

## SVILUPPO E VERIFICA DELL'EFFICIENZA DI UNA TRAPPOLA PER LA MISURA DI SEDIMENTO TRASPORTATO DAL VENTO

### DEVELOPMENT AND EFFICIENCY TESTS OF A TRAP TO MEASURE AEOLIAN SAND TRANSPORT

GIUSEPPE CACCIAPAGLIA(\*), VINCENZO DE SANTIS(\*) & GIOVANNI PALMENTOLA(\*)

(\*) Università degli Studi di Bari, Dipartimento di Geologia e Geofisica, Via Orabona, 4 - 70125 Bari, Italy

#### RIASSUNTO

Nel corso di studi sui flussi sedimentari fra spiaggia e dune è stato realizzato un modello di trappola per la misura dei tassi di trasporto eolico su campi dunali. Il modello, nel seguito denominato "Att" (Aeolian transport trap), deriva da modificazioni profonde di una trappola eolica proposta da ARENS & VAN DER LEE (1995). La trappola "Att" è stata calibrata nella galleria del vento del Department of Soil Management and Soil Care dell'Università di Ghent (Belgio): la sua efficienza è risultata buona, ancorché decrescente all'approssimarsi della velocità del vento alle condizioni limite riscontrabili in natura, e al diminuire della dimensione dei granuli della sabbia. Per tutte le velocità di vento, le quantità di sabbia trattenute da ciascun vassoio di cui si compone la trappola diminuiscono esponenzialmente passando dal vassoio più basso a quello più alto.

**KEY WORDS:** *trappola eolica, calibrazione, galleria del vento, efficienza, perdita per aspirazione*

#### PREMESSE

Studi del flusso di sabbia deflatta sulla spiaggia effettuati nel corso degli ultimi anni (DAVIS, 1978; JUNGERIUS & VAN DER MEULEN, 1988; CARTER, 1989; PYE & TSOAR, 1990; GARES & NORDSTROM, 1991; ARENS, 1996; GREELEY, BLUMBERG & WILLIAMS, 1996; JACKSON & COOPER, 1999; NORDSTROM, 2000; DE SANTIS & PALMENTOLA, 2003; PALMENTOLA, CACCIAPAGLIA & DE SANTIS, 2003; DE SANTIS, 2005), hanno consentito di verificare sul campo il comportamento di diversi modelli di trappola eolica presenti in letteratura (LEATHERMANN, 1976; FRYBERGER *et alii*, 1984; FRYREAR, 1986; SPAAN & HOLLEMANS, 1991; ARENS & VAN DER LEE, 1995; JACKSON, 1996; POLLET, GABRIELS & CORNELIS, 1998; RASMUSSEN & MIKKELSEN, 1998; WANG & KRAUS, 1999; GOOSSENS & OFFER, 2000; ZHIBAO, HONGYI & AIGUO, 2004). Tra questi, uno dei più efficaci nell'ambiente mediterraneo è risultato quello di Arens e van der Lee; un dispositivo composto da una pila verticale di vassoi tutti uguali, sovrapposti a 5 cm uno dall'altro e sorretti da bracci verticali esterni posti a 120° tra loro (Fig. 1). Per eseguire le misure dei flussi di sabbia, la trappola viene infissa al suolo con il vassoio basale disposto in modo che il suo bordo si trovi al livello della superficie del terreno.

#### ABSTRACT

During our research on sand fluxes between beaches and dunes a trap for the measuring of aeolian transport rates on dune fields has been achieved. The trap, from now so - called "Att" (Aeolian transport trap), comes from deep modifications of an aeolian sand trap suggested by ARENS & VAN DER LEE (1995). The "Att" trap has been calibrated in the wind tunnel of the Department of Soil Management and Soil Care of the University of Ghent (Belgium): its efficiency has been positive, even if decreasing when wind speed approaches limit condition verifiable in nature and when sand grain size become smaller. For all the wind speeds, the amounts of sand retained by each tray making up the trap diminish exponentially from the lower tray to the upper one.

**KEY WORDS:** *aeolian sand trap, calibration, wind tunnel, efficiency, loss by blowout*

#### INTRODUCTION

Studies on sand fluxes on beaches carried out in the last years (DAVIS, 1978; JUNGERIUS & VAN DER MEULEN, 1988; CARTER, 1989; PYE & TSOAR, 1990; GARES & NORDSTROM, 1991; ARENS, 1996; GREELEY, BLUMBERG & WILLIAMS, 1996; JACKSON & COOPER, 1999; NORDSTROM, 2000; DE SANTIS & PALMENTOLA, 2003; PALMENTOLA, CACCIAPAGLIA & DE SANTIS, 2003; DE SANTIS, 2005), have allowed to verify on field the performances of different wind trap models proposed in literature (LEATHERMANN, 1976; FRYBERGER *et alii*, 1984; FRYREAR, 1986; SPAAN & HOLLEMANS, 1991; ARENS & VAN DER LEE, 1995; JACKSON, 1996; POLLET, GABRIELS & CORNELIS, 1998; RASMUSSEN & MIKKELSEN, 1998; WANG & KRAUS, 1999; GOOSSENS & OFFER, 2000; ZHIBAO, HONGYI & AIGUO, 2004). Among these, one of the best in the mediterranean environment has been the one of Arens and van der Lee; a device made up by a vertical array of identical trays, one upon the other at 5 cm distance, and hold up by vertical external arms disposed at 120° between each other (Fig. 1). To measure sand fluxes, the trap is implanted to the ground with the basal tray disposed to allow that its edge is at the same level of the ground surface.

Le caratteristiche di rilievo di questo modello sono:

- 1) la onnidirezionalità; trappole eoliche con una sola apertura rivolta verso una direzione fissa non danno risposte attendibili circa il trasporto solido del vento in campi di sabbia con dune dove, a causa della presenza di vegetazione di diversa natura e densità, come anche della irregolarità della superficie, il flusso è soggetto a irregolari modifiche della direzione;
- 2) la modularità, cioè la possibilità di adattarla alle diverse condizioni di vento e ai diversi ambienti di un sistema dunale allungando la trappola verso l'alto e aggiungendo vassoi a volontà;
- 3) la possibilità di selezionare le particelle solide trasportate a diverse altezze dalla superficie: il vassoio basale raccoglie infatti solo la sabbia in movimento fra il suolo e 5 cm di altezza, il secondo vassoio quella che viaggia fra 5 e 10 cm di altezza e così via.

A fronte di queste caratteristiche positive però, la medesima trappola presenta anche alcune disfunzioni che ne limitano l'efficienza:

- 1) i bracci verticali generano turbolenze nel flusso della miscela aria-sabbia tanto che qualche minuto dopo l'installazione si riscontrano conchette di deflazione sulla superficie alla base dei bracci sopravvento;
- 2) una certa quantità sabbia, destinata a finire nella trappola, viene allontanata dalla sua normale traiettoria dalle turbolenze innescate dalla stessa struttura della trappola o vi urta contro e rimbalza

The main characteristics of this model are:

- 1) the omnidirectionality; aeolian traps with an only opening oriented towards a fixed direction do not give reliable answers on the solid load of the wind in sand fields with dunes where, because of the presence of different kinds and densities of vegetation, as also of the irregularity of the surface, the flux undergoes irregular modifications of the direction;
- 2) the modularity, that is the possibility to adapt it to the different conditions of the wind and to the different environments of a dune field getting the trap taller by adding trays as much as one likes;
- 3) the possibility to select the solid particles transported at different heights from the surface: the basal tray in fact only collects the sand moving between the ground and 5 cm of height, the second tray collects the one that moves between 5 and 10 cm of height and so on.

Against these positive characteristics though, the same trap also presents some shortcomings that limit its efficiency:

- 1) the vertical arms generate turbulences in the mix air-sand flux to the point that, some minutes after the settlement, we can observe small depressions, due to deflation, on the surface at the base of windward arms;
- 2) a certain amount of sand, that should get into the trap, is moved away from its normal trajectory by the turbulences caused by the same structure of the trap or knock against it and bounces far

