

# **Misure di velocità e direzione del vento da stazioni anemometriche**

---

*E. Lembo, C. Rosito*

**Contratto** Accordo di programma con il Ministero dello Sviluppo Economico ai sensi dell'art. 3 comma 2 del D.M. 23 marzo 2006 per le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico.  
Piano Annuale di realizzazione 2008.

**Oggetto** Misure di velocità e direzione del vento da stazioni anemometriche

**Area** Produzione e Fonti Energetiche

**Progetto** Produzione di energia da fonte eolica con particolare riferimento ai sistemi offshore

**Deliverable** 6.3 – Rapporto Aggiuntivo

## Note

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI RICERCA.

PUBBLICATO 08005819 (PAD - 798979)

**N. pagine** 25

**N. pagine fuori testo** -

**Data** 28/02/2009

**Elaborato** Lembo Ettore (SSG), Rosito Cataldo (SSG)  
08005819 436567 AUT 08005819 436678 AUT

**Verificato** Botta Gabriele (SSG)  
08005819 436407 VER

**Approvato** Mazzocchi Luigi (SSG)  
08005819 436596 APP

Mod. RPRDS v. 01

**CESI RICERCA S.p.A.**

Via R. Rubattino 54  
20134 Milano - Italia  
Telefono +39 023992.1  
Fax +39 0239925370

Capitale sociale 1 100 000 Euro  
interamente versato  
Registro Imprese di Milano,  
C.F. e P.IVA 05058230961  
N. R.E.A. 1793295



ISO 9001: 2000 CH-32919

*Indice*

<b>SOMMARIO.....</b>	<b>4</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>6</b>
<b>2 PIANO DI RILEVAZIONI .....</b>	<b>6</b>
<b>3 STAZIONE DI MISURA DELL'ISOLA DI PIANOSA DELLE TREMITI.....</b>	<b>7</b>
<b>4 STAZIONE DI MISURA DEL COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA .....</b>	<b>8</b>
<b>5 PRIMI RISULTATI ED ELABORAZIONI DEI DATI ACQUISITI .....</b>	<b>9</b>
5.1    Elaborazione dei dati misurati presso la stazione di Pianosa .....	10
5.2    Elaborazione dei dati misurati presso la stazione di Colle Val D'Elsa .....	11
<b>6 CORRELAZIONE TRA I DATI DI PIANOSA E QUELLI DEL SITO DI TERMOLI .....</b>	<b>13</b>
<b>7 RICHIESTE DI DATI IN FORMATO ELABORABILE.....</b>	<b>16</b>
<b>8 CONCLUSIONI .....</b>	<b>17</b>
<b>9 RIFERIMENTI .....</b>	<b>18</b>

**STORIA DELLE REVISIONI**

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
0	28/02/2009	08005819	Prima emissione

## SOMMARIO

Il presente rapporto illustra attività svolte nel periodo gennaio 2008 – febbraio 2009 nel progetto “*Produzione di energia elettrica da fonte eolica con particolare riferimento ai sistemi offshore*” dell’Area “**PRODUZIONE E FONTI ENERGETICHE**”, in particolare quelle specificamente dedicate alla rilevazione di dati anemometrici presso due siti italiani. Tali acquisizioni rientrano tra gli obiettivi del progetto descritti nel documento “Piano Annuale di realizzazione 2008” Prot. CESI RICERCA 08002569 (Aprile 2008).

Nell’ambito di queste attività, utili per l’affinamento dell’Atlante Eolico prodotto da CESI RICERCA, sono stati effettuati interventi limitati ma significativi per l’approfondimento delle conoscenze anemologiche in un sito terrestre in Toscana ed in un sito insulare, avente caratteristiche tali da permetterne l’inquadramento come sito ”offshore”.

In particolare, le conoscenze anemologiche sono state accresciute nel corso dell’anno con l’installazione di due stazioni anemometriche e con la relativa raccolta di dati per più di 4 mesi.

I dati incamerati nel corso di tale campagna di misura incrementano il database già disponibile in CESI RICERCA e pertanto consentono di migliorare ulteriormente le mappe nelle due aree oggetto di indagine e comunque di consolidare l’affidabilità dei valori di velocità media annua e producibilità specifica già rappresentati.

Per quanto riguarda le aree di indagine l’attenzione è stata focalizzata in prima istanza all’Adriatico e, precisamente, su un’area al largo della Puglia dove, stando ai dati dell’Atlante Eolico offshore, si registrerebbe una significativa transizione del regime medio di vento.

Qui si è puntato a realizzare il monitoraggio in un punto significativo, individuato nell’isola di Pianosa delle Tremiti, ubicata a circa 35 km dalla costa, molto più al largo delle restanti isole dell’arcipelago e, a differenza di queste, quasi del tutto piana e priva di vegetazione di altezza apprezzabile, quindi particolarmente appropriata per i rilievi desiderati.

Tali caratteristiche morfologiche dell’isola unitamente alla sua ridottissima estensione, per quanto attiene indagini finalizzate all’accertamento della risorsa eolica, la rendono assimilabile ad una postazione di misura realizzata in mare aperto per rilievi offshore.

Dopo il completamento di un lungo iter autorizzativo, che ha coinvolto il Comune delle Isole Tremiti, il Parco Nazionale del Gargano e la Capitaneria di Porto di Termoli, l’allestimento della stazione anemometrica in quest’isola è avvenuto il 14/10/2008. Oltre che per l’iter autorizzativo è da evidenziare che l’attivazione della stazione in quest’isola, completamente disabitata e priva di collegamenti regolari con la terraferma, è risultata particolarmente impegnativa anche dal punto di vista organizzativo ed operativo.

La raccolta dei dati è iniziata immediatamente, tramite il collegamento remoto predisposto tra il sistema di misura in sito e il PC installato in sede a Milano. Il sistema consente sia interrogazioni in tempo reale sui dati acquisiti, sia lo scarico e la memorizzazione dei dati acquisiti giornalmente.

Per quanto riguarda la seconda stazione, attivata nella Regione Toscana, la scelta del sito è stata in parte condizionata delle possibilità di ottenimento dell’autorizzazione. Sono stati valutati diversi siti, in particolare due siti montani, che presentavano ottime caratteristiche per quanto riguarda l’esposizione ai venti, entrambi però ubicati in aree soggette a vincoli di natura paesistica.

Si è optato di concentrare l’attenzione su un ulteriore sito, sempre di interesse per gli scopi del progetto anche se meno esposto al flusso libero dei venti, per il quale sono state ottenute le necessarie autorizzazioni.

Esso è ubicato in località Pramacci del comune di Colle Val D’Elsa (SI), sito in passato già oggetto di una campagna di misura di durata limitata. I dati raccolti presso questa stazione consentono di consolidare l’informazione di ventosità disponibile in archivio.

Con l’occasione sono stati avviati anche contatti avviati con la Regione Toscana e con l’istituto locale LaMMA per impostare una collaborazione tesa ad approfondire la risorsa eolica della Regione e ad armonizzare, per quanto possibile, le mappe eoliche regionali con quelle dell’Atlante Eolico dell’Italia.

La stazione do Colle Val d’Elsa ha iniziato ad alimentare l’archivio anemologico dal giorno 19/11/2008, data della sua entrata in funzione. In questo caso si sono registrati per i primi due mesi della campagna di misura inconvenienti di comunicazione tra sistema di acquisizione e personal computer in sede, inconvenienti poi risolti nel mese di gennaio 2009 con un apposito intervento senza perdite di dati.

Nel presente rapporto, unitamente ad informazioni di dettaglio riguardanti le stazioni realizzate, sono forniti i risultati dell’elaborazione statistica dei dati acquisiti a tutto il 28/02/2009. Sono inoltre riportati i risultati di

uno studio preliminare di correlazione condotto sulla base di misure simultanee acquisite nel sito “offshore” di Pianosa e il sito costiero di Termoli (CB) con l’intento di verificare l’esistenza di un legame tra la misura fatta in mare aperto e quella effettuata su un sito della costa posto indicativamente alla stessa latitudine.

## 1 INTRODUZIONE

Lo sviluppo dell'Atlante eolico ha reso pubblica una rilevante quantità di dati di natura anemologica, che ha potuto essere utilizzata a vario titolo da operatori interessati allo sfruttamento della fonte eolica e da amministrazioni locali e centrali del Paese.

Con il progressivo sviluppo dell'eolico negli ultimi anni sono state anche condotte, da parte degli imprenditori interessati, rilevazioni anemometriche diffuse nelle aree di maggiore interesse per gli impianti. Tale patrimonio di conoscenze non è di norma disponibile, essendo strategico per gli imprenditori che lo detengono. I dati possono essere acquistati, talvolta, ma a costi piuttosto elevati.

In generale si osserva di conseguenza una stasi nello sviluppo delle conoscenze pubbliche, a fronte di una progressiva crescita di quelle a disposizione del settore delle imprese.

La ricerca di dati associata all'Atlante eolico ha messo in luce d'altra parte alcune carenze oggettive di dati in aree del territorio d'interesse per lo sviluppo dell'eolico nel Paese. L'estensione delle mappe alle aree offshore, in particolare, ha evidenziato l'incertezza delle conoscenze anemologiche nelle aree marine, anche se resta indefinita (essendo anche in questo caso poco accessibile) la consistenza e la qualità dei dati raccolti da società petrolifere presso piattaforme ubicate in aree piuttosto ventose.

Coerentemente con gli indirizzi di politica energetica dell'Unione Europea, anche gli obiettivi dell'Italia riguardo allo sviluppo delle rinnovabili al 2020 per la produzione di energia elettrica sono piuttosto ambiziosi e comunque tali da stimolare la ricerca di soluzioni tecnicamente innovative e nel contempo sostenibili dal punto di vista economico ed ambientale, per quanto relativamente costose.

L'eolico può sicuramente contribuire al raggiungimento degli obiettivi, ma per valutare le reali potenzialità energetiche di questa fonte sarebbero utili ulteriori dati più consolidati.

Come già osservato in precedenza un'indagine sistematica a copertura totale delle nuove aree da sfruttare è al di fuori della portata della presente ricerca. Lo sono però alcune iniziative mirate, utili a mostrare l'utilità di questi approfondimenti.

