

Antartide: la nuova sfida della componente Infrastrutture dell'Aeronautica Militare Italiana

*Antarctica: the new challenge of the Infrastructure
section of the Italian Air Force*

Foto © copyright **PNRA**



RIASSUNTO

Un progetto ambizioso vede il Servizio infrastrutture dell'Aeronautica e il Centro Ricerche dell'ENEA di Casaccia operare in sinergia per la realizzazione di una pista semi-preparata presso la Stazione Mario Zucchelli sul sito di Baia Terra Nova, in Antartide, che ha portato all'identificazione e caratterizzazione del sito per la costruzione della pista. Nell'articolo si riporta la descrizione della prima campagna prove condotta in una delle aree più ostili del Pianeta.

SUMMARY

Ambitious plans have put together the Infrastructure Service of the Italian Air Forces and the ENEA Research Center of La Casaccia, near Rome, in order to realize a runway for aircraft landing and takeoff, near the Mario Zucchelli Research Station located in Baia Terra Nova (Antarctica). The article describes the first campaign of tests carried out in this territory, which is one of the most hostile in the world. The exact site has been identified and the soil characteristics determined.

1. Introduzione

Da sempre il Servizio Infrastrutture, attraverso le articolazioni dei propri Reparti Genio, è impegnato in ambito nazionale ed internazionale per la realizzazione di opere infrastrutturali finalizzate all'impiego di velivoli da trasporto tattico in ambienti dove normalmente non sono disponibili piste pavimentate. I teatri operativi internazionali del Kosovo, dell'Iraq, della Somalia e dell'Afghanistan ne sono una diretta testimonianza.

La realizzazione della pista semipreparata di Djakova (Kosovo) e, più recentemente, della pista semipreparata di Grazzanise ha fatto maturare la consapevolezza che il Laboratorio Principale e Prove Materiali Edili, unico nel suo genere nel comparto difesa posto alle dipendenze del 2° Reparto Genio, sia in grado di condurre prove specifiche anche su siti ritenuti estremi come, ad esempio, il teatro antartico. Oltre alla perenne coltre di ghiaccio, l'Antartide è caratterizzato da condizioni meteorologiche particolarmente sfavorevoli.

Temperature estremamente basse, fino a toccare i -90 °C, umidità mai al di sopra del 15% e vento con punte fino ai 300 km/ora, costituiscono un ambiente "diverso" da quello nel quale i tecnici di laboratorio sono abituati ad operare.

D'altro canto, sono proprio queste condizioni che fanno sì che l'Antartide sia considerato uno dei pochi luoghi del pianeta ancora incontaminati e nel quale le spedizioni del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) possono operare per le loro ricerche. Ancora oggi le spedizioni impiegano la nave come mezzo principale per raggiungere la stazione Italiana Mario Zucchelli in Antartide. L'unica alternativa è costituita dalla pista su ghiaccio marino, che è possibile realizzare nell'insenatura della Tethys Bay, situata dinanzi alla Stazione. Purtroppo l'utilizzo della pista su ghiaccio è possibile in un arco temporale limitato a poche settimane.



Prove sulla pista in ghiaccio mediante Piastra Dinamica LWD

Di qui la necessità di realizzare una pista semipreparata permanente la quale, oltre che apportare alle spedizioni italiane un indubbio vantaggio operativo, consentirebbe un cospicuo vantaggio economico dovuto alla conseguente riduzione dell'impiego della nave, un vantaggio ambientale legato ad una minore immissione di anidride carbonica nell'atmosfera e un vantaggio in termini di flessibilità nel supporto alle attività scientifiche e in termini di sicurezza potendo contare su un collegamento rapido ogni-tempo. Inoltre la presenza di una pista permetterebbe di gestire in modo più efficiente le fasi di apertura e chiusura della spedizione italiana in Antartide. Sulla base di queste considerazioni l'ENEA ha chiesto la collaborazione dell'Aeronautica Militare per avviare uno studio sulla fattibilità tecnica di una pista in Antartide. Con questo fine il personale del 2° Reparto Genio di Ciampino ha già partecipato ad una prima spedizione antartica lo scorso anno durante la quale ha effettuato un sopralluogo sui siti individuati

nella precedente fase di studio per ospitare una pista di volo presso la Stazione Mario Zucchelli nella Baia Terra Nova, in Antartide.