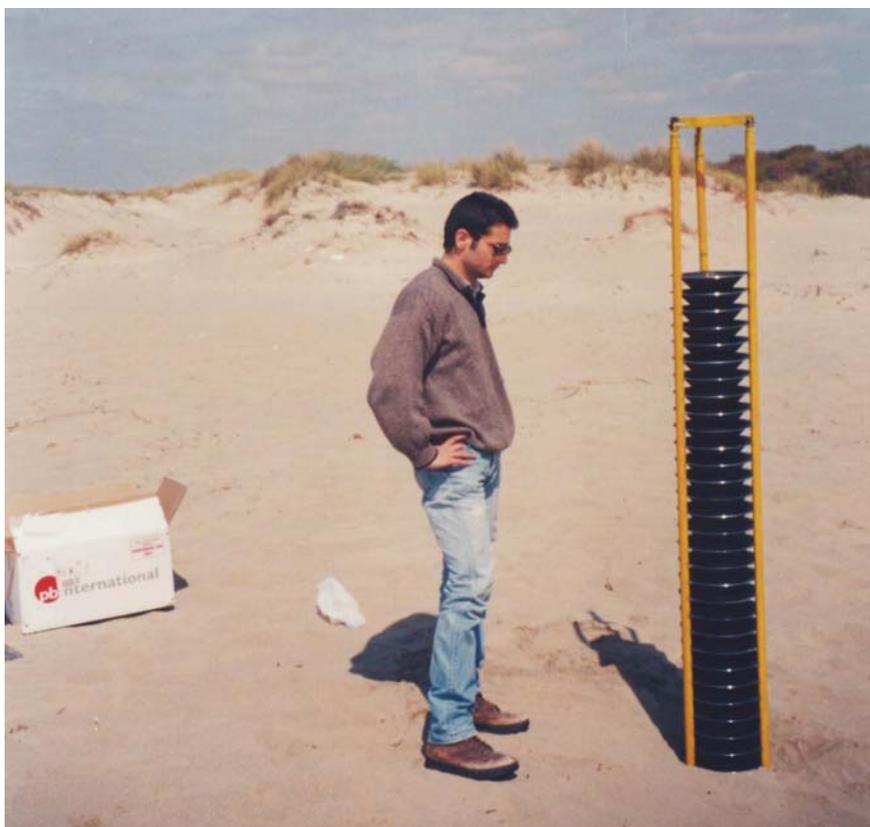


Fig. 1 – La trappola costruita presso il Dipartimento di Geologia e Geofisica dell'Università di Bari secondo lo schema di ARENS & VAN DER LEE (1995)  
- *The aeolian trap made up near the Department of Geology and Geophysics of the Bari University according to ARENS & VAN DER LEE project (1995)*

lontano;

- 3) il vassoio inferiore, in condizioni di vento con velocità superiore a 8,5 m/s, si riempie molto rapidamente tanto da non consentire di prolungare la prova fino a che quantità significative di sabbia possano accumularsi anche nei vassoi superiori;
- 4) l'installazione della trappola disturba notevolmente la superficie all'intorno; la condizione dei luoghi e il naturale assetto della sabbia ne risultano alterati, anche nel caso si intervenga con il rimodellamento artificiale;
- 5) le operazioni di estrazione dello strumento a prova conclusa comportano il rischio che della sabbia finisca accidentalmente nel vassoio inferiore o ne fuoriesca.

### LA AEOLIAN TRANSPORT TRAP ("ATT")

Una serie di tentativi di aggiustamenti e di verifiche ha portato, infine, alla realizzazione di un modello di trappola eolica ormai diverso da quello di Arens e van der Lee, del quale pur richiama gli elementi di base.

Lo strumento si compone dei seguenti elementi principali (Figg. 2 e 3):

- una struttura di sostegno (Fig. 2), costituita da un'asta metallica di 10 mm di diametro innestata verticalmente ad una base costituita da tre piedi a 120°, e filettata all'estremità superiore. Forma e dimensioni del treppiede di base sono state progettate in modo da rendere la trappola resistente alle spinte orizzontali del vento ma anche da consentirne la facile estrazione, mediante una trazione verticale, a prova conclusa;
- un vassoio basale, di capacità maggiorata (Fig. 2), ottenuta approfondendo la coppa-magazzino a 21 cm, e alcuni vassoi standard (nelle prove in laboratorio e nel corso di quelle sul terreno ne sono stati utilizzati 14) analoghi per forma e dimensioni a quelli utilizzati da ARENS & VAN DER LEE. Al centro del fondo di ciascun vassoio è stato applicato un cilindro metallico cavo (Figg. 2, 3, 4), il quale consente di infilare i vassoi nell'asta di sostegno; il cilindro funge anche da sostegno per il vassoio successivo e la sua altezza può essere modificata in modo da modificare la "luce" fra vassoi successivi (Fig. 3); nella trappola di Arens e van der Lee tale luce era fissa a 5 cm;
- un pomello filettato, da avvitare all'estremità superiore dell'asta metallica, serra la pila di vassoi e facilita la rimozione della trappola a prova conclusa;
- un coperchio da applicare sul vassoio basale durante l'installazione dello strumento, impedisce l'accesso di sabbia prima dell'inizio della prova (Fig. 6);
- un cilindro metallico (Figg. 8 e 9), di diametro appena superiore a quello dei vassoi, da applicare al termine della prova per interrompere pressoché contemporaneamente l'afflusso di sedimenti ai vassoi e per evitare perdite accidentali di quello intrappolato.

La procedura di installazione è la seguente:

Si infigge la struttura di sostegno nella sabbia (Fig. 5).

away;

- 3) the basal tray, when the wind speed is greater than 8,5 m/s, fills very quickly as not allowing to extend the test until significant amount of sand can accumulate even in the other upper trays;
- 4) the installation of the trap changes a lot all the surrounding surface; the site condition and the natural order of the sand are altered even if we undertake an artificial remodelling;
- 5) the extraction of the trap when the test is over brings about the risk that some sand can accidentally get into the basal tray or it may pour out from it.

### THE AEOLIAN TRANSPORT TRAP ("ATT")

A series of improvement attempts have brought, at the end, to the realization of an aeolian trap model now different from the Arens and van der Lee one, of which it recalls the basic elements.

The device is made up of the following principal elements (Figg. 2 and 3):

- a support structure (Fig. 2), that consist of a vertical metallic rod with a 10 mm diameter fixed to a tripod of 120°, and threaded at the top end. Shape and dimension of the tripod have been designed in order to make the trap resistant to the horizontal wind pressure but also to permit its easy extraction, with a vertical traction, when the test is over.
- a basal tray, with a greater capacity (Fig. 2), obtained by deepening the storage cup at 21 cm, and same standard trays (during the lab tests and those on the field 14 of them have been used) identical in shape and dimensions to those used by ARENS & VAN DER LEE. At the bottom center of each tray a metallic hollow cylinder has been applied, that enables to insert the trays in the metallic rod (Figg. 2, 3, 4); the cylinder acts as a support for the next tray and its height can be modified so as to change the light among the following trays (Fig. 3); in the Arens and van der Lee's trap this light was settled at 5 cm.
- a threaded knob, to screw at top end of the metallic rod, tightens the array of trays and helps the removal of the trap when the test is over.
- a lid to apply on the basal tray during the settlement of the device, prevents the sand entrance before the beginning of the test (Fig. 6).
- a metallic cylinder (Figg. 8 and 9) with a diameter a bit superior to the trays one, to apply at the end of the test, in order to interrupt almost simultaneously the sediment flow to the trays and to avoid accidental losses of the already trapped sediment.

The installation procedure is the following:

The support structure is fixed into the sand (Fig. 5).

The basal tray is inserted (Fig. 5), properly covered, so that its edge is at level of the surface (Fig. 6).

The surface disturbed during the two preceding operations is



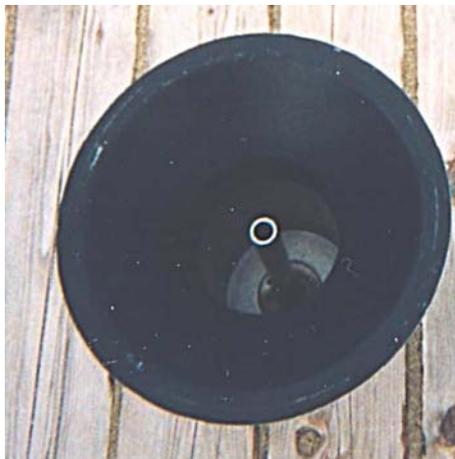


Fig. 4 - Particolare del cilindro cavo all'interno dei vassoi  
 - The hollow cylinder applied at the bottom of each tray



Fig. 5 - Posa in opera della struttura portante della trappola e del vassoio basale con il coperchio  
 - Installation of the support structure of the trap and of the basal tray with the lid



Fig. 6 - Il solo vassoio basale, coperto, infisso nella sabbia  
 - The only basal tray, covered, buried in the sand

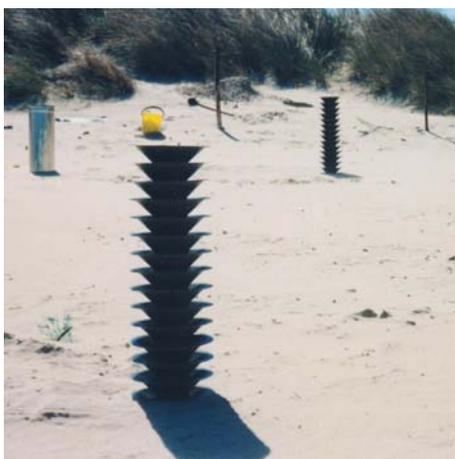


Fig. 7 - Il modello "Att" nel corso della prova  
 - The Att trap during the test



Fig. 8 - L'inserimento del cilindro conclude l'esperimento  
 - The insertion of the cylinder end the test



Fig. 9 - Estrazione della trappola  
 - Trap extraction

buona parte dei disturbi connessi con l'utilizzo di un corpo fisico voluminoso per la raccolta di particelle in movimento sotto la spinta del vento.

Dal punto di vista funzionale, gli aspetti positivi della trappola "Att" sono rappresentati dagli accorgimenti che consentono che l'inizio e la fine della prova siano contemporanei per tutta la colonna di vassoi, evitando accessi o perdite nelle fasi di installazione e di estrazione; gli stessi accorgimenti consentono l'inizio delle prove anche molto tempo dopo l'installazione dello strumento, quando si ritengano sufficientemente ricostituite le condizioni naturali della superficie.

