da sempre definita come la "minima osservata a giro d'orizzonte", a cui verrà progressivamente sostituito il concetto di "visibilità prevalente", riguardante invece le condizioni presenti su almeno 180° di orizzonte aeroportuale, anche in settori non contigui. È questa, ovviamente, una definizione che permette di sostituire l'osservatore umano con opportuni sensori (i *visibilimetri*), in grado di campionare la trasparenza dell'atmosfera in più punti, riportandola, con adeguato algoritmo, a quella che, per l'appunto, prevale su più della metà del giro d'orizzonte. È anche una procedura che permette di non penalizzare eccessivamente certe tipologie di traffico, quando la visibilità è complessivamente buona e magari solo in una limitata porzione di aeroporto presenta criticità; ovviamente in caso di visibilità veramente limitata (nebbia), il dato di visibilità minima torna a divenire essenziale in termini operativi ed il contributo dell'operatore umano al momento ancora insostituibile, dovendo il rapporto essere accompagnato anche da un'indicazione direzionale.

### › Figura 2

Anche gli strumenti non sono più quelli di una volta: i classici termometri analogici sono sostituiti ora da sensori digitali, che, protetti dalle radiazioni solari dirette da un'armatura "a piatti" che garantisce adeguata ventilazione, misurano temperatura e umidità dell'aria attraverso le variazioni indotte sulle proprietà elettriche di condensatori o resistenze

### › Figura 3

Un visibilimetro, lo strumento che permette di misurare la trasparenza atmosferica e di ricavarne un dato di visibilità anche in punti remoti del sedime aeroportuale. A questi strumenti sono tradizionalmente accoppiati sensori che permettono la determinazione del tempo presente



## Sensori e sistemi di sensori

Già oggi, quindi, anche i più piccoli aeroporti con una sola pista possiedono una dote di sensori tale da permettere sia la compilazione di bollettini di osservazione METAR, con le grandezze cosiddette "di riferimento aeroportuale", sia i riporti locali MET REPORT (o LOCAL REPORT nella nuova dizione ICAO), riferiti invece alle singole testate pista. I primi vengono tipicamente diffusi all'esterno del sedime aeroportuale, mentre i secondi rimangono destinati ad uso interno, per esempio per le operazioni ATC di decollo e atterraggio, e sono quindi

in grado di determinare l'uso di una pista in un senso o nell'altro, come avviene, per esempio, in presenza di vento forte. Ovviamente la complessità sistemica cresce in proporzione all'importanza dell'aeroporto, cioè al numero di piste e alla sua "categoria", ovvero alla tipologia di operazioni in bassa visibilità che deve supportare. Se da questo punto di vista il panorama appare abbastanza avanzato, tuttavia la vera sfida futura risiede nel rendere tutti questi dati immediatamente disponibili a tutti gli attori dello scenario aeroportuale e non solo; la diffusione a livello praticamente

planetario dell'informazione aeronautica è uno dei requisiti della filosofia cosiddetta CNS/ATM (la strategia elaborata dall'ICAO per un sistema globale di *Air Traffic Management*), ove l'acronimo rappresenta i tre pilastri fondamentali nella gestione del traffico aereo: Comunicazioni, Navigazione e Sorveglianza. L'applicazione di questa strategia richiede l'identificazione e la standardizzazione di processi, procedure e tecnologie a livello globale; in campo meteo, ciò dovrà portare l'informazione ad essere disponibile per tutte le operazioni connesse alle attività di volo, sia prima che dopo il decollo così come durante la crociera (è ciò che si rappresenta con la triade *pre-flight, in-flight* e *post-flight*). I piloti potranno, ad esempio, disporre di un *data link*, che permetterà la ricezione automatica da terra direttamente nel cockpit di tutte le informazioni meteo necessarie per le manovre di avvicinamento e atterraggio, ritrasmettendo nel contempo informazioni su eventuali fenomeni incontrati (icing, turbolenze, wind shear, ecc.), identificandoli in termini di posizione ed intensità. Sempre rimanendo nell'ambito meteorologico, un ulteriore traguardo per il futuro è quello dell'integrazione tra informazioni provenienti da diversi sistemi sorgente, in modo tale da dipingere un quadro il più possibile unitario e completo delle condizioni atmosferiche. I diversi sensori che misurano i parametri meteorologici aeroportuali sono già da tempo attestati ad un unico sistema (detto AWOS, *Automatic Weather Observing System*), che li gestisce, elaborandone le informazioni, visualizzandole su monitor (con presentazioni *ad hoc* per ogni tipologia di utente, sia esso controllore di volo, meteorologo, operatore addetto alla manutenzione o altro ancora) e addirittura procedendo alla compilazione automatica dei diversi bollettini, da sottoporre all'operatore umano per la validazione finale prima dell'inoltro (nonché per l'inserimento di quei campi dove ancora non esiste sensoristica in grado di operare in automatico, per esempio la determinazione della copertura nuvolosa sul cielo aeroportuale). L'evoluzione futura dovrà invece