Inoltre, è stata effettuata una prima campagna prove per rilevare le caratteristiche di portanza dei terreni e sono stati prelevati dei campioni per verificare la consistenza granulometrica dei terreni naturalmente presenti.

2. La Stazione Mario Zucchelli ed il programma ricerche

La Stazione Mario Zucchelli (MZS), intitolata all'ingegnere che è stato alla guida del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA), è stata costruita nel 1986, sulla costa della Baia Terra Nova (74° 42' Sud e 164° 07' Est), e poggia su una scogliera di roccia granitica di una piccola penisola della Terra Vittoria settentrionale, tra le lingue dei

ghiacciai Campbell e Drygalski. La Stazione è normalmente utilizzata dall'ENEA per numerose funzioni:

- ricovero per il personale di Spedizione (ricettività di circa 90 persone);
- supporto logistico per il personale scientifico operante presso i diversi campi remoti e in transito verso la Stazione italo-francese Concordia;
- supporto logistico-operativo per la nave Italica;
- supporto per le attività di ricerca con laboratori interni (chimica, biologia, geologia, glaciologia, astronomia, elettronica e calcolo, acquario, ecc.) ed avanzate strumentazioni;
- attività di ricerca scientifica nei siti circostanti, dedicate alle osservazioni astronomiche, geomagnetiche, ionosferiche, sismologiche, aurorali e meteorologiche.



Prime lesioni sul pack e interdizione all'attività volativa della pista in ghiaccio

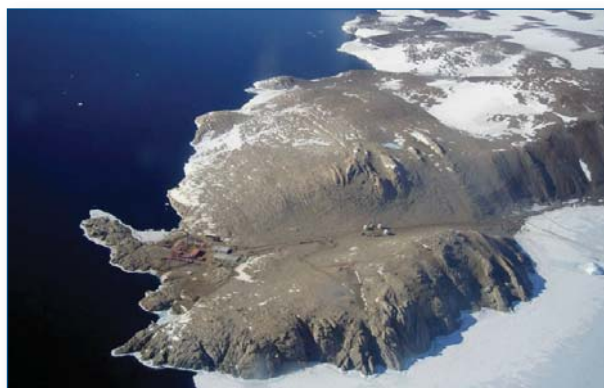


Immersione di un palombaro al di sotto del pack

Attualmente la Stazione italiana dispone di una superficie coperta pari a circa 7.500 m² in cui oltre ai laboratori, ai magazzini, agli impianti, agli alloggi ed ai servizi per il personale, si vanno ad aggiungere numerosi moduli laboratorio satelliti dislocati in un'area urbanizzata estesa su circa 50.000 m². La Stazione gode di una posizione privilegiata disponendo anche di accesso diretto dal mare che, quando libero dai ghiacci, è spesso sfruttato per lo scarico dei materiali via mare.

I servizi tecnico-logistici di cui è dotata la Stazione includono le telecomunicazioni, l'infermeria e il pronto soccorso, la mensa, i magazzini, le officine ed una moderna Sala Operativa attiva nell'intero arco delle 24 h per il coordinamento di tutte le operazioni (terrestri, aeree e marittime) per le quali sono solitamente impiegati operatori provenienti dall'Esercito Italiano. Particolare importanza assume anche il cosiddetto "flight following" che consi-

ste nel mantenere un continuo contatto radio nonché un rapporto di posizione per i ricercatori al suolo. Questo è vitale al fine di garantire l'adeguata sicurezza delle persone chiamate a operare in un ambiente dove le temperature ed il vento non consentono di sopravvivere a lungo senza un adeguato rifugio.