From a functional point of view, the positive aspects of "Att" trap are represented by the devices that allow that the beginning and the end of the test are contemporaneous to the whole column of the trays, avoiding entrances or losses in the phases of installation and extraction; these devices also allow the beginning of the test even a lot of time after the installation of the trap, when the natural conditions of the surface are considered fairly reconstructed.

## CALIBRAZIONE DELLA TRAPPOLA EOLICA "ATT" IN GALLERIA DEL VENTO

Allo scopo di verificare l'efficacia degli accorgimenti adottati, la trappola è stata sottoposta a verifiche nella galleria del vento dell'International Center for Eremology del Department of Soil Management and Soil Care dell'Università di Ghent, Belgio. La galleria, a circuito chiuso, è costituita da tre elementi principali (Fig. 10):

- 1) una turbina che genera un flusso d'aria a velocità variabile a scelta fra 5 e 15 m/s e lo spinge in un sistema di elementi fisici che lo conformano e lo rendono lineare prima che giunga nella sezione di lavoro (*test section*, settore-prove);
- 2) un settore-prove, costituito da un corridoio rettangolare con larghezza di 1,2 m, altezza modificabile fra 1,8 m e 3,2 m, lunghezza di 12 m.; nella sua parte iniziale possono essere aggiunti elementi di foggia e dimensioni diverse che ne modificano la "ruvidità" allo scopo di rendere il flusso d'aria simile a quello naturale (Fig. 11b);
- 3) una camera di espansione, al termine della *test section*, provoca la caduta di energia del flusso e quindi la deposizione del sedimento da esso trasportato; da qui, l'aria viene reimpressa nel circuito (Fig. 11a).

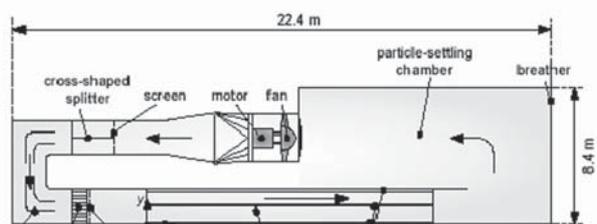


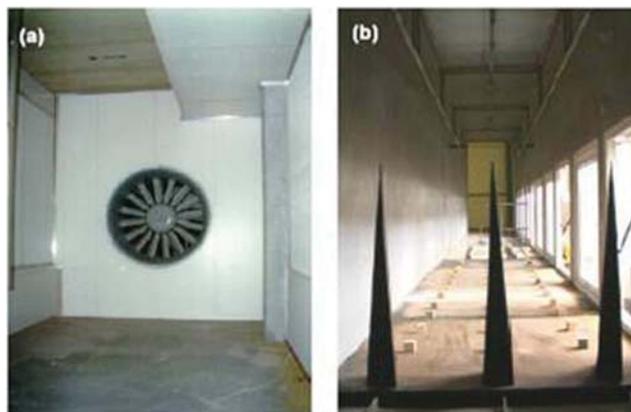
Fig. 10 - Pianta schematica della galleria del vento dell'I.C.E. di Ghent (Belgio)  
- *Wind tunnel plan*

Fig. 11 - Due aspetti della galleria del vento dell'I.C.E. di Ghent (Belgio): a = camera di espansione con la turbina generatrice del flusso; b = test section, con in primo piano gli elementi di rugosità, vista dall'imbocco verso la camera di deposizione  
- *Two aspects of the wind tunnel: a = settling chamber with the fan; b = test section, with roughness elements in foreground*

## WIND TUNNEL CALIBRATION OF THE "ATT" AEO- LIAN SAND TRAP

In order to verify the effectiveness of the devices that are being used, the trap has undergone to tests in the wind tunnel of International Center for Eremology of the Department of Soil Management and Soil Care of Ghent University (Belgium). The tunnel, at closed circulation, is made up of 3 principal elements (Fig. 10):

- 1) a fan, that generates an air flux with a variable speed that goes from 5 to 15 m/s and pushes it in the test section;
- 2) a test section, made up by a rectangular tunnel 1.2 m large, modifiable height between 1.8 and 3.2 m, length of 12 m; at its entrance, elements of different shape and dimensions can be added to modify the roughness with the aim of making the air flux similar to the natural one (Fig. 11b).
- 3) a settling chamber, at the end of the test section, causes the energy flux falling and enables the deposition of the sediment transported by it; from the settling chamber, the air is sucked by the fan and blew again in the circulation (Fig. 11a).



Prima delle prove con la trappola, nel settore-prove sono stati installati:

- 1) un serbatoio-distributore di sabbia, cilindrico, montato all'imbocco della *test section*, trasversalmente al flusso;
- 2) un falso pavimento lungo tutta la *test section*, appositamente studiato per ospitare la trappola in condizioni analoghe a quelle di lavoro sul terreno, cioè con l'orlo del vassoio basale a livello del piano basale della *test section*; la trappola è stata infissa in un'apertura del falso pavimento per mezzo di un pezzo di connessione (Figg. 12, 13, 14).

Il serbatoio-distributore, cilindrico e sufficientemente piccolo da non creare significativi disturbi al flusso d'aria, è stato dotato di aperture superiori per il riempimento e di uno sportello inferiore, longitudinale, ad apertura variabile e governabile dall'esterno della

Before the tests with the trap, in the test section, we have installed:

- 1) a sand feeder, cylindrical, fitted at the entrance to the test section crosswise to the flux;
- 2) a false floor laid on all the test section, properly studied to host the trap in the same conditions of the field, that is with the edge of the basal tray at level of test section surface; the trap has been inserted in an opening of the false floor by a piece of connection (Figg. 12, 13, 14).

The sand feeder, cylindrical and fairly small as not to create significant disturbances to the air flux, has been provided with openings for the filling in the upper side and with a longitudinal opening in the lower side with a variable door that is operated from the outside of the tunnel in order to determine times and ways of sedi-



Fig. 12 - Pezzo di connessione con il vassoio basale completamente inserito: l'orlo del vassoio basale è a livello con la superficie del pezzo di connessione che, a sua volta, è a livello con la superficie del falso pavimento  
 - The piece of connection with the basal tray set up: the tray's edge is at level with the surface of the connection piece, which in turn is at level with the surface of the false floor

galleria in modo da determinare tempi e modi di rilascio del sedimento.

Sono stati eseguiti tre tipi di prove:

- 1) per determinare l'efficienza della trappola è stata misurata la quantità di sabbia da essa e da ciascun suo elemento trattenuta, rispetto a quella, nota, rilasciata al flusso d'aria dal serbatoio-distributore (Fig. 19).
- 2) per verificare e determinare eventuali perdite imputabili all'aspirazione dei flussi d'aria, è stata immessa una quantità nota di sabbia in ciascun vassoio della trappola ed è stata eseguita la prova di svuotamento.
- 3) ulteriori prove sono state effettuate dopo modificazioni apportate allo strumento con lo scopo di diminuire l'entità dell'effetto di aspirazione.

Tutti gli esperimenti sono stati condotti utilizzando due tipi di sabbia provenienti da spiagge di Puglia (Figg.15 e 16): uno con  $M_z$



Fig. 13 - Il pezzo di connessione, privo del vassoio basale, presso l'apertura del falso pavimento  
 - The piece of connection, without basal tray, near the false floor opening



Fig. 14 - Il pezzo di connessione, privo del vassoio basale, inserito nell'apertura del falso pavimento  
 - The piece of connection, without basal tray, inserted into false floor opening

ment releasing.

Three types of tests have been carried out:

- 1) to determine the efficiency of the trap, the amount of sand retained from it and by everyone of its trays has been compared to the one, known, released to the air flux by the sand feeder (Fig. 19);
- 2) to determine the losses by blowout, the trays have been filled with a known amount of sand and some tests of emptying have been done;
- 3) other tests have been performed after changes done to the trap with the aim of decreasing the losses by blowout.

All the tests have been carried out using two types of sand coming from Apulia beaches (Figg. 15, 16): one with  $M_z = 1,5 \varphi$  ( $\approx 350 \mu\text{m}$ ) and the other with  $M_z = 1,85 \varphi$  ( $\approx 277 \mu\text{m}$ ).

Before beginning the tests, two other preparatory tests without sand have been carried out: one to verify the significance of possi-

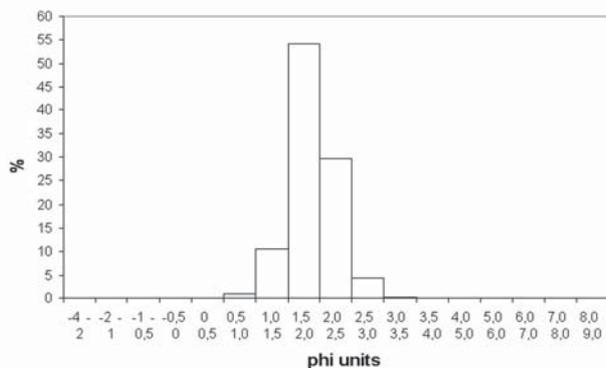


Fig. 15 - Istogramma di frequenza della sabbia con  $Mz = 1,85 \phi$   
- Frequency histogram of the sand with  $Mz = 1,85 \phi (=277 \mu m)$

=  $1,5 \phi (=350 \mu m)$  e uno con  $Mz = 1,85 \phi (=277 \mu m)$ .