riguardare una più spinta integrazione non già tra i diversi sensori che si riferiscono ad un unico sistema, ma tra differenti sistemi di sensori; per dare un'idea di ciò che si intende, si può citare una delle più tradizionali applicazioni per il monitoraggio del wind shear nelle aree terminali, che vedono i cosiddetti LLWAS (*Low Level Wind Shear Alerting System*), reti di anemometri dislocati a circoscrivere il sedime aeroportuale, integrati con particolari radar meteorologici, detti TDWR (*Terminal Doppler Weather Radar*), in grado di effettuare rapide scansioni dei settori di decollo e atterraggio. Nelle più avanzate applicazioni, a questi sensori si affiancano anche RWP (*Radar Wind Profiler*), un particolare radar che effettua scansioni solo sulla propria verticale, SODAR (*SOund Detection And Ranging*) e LIDAR (*LIght Detection And Ranging*), questi ultimi strumenti funzionanti anch'essi sul principio del radar, ma utilizzanti rispettivamente onde acustiche e impulsi laser. Non sarebbe infatti possibile procedere diversamente, se si considera l'ampiezza del volume da sorvegliare

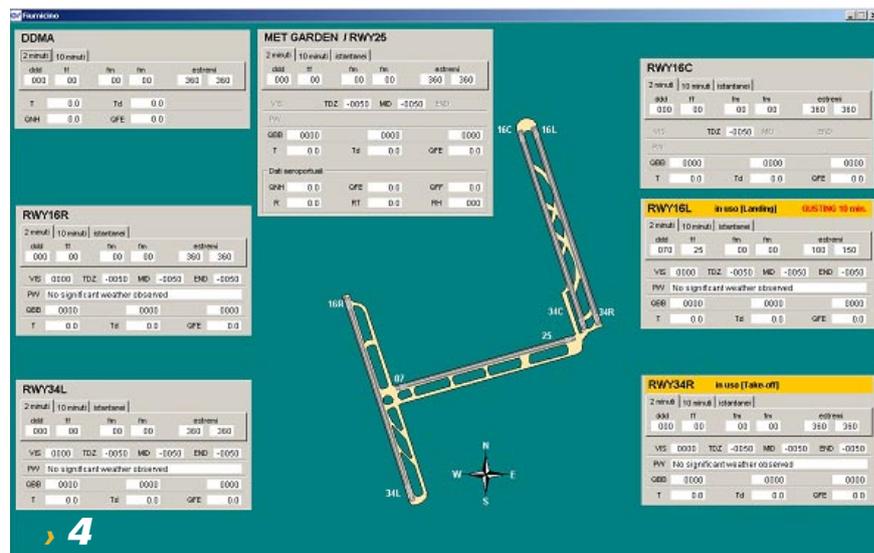
per rilevare il wind shear in decollo o atterraggio (un parallelepipedo di 500 m di altezza e 24 km di lunghezza, centrato sulla pista), nonché le diverse tipologie di shear (in aria secca o umida, a rapida o lenta evoluzione), richiedenti ciascuna appropriati sistemi di rilevazione. Il tutto deve poi essere supervisionato da un software di *data fusion*, che provvede a valutare i messaggi di allarme provenienti dai diversi sensori, valutandone la reciproca consistenza ed elaborando un dato finale, che rappresenta il guadagno o la perdita di portanza che un aeromobile in atterraggio o decollo può subire a causa del wind shear. Come si vede, la complessità è tale che a livello mondiale solo presso l'aeroporto di Hong Kong è attualmente operativo un siffatto livello di integrazione, mentre più numerosi sono gli aeroporti serviti da singoli sensori o sistemi di sensori solo parzialmente integrati.