Veduta aerea dell'area circostante la Stazione Italiana



Boulder Clay: visione d'insieme delle granulometrie



Veduta della superficie destinata ad accogliere la pista di volo

3. Il trasporto attuale e futuro

Il panorama dei mezzi di trasporto utilizzati nel corso di una singola campagna antartica è complesso, andando dalla movimentazione intercontinentale di uomini e mezzi per via aerea o marittima, fino alla percorrenza di brevi tratti nei dintorni dei siti di Baia Terra Nova. Il personale di Spedizione raggiunge l'Antartide con due modalità differenti: il primo tratto è costituito dal trasferimento dall'Italia alla Nuova Zelanda con i normali collegamenti di linea, un viaggio di 43 ore che prevede la destinazione finale di Christchurch, in Nuova Zelanda; il secondo tratto può avvenire dall'Aeroporto di Christchurch, tramite Hercules L382G, oppure da Lyttelton, il porto di Christchurch, tramite nave Italicca. Sono necessarie 7 ore di volo di Hercules per raggiungere l'Antartide e le operazioni sono limitate al breve periodo in cui è presente il pack, il ghiaccio marino antistante la base, che al termine dell'inverno australe ha ancora uno spessore di circa 2 m. La sua rottura, provocata dall'innalzamento di temperatura per l'approssimarsi della stagione estiva, pone infatti termine alle possibilità d'impiego dell'Hercules.

A causa della ridotta praticabilità della pista in

ghiaccio, l'ENEA ha preso in considerazione la realizzazione di una pista semipreparata le cui specifiche progettuali sono in corso di definizione. L'esistenza di una sovrastruttura permanente permetterebbe un numero maggiore di voli e quindi di evitare la partenza della nave Italicca ogni anno, diradando i viaggi ogni 2-3 anni, con un ritorno economico che compenserebbe l'investimento iniziale sostenuto per la realizzazione della stessa. Ciò, inoltre, consentirebbe una maggiore autonomia per la spedizione italiana che potrebbe gestire in piena indipendenza sia l'apertura della base che il *turn-over* del personale.

4. Le prove sul pack

Raggiunto il continente antartico, il personale del Laboratorio A.M. ha iniziato da subito la propria attività effettuando una serie di prove sulla pista ghiacciata identicamente a quanto avverrebbe per una pista semipreparata. Le prove sono state effettuate mediante due apparecchiature: l'Hammer Test e la piastra dinamica LWD (Light Weight Deflectometer). Tali prove, oltre che essere impiegate per caratterizzare l'insolita superficie di volo, hanno avuto anche lo scopo di monitorare l'andamento delle

caratteristiche meccaniche del pack in funzione del tempo e della temperatura e, contemporaneamente, sono servite allo scrivente per prendere dimestichezza con le attrezzature che per la prima volta sono state impiegate a temperature polari.

A prima vista il pack si presenta come un'immensa distesa bianca il cui termine è interrotto solo dalle montagne che si stagliano all'orizzonte. La pista di volo è costituita da una segnaletica campale che ne delimita il perimetro e un irruvidimento superficiale ad opera del gatto delle nevi che ha lo scopo di aumentare l'aderenza dei pneumatici dei velivoli.

La pista di volo in ghiaccio non presenta altro. Su questa superficie, una volta tolta la neve caduta nei giorni precedenti, sono state eseguite le prove di impatto e, da queste, è stato calcolato l'indice CBR tramite opportune correlazioni impostate ad hoc che hanno restituito un valore medio pari al 60%. Ciò ha permesso di verificare la portanza della superficie di volo e consentire gli atterraggi dell'Hercules sul pack stesso.

Contemporaneamente alle prove mediante Hammer Test sono state eseguite una serie di prove mediante piastra dinamica LWD, modificata per poter operare a temperature polari. Questa apparecchiatura è stata in realtà creata per un differente fine: misurare in maniera semplice e veloce la capacità portante degli strati superficiali di una pavimentazione e, nel caso di impiego su di una superficie non legata, il suo stato di compattazione.

In particolare, il valore medio dell'indice E_{vd} misurato sulla pista in ghiaccio è stato pari a 246 MPa; a tale valore corrisponde un indice CBR pari a 53%. Tale risultato, compatibile con quanto riscontrato mediante Hammer Test, è servito anche per "tarare" le potenzialità delle strumentazioni e verificare che entrambe funzionassero anche sotto zero.

In contemporanea alle prove meccaniche, si è proceduto mediante la misura della temperatura del ghiaccio che deve essere tenuta sotto controllo giornaliero onde evitare all'interno della coltre glaciale una conseguente perdita di parte delle sue caratteristiche meccaniche.