## 2 PIANO DI RILEVAZIONI

La ricerca di opportunità concrete per effettuare le acquisizioni mirate all'affinamento delle conoscenze sulla risorsa eolica descritta nell'Atlante Eolico si è orientata in prima istanza all'Adriatico e, precisamente, su un'area al largo della Puglia dove, stando ai dati dell'Atlante Eolico offshore, si registrerebbe una significativa transizione del regime medio di vento [1].

Qui si è puntato a realizzare il monitoraggio in un punto significativo, individuato nell'isola di Pianosa delle Tremiti, ubicata a circa 35 km dalla costa, molto più al largo delle restanti isole dell'arcipelago e, a differenza di queste, quasi del tutto piana e quindi particolarmente favorevole per i rilievi desiderati.

La realizzazione della stazione ha richiesto un impegno significativo, sia per quanto attiene allo sviluppo dell'iter autorizzativo, sia per le attività da espletare in sito.

E' da rimarcare che il conseguimento dell'autorizzazione definitiva all'installazione della stazione nell'isola ha richiesto che si pronunciassero, ciascuno per le proprie competenze, tre diversi autorità/enti locali e, in particolare:

- il Comune delle Isole Tremiti, in qualità di proprietario del suolo interessato dall'installazione,
- il Parco Nazionale del Gargano, in qualità di gestore del Parco Marino di cui l'isola è parte integrante,
- la Capitaneria di Porto di Termoli, in qualità di autorità preposta al controllo dell'accesso all'isola e all'area ad essa circostante.

Per quanto riguarda, invece, l'aspetto inerente allo svolgimento delle attività di installazione in sito, queste hanno richiesto un'accurata programmazione considerando le caratteristiche dell'isola e la sua lontananza rispetto alla costa.

Pianosa è, infatti, un'isola di piccolissime dimensioni (circa 1.5 km<sup>2</sup> di superficie complessiva), completamente disabitata ed esclusa da collegamenti regolari con la terraferma.

Per la sua posizione rispetto alla costa e per le sue caratteristiche morfologiche (suolo abbastanza piatto e assenza di vegetazione arborea) il sito può essere inquadrato a tutti gli effetti come sito con valenza offshore.

L'isola, il cui accesso è regolamentato volta per volta, è raggiungibile unicamente con mezzi nautici da noleggiare per l'occasione. Considerati i costi, è apparso necessario che le attività di montaggio della stazione fossero finalizzate nell'arco di poche ore di una stessa giornata, impresa non facile anche in considerazione della stagione non proprio favorevole (mese di ottobre).

In particolare, anche il sopralluogo in situ orientato a individuare la posizione più idonea per una misura indisturbata del vento e a raccogliere sul posto gli elementi conoscitivi necessari per la programmazione dei lavori (attività che solitamente precede di qualche giorno i lavori di montaggio), è di fatto ricaduto nell'unico giorno programmato per lo svolgimento dei lavori. Pertanto di fondamentale importanza è stata la scelta del giorno più appropriato per quanto attiene le condizioni meteo-marine, come pure l'esperienza del personale da mettere in campo.

Una seconda iniziativa è stata intrapresa invece con riferimento ad aree terrestri a media ventosità del centro della penisola, dove, a parte le zone appenniniche spesso ventose a quote elevate, per le parti più pianeggianti o collinari l'Atlante eolico indica spesso una ventosità più modesta, al limite dell'interesse energetico, tanto che si ha spesso notizia di controversie in sede locale circa l'opportunità o meno di accogliere impianti eolici nel territorio, proprio in relazione all'incerta producibilità. Si è ritenuto pertanto utile approfondire le conoscenze anemologiche in un'area collinare tipo.

Si è così effettuata una serie di sopralluoghi per individuare possibili siti idonei per tale verifica puntuale. Tra cinque siti inizialmente individuati [1] si sono riscontrate possibilità concrete per procedere, anche dal punto di vista autorizzativo, in uno ubicato nel Comune di Massa Marittima, a quota di circa 950 m in area collinare, ed in un secondo nel Comune di Colle Val d'Elsa, a circa 30 km dal primo ed a quota più bassa. Purtroppo, lo sviluppo dell'iter autorizzativo è stato completato per tempo solo per il secondo sito di Colle Val d'Elsa, mentre per il primo, dopo aver acquisito parere favorevole da parte della Comunità Montana delle Colline Metallifere, proprietaria del terreno, il prosieguo dell'iter presso Comune di Massa Marittima ha invece riscontrato contrarietà alla realizzazione dell'opera da parte dell'ufficio "Tutela e valorizzazione delle risorse ambientali" della Regione Toscana, in ragione della classificazione SIC del sito stesso. Anche la ricerca di un altro sito alternativo presso il Comune di Montieri, nelle immediate vicinanze, non è stato fruttuoso.

Per il sito di Colle Val D'Elsa le problematiche affrontate per l'andata a buon fine dell'intero iter autorizzativo sono state risolte attraverso un rapporto costruttivo con l'interlocutore unico (amministrazione comunale), anche se, nonostante ciò, i tempi registrati per il rilascio della relativa autorizzazione sono risultati lunghi rispetto alle aspettative.

Il sito è incluso in un'area della regione Toscana con orografia caratterizzata da un grado di complessità significativo. La riattivazione di tale stazione oltre a consentire il consolidamento dell'informazione della risorsa eolica già disponibile in archivio, potrebbe risultare utile, qualora vi fosse la disponibilità di misure simultanee provenienti da stazioni di altri operatori ubicate nelle vicinanze, per approfondimenti in merito alla distribuzione della risorsa eolica ad un'area di dimensioni più vaste circostante il sito monitorato. Tale approfondimento potrebbe tradursi in un affinamento delle mappe dell'Atlante Eolico qualora le nuove informazioni disponibili facessero emergere discrepanze significative con i dati già rappresentati.

In riferimento a quanto sopra indicato sono stati recentemente avviati contatti preliminari con l'Assessorato Energia della Regione Toscana, con cui sono state esaminate possibili forme di collaborazione che dovrebbero consistere prevalentemente nello scambio di informazioni/dati relativi alla risorsa eolica del territorio regionale.

In pratica, CESI RICERCA metterebbe ad esempio a disposizione dell'interlocutore tecnico indicato dalla Regione (LaMMA) i dati disponibili in archivio (tra cui quelli della stazione di Colle Val d'Elsa) e viceversa riceverebbe dati di sintesi (ad esempio valori medi di lungo periodo, ecc.) dei siti toscani analizzati da LaMMA, con la possibilità di individuare eventuali misure correttive da apportare alle mappe di vento dell'Atlante Eolico.

### **3 STAZIONE DI MISURA DELL'ISOLA DI PIANOSA DELLE TREMITI**

La stazione è stata allestita nell'isola di Pianosa il giorno 14 ottobre 2008. I lavori d'installazione hanno impegnato un tecnico CESIRICERCA e quelli dell'impresa incaricata dei lavori di montaggio (TECNOGAIA S.r.l.), per un arco temporale indicativamente dell'ordine di 6-7 ore, fatta eccezione delle ore

viaggio necessarie per la percorrenza del tratto marino dalla costa all'isola e viceversa. In pratica nell'intervallo di tempo indicato si è provveduto allo scarico dal natante noleggiato per il raggiungimento dell'isola delle attrezzature/apparecchiature necessarie ad allestire la stazione di misura, ad eseguire il sopralluogo preliminare per l'individuazione della posizione più idonea in cui erigere la stazione, ad eseguire i lavori di montaggio e a ricaricare sul natante il materiale residuo non utilizzato unitamente alle attrezzature impiegate per il montaggio.

Il sopralluogo condotto nel sito ha consentito di individuare come posizione appropriata per la stazione di misura quella caratterizzata dalle seguenti coordinate WGS84 UTM 32N, rilevate con strumento GPS (Global Positioning System):

WGS84 UTM 32N	
EST	NORD
1056945	4696819

In tale posizione l'informazione dell'altitudine sul livello del mare fornita dall'altimetro integrato nel GPS impiegato nei rilievi è risultata dell'ordine di 4-5 m.

Nella Figura 8 e nella Figura 9 la posizione in cui la stazione è stata eretta è mostrata rispettivamente su immagine da satellite estratta da Google Earth e sulla particella catastale di proprietà del comune delle isole Tremiti in cui è avvenuta l'installazione.

L'aspetto dell'area circostante la stazione di misura ripresa nel giorno dell'installazione è riportata nella foto panoramica di Figura 10 suddivisa in due sequenze fotografiche corredate di opportuni riferimenti (successione dei punti cardinali) per la comprensione delle modalità di ripresa. La foto è stata eseguita da un operatore disposto nel punto in cui è stato eretto il sostegno (traliccio leggero) da 15 m su cui è stata poi predisposta la stazione di misura.

I sensori con cui quest'ultima è stata equipaggiata sono mostrati in Figura 11 da cui emerge la ridondanza adottata in questo caso per le misure di velocità e direzione del vento. Tale ridondanza dei sensori è stata prevista per ridurre/evitare, per quanto possibile, nell'arco di tempo di operatività della stazione (orientativamente due anni), interventi di manutenzione conseguenti a eventuali malfunzionamenti/guasti agli apparati di misura installati il cui costo, per quanto prima indicato, sarebbe risultato abbastanza oneroso. I segnali provenienti dai sensori, tutti di costruzione THIES, afferiscono ad un sistema automatico di acquisizione dati (SAD) capace di trasferire giornalmente (alla ore 24), tramite rete GSM, i dati acquisiti ad un PC preposto allo scopo ubicato presso gli uffici di CESIRICERCA. Altra peculiarità del SAD (modello METEO32 dell'Ammonit) è quella di consentire, prevedendone un'opportuna programmazione, l'accesso in remoto alle misure eseguite in tempo reale e, quindi, il controllo del corretto funzionamento dei sensori.

Per quanto riguarda l'acquisizione delle misure di velocità e direzione del vento il SAD è stato programmato per campionare i segnali provenienti dai sensori con frequenza di 1 Hz e per memorizzarne i dati statistici (valore medio, valore massimo, valore minimo, deviazione standard) dei valori campionati con riferimento all'intervallo base tipico di 10 minuti adottato per questa tipologia di rilievi.

Sempre dalla Figura 11 si notano anche, sui tiranti, opportuni segnalatori predisposti su richiesta del Parco Nazionale del Gargano per evitare l'impatto di volatili transitanti nell'area.