## Radar e satelliti: i nuovi sviluppi

Anche altre più tradizionali tecnologie radar e satellitari sono oggi alle porte

### ► Figura 4

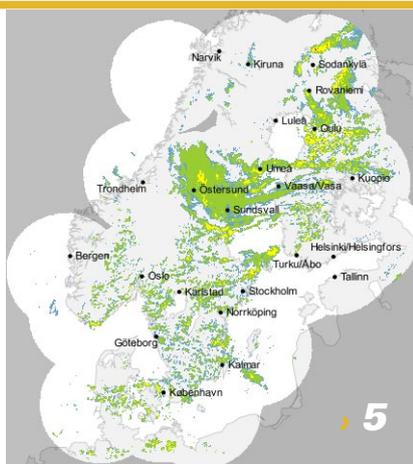
Anche su aeroporti molto estesi, l'operatore addetto può, direttamente dal proprio monitor di controllo, tenere facilmente sotto osservazione le condizioni meteorologiche rilevate automaticamente da tutti i sensori dislocati in prossimità delle diverse testate pista



di nuove frontiere d'impiego operativo. I radar meteorologici si sono da tempo lasciati alle spalle il passato analogico dei monitor tondi, ove i segnali apparivano come semplici chiazze luminose su sfondo scuro; la realtà digitale è oggi quella di sofisticati software che estraggono dagli echi informazioni una volta impensabili, dal contenuto in precipitazione all'interno di una nube, alla natura stessa della precipitazione (potendo discriminare tra acqua e ghiaccio), dall'altezza della cima di una nube alla determinazione del campo del vento. Senza contare che lo sfruttamento dell'effetto doppler (lo spostamento della frequenza del segnale ricevuto rispetto a quella del segnale inviato) permette di determinare la velocità radiale del bersaglio, cioè la componente lungo la linea che congiunge l'antenna con l'oggetto osservato.

La vera innovazione in questo campo, resa possibile proprio dalla digitalizzazione dei segnali, è quella della cosiddetta "mosaicatura", la fusione dei dati provenienti da radar contigui, al fine di aumentare il volume di spazio osservato. È questa una frontiera del tutto sperimentale (anche se alcuni risultati operativi sono già stati conseguiti in questo senso), il cui vantaggio appare evidente quando si ha la possibilità di far "dialogare" radar appartenenti a soggetti diversi: ciascuno di essi ha così la possibilità di aumentare con continuità le proprie possibilità di osservazione, ad un costo sicuramente più contenuto rispetto all'acquisto di una nuova antenna.

Nel mondo dei satelliti meteorologici la rivoluzione è invece già avvenuta, con il lancio e la messa in operatività da parte di EUMETSAT dell'ottavo esemplare della rete geostazionaria europea Meteosat, talmente diverso da coloro che lo hanno preceduto da meritarsi l'appellativo di Meteosat Second Generation e da venire dunque ribattezzato come MSG1. Diversamente dai precedenti (oltre all'ottavo, rimangono attivi anche i Meteosat 5, 6 e 7, di questi solo l'ultimo mantiene l'operatività "europea", mentre i primi due sono stati rispettivamente "prestato" ai 63°E per l'osservazione dell'Oceano