Prima di iniziare i test, sullo strumento sono state eseguite due prove preliminari senza conferire sabbia al sistema: una per verificare il peso di eventuali disturbi al flusso d'aria prodotti dal serbatoio di distribuzione e dalla stessa trappola; una seconda per ricavare la relazione sperimentale fra il flusso "libero" all'imbocco della test section e quello in prossimità della trappola. Per la prima prova è stata sistemata presso la trappola una batteria verticale di anemometri ed è stato verificato che il flusso d'aria risultasse il più simile possibile a quello che si sviluppa nelle condizioni naturali in campo aperto (Fig. 17). Per la seconda prova, un primo anemometro è stato collocato all'imbocco della test section, a 107 cm di altezza dal pavimento e un altro presso la trappola, a 30 cm dallo stesso pavimento, allo scopo di ricavare la relazione tra la velocità del flusso immesso, determinata dall'operatore e verificata dal primo anemometro, e quella in prossimità della trappola. Questa relazione, alla quale s'è fatto riferimento per tutte le prove successive, è risultata:  $y = 0,8514 x$ , dove  $x$  è la velocità dal flusso d'aria all'imbocco del tunnel di prova e  $y$  quella presso la trappola, a 30 cm di altezza sul pavimento (Fig. 18).

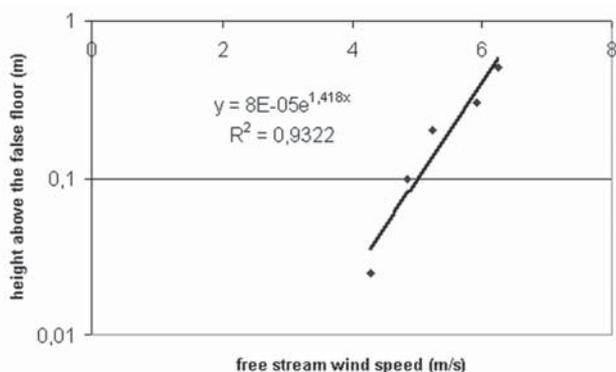


Fig. 17 - Profilo del vento presso la trappola: in ascisse la velocità, in ordinate l'altezza in metri  
- Wind speed pattern near the sand trap: wind speed (m/s) on the X axis, height (m) on the Y axis

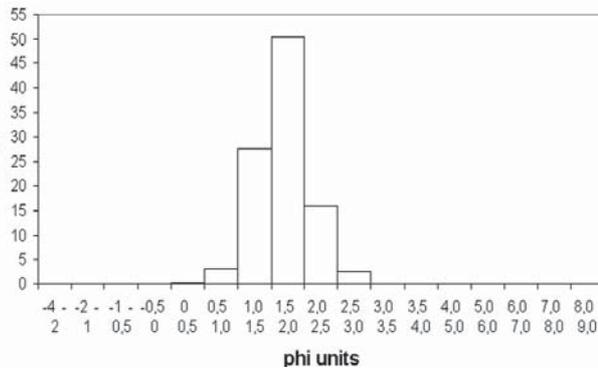


Fig. 16 - Istogramma di frequenza della sabbia con  $Mz = 1,5 \phi$   
- Frequency histogram of the sand with  $Mz = 1,5 \phi (=350 \mu m)$

ble disturbances to the air flux produced by the sand feeder and by the trap; a second one to experimentally obtain the mathematic relation between free stream flux at the entrance to the test section and the one near the trap. For the first test, a vertical array of anemometers has been placed near the trap and it has been verified that the air flux pattern was natural in a satisfying way (Fig. 17). For the second test, a first anemometer has been placed at the entrance to the test section at a height of 107 cm from the false floor and another one near the trap, at 30 cm from the same false floor, in order to obtain the relation between the speed of the injected flux, determined by the operator and verified by the first anemometer, and the flux speed near the trap. This relation, to which we referred to for all the following test, has resulted:  $y = 0,8514 x$ , where  $x$  is the wind speed at the entrance to the test section (free stream wind speed) and  $y$  the one near the trap at a height of 30 cm from the false floor (Fig. 18).

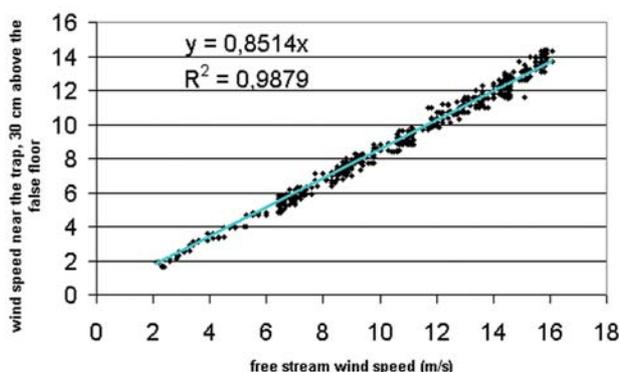


Fig. 18 - Relazione fra velocità del vento all'imbocco del tunnel (in ascissa) e velocità presso la trappola eolica, a 30 cm dal pavimento (in ordinata)  
- Relation between free stream wind speed (X) and wind speed near the trap, 30 cm above the false floor (Y)

**ESPERIMENTI PER LA VALUTAZIONE DI EFFICIENZA**

La verifica dell'efficienza (Fig. 19) della trappola è stata effettuata per velocità del vento pari a 6, 7, 8, 10, 12, 13 m/s (velocità riferite a 30 cm dal pavimento, presso la trappola, e spinte quindi anche fino a valori critici poco comuni in condizioni naturali); sono stati eseguiti tre test per ciascuna velocità e per ciascuno dei due tipi di sabbia scelti per la prova, per complessive 36 prove.

**TESTS TO EVALUATE THE TRAP EFFICIENCY**

The evaluation of the efficiency (Fig. 19) of the trap has been carried out for wind speed equal to 6, 7, 8, 10, 12, 13 m/s (speeds referred to 30 cm from the false floor, near the trap) with three test for each speed and for each of the two types of sand chosen for the tests: 36 tests have been carried out.

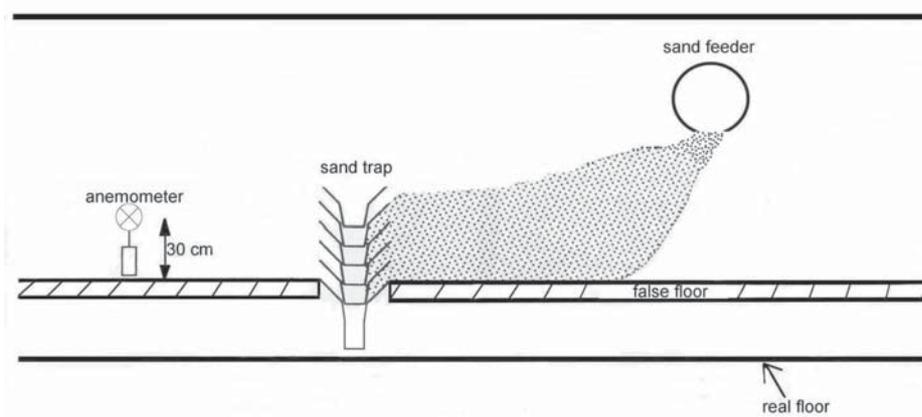


Fig. 19 - Schema delle prove di efficienza  
- Efficiency test scheme

Alla fine di ogni prova è stata pesata la sabbia trattenuta da ciascun vassoio e quindi calcolata la sabbia complessivamente trattenuta dalla trappola. Dopo ciascun gruppo di tre prove con la stessa velocità del vento, è stata calcolata sia la media della sabbia trattenuta da ciascun vassoio sia la media della sabbia complessivamente trattenuta dalla trappola.

L'efficienza è stata calcolata con la formula:

$\eta = (sabbia\ trattenuta / sabbia\ fornita) \times (larghezza\ tunnel / 0,10\ m) \times 100$   
dove 0,10 m è il diametro "efficace" della trappola, cioè la larghezza della parte di trappola esposta direttamente al flusso delle particelle di sabbia. I risultati di queste prove sono riportati nelle figure 20 e 21.

At the end of each test, the sand trapped by each tray has been weighed and so the sand retained by whole trap has been calculated. After each group of three tests with the same wind speed, the sand average trapped by each tray has been calculate together with the sand average retained by the whole trap.

The efficiency has been calculated with the formula:

$\eta = (trapped\ sand / supplied\ sand) \times (tunnel\ width / 0,10\ m) \times 100$   
where 0.10 m is the effective diameter of the trap, that is the wideness of the part of trap directly exposed to the sand particles flux. The results of these tests are reported in Figg. 20 and 21.