Una ripresa fotografica della stazione di misura nella sua interezza, effettuata a conclusione dei lavori di allestimento in sito, è mostrata in Figura 12. Nella stessa figura è pure mostrato lo zoom del quadro installato alla base del sostegno contenente il SAD e le apparecchiature di alimentazione e protezione a corredo.

#### **4 STAZIONE DI MISURA DEL COMUNE DI COLLE VAL D'ELSA**

Questo sito è già stato oggetto di rilievi anemometrici della durata di circa due anni nell'ambito delle attività di ricerca di sistemi afferenti alla realizzazione della prima versione dell'Atlante Eolico (anno 2002).

La stazione è stata realizzata nel sito, ubicato in località Pramacci del comune di Colle Val d'Elsa, il giorno 19 novembre 2008.

I lavori d'installazione della stazione hanno impegnato per l'intera giornata il tecnico CESI RICERCA ed il personale dell'impresa incaricata dei lavori di montaggio del traliccio (TECNOGAIA S.r.l.).

E' da rilevare che in questo sito il debole segnale della rete GSM presente nell'area di installazione non ha permesso con l'antenna in dotazione al modem del SAD di poter disporre del controllo remoto della stazione

nei primi due mesi della campagna di misura. Nel mese di gennaio, individuata la possibile soluzione al problema e dopo diversi rinvii del giorno preventivato per l'intervento dettati dalle avverse condizioni meteo che hanno interessato la regione Toscana e l'intero territorio nazionale, si è rimosso l'inconveniente installando presso la stazione un'antenna direzionale amplificata. Tale intervento è stato eseguito il giorno 19 del mese.

L'installazione della stazione è avvenuta nella posizione del sito caratterizzata dalle seguenti coordinate:

<b>ED50 UTM 32N</b>	
EST	NORD
671008	4803048

Tali coordinate traslate nel riferimento WGS84, analogo a quello di Pianosa, sono le seguenti:

<b>WGS84 UTM 32N</b>	
EST	NORD
670923	4802851

Nella posizione di allestimento della stazione l'altitudine sul livello del mare rilevata dall'altimetro del GPS è risultata di 147 m.

In questo caso la stazione, diversamente dalla precedente, è stata prevista per un'unica misura di velocità e direzione del vento, non sussistendo in questo caso particolari problemi per l'esecuzione di interventi di manutenzione conseguenti a guasti/malfunzionamenti degli apparati installati. In particolare, sulla sommità del traliccio leggero da 15 m si è provveduto ad installare un sensore di tipo combinato, gemello di quello adottato per la misura nell'isola di Pianosa. Per quanto riguarda il SAD il modello utilizzato è il WICOM dell'Ammonit, pressoché analogo a quello installato a Pianosa e programmato similmente a quest'ultimo ai fini dell'acquisizione dei dati e della loro preelaborazione.

Anche in questo caso si è proceduto a documentare l'area circostante la stazione di misura con una foto panoramica eseguita dalla posizione di allestimento della stessa. Per interpretare le modalità di ripresa di tale foto, riportata in Figura 13, vale quanto precisato al riguardo nel precedente capitolo.

Una ripresa fotografica della stazione di misura, effettuata al termine dei lavori di montaggio in situ, è mostrata nella seguente Figura 14. Unitamente alla stazione è pure mostrato lo zoom del quadro posto ad altezza d'uomo sul sostegno, in questo caso aperto, con indicazione delle apparecchiature in esso allocate.

## 5 PRIMI RISULTATI ED ELABORAZIONI DEI DATI ACQUISITI

I dati acquisiti presso i due siti monitorati sono stati sottoposti a prime elaborazioni per disporre di dati preliminari per un primo confronto con i corrispondenti dati di ventosità indicati per gli stessi siti nelle mappe dell'Atlante Eolico.

A questo riguardo è da osservare che il periodo di riferimento dei dati finora acquisiti presso entrambi i siti include i mesi dell'anno in cui, generalmente, anche in conseguenza del cambio stagionale, si registrano regimi di vento più sostenuti rispetto ai mesi in cui ciò non avviene. Pertanto è da attendersi, soprattutto per il sito di Pianosa le cui acquisizioni sono iniziate a metà ottobre, che i risultati delle prime elaborazioni dei dati raccolti forniscano un'indicazione della ventosità media di entità superiore a quella che dovrebbe emergere su base annua.

Le misure finora raccolte presso le due stazioni sono state memorizzate rispettivamente in due file testo in cui ogni singolo record contiene nell'ordine le seguenti grandezze:

- a) Giorno mese e anno di riferimento del record nel formato **gg/mm/aaaa**
- b) Ora di inizio dell'intervallo di 10 minuti di riferimento delle misure nel formato **hh.mm.ss**
- c) Valore medio della velocità del vento nell'intervallo base di 10' (m/s)
- d) Valore massimo istantaneo della velocità del vento registratosi nell'intervallo base di 10' (m/s)
- e) Valore minimo istantaneo della velocità del vento registratosi nell'intervallo base di 10' (m/s)
- f) Deviazione standard del valore medio di cui al punto c (m/s)
- g) Valore medio della direzione del vento nell'intervallo base di 10' (°)
- h) Deviazione standard del valore medio di cui al punto g (°).

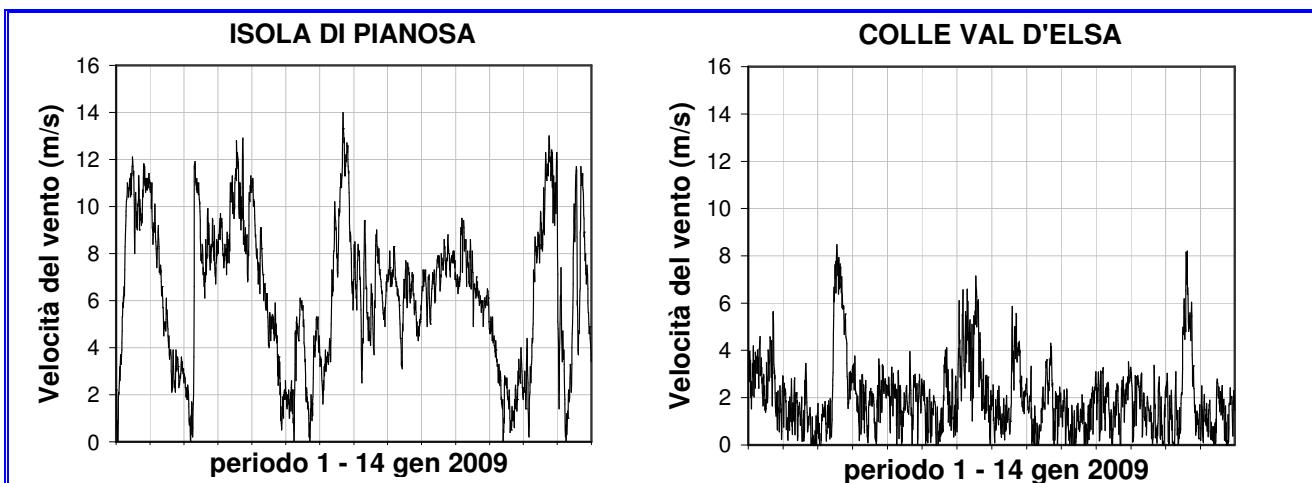
Si rammenta che per entrambe le stazioni i valori istantanei si riferiscono a campionamenti effettuati con frequenza di 1 Hz.

I suddetti file sono stati archiviati con i seguenti filename e attualmente risiedono nella directory "NUOVE STAZIONI" presente nella cartella WINDATLASSG del disco V:

- STAZ\_PIANOSA\_28/02/2009.txt
- STAZ\_CVDELSA\_28/02/2009.txt.

Per quanto riguarda le misure relative alla stazione di Colle Val D'Elsa si evidenzia che i dati statistici completi, così come indicati nel precedente elenco, sono disponibili solo a partire dal giorno in cui si è attivata la comunicazione via rete GSM del SAD con il PC presso la sede CESIRICERCA (19.01.2009). Per il periodo antecedente, a causa di una perdita parziale della programmazione del SAD, sono disponibili unicamente i valori medi della velocità e direzione del vento di cui ai punti *c* e *g* del precedente elenco. E' da osservare, infine, che l'indisponibilità e/o l'esclusione di misure ritenute erronee o non affidabili è indicata nei file di cui sopra con la presenza nel campo dati del numero 9999.

Nella Figura 1 è riportato ad esempio il profilo delle registrazioni condotte nel periodo 1 – 14 /01/2009.



**Figura 1 – Campione di dati di velocità del vento (14 giorni) – Siti di Pianosa e Colle Val d'Elsa**

## 5.1 Elaborazione dei dati misurati presso la stazione di Pianosa

I risultati delle prime elaborazioni dei dati acquisiti presso la stazione di Pianosa nel periodo compreso dalla data d'installazione (14/10/2008) al 28/02/2009, hanno fornito le seguenti indicazioni.

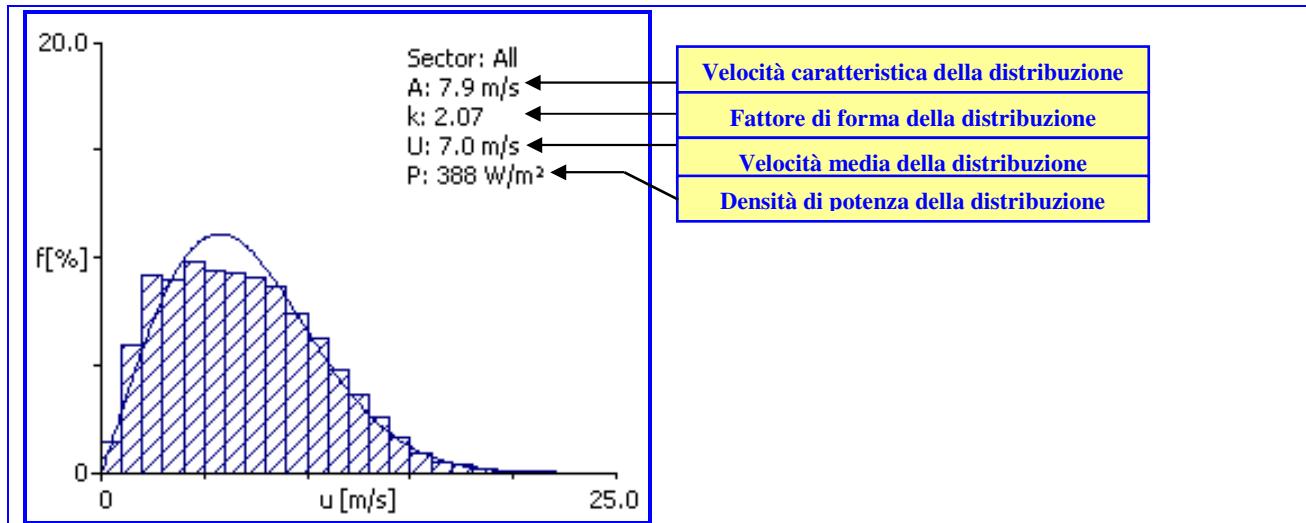
La velocità media nel periodo è risultata pari a circa **6.9 m/s**.