Per fare ciò è stato necessario perforare la coltre ghiacciata in una serie di punti ed introdurre, a metà altezza, una sonda che consente di misurare la temperatura, il grado di salinità, la conducibilità elettrica ecc. Nei giorni successivi è stato registrato un progressivo aumento della temperatura del pack e verso la fine del mese di novembre sono comparse le prime spaccature che rappresentavano il chiaro segnale del termine dell'utilizzo di quella sezione della superficie ai fini volativi.



Il Col. Germinario durante la verifica della strumentazione Hammer Test

5. Siti idonei alla realizzazione della pista: il sopralluogo a Campo Antenne

Gli studi preliminari condotti a tavolino avevano inizialmente suggerito due siti quali idonei alla realizzazione di una pista di volo delle dimensioni pari a 60 x 1.800 m: Campo Antenne e Boulder Clay. Il sito di Campo Antenne, così chiamato per la presenza di una serie di antenne necessarie per la misurazione dei dati meteorologici, era stato inizialmente scelto per la facilità di collegamento con la Stazione Mario Zucchelli ma presentava limitazioni dovute alla necessità di una notevole movimentazione terra.

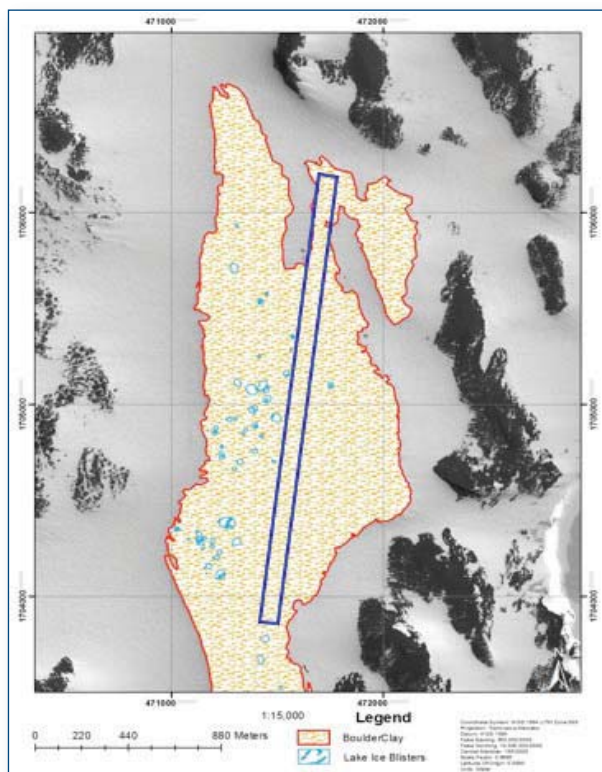
Il sito di Boulder Clay, così chiamato per la natura del suolo, risultava più distante dalla base, ma sembrava offrire maggiori garanzie per quanto riguardava l'esecuzione dei lavori.

Il sopralluogo effettuato presso Campo Antenne ha evidenziato che l'area circostante la base italiana è caratterizzata da una morfologia molto irregolare, dovuta in parte alle caratteristiche specifiche dei suoli emergenti ed in parte alla presenza di ghiaccio e della sua evoluzione nel tempo.

6. Il sopralluogo a Boulder Clay

Sulla base di quanto visionato in sito durante i sopralluoghi effettuati e delle effettive difficoltà da affrontare per la realizzazione di una pista presso Campo Antenne, il personale del Laboratorio A.M. ha deciso di sfruttare il restante tempo a disposizione concentrando le prove sul più probabile sito di Boulder Clay.

L'ipotesi prevista è stata quella di una pista, di lunghezza che potrebbe arrivare fino a 2.700 m, che si presenta con l'asse pista quasi parallelo al ghiacciaio; essa presenta lo svantaggio di avere i venti di traverso, provenienti Nord-Ovest, ma al contempo il vantaggio di necessitare di una minore movimentazione terra rispetto ad altre ipotesi prese in



Posizionamento finale della pista di volo

esame; il sopralluogo effettuato in sito ha poi dimostrato che la presenza di materiale morenico nelle vicinanze coprirebbe di fatto l'intera fornitura di aggregati necessari alla realizzazione della sovrastruttura. Tale ultima ipotesi si è quindi dimostrata essere da subito la più perseguibile e su di essa ci si è concentrati per l'effettuazione delle prove.