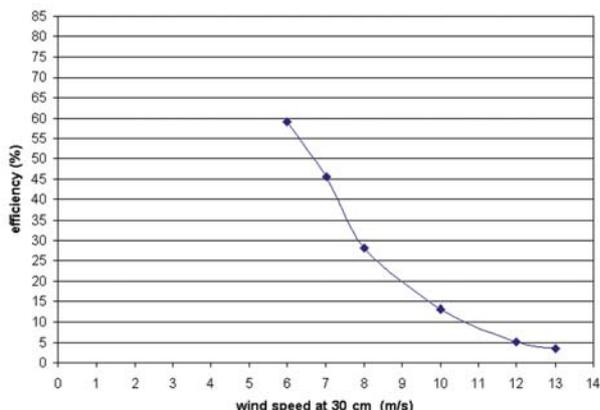


Fig. 20 - Risultati delle prove di efficienza della trappola in funzione della velocità del vento a 30 cm dal pavimento, con sabbia di  $Mz = 1,85 \varphi$   
- Att trap efficiency as a function of the wind speed at 30 cm above the false floor; sand with  $Mz = 1.85 \varphi$

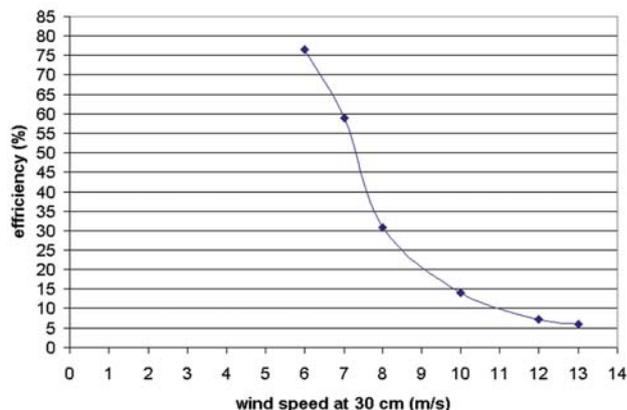


Fig. 21 - Risultati delle prove di efficienza della trappola in funzione della velocità del vento a 30 cm dal pavimento, con sabbia di  $Mz = 1,5 \varphi$   
- Att trap efficiency as a function of the wind speed at 30 cm above the false floor; sand with  $Mz = 1.50 \varphi$

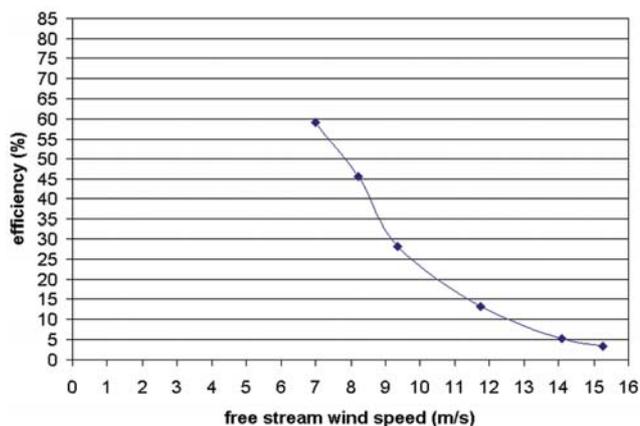


Fig. 22 - Risultati delle prove di efficienza della trappola in funzione della velocità del vento libero immesso in galleria del vento, con sabbia con  $Mz = 1,85 \phi$   
 - Att trap efficiency as a function of the free stream wind speed; sand with  $Mz = 1,85 \phi$

Poiché esiste una relazione stretta tra la velocità del vento registrata presso la trappola eolica e la velocità del vento libero immesso in galleria del vento, gli stessi dati di efficienza possono essere espressi anche in funzione della velocità del vento libero immesso in galleria (Figg. 22 e 23).

Per tutte le velocità di vento, le quantità di sabbia raccolte da ciascun vassoio diminuiscono rapidamente passando dal vassoio più basso a quello più alto: l'andamento di questa diminuzione è descrivibile con una funzione esponenziale (Figg 24 e 25) del tipo:

$$q(x) = A e^{-kx}$$

dove  $q$  è la quantità di sabbia raccolta da un vassoio,  $A$  e  $k$  sono delle costanti e infine  $x$  rappresenta il numero del vassoio preso in considerazione e, pertanto, l'altezza dal suolo.

L'espressione è in accordo con molti risultati, reperibili in letteratura, secondo i quali, come intuibile, la quantità di sabbia che si muove per saltazione diminuisce con l'altezza secondo una legge esponenziale (TAKEUCHI, 1980; WILLIAMS,1964; FRYREAR & SALEH, 1993).

Nelle figure 24 e 25 sono riportate le quantità medie di sabbia raccolte dai diversi vassoi per ciascuna velocità del vento, ovvero in funzione dell'altezza dal suolo.

I risultati dei test di efficienza riportati nei grafici precedenti mostrano che:

- in generale, l'efficienza della trappola eolica è maggiore con la sabbia più grossolana, quella con  $Mz = 1,5 \phi$  ( $\approx 350 \mu m$ ), la quale, probabilmente, "sente" di meno l'effetto di aspirazione provocata dall'addensamento dei flussi d'aria al passaggio nello spazio fra i vassoi;
- le quantità di sedimento trattenute da ciascun vassoio diminuiscono esponenzialmente passando dal vassoio più basso a quello più alto;
- i risultati di efficienza della trappola per velocità del vento superiori agli 11 m/s (riferita a 30 cm dal pavimento) potrebbero essere sotto-stimati in quanto con tali velocità una parte della sabbia conferita alla prova dal serbatoio - distributore viene convogliata da vento

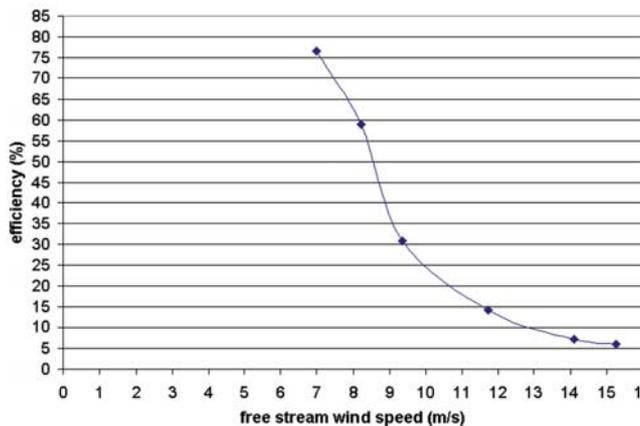


Fig. 23 - Risultati delle prove di efficienza della trappola in funzione della velocità del vento libero immesso in galleria del vento, con in sabbia con  $Mz = 1,50 \phi$   
 - Att trap efficiency as a function of the free stream wind speed; sand with  $Mz = 1,50 \phi$

As there is a relation between the wind speed near aeolian trap and the speed of the wind injected in the test section (free stream wind speed) the efficiency can be also expressed as a function of the free stream wind speed (Fig. 22 and 23).

For all the wind speeds, the amounts of sand collected by each tray of the trap diminish quickly from the lower tray to the upper one: the trend of this diminution is representable with an exponential function (Figg. 24 and 25) of the type:

$$q(x) = A e^{-kx}$$

where  $q$  is the amount of sand collected by a tray,  $A$  and  $K$  are constants and, finally,  $x$  represents the number of the considered tray and so the height from the floor.

The expression is in accordance with many results found in literature for which the amount of sand moving for saltation decreases with the height according to an exponential law (TAKEUCHI, 1980; WILLIAMS,1964; FRYREAR & SALEH, 1993).

In figures 24 and 25 the average amounts of sand collected by the different trays for each wind speed have been reported, that is in relation to the height from the floor.

The results of the efficiency tests reported in the preceding graphics show that:

- generally, the efficiency of the aeolian trap is greater with the coarser sand, the one with  $Mz = 1,5 \phi$  ( $\approx 350 \mu m$ ), that probably suffers less the blowout effect caused by the gathering of the air line fluxes during the passage in the space between the trays;
- the amounts of sand retained by each tray diminish exponentially from the lower tray to the upper one;
- the efficiency results of the trap for wind speeds greater than 11 m/s (referred to 30 cm from the false floor) could be underestimated as, with these speeds, a part of the sand given to the test by the feeder is conveyed by the wind directly beyond the trap, without going through the saltation phase. We could have avoided the

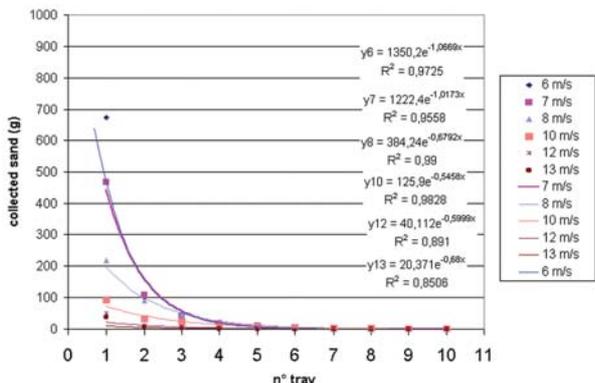


Fig. 24 - Quantità media di sabbia trattenuta nei vassoi alle sei differenti velocità di test nelle prove con sabbia di  $Mz = 1,85 \phi$ . A destra sono riportate, per ciascuna velocità, le funzioni che esprimono il decremento di quelle quantità  
 - Average amounts of sand trapped in the trays at the six different wind speed tests with  $Mz = 1,85 \phi$  sand. The functions expressing the decrease for each wind speed are presented on the right

direttamente verso la trappola. Si sarebbe potuto ovviare all'inconveniente aumentando la distanza fra serbatoio e trappola, ma ciò non era consentito dalla configurazione stessa della galleria di prova.