Il valore massimo istantaneo di velocità del vento riscontrato nel periodo è risultato essere di **30.7 m/s**.

La rosa dei venti determinata in base a tutte le misure archiviate come valide indica venti prevalenti con provenienza N-NO e S-SE. La rappresentazione grafica di tale rosa è riportata nella seguente Figura 15, in cui oltre all'indicazione delle frequenze percentuali di provenienza del vento nei vari settori di direzione (16 settori con ampiezza di 22.5°) è pure mostrata la rosa dei valori medi di velocità nei singoli settori di direzione. Per una migliore comprensione del grafico riportato in figura, si evidenzia che i singoli settori sono indicati dai valori in gradi rappresentativi dei rispettivi centri. In particolare, il settore 1 è quello centrato sul Nord e, quindi, con centro coincidente con zero gradi; il settore 2 è quello con centro pari a 22.5° e così via per tutti quelli a seguire in senso orario.

Il grafico in Figura 15 evidenzia che i venti più sostenuti sono quelli di Scirocco e Libeccio, in pratica i venti che spirano rispettivamente da SE e da SO.

Il quadro delle elaborazioni è stato inoltre completato con la valutazione, tramite apposito software commerciale, della distribuzione di Weibull che meglio approssima quella reale del periodo esaminato. I risultati di questa elaborazione sono mostrati nella seguente Figura 2.



**Figura 2 - Stazione di misura dell'isola di Pianosa : distribuzione di Weibull determinata per il periodo 14/10/2008-28/02/2009**

Nella figura sono evidenziati i parametri che contraddistinguono la distribuzione e nello specifico: il fattore di forma  $k$  e la velocità caratteristica  $A$ . Nella figura sono inoltre indicati i valori di velocità media  $U$  e di densità di potenza  $P$  associati alla distribuzione. Dai dati riportati in figura emerge una lieve differenza (0.1 m/s) tra il dato di velocità media associato alla distribuzione e quello calcolato come valor medio di tutti i dati validi acquisiti.

Il dato di velocità media che finora emerge per il sito risulta essere abbastanza coerente con quello deducibile dalla mappa di velocità media annua del vento dell'Atlante Eolico relativa alla quota s.l.m. più prossima a quella della misura effettuata presso la stazione (circa 20 m, considerando l'altezza del sostegno e l'altitudine s.l.m. della stazione di misura). Infatti, consultando la mappa relativa alla quota di 25 m s.l.m. si rilevano per l'isola di Pianosa valori di velocità medie annue comprese nell'intervallo 6-7 m/s.

Per quanto riguarda invece il fattore di forma della distribuzione di Weibull il valore determinato in base ad elaborazione delle misure finora archiviate risulta al momento di valore superiore a quello implementato nell'Atlante per il calcolo di producibilità dell'area contenente il sito. Quest'ultimo, pari a 1.57, può essere estratto dal database retrostante all'Atlante Eolico con l'ausilio del modulo di calcolo in esso integrato. Al riguardo è da evidenziare che, in quest'ultimo caso, il valore del fattore  $k$ , diversamente dal corrispondente valore calcolato con i dati misurati, è rappresentativo della curva di distribuzione annua.

## 5.2 Elaborazione dei dati misurati presso la stazione di Colle Val D'Elsa

I risultati delle prime elaborazioni dei dati acquisiti presso la stazione di Colle Val D'Elsa nel periodo compreso dalla data d'installazione (19/11/2008) al 28/02/2009, hanno fornito le seguenti indicazioni.

La velocità media nel periodo è risultata pari a circa **2.6 m/s**.

Il valore massimo istantaneo di velocità del vento riscontrato nel periodo è risultato essere di **22.8 m/s**.

La rosa dei venti di Figura 16, costruita come precisato per l'altro sito, indica venti prevalenti con provenienza N-NE e SO.

Per quanto riguarda la distribuzione di Weibull la curva determinata elaborando i dati validi disponibili con analogo software di quello adottato per l'isola di Pianosa è fornita in Figura 3. Anche in questo caso sussiste al momento una piena corrispondenza tra i valori medi di velocità del vento associati rispettivamente alla distribuzione e al calcolo del dato come media complessiva dei dati acquisiti.

Un ulteriore elemento da evidenziare per questo sito riguarda i valori molto modesti di velocità media riscontrati in questo primo scorso di campagna, valori che risultano essere abbastanza in linea con il dato di velocità media annua emerso con la campagna di misura eseguita nello stesso sito nel periodo 2001-2003. Analoga osservazione vale anche per i venti prevalenti finora rilevati.

Anche per questo caso il dato di velocità media che finora emerge per il sito risulta essere abbastanza coerente con quello deducibile dalla mappa di velocità media annua del vento dell'Atlante Eolico relativa alla quota di 25 m s.l.t., il cui valore risulta compreso tra 3 e 4 m/s.

Per quanto riguarda il fattore di forma della distribuzione di Weibull, contrariamente a quanto osservato per Pianosa, il valore determinato in base ad elaborazione delle misure finora raccolte risulta abbastanza prossimo con il valore estraibile per il sito attraverso il modulo di calcolo dell'Atlante. Ovviamente man mano che i dati misurati verranno incamerati si potrà verificare se tale accordo tra il valore parziale e quello relativo alla distribuzione annua verrà mantenuto. E' inoltre da osservare che il fattore di forma indicato dall'Atlante risente dell'influenza del valore emerso nella precedente campagna.

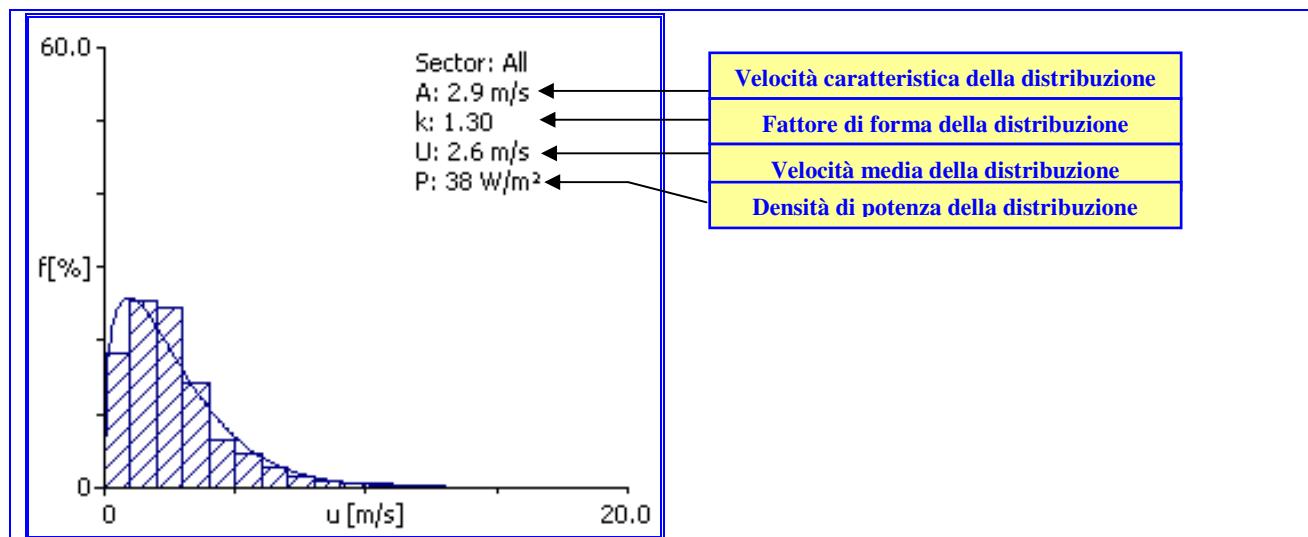


Figura 3 - Stazione di misura dell'isola di Colle Val D'Elsa : distribuzione di Weibull determinata per il periodo 19/11/2008-28/02/2009