7. Geomorfologia del sito

Il sito è ubicato nella fascia morfologica intermedia ad una quota di circa 200 m slm. Nell'area è presente un deposito detritico di ablazione (morena a cuore di ghiaccio) che poggia al di sopra di un ghiacciaio (Boulder Clay glacier) il cui spessore è superiore ai 60 m e che subisce, soprattutto nella sua parte centrale, uno spostamento verso est, mentre la sua terminazione meridionale ha un movimento verso

sud. Gli scavi eseguiti in occasione dei sopralluoghi all'interno della morena indicano che lo strato detritico ha spessore variabile tra 0,5 e 1,5 m. Al di sotto dello strato detritico si estende il ghiacciaio che, prove in sito eseguite tramite georadar, hanno confermato avere una profondità media di 60 m.

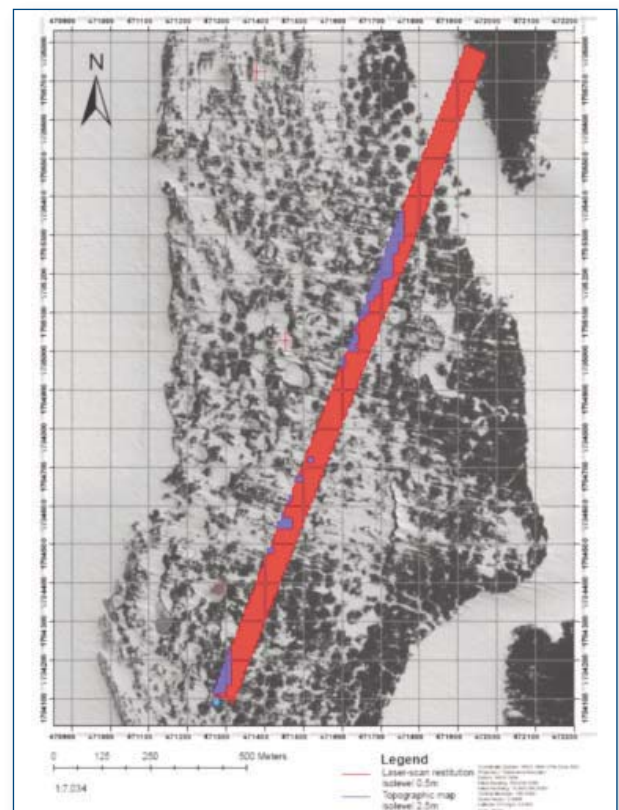
Le condizioni del permafrost presente nella morena di Boulder Clay sono state monitorate sin dal dicembre del 1996 e lo strato attivo si trova ad una profondità variabile da pochi centimetri a 50 cm. Al di sotto della profondità di 50 cm, le variazioni di temperatura non sono tali da modificare le caratteristiche meccaniche del permafrost. La parte più superficiale, invece, è interessata da escursioni termiche che, soprattutto nel periodo estivo, porta la parte superiore a sciogliersi parzialmente con deterioramento delle caratteristiche meccaniche. Ciò risulterà importante nel caso in cui si dovesse scegliere il sito di Boulder Clay per ospitare la sovrastruttura di volo. In particolare sarà necessario prevedere una protezione della parte superficiale della sovrastruttura onde evitare lo scioglimento del sottostante ghiacciaio. Il sito di Boulder Clay è caratterizzato dalla presenza di numerosi laghetti di differenti dimensioni, che nel periodo invernale risultano completamente gelati e che costituiscono costante pericolo per l'attività volante.

Nel periodo estivo, invece, la parte più profonda di questi laghi, a causa dell'effetto lente degli strati superficiali che concentrano i raggi del sole, fonde, facendo sì che il fondo del lago ritorni completamente allo stato liquido mentre lo strato superficiale, per uno spessore che può variare da poche decine di centimetri ad un metro, rimane sotto forma di ghiaccio. Tale fenomeno risulta essere estremamente pericoloso per coloro che, ignari, si dovessero trovare a percorrere la superficie di un lago, anche di modeste dimensioni, che si trovi in questa situazione e sembra assicurare una superficie stabile.