**LE PERDITE PER ASPIRAZIONE**

Per valutare le eventuali perdite di sedimento causate dall'aspirazione, sono state effettuate prove "di svuotamento" di vassoi già riempiti per 1/3 della loro capacità con una quantità nota di sabbia: 150 g. per i vassoi standard e 680 g. per quello basale, molto più capiente. Utilizzando soltanto la sabbia più fine ( $Mz = 1,85 \phi = 277 \mu m$ ), ritenuta più idonea a fornire indicazioni su quanto può verificarsi in condizioni critiche, sono state realizzate 3 prove di 10 minuti ciascuna, per le velocità del vento di 6, 8, 10, 12, 13 m/s (riferite a 30 cm dal falso pavimento, presso la trappola). Dopo ogni prova è stata pesata la sabbia rimasta in ogni vassoio e, infine, è stata calcolata la perdita media di ciascuno, nonché la perdita media dell'intera trappola per ogni velocità del flusso. I risultati sono riportati nella seguente figura 26 e in tabella 1.

La perdita totale è risultata del 4,01% con velocità del vento a 6m/s, del 22,15% a 8 m/s, del 56,7% a 10 m/s, del 71,49% a 12 m/s, del 75,04% a 13 m/s. Si può notare che con velocità del vento superiori a 10 m/s si perde quasi tutto il sedimento, mentre, di contro, il vassoio basale, più profondo, non perde sabbia neanche alle velocità più alte.

**ESPERIMENTI PER RIDURRE LE PERDITE PROVOCATE DALL'EFFETTO ASPIRANTE DEI FLUSSI D'ARIA**

Sulla base dei risultati riportati nella tabella 1, verificata l'esistenza di perdite per aspirazione, la loro consistenza a seconda della posizione (altezza sul suolo) del vassoio e della velocità del vento, cioè dell'energia dei flussi costretti fra vassoi successivi, si è ritenuto utile sperimentare interventi sulla geometria della trappola al fine di

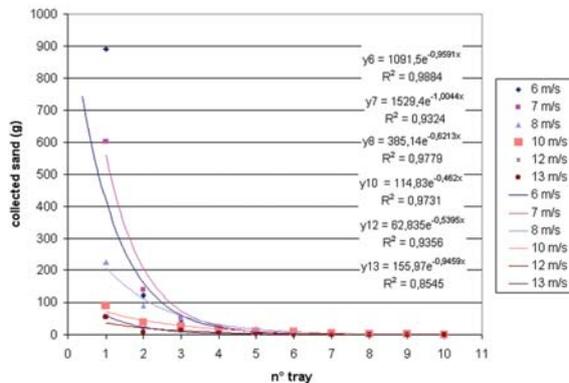


Fig. 25 - Quantità media di sabbia trattenuta nei vassoi alle sei differenti velocità di test nelle prove con sabbia di  $Mz = 1,5 \phi$ . A destra sono riportate, per ciascuna velocità, le funzioni che esprimono il decremento di quelle quantità  
 - Average amounts of sand trapped in the trays at the six different wind speed tests with  $Mz = 1,5 \phi$  sand. The functions expressing the decrease for each wind speed are presented on the right

inconveniente by increasing the distance between the feeder and the trap, but this wasn't allowed by the same configuration of the test section.

**LOSS BY BLOWOUT**

To evaluate the possible losses of sediment caused by the blowout, tests of emptying trays already filled with 1/3 of their capacity (150 g. for the standard trays and 680 for the basal one, much more capacious) have been done. Using only the finer sand ( $Mz = 1,85 \phi = 277 \mu m$ ), better fit to give indications on what can happen in critical conditions, 3 tests of 10 minutes each, for wind speed of 6,8,10,12,13 m/s (referred to 30 cm from the false floor, near the trap) have been achieved. After each test, the remaining sand in every tray has been weighed and, ultimately, the average loss of each tray and of the whole trap for each flux speed has been calculated. The results are represented in the following figure 26 and in tab. 1

The total loss has resulted of 4,01% with a wind speed of 6 m/s; of 22,15% with a wind speed of 8 m/s; of 56,7% with a wind speed of 10 m/s; of 71,49% with a wind speed of 12 m/s; of 75,04% with a wind speed of 13 m/s. We can observe that with wind speeds up to 10 m/s, almost all the sediment is effectively lost, while the deeper basal tray doesn't loose sand even at higher speed.

**TESTS TO DIMINISH THE LOSSES BY BLOWOUT**

On the basis of the results reported in table 1, verified the existence of losses by blowout, their importance referring to the position (height on the ground) of the tray and to the wind speed, that is to the energy of the fluxes obliged among the trays, we have thought to test changes of the structure of the trap in order to improve its efficiency.

We have therefore carried out two groups of test:

Vassoio Tray	Perdita % a 6 m/s Average loss % at 6 m/s	Perdita % a 8 m/s Average loss % at 8 m/s	Perdita % a 10 m/s Average loss % at 10 m/s	Perdita % a 12 m/s Average loss % at 12 m/s	Perdita % a 13 m/s Average loss % at 13 m/s
15	0,18	5,14	17,92	66,3	68
14	8,58	47,1	93,66	99,5	100
13	9,76	49,44	93,05	99,96	100
12	9,18	41,38	84,41	99,56	100
11	11,16	42,64	90,95	99,23	100
10	8,18	37,06	94,36	99,94	100
9	6,38	35,33	93,62	99,96	100
8	5,19	38,17	83,96	99,98	100
7	8,36	31,88	92,52	99,36	100
6	2,59	20,52	77,15	98,47	100
5	2,6	21,76	61,51	87,37	100
4	2,14	13,78	60,1	99,88	99,93
3	1,08	7,97	56,25	94,4	97,96
2	0,71	18,36	51,5	80,07	93
1	0	0	0	0	0

Tab. 1 - Perdita media di sabbia (%) per ciascun vassoio della trappola alle diverse velocità del vento  
- Average sand lost by blowout (%) for each tray in relation to the wind speeds

migliorarne l'efficienza.

Sono stati, pertanto, effettuati altri due gruppi di prove:

- 1) un gruppo, con il vassoio a capienza maggiorata (coppa magazzino profonda 21 cm) riempito con 2000 g di sabbia, cioè fino all'orlo della coppa di immagazzinamento;
- 2) un secondo gruppo con luce fra i vassoi aumentata.

Le prove del primo gruppo sono state realizzate ponendo il vassoio a capienza maggiorata con l'orlo a 45 cm dal pavimento, altezza rappresentativa della zona in cui si era verificata (Tab. 1) la maggior perdita per aspirazione; sopra questo vassoio è stato posto un vassoio di dimensioni standard facendo sì che la luce fra i due fosse pari a 5 cm. Le ripetute prove, della durata di 10 minuti ciascuna, con la velocità di vento maggiore (13 m/s, sempre riferita a 30 cm dal falso pavimento) e con la sabbia più fine ( $M_z = 1,85 \phi = 277 \mu m$ ) cioè in condizioni in cui la sabbia dovrebbe essere trattenuta con maggiori difficoltà, sono state effettuate per svuotamento progressivo, cioè ogni prova è stata realizzata lasciando nel vassoio la sabbia rimasta dopo la prova precedente. Insomma, immessi nella coppa di immagazzinamento 2.000 g. di sabbia, ne restavano: g 1.334,4 dopo 10 min; g 1.260,1 dopo 20 min; g 1.257 dopo 30 min. Ulteriori prolungamenti della prova hanno portato a modifiche minime del contenuto residuo di sabbia, sicché è stato realizzato un ultimo esperimento riempiendo il vassoio fino a 14 cm dal suo orlo immettendovi 1209,28 grammi di sabbia. Dopo altri 10 minuti di flusso a velocità di 13 m/s è stato verificato che la superficie superiore del riempimento, originariamente regolare e pianeggiante, era stata modificata (presentava conchette e protuberanze), cioè la sabbia più superficiale aveva subito un certo trasporto all'interno del recipiente, ma la sua quantità era diminuita a soli 1207,6 g.

Le prove hanno mostrato che la profondità di 14 cm rappresenta il limite inferiore al quale, con il tipo di sabbia utilizzato e con quel tipo

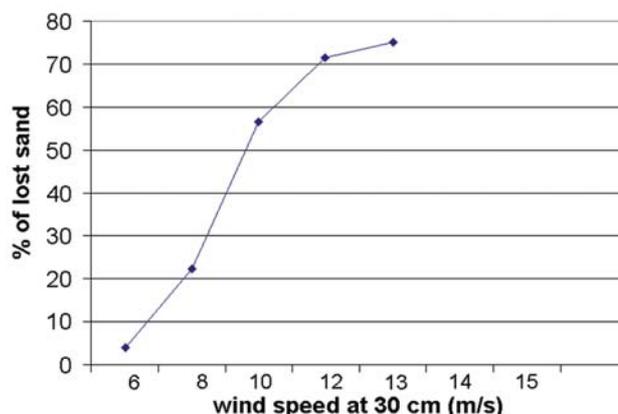


Fig. 26 - Perdita media di sabbia (%) per l'intera trappola in funzione delle diverse velocità del vento  
- Average sand lost by blowout (%) from the whole trap as a function of the wind speeds

- 1) a group with the much more capacious tray (the basal tray with the storage cup 21 cm deep) filled with 2000 g. of sand, that is up to the rim of the storage cup;
- 2) a second group with increased light among the trays.