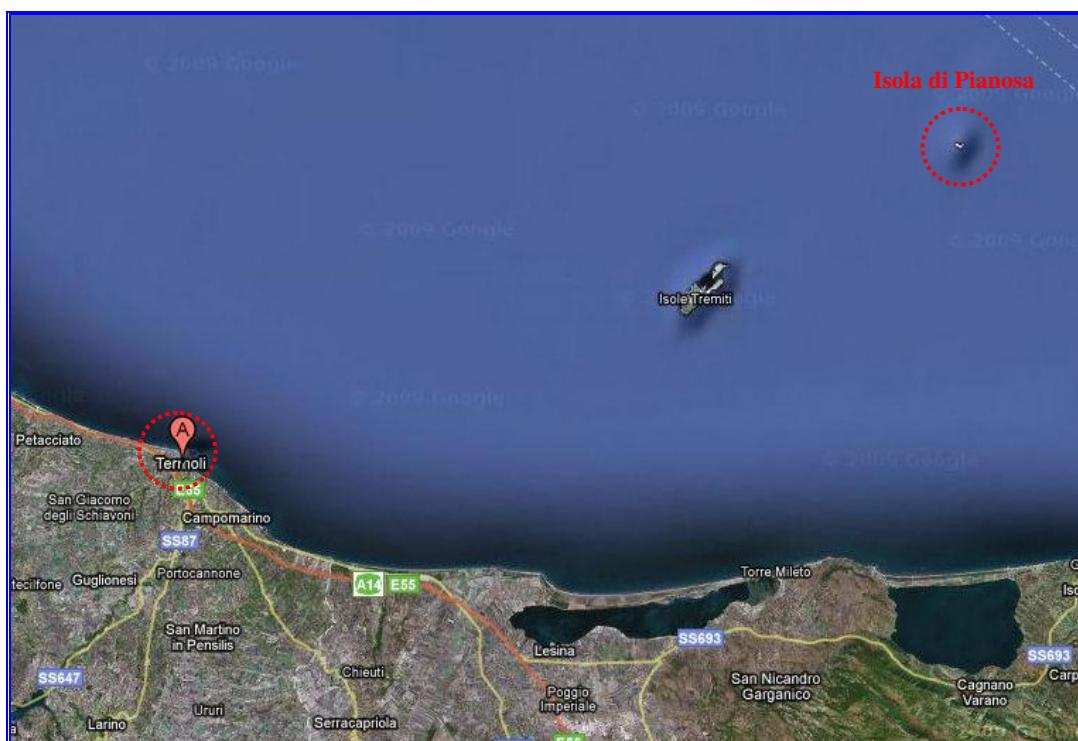
## 6 CORRELAZIONE TRA I DATI DI PIANOSA E QUELLI DEL SITO DI TERMOLI

A ragione dell'interesse particolare delle rilevazioni effettuate nell'isola di Pianosa si è ritenuto opportuno effettuare una prima stima del valore medio annuo della velocità del vento. Tenuto conto dell'incompletezza ad oggi del ciclo minimo annuale normalmente richiesto per valutare la ventosità di un sito, la stima è stata impostata attraverso correlazioni con misure contemporanee e pregresse (pluriennali) disponibili presso il sito costiero di Termoli, un punto sulla terraferma tra i più vicini all'isola (vedasi Figura 4).

Nella città di Termoli della regione Molise, è infatti operativa una stazione di misura meteo-anemometrica facente parte della rete di rilevamento dei Servizi Meteorologici dell'Aeronautica Militare e distante in linea d'aria dal sito di Pianosa indicativamente 40 km.

Potendo disporre dei dati di velocità e direzione del vento acquisiti presso questa stazione, si è tentato di accertare l'esistenza o meno di una sufficiente correlazione tra le misure eseguite simultaneamente nei due siti, per poter effettuare una correzione di lungo periodo dei dati rilevati nel sito di Pianosa.

In altri termini, se ci fosse una buona correlazione i dati pluriennali disponibili per la stazione di Termoli sarebbero traslati al sito "offshore" consentendo una stima di velocità media annua di valenza statistica superiore a quella basata su un periodo di misure troppo limitato.



**Figura 4 - Indicazione della posizione del sito di Termoli rispetto all'isola di Pianosa delle Tremiti (elaborazione di immagine tratta da Google Map).**

Quest'ultimo approccio potrebbe risultare di utilizzo abbastanza ricorrente per le valutazioni della risorsa eolica in altre aree del mediterraneo di interesse per sviluppi di impianti eolici offshore, predisponendo misure in siti costieri disposti opportunamente rispetto all'area marina da sottoporre a indagine.

In considerazione di quanto sopra indicato, sono stati reperiti i dati di velocità e direzione vento acquisiti dalla stazione del sito di Termoli, in contemporanea a quella di Pianosa, nel periodo 14/10/2008 - 8/02/2009 . Un'immagine di tale postazione di misura situata sulla torre superiore del Castello di Termoli è riportata in Figura 5.



**Figura 5 - Torre Superiore del Castello di Termoli con evidenza della stazione di misura sulla sommità**

Si tratta, in particolare, di misure anemometriche di tipo triorario, tratte da bollettini SynOp<sup>1</sup>, in cui i valori delle grandezze di velocità e direzione del vento sono rappresentativi dei valori medi assunti negli ultimi 10 minuti del periodo triorario di riferimento. In pratica per ogni giorno allo scadere rispettivamente delle ore 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 il sistema preposto all'acquisizione dei dati provvede a memorizzare i valori medi di cui sopra.

In base ai dati di cui sopra e ai dati simultanei disponibili per lo stesso periodo per l'isola di Pianosa si è proceduto a valutare in prima istanza i valori medi giornalieri della velocità del vento per entrambe le stazioni. I risultati ottenuti con tale elaborazione, mostrati in Figura 6 a) non evidenziano un marcato legame tra le due misure, spiegabile considerando la distanza abbastanza rilevante (40 km) esistente tra le due stazioni. Si è quindi ampliato ad una settimana l'intervallo di riferimento dei valori medi da mettere a confronto. Anche il risultato di tale elaborazione, riportato in Figura 6 b), per il momento basato su un numero di dati ancora molto limitato, non evidenzia un miglioramento sostanziale rispetto al precedente.

Si è allora proceduto ad un confronto tra i profili delle velocità medie mensili, costruiti per il periodo ottobre 2008 –gennaio 2009. Tali profili sono mostrati nella Figura 7 a) da cui emerge un andamento abbastanza coerente per il periodo ottobre-dicembre 2008, mentre per il mese di gennaio 2009 ciò si riscontra di meno. Per consentire una migliore interpretazione dei profili di vento, in Figura 7 b) è pure riportato l'andamento dei valori medi mensili di direzione. Da quest'ultimo grafico si evince un cambiamento di provenienza dei venti nel mese di gennaio. In pratica, sembra emergere un differente coefficiente di correlazione tra il caso di venti di prevalente provenienza da sud e quello con venti che spirano mediamente da ovest. L'orografia complessa attorno alla stazione di Termoli potrebbe infatti far sentire la propria influenza.

In ogni caso, si evidenzia che per il periodo esaminato la velocità media del vento calcolata in base ai dati simultanei rilevati nei due siti è risultata rispettivamente pari a: 4.5 m/s per Termoli e 6.7 m/s per Pianosa.

In base a questi primi elementi la ventosità dell'isola è dunque sostanzialmente più elevata di quella su terraferma, come indicato anche dalle mappe dell'Atlante eolico. Per poter formulare giudizi sul valor medio annuo è tuttavia necessario completare quanto meno il periodo di rilevazioni previsto (due anni).

<sup>1</sup> SynOp è un linguaggio standardizzato dal World Meteorological Organization (WMO) per la codifica delle informazioni meteo rilevate da stazioni automatizzate.

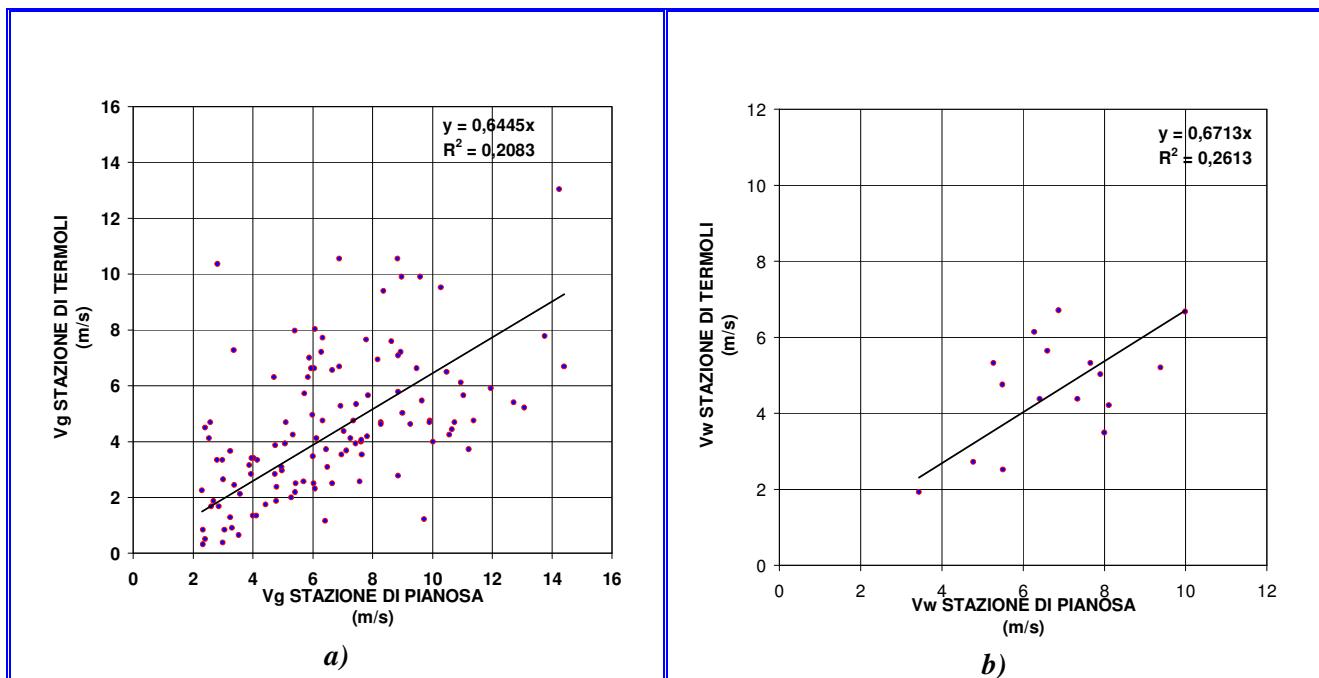


Figura 6 - Grafico a dispersione di punti, con retta di regressione, relativo alla correlazione esistente tra le velocità del vento medie giornaliere *a)* e quelle medie settimanali *b)* tra i due siti a confronto.