Pertanto, allo scopo di scongiurare ogni pericolo ed evitare che la superficie di volo sia prossima ad uno di questi laghi, si è deciso di ruotare l'asse pista di pochi gradi in senso antiorario in modo da far sì che la sovrastruttura non incontri né si avvicini a nessuno dei laghi presenti in zona.

Il posizionamento finale della pista di volo è quindi diventato quello nella figura che segue nella quale sono inoltre evidenziati gli sterri (in blu).

I rinterri sono estremamente limitati, fatta eccezione per l'area situata a nord-est che nella figura appare completamente innevata; si tratta di un canale che dovrà essere colmato se si vuole raggiungere la lunghezza di 2.300 m. Tale lunghezza, superiore a quelle di 1.850 m e 1.700 m precedentemente considerate a Campo Antenne, consentirebbe una



Posizionamento della pista di volo sul sito di Boulder Clay

Nomenclatura	Intervalli [mm]	Trattenuti 0-20cm [%]	Trattenuti 20-40cm [%]	Trattenuti 40-60cm [%]	Trattenuti 40-80cm [%]
Argilla	$\phi < 0,002$	0	0	0	0
Limo	$0,002 < \phi < 0,06$	0,4	0,6	0,4	0,6
Sabbia	$0,06 < \phi < 2$	52,7	57,8	55,9	69,0
Ghiaia	$2 < \phi < 60$	46,9	41,6	43,6	30,4
Blocchi	$\phi > 60$	0	0	0	0

quasi totale assenza di materiale fino, con particolare riferimento al limo, presente solo in tracce, e all'argilla, completamente assente. Ciò in realtà è la conseguenza dei forti venti invernali che, raggiungendo anche una velocità di 300 km/h, spazzano via il materiale fine, lasciando sulla superfi-

cie solo il materiale più grossolano.

futura apertura anche ad altre compagnie aeree che si stanno dimostrando interessate alla possibilità di atterrare in Antartide. In ogni caso, la larghezza di 60 m è stata mantenuta costante per tutte le soluzioni. L'indagine visiva condotta in loco ha evidenziato che questa nuova configurazione, trovandosi in corrispondenza del colmo della morena, risulta vantaggiosa per quanto riguarda il movimento terra. In realtà l'intera area si presenta sufficientemente in piano, fatta eccezione per un leggero acclivio verso Est.

Analisi granulometriche

In concomitanza con l'indagine visiva, il Laboratorio Principale e Prove Materiali Edili del 2° Reparto Genio ha individuato 4 punti prova da cui prelevare i campioni di materiale da impiegare per l'individuazione delle granulometrie e, per ciascun punto, è stato condotto un campionamento a 4 differenti quote, dal piano campagna fino ad 80 cm di profondità. I risultati delle analisi granulometriche confermano la classificazione riportata in letteratura: "sabbia con ghiaia".

È doveroso mettere in evidenza che, ai fini specifici della realizzazione della pista di volo, i blocchi di grandi dimensioni dovranno essere eliminati dall'area interessata ai lavori, oppure frantumati ed impiegati come misto granulare. In entrambi i casi essi non entrano a far parte dell'analisi granulometrica. Un'altra considerazione degna di nota riguarda la

Prove mediante compattometro Clegg Hammer

Durante il primo sopralluogo effettuato su Boulder Clay si è proceduto con la misurazione dell'indice CBR mediante Hammer Test. Le misure sono state effettuate in prossimità dell'asse centrale della pista di volo a distanza di 100 m una dall'altra, per un totale di 14 prove.

Per l'esecuzione delle prove è stato necessario asportare manualmente il materiale grossolano presente in superficie in modo da ottenere una superficie piana su cui posizionare lo strumento. Il valore medio dell'indice CBR misurato sulla morena è stato pari a 39,5% ed è da considerarsi molto elevato. Da quanto è stato possibile appurare sul posto, la morena che costituisce la superficie di appoggio della futura sovrastruttura di Boulder Clay possiede caratteristiche portanti idonee all'attività di volo prevista.