The tests of the first group have been carried out putting the basal tray with the rim at 45 cm from the false floor, representative height of the zone at which the greater loss by blowout had been verified (see Tab.1); over this tray a standard tray has been put allowing the light between the two was of 5 cm. Recurrent tests, of 10 min each, with the greater wind speed (13 m/s always referred to 30 cm from the false floor, near the trap) and with the finer sand ( $M_z = 1,85 \phi = 277 \mu m$ ), that is in harder conditions of sand retaining, have been done. These tests have been carried out for successive emptying, that is leaving in the tray the remaining sand after the preceding test.

So, filled the storage cup with 2000 g. of sand, we have observed the following results: g 1334,4 after 10 min have remained; g 1260,1 after 20 min have remained; g 1257 after 30 min have remained. Further prolongations of the test have brought minimum changes of the remaining content of sand, so a last test has been carried out filling the tray up to 14 cm for its rim that is with 1209,28 g of sand. After 10 min with the wind speed of 13 m/s, it has been verified that the surface of filling sand, at first regular and flat, had been modified (it showed small depressions and humps): the superficial sand had undergone a transportation inside the storage cup, but its amount decreased to 1207,6 g only.

The tests have proved that the depth of 14 cm represents the lowest limit to which, with the type of sand used and with that type of trays, the blowout effect due to fluxes obliged in a section of 5 cm is perceivable. It is obvious to think that a deepening of the storage cup of all the trays, other things being equal, would increase the effi-

di vassoi, si risente della forza aspirante di flussi addensati in una sezione di 5 cm di altezza. Sicché è legittimo ritenere che un tale approfondimento della coppa – magazzino di tutti i vassoi, a parità di altre condizioni, aumenterebbe decisamente l'efficienza della trappola.

L'altro gruppo di prove tese a migliorare l'efficienza della trappola è stato realizzato con la luce fra vassoi aumentata a 7 cm; tale scelta deriva da un compromesso tra l'esigenza di favorire la deconcentrazione delle linee di flusso tra un vassoio e l'altro e la necessità di non creare fra i vassoi spazi vuoti tanto ampi da far diminuire fortemente la capacità della trappola di catturare sedimenti.

Con questa nuova configurazione, la trappola è stata sottoposta ad un ulteriore set di prove; come le precedenti, esse sono state effettuate con velocità di 6, 7, 8, 10, 12, 13 m/s (sempre riferite a 30 cm dal pavimento, presso la trappola) con tre test per ciascuna velocità e per ciascuno dei due tipi di sabbia, eseguendo così complessivamente altre 36 prove. Dopo ogni prova è stata pesata la sabbia trattenuta da ciascun vassoio e quindi calcolata quella complessivamente trattenuta dalla trappola; alla fine dei tre test condotti con la stessa velocità del vento, è stata calcolata sia la media della sabbia trattenuta da ciascun vassoio sia la media della sabbia complessivamente trattenuta dalla trappola. L'efficienza è stata calcolata con la stessa formula esposta precedentemente: i risultati sono indicati nelle figure 27 e 28, dove l'efficienza della trappola con luce fra i vassoi pari a 7 cm è stata messa a confronto con l'efficienza della trappola con luce fra i vassoi pari a 5 cm. Nelle figure 27 e 28 sono riportati solo i risultati di efficienza in funzione della velocità del vento libero.

Dalle prove è risultato che l'aumento della luce fra i vassoi porta ad un aumento dell'efficienza per velocità del vento libero superiori a

ciency of the trap.

The other group of tests for the improvement of the trap efficiency has been realized with light among the trays increased at 7 cm; this decision derives from a compromise between the necessity to enable the loss of concentration of flux lines between the trays and the necessity to avoid, among the trays, open spaces so big to decrease enormously the capability of the trap to capture sediment.

With this new configuration, the trap has undergone a further set of test; as the preceding, they have been done with speed of 6, 7, 8, 10, 12, 13 m/s (always referred to 30 cm from the false floor) with 3 test for every speed and for each of the two types of sand, executing other 36 tests. After each test the sand trapped by each tray has been weighed and so the one retained by the whole trap has been calculated; at the end of 3 tests carried out with the same wind speed, the sand average trapped by each tray has been calculated together with the sand average retained by the whole trap.

The efficiency has been calculated with the same formula before referred to: the results are indicated in the figures 27 and 28, where the efficiency of the trap with light among the trays equal to 7 cm has been compared with the efficiency of the trap with light among the trays equal to 5 cm. In figures 27 and 28 we report only the efficiency results for free stream wind speed.

From the tests we have verified that the increase of the light between the trays brings about an increase of the efficiency when free stream wind speed is higher than 10,5-11,2 m/s (considering the type of sand) while, for lower speeds, the trap with light



Fig. 27 - Efficienza della trappola "Att" con luce fra i vassoi pari a 5 cm (linea a rombi) e 7 cm (linea a quadri) in funzione della velocità del vento libero. Sabbia con  $Mz = 1,85 \phi$   
 - Att trap efficiency with light between trays of 5 cm (diamond-shaped line) and of 7 cm (square-shaped line) as a function of free stream wind speed;  $Mz = 1,85 \phi$

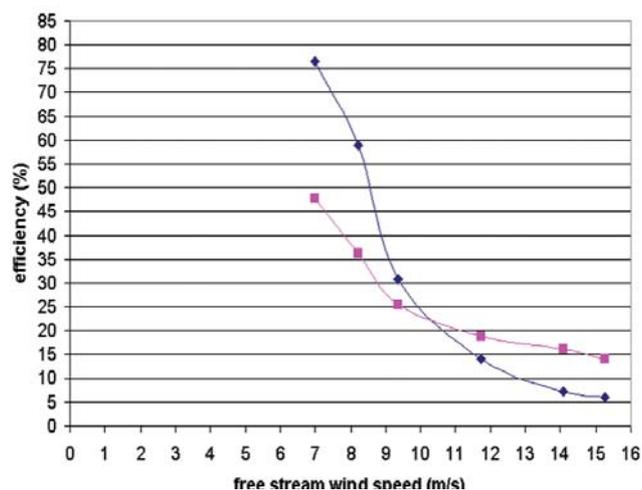


Fig. 28 - Efficienza della trappola "Att" con luce fra i vassoi pari a 5 cm (linea a rombi) e 7 cm (linea a quadri) in funzione della velocità del vento libero. Sabbia con  $Mz = 1,5 \phi$   
 - Att trap efficiency with light between trays of 5 cm (diamond-shaped line) and of 7 cm (square-shaped line) as a function of free stream wind speed;  $Mz = 1,5 \phi$

10,5-11,2 m/s (a seconda del tipo di sabbia) mentre, per velocità inferiori, risulta più efficiente la trappola con luce fra i vassoi pari a 5 cm. Al momento, una spiegazione esauriente per questo fenomeno non può essere data e bisognerà attendere i risultati di ulteriori studi in merito.

## CONCLUSIONI

Sulla base delle prove e delle verifiche effettuate in galleria del vento presso il Department of Soil Management and Soil Care dell'Università di Ghent (Belgio), la trappola "Att" mostra efficienza decrescente all'aumentare della velocità del vento e al diminuire della granulometria della sabbia. Le quantità di sabbia raccolte dalla trappola in funzione dell'altezza dal suolo hanno, per tutte le velocità provate, andamento rappresentabile mediante una legge esponenziale, che esprime una rapida diminuzione della sabbia raccolta andando dal basso verso l'alto.

Le prove condotte per studiare eventuali modifiche utili per diminuire l'entità delle perdite per aspirazione hanno inoltre dimostrato che:

- la capacità di trattenere sedimento già intrappolato cresce all'aumentare della profondità dei vassoi;
- un moderato aumento della luce fra i vassoi comporta un aumento dell'efficienza per velocità del vento libero maggiori di 10,5-11,2 m/s e una diminuzione dell'efficienza per velocità del vento libero inferiori a 10,5-11,2 m/s.

Ne consegue che eventuali futuri interventi per il miglioramento delle prestazioni della trappola potranno seguire due direttrici d'azione:

- l'approfondimento di tutti i vassoi della trappola;
- la variazione della luce fra i vassoi a seconda dell'intensità del vento.

Tali accorgimenti, che gli autori intendono applicare e verificare sperimentalmente in futuro, dovrebbero comportare la diminuzione della quantità di sabbia persa per risucchio e, in generale, un aumento dell'efficienza della trappola.

Rispetto alla trappola sedimentaria proposta da Arens e van der Lee, la Att, proposta nella presente nota, è risultata più efficiente in corrispondenza delle più usuali velocità del vento.

La trappola di Arens e van der Lee riesce a raccogliere il 14% a 6 m/s, che sale al 19% a 8 m/s, per ridiscendere al 15% a 10 m/s e al 7% a 13 m/s.

Per le medesime velocità del vento (tutte riferite a 30 cm di altezza sul falso pavimento) la trappola Att trattiene infatti rispettivamente il 68%, il 30%, il 14% e il 5% (efficienza media fra i due tipi di sabbia).