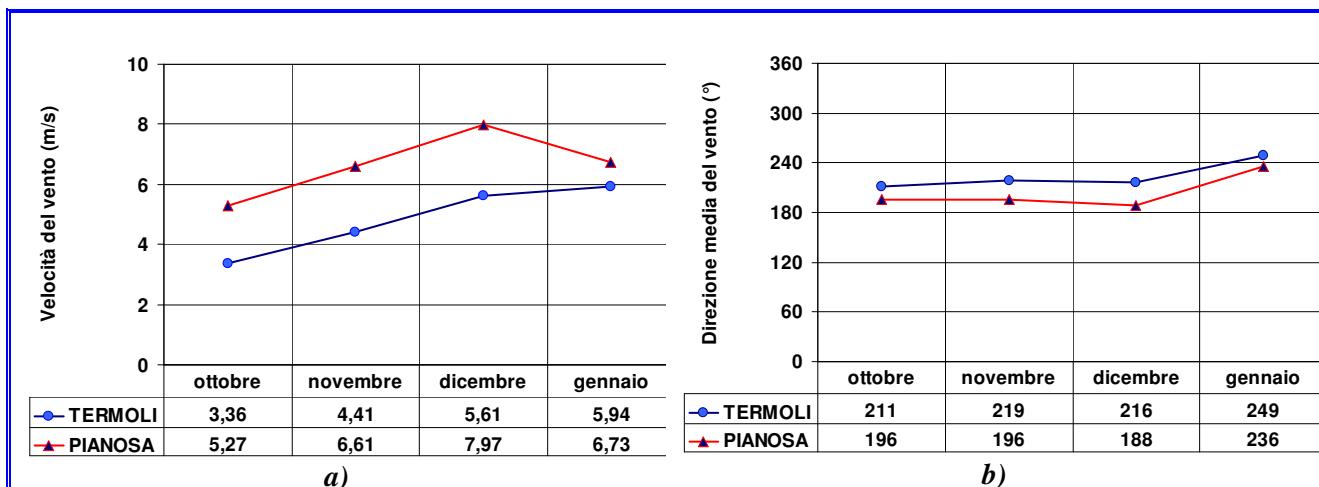


Figura 7 - Profili delle velocità medie mensili determinate per i due siti a confronto *a)* e profilo delle direzioni medie mensili di provenienza del vento *b)* per il periodo 14/10/2008-31/01/2009.

**7 RICHIESTE DI DATI IN FORMATO ELABORABILE**

Eventuali richieste circa la fornitura dei file dati archiviati per le due stazioni di misura oggetto del presente report dovranno essere inoltrate a:

CESI RICERCA S.p.A.

Via Rubattino 54 – 20134 Milano

Att.ne ing. Ettore Lembo

Tel. +039 02 3992 5688

FAX +039 02 39925626

e-mail [lembo@cesiricerca.it](mailto:lembo@cesiricerca.it)

Dopo il vaglio della richiesta CESI RICERCA provvederà a contattare il richiedente per concordare le modalità di trasferimento dei dati.

## 8 CONCLUSIONI

Nell'ambito delle attività del presente progetto finalizzate all'affinamento delle mappe dell'Atlante Eolico sono stati effettuati interventi limitati ma, si ritiene, molto significativi per l'approfondimento delle conoscenze anemologiche in un sito terrestre in Toscana ed in un sito insulare avente caratteristiche tali da permetterne l'inquadramento come sito "offshore".

In particolare, sono state allestite, su sostegni a traliccio da 15 m, due stazioni anemometriche, adeguatamente equipaggiate, per consentire la conduzione di una campagna di misura per un periodo di due anni in località Pramacci del Colle Val D'Elsa (SI) e nell'isola di Pianosa delle Tremiti. Quest'ultimo sito ha richiesto particolare impegno sia per quanto attiene l'iter autorizzativo, sia per quanto riguarda le attività da espletare in sito.

Le due stazioni sono state realizzate nel periodo ottobre-novembre 2008. In particolare, la prima ad entrare in operazione è stata quella dell'isola di Pianosa (14 ottobre), mentre nel successivo mese di novembre (19 novembre) l'altra. L'acquisizione dei dati è iniziata contestualmente alla loro messa in funzione.

L'elaborazione dei dati finora acquisiti indica al momento buon accordo del dato di velocità medio determinato in base alle misure con quello corrispondente espresso nelle mappe dell'Atlante Eolico, quest'ultimo rappresentativo della velocità media annua. In particolare, per la stazione di Pianosa il valor medio di velocità del vento emerso dall'inizio delle acquisizioni fino al 28 febbraio 2009 risulta essere di circa 6.9 m/s, mentre per Colle Val D'Elsa vale circa 2.6 m/s.

La disponibilità di dati simultanei con quelli di Pianosa acquisiti presso la stazione di Termoli (CB) appartenente alla rete dei Servizi Meteorologici dell'Aeronautica Militare, ha consentito di condurre una prima valutazione sul grado di correlazione esistente tra le misure eseguite nei due siti. Dai primi risultati sembra emergere su base mensile un coefficiente di correlazione abbastanza scarso, comunque differente tra il caso con venti che provengono mediamente da sud e quello con venti che spirano mediamente da ovest. L'orografia complessa attorno alla stazione di Termoli potrebbe infatti far sentire la propria influenza per i venti provenienti dal versante ovest.

In parallelo alle rilevazioni anemometriche non sono mancate iniziative per una migliore e razionale utilizzazione di questi dati, - e più in generale di quelli dell'Atlante eolico - in ambito locale presso le diverse Autorità. In particolare, le specifiche responsabilità delle Regioni in materia energetica rendono queste ultime interlocutori particolarmente interessanti.

A tale scopo contatti promettenti sono stati avviati con l'Assessorato Energia della Regione Toscana, con cui sono state esaminate possibili forme di collaborazione che si potrebbero concretizzare, in ultima analisi, nell'armonizzazione delle mappe di producibilità eolica finora prodotte in modo sostanzialmente indipendente.

### 9 RIFERIMENTI

- [1] "Individuazione di siti per indagini anemologiche" – E.Lembo, C.Rosito - CESI RICERCA, Protocollo 08000991 del 28.02.2008.



Figura 8 - Indicazione della posizione della stazione anemometrica e delle strutture in essa presenti, su immagine da satellite dell'isola di Pianosa (fonte: Google Earth)

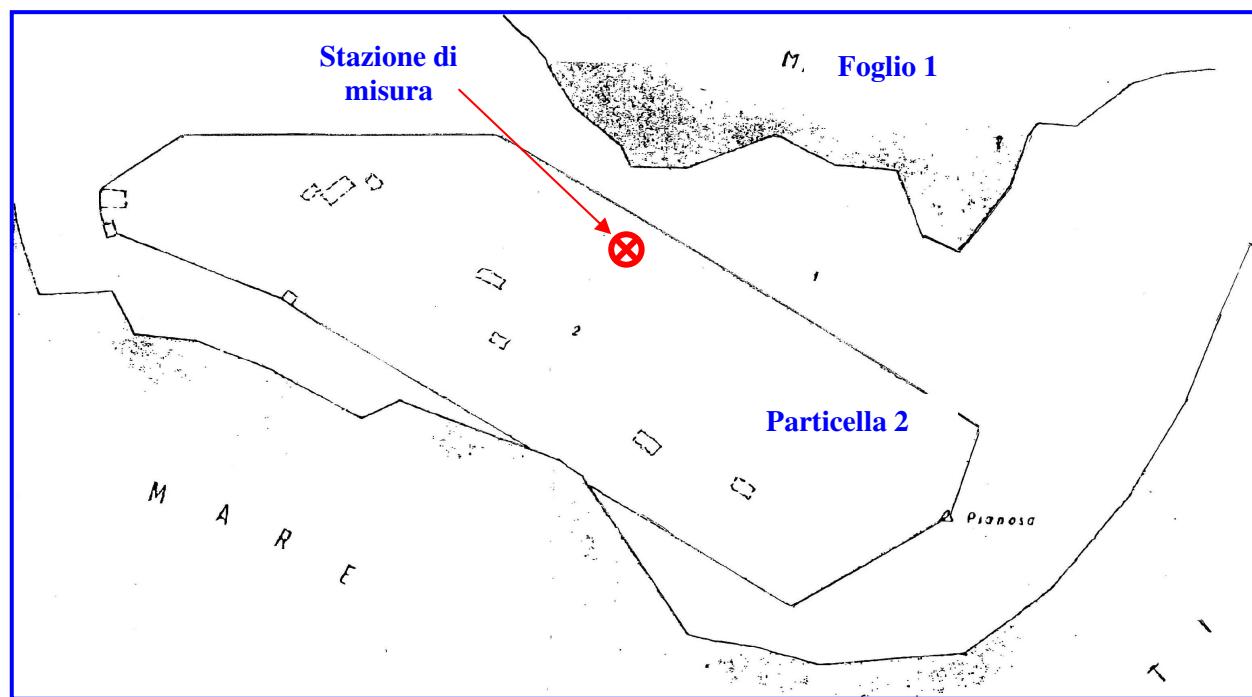


Figura 9 - Mappa catastale con indicazione dell'ubicazione della stazione di misura