Prove mediante Piastra Dinamica LWD

Contemporaneamente alle prove mediante Hammer Test sono state eseguite una serie di prove mediante piastra dinamica LWD (Light Weight Deflectometer). La procedura di prova prevede di spianare la superficie di appoggio della piastra in modo da far aderire perfettamente la piastra alla superficie stessa e, una volta posto in verticale l'asta che conduce il maglio, sollevarlo e lasciarlo cadere 3 volte. »

Ad ogni battuta il computer avvisa l'operatore, tramite l'emissione di un breve suono, che la singola battuta è andata a buon fine; in caso contrario sarà necessario ripetere la prova.

Durante l'esecuzione della singola battuta o dell'intera prova è capitato spesso che il computer non confermasse una corretta esecuzione della prova. Ciò è accaduto a causa della non sempre perfetta planarità della superficie di prova e, conseguentemente, della mancanza di adesione tra la stessa e la piastra. Per evitare questo inconveniente sarebbe stato necessario avere sul posto una certa quantità di sabbia normalizzata che la normativa consente di impiegare per ottenere una superficie piana ed uniforme. A causa della mancanza di tale specifica tipologia di sabbia è stato necessario setacciare sul posto il materiale disponibile in sito in maniera da ottenere, da questo, la stessa granulometria prevista dalla norma. Una volta ottenuto, per ciascun punto prova, il quantitativo necessario, si è proceduto allo spianamento della superficie e all'esecuzione della prova.

Il valore medio del Modulo Dinamico E_{vd} misurato sulla morena è risultato pari a 179 MPa; da questo sono stati calcolati i rispettivi valori medi del Modulo di Deformazione M_d , pari a 211 MPa, e dell'indice CBR pari al 38,0% che è praticamente coincidente con quanto misurato mediante Hammer Test. Tali valori confermano l'ottima composizione della morena e le sue elevate caratteristiche meccaniche.

Campionamenti di materiale in sito

In concomitanza con le prove in sito sono stati eseguiti una serie di campionamenti di materiale a differenti profondità. Tali campioni sono stati trasportati in Italia e saranno esaminati presso il Laboratorio Principale e Prove Materiali Edili del 2° Reparto Genio A.M. Lo scopo di questi campionamenti è la realizzazione di una serie di provini otte-

nuti dalla miscelazione del materiale granulare prelevato in sito ed una serie di leganti da impiegare successivamente per la stabilizzazione in sito.

8. Conclusioni

Allo scopo di realizzare una pista semipreparata sul continente antartico, l'ENEA ha chiesto la collaborazione all'Aeronautica Militare per le fasi di progettazione e realizzazione dell'opera. Il personale del Laboratorio Principale e Prove Materiali Edili del 2° Reparto Genio di Ciampino è stato inviato sul posto per condurre un sopralluogo e una prima campagna prove in sito per la misura delle caratteristiche di portanza dei siti individuati nella precedente fase di studio per ospitare una pista semipreparata presso la Stazione Mario Zucchelli in Antartide.

In particolare, sono stati presi in considerazione sia il sito chiamato di Campo Antenne, in prossimità della Stazione, sia il sito Boulder Clay posizionato a pochi chilometri dalla stessa Stazione.

Il primo di questi è stato scartato perché particolarmente impervio e necessario di una elevata movimentazione delle terre (scavo e riporto) che renderebbe l'opera molto costosa. A ciò si aggiunge un mancato rispetto dei vincoli del Trattato Antartico, il cui scopo precipuo è preservare l'ambiente circostante preesistente. Il successivo sopralluogo su Boulder Clay ha dimostrato che la soluzione rappresentata da una sovrastruttura con asse parallelo all'esistente ghiacciaio, necessiterebbe di una minore movimentazione terra anche a causa della presenza di materiale morenico nelle vicinanze che coprirebbe di fatto l'intera fornitura di aggregati necessari alla realizzazione della sovrastruttura.

Le prove condotte in sito, espresse in termini di indici CBR e Moduli Dinamici E_{vd} , hanno dimostrato che la morena di Boulder Clay possiede tutte le caratteristiche meccaniche idonee per ospitare la futura sovrastruttura di volo.