Le differenze di efficienza fra i due strumenti sono imputabili essenzialmente a:

- 1) differenze granulometriche e forse anche mineralogiche delle sabbie impiegate;
- 2) diversa geometria delle due trappole (capienza maggiorata e assenza dei bracci verticali esterni nella Att);
- 3) differente sistemazione nella galleria del vento.

## RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito e stampato nell'ambito dei progetti COFIN 2002:

among the trays equal to 5 cm is to be considered more efficient. At the moment, a complete explanation of this phenomenon cannot be given and we must wait for the results of further studies of the matter.

## CONCLUSIONS

On the basis of tests carried out in wind tunnel of the Department of Soil Management and Soil Care of Ghent University (Belgium), the "Att" trap shows decreasing efficiency when wind speed increases and the mean sand grain size decreases. For all the wind speeds, the amounts of sand collected by each tray of the trap diminish quickly from the lower tray to the upper one: the trend of this diminution is representable with an exponential function.

The tests carried out to study eventual changes useful to diminish the losses by blowout have also proved that:

- the capability to retain sediment already trapped increases to the increasing of the deepness of the trays;
- a moderate increase of the light among the trays brings about an increasing of the efficiency for free stream wind speed higher than 10.5-11.2 m/s and a decreasing of the efficiency for free stream wind speed lower than 10.5-11.2 m/s.

As a consequence, further eventual modifications for the improvement of the efficiency of the trap can follow two indications:

- the deepening of all the trays of the trap;
- the changing of the light between the trays in accordance to the wind speed.

These devices, that the authors want to apply and verify in the future, should permit the decreasing of the amount of the sand lost by blowout and, generally speaking, an increase of the efficiency of the trap.

Compared to the Arens and van der Lee trap, the Att, proposed in this article, have turned out more efficient with most usual wind speeds. The efficiency of Arens and van der Lee trap is 14% to 6 m/s, increase to 19% to 8 m/s, decrease to 15% to 10 m/s and 7% to 13 m/s. For the same wind speeds (all referred to 30 cm from the false floor) the efficiency of Att trap is respectively 68%, 30%, 14% and 5% (medium efficiency between the two types of sand). The differences of efficiency between the two instruments are imputable essentially to:

- 1) different employed sands (grain size and, perhaps, mineralogy);
- 2) different geometry of the two traps (greater capacity of the basal tray and absence of the external vertical arms in the Att);
- 3) different settlement in the wind tunnel.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work has been realized and published according to the proj-

“I depositi eolici delle spiagge italiane e il flusso di sedimenti spiaggia – dune” e COFIN 2004 “Studio analitico di interventi di ripascimento in Puglia. Valutazione dell’efficacia in relazione alla compatibilità dei materiali di prestito con il sistema meteo-marino e morfodinamico locale” (coordinatore Scientifico Nazionale dei Programmi di Ricerca: prof. Giuliano Fierro; Responsabile Scientifico dell’Unità Operativa dell’Università di Bari: prof. Giovanni Palmentola) e con i contributi del Dottorato di Ricerca in Geomorfologia e Dinamica Ambientale dell’Università degli Studi di Bari.

Gli autori ringraziano il prof. Nicola Walsh per l’analisi degli approfondimenti teorici durante le prove di laboratorio, il dott. Wim Cornelis del Department of Soil Management and Soil Care di Ghent (Belgio) per l’assistenza durante le prove in galleria del vento e la discussione di aspetti teorici e problemi pratici relativi ai flussi sedimentari innescati dal vento sulle spiagge, nonché il referee per il suo impegno e per i suggerimenti migliorativi.

ects COFIN 2002: “I depositi eolici delle spiagge italiane e lo scambio di sedimenti spiaggia-dune” and COFIN 2004: “Studio analitico di interventi di ripascimento in Puglia. Valutazione dell’efficacia in relazione alla compatibilità dei materiali di prestito con il sistema meteo-marino e morfodinamico locale” (National Scientific Coordinator Prof. Giuliano Fierro; Head of Science Operation Unit at the University of Bari: Prof. Giovanni Palmentola); and with contributions of PhD school of Geomorphology and Environmental Dynamics at the University of Bari.

The authors are grateful to prof. N. Walsh for the theoretical elaboration during the laboratory tests, Dott. Wim Cornelis, of the Department of Soil Management and Soil Care of Ghent University for the assistance during the tests in wind tunnel and discussion of theoretical aspects and empirical problems related to sedimentary fluxes produced by the wind on beaches, as well as the referee for its task and suggestions.

## OPERE CITATE / REFERENCES

- ARENS S.M. (1996) – *Patterns of sand transport on vegetated foredunes*. *Geomorphology*, **17**: 339-350.
- ARENS S.M. (1996) – *Rates of aeolian transport on a beach in a temperate humid climate*. *Geomorphology*, **17**, 3-18.
- ARENS S.M. & VAN DER LEE G.E.M. (1995) – *Saltation sand traps for the measurement of aeolian transport in the foredunes*. *Soil Technology*, **8**: 61-74.
- BRIAN B. & NOWELL D. (1996) – *Techniques for monitoring coastal changes: a review and case study*. *Ocean and coastal management*, **32**: 85-95.
- CARTER R.W.G. (1989) – *Coastal environment*. Academic Press.
- DAVIS R.A., 1978 – *Coastal sedimentary environments*. Springer-Verlag.
- DE SANTIS V., (2005) – *Stato ed evoluzione di alcuni apparati dunali della costa pugliese*. Tesi di Dottorato in Geomorfologia e Dinamica Ambientale, Digilabs eds.
- DE SANTIS V. & PALMENTOLA G. (2003) – *The Penna Grossa Point dune ridge (adriatic Apulia, southern Italy)*. *Proceedings of Medcoast 03 Conference*, **2**: 1435-444, Ravenna, Italy.
- FRYBERGER S., AL-SARI M.A., CLISAM T.J., RIZVI S.A.R. & AL-HINAI K. (1984) – *Wind sedimentation in the Jafurah sand sea, Saudi Arabia*. *Sedimentology*, **31**: 413-431.
- FRYREAR D.W. (1986) – *A field dust sampler*. *Journal Soil Water conservation*, **41**: 117-119.
- FRYREAR D.W. & SALEH A. (1993) – *Field wind erosion: vertical distribution*. *Soil Science*, **155**: 294-300.
- GARES P.A. & NORDSTROM K.F., 1991 – *Coastal dune blowouts: dynamics and management implications*. *Coastal zone*, vol 91.
- GREELEY R., BLUMBERG D. G. & WILLIAMS S.H. (1996) – *Field measurement of the flux and speed of wind-blown sand*. *Sedimentology*, **43**: 41-52.
- GOOSSENS D. & OFFER Z.Y. (2000) – *Wind tunnel and field calibration of six aeolian dust samplers*. *Atmospheric Environment*, **34**: 1043-1057.
- JACKSON D.W.T. (1996) – *A new, instantaneous aeolian sand trap design for field use*. *Sedimentology*, **43**: 791-796.
- JACKSON D.T.W. & COOPER J.A. (1999) – *Beach fetch distance and aeolian sediment transport*. *Sedimentology*, **46**: 517-522.
- JUNGERIUS P.D. & VAN DER MEULEN F. (1988) – *Erosion processes in a dune landscape along the dutch coast*. *Catena*, **15**: 217-228.
- LEATHERMAN S.P. (1978) – *A new aeolian sand trap design*. *Sedimentology*, **25**: 303-306.
- NORDSTROM K.F. (2000) – *Beaches and dunes of developed coasts*. Cambridge university press.
- PALMENTOLA G., CACCIAPAGLIA G. & DE SANTIS V. (2003) – *Some data about the Marina di Ugento sand beach dynamics (Abulia, Southern Italy)*. *Proceedings of Medcoast 03 Conference*, **3**: 1537-1546, Ravenna, Italy.
- PYE K. & TSOAR H. (1990) – *Aeolian sand and sand dunes*. Unwin Hyman, London.
- POLLET I., GABRIELS D. & CORNELIS W. (1998) – *The catch efficiency of a wind-blown sand collector: a wind tunnel study*. *Pedologie Themata*, **5**: 75-79.
- RASMUSSEN K.R., MIKKELSEN H. (1998) – *On the efficiency of vertical array aeolian field traps*. *Sedimentology*, **45**: 789-800.
- SPAAN W.P. & HOLLEMANS W.A. (1991) – *A comparative study of two simple low cost devices for wind erosion measurements*. Dep. of Irrigation and Soil & Water Conservation, Wageningen Agricultural University, The Netherlands .
- TAKEUCHI M. (1980) – *Vertical profile and horizontal increase of drift-snow transport*. *Journal of glaciology*, **26**: 4492-4498.
- WANG P., KRAUS N.C., (1999) – *Horizontal water trap for measurement of aeolian sand transport*. *Earth surface processes and landforms*, **42**: 65-70.
- WILLIAMS G. (1964) – *Some aspects of Aeolian transport load*. *Sedimentology*, **3**: 257-287.
- ZHIBAO D., HONGYI S. & AIGUO Z. (2004) – *Witseg sampler: a segmented sand sampler for wind tunnel test*. *Geomorphology*, **59**: 119-129.

Received November 2006 - Accepted February 2007