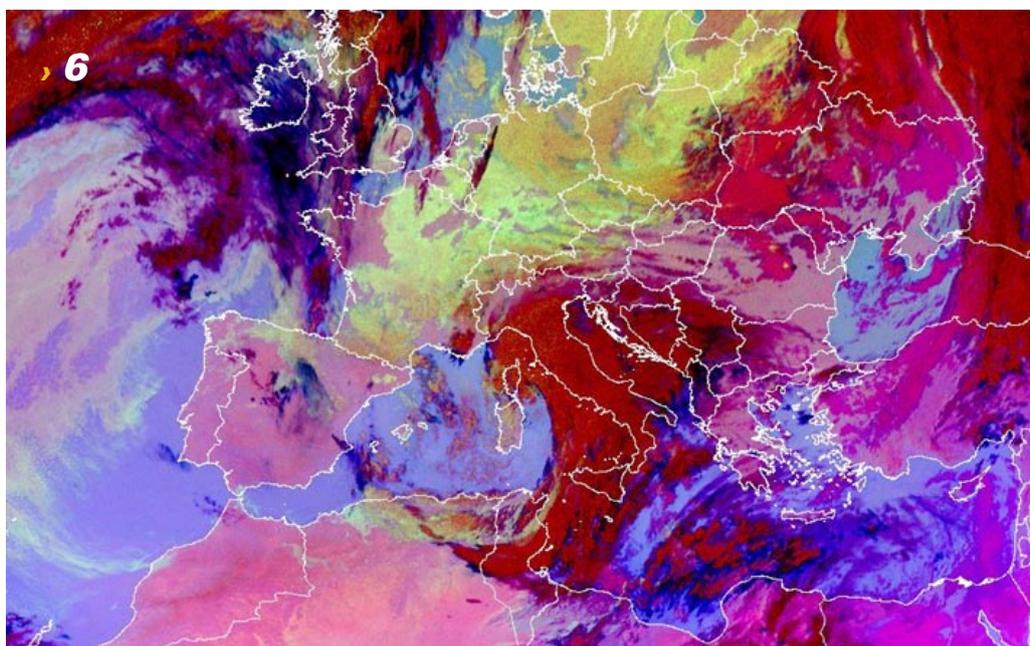


› **Figura 5**

Un'immagine radar mosaicata, realizzata nell'ambito del programma NORDRAD tra i servizi meteorologici di Norvegia, Svezia, Finlandia, Danimarca ed Estonia; appaiono evidenti i limiti della copertura territoriale dei singoli radar che concorrono alla definizione del prodotto composito.

› **Figura 6**

Un'immagine RGB, realizzata combinando un canale infrarosso MSG con le sue differenze rispetto ai segnali provenienti da altri due canali della medesima banda spettrale IR. Il prodotto così realizzato permette di evidenziare in dettaglio le formazioni nebbiose (le zone di colore verde chiaro sulla Francia) e le nubi alte fredde (in marrone sulla nostra penisola).



Indiano e posto a riposo in un'orbita di parcheggio a 10°E, l'MSG1 dispone di strumentazione in grado di osservare ogni 15 minuti, invece dei 30 cui siamo stati finora abituati, il pianeta in dodici diversi canali spettrali (cioè in dodici diverse finestre di lunghezze d'onda, dal visibile all'infrarosso e nella banda di assorbimento del vapore acqueo) in luogo dei tre tradizionali canali della precedente generazione. I canali possono poi essere variamente combinati, in modo da generare immagini derivate, ove le proprietà fisiche dei diversi fenomeni meteorologici risultano variamente evidenziate, così da seguirne lo sviluppo in misura più fine di quanto fatto sinora. In questa modalità, un opportuno codice colore RGB viene assegnato a ciascuno dei tre segnali che definiscono l'immagine derivata; in una forma più avanzata di composizione, ciascuno di questi segnali può rappresentare anche la differenza tra due dei 12 canali MSG a disposizione. E un'altra novità è alle porte per la stagione 2006-2007, con il lancio del satellite METOP (*ME*Teorological *OPER*ational), che rappresenterà l'avvio del primo programma di satelliti polari europei, gestito congiuntamente da EUMETSAT e dall'americana NOAA. 🚀