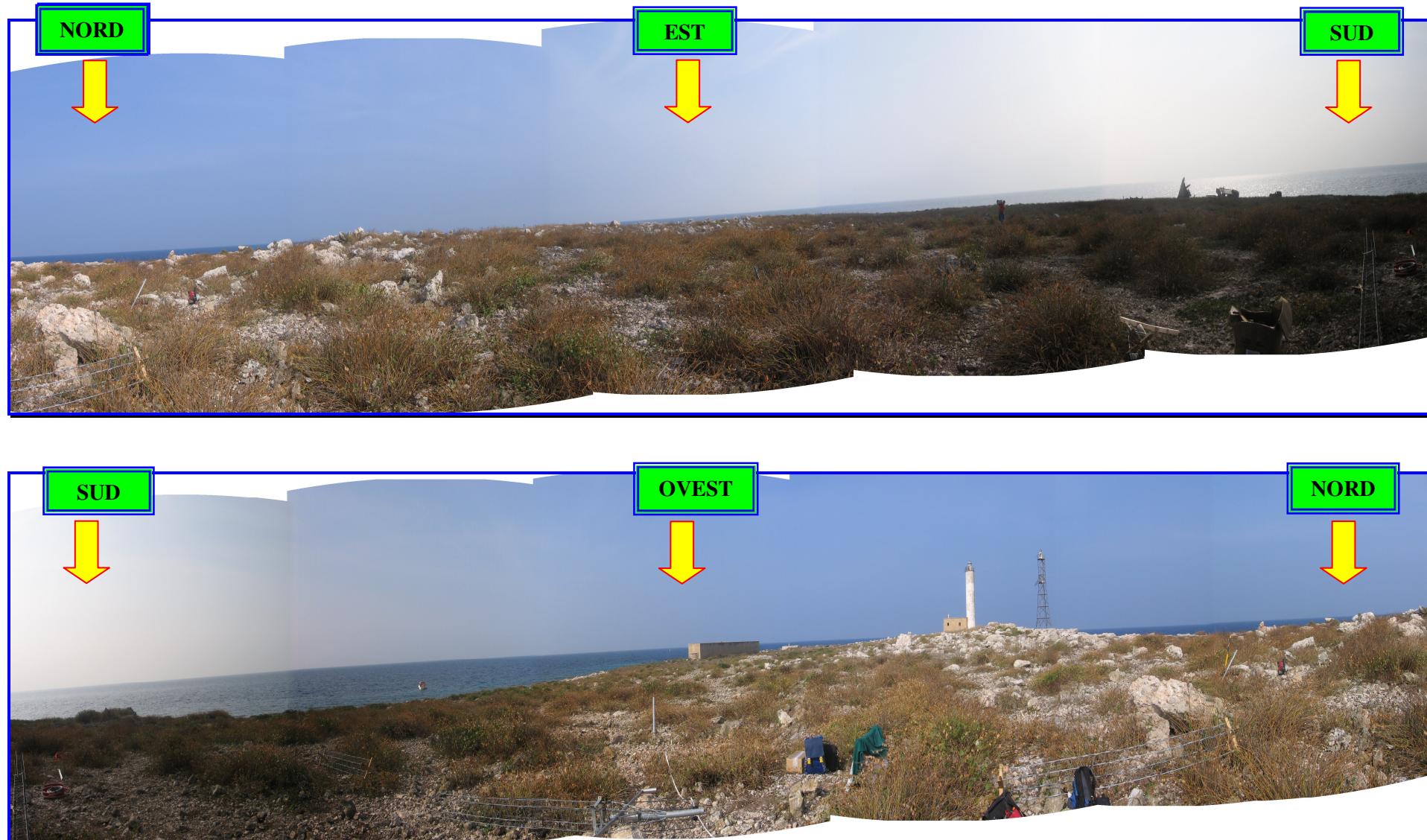


Figura 10 - Ripresa fotografica panoramica dell'area circostante il punto d'installazione della stazione anemometrica di Pianosa

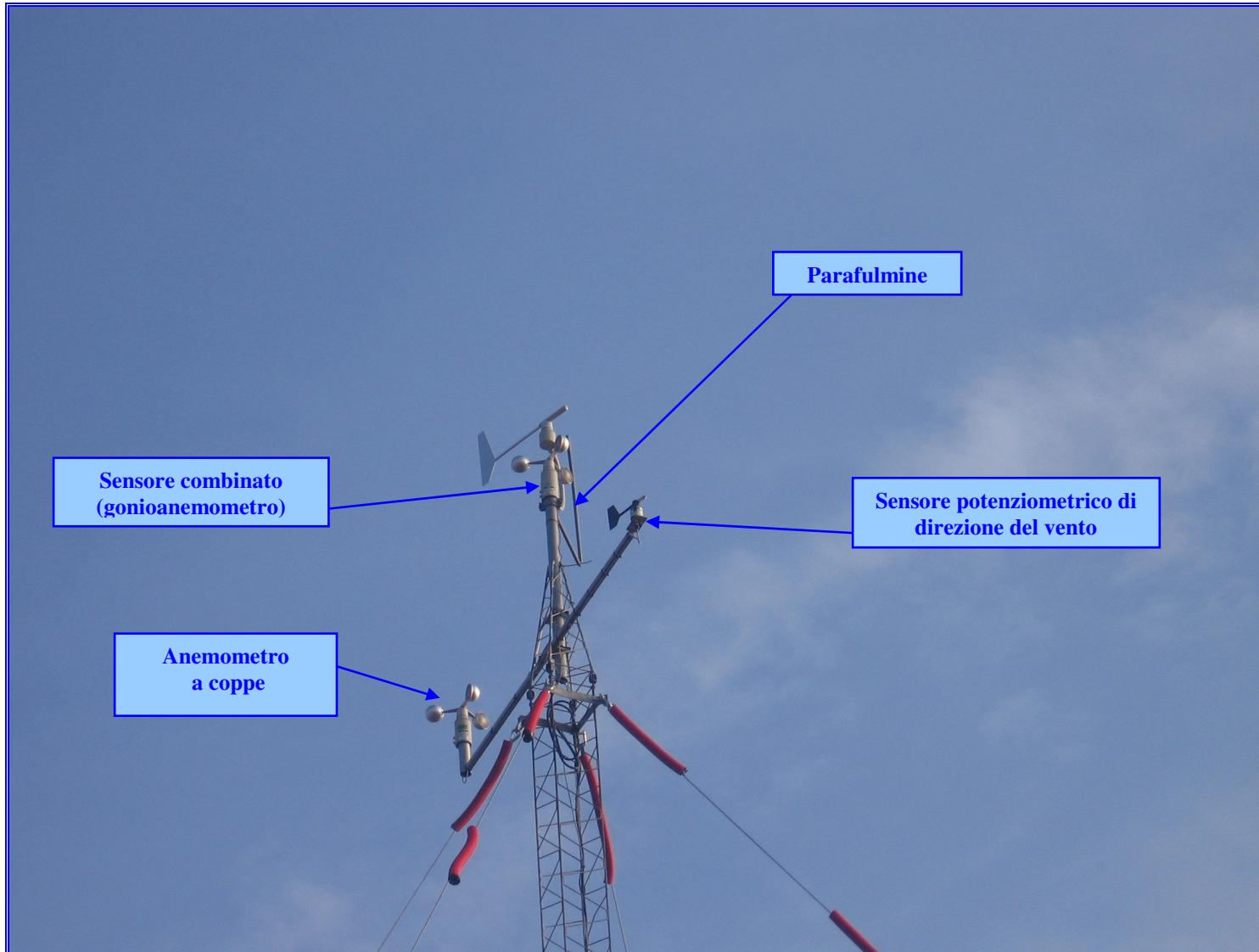
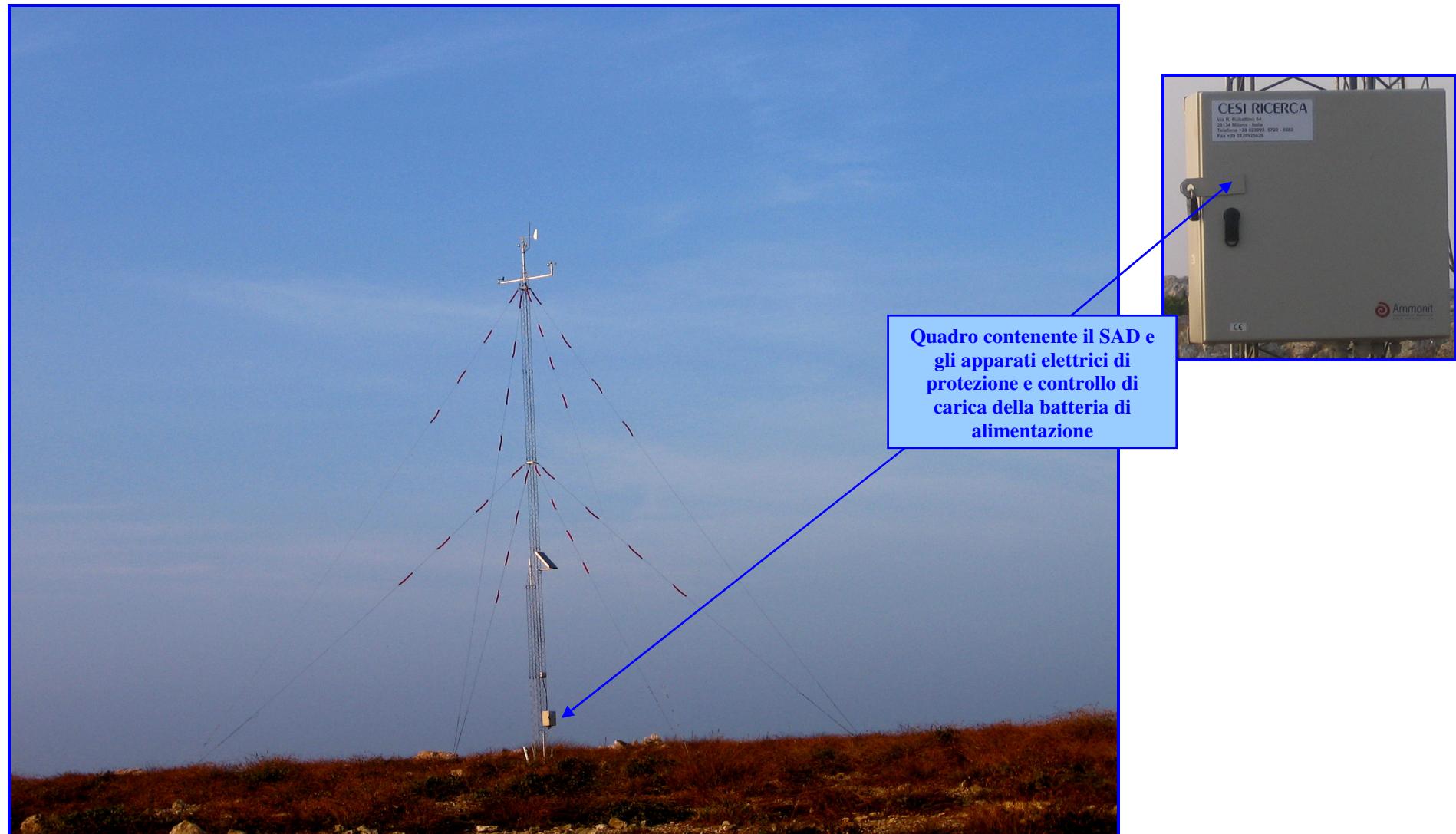


Figura 11 - Vista dei sensori anemometrici installati sulla torre anemometrica



**Figura 12 - Vista da Sud della stazione di misura di Pianosa a lavori ultimati**

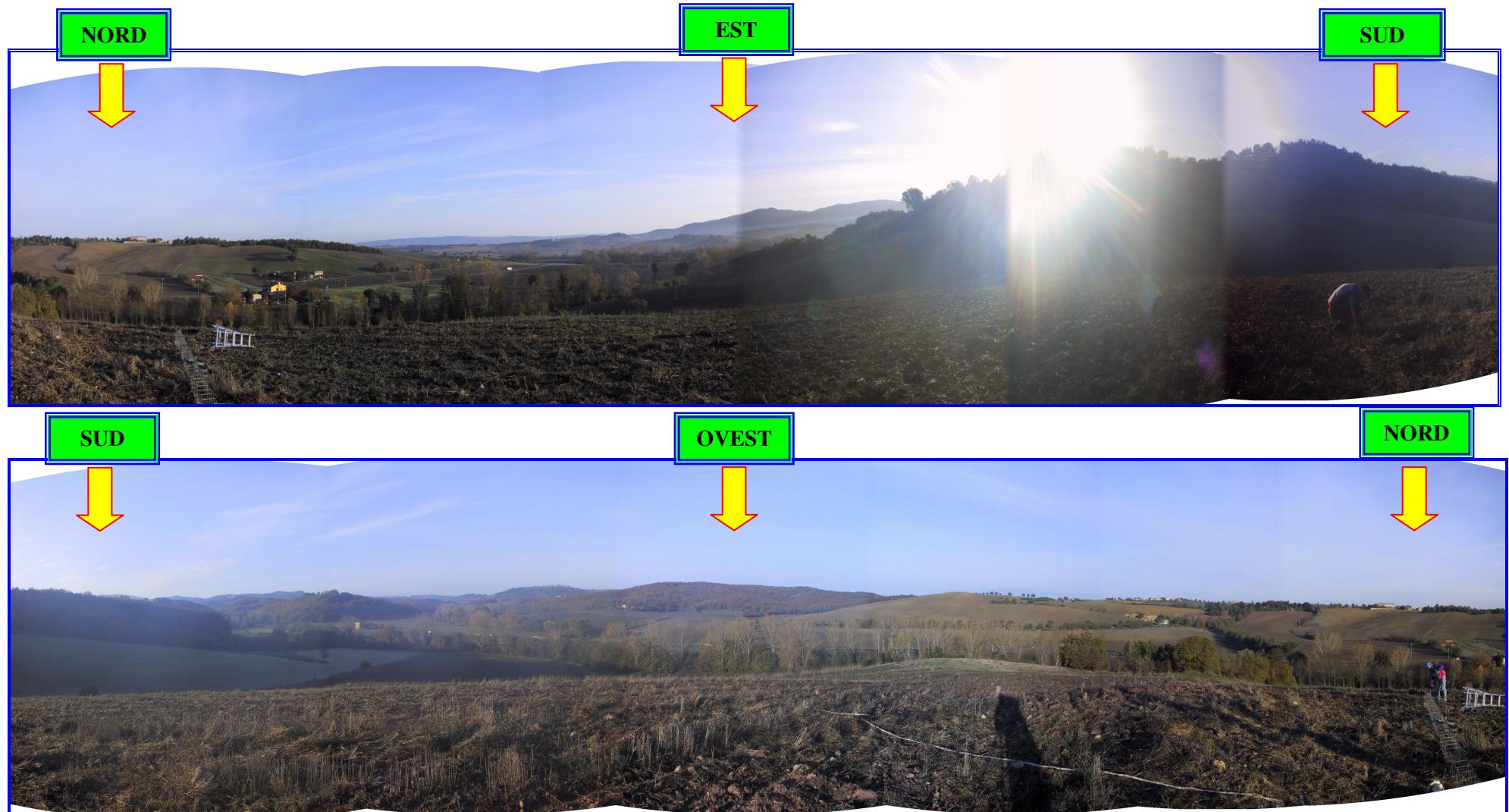


Figura 13 - Ripresa fotografica panoramica dell'area circostante il punto d'installazione della stazione anemometrica di Colle Val D'Elsa (SI)



Figura 14 - Vista da Sud della stazione di misura di Colle Val D'Elsa a lavori ultimati

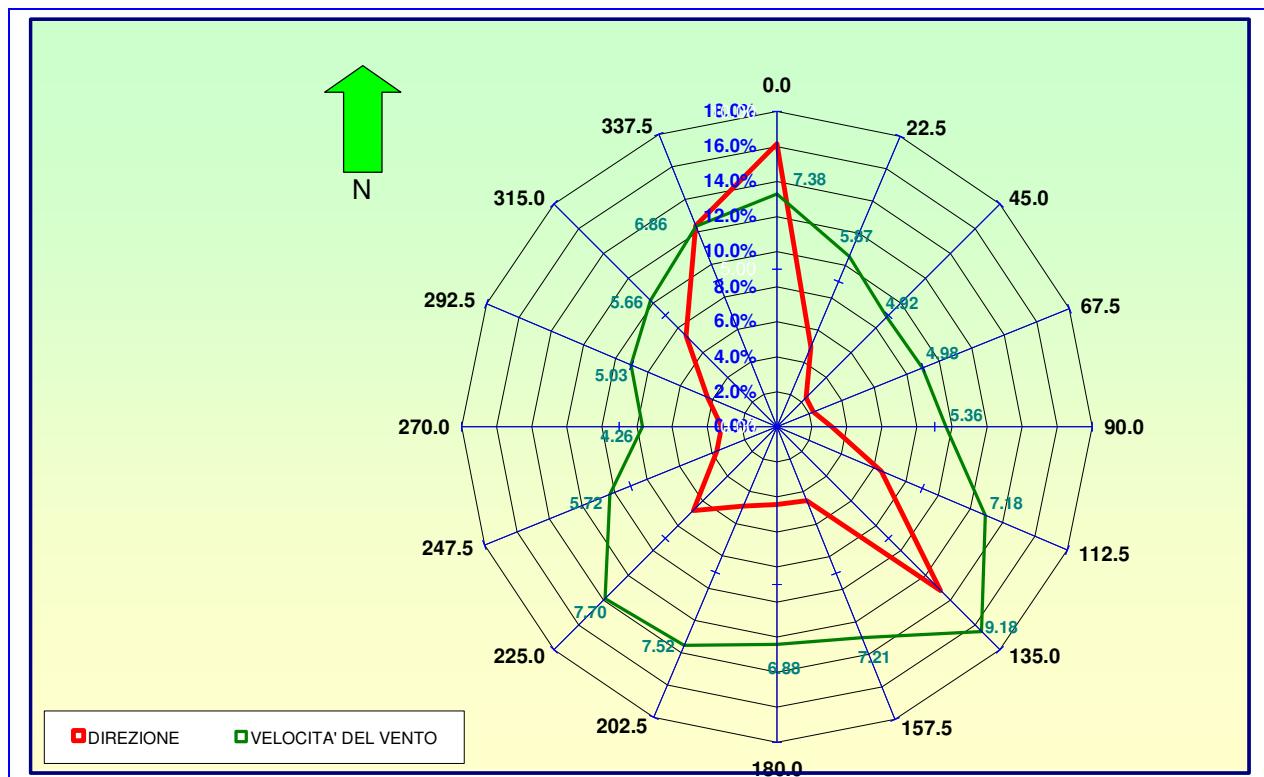


Figura 15 - Stazione di misura dell'isola di Pianosa : rosa dei venti determinata per il periodo 14/10/2008-28/02/2009

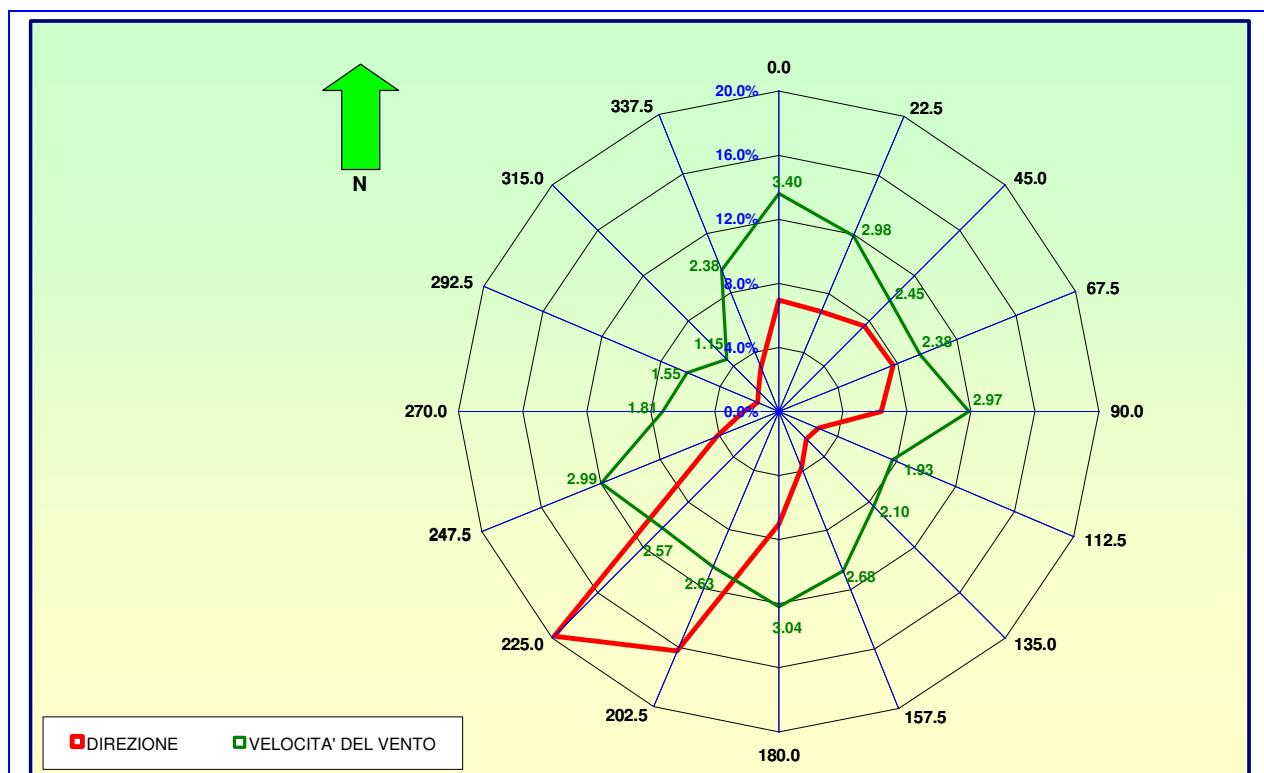


Figura 16 - Stazione di misura dell'isola di Colle Val D'Elsa : rosa dei venti determinata per il periodo 19/11/2008-28/02/2009