

# AEROPORTO G. MARCONI DI BOLOGNA: RIQUALIFICAZIONE DELLA VIA DI RULLAGGIO E DEL PIAZZALE DI SOSTA

**L'INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA PER LA RIQUALIFICAZIONE DEL TRATTO DI VIA DI RULLAGGIO COMPRESO TRA I RACCORDI "TM" E "TN" E DELL'ANTISTANTE PORZIONE DI PIAZZALE DI SOSTA AEROMOBILI DENOMINATA "APRON 2"**

**D**opo aver chiuso l'esercizio 2015 sfiorando i sette milioni di passeggeri con un incremento del 4,7% rispetto all'anno precedente, l'aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna continua la sua esponenziale crescita industriale e di traffici



1. Vista di una porzione della facciata del terminal prospiciente le infrastrutture di volo

co registrando, nei primi sette mesi del 2016, una percentuale addizionale del 13,1 corrispondente a un +9,6% di movimenti. A determinare questi "numeri" ragguardevoli che collocano lo scalo bolognese al sesto posto nella classifica degli aeroporti italiani, secondo solo a Fiumicino, Malpensa, Bergamo, Linate e Venezia, concorrono diversi fattori tra i quali spicca la nuova tratta Bologna-Dubai operata da Fly-Emirates, approvata al Marconi nel Novembre 2015 con un Boeing 777-800. Nell'ambito di un contesto operativo siffatto, la domanda di infrastrutture più moderne ed efficienti è sempre crescente, guidando il Gestore verso maggiori investimenti e un impiego di fondi sia nella manutenzione sia nello sviluppo, così da perseguire gli obiettivi di crescita.

L'intervento di riqualificazione del tratto di via di rullaggio compreso tra i raccordi "TM" e "TN" e dell'antistante porzione di piazzale di sosta aeromobili denominata "Apron 2" si colloca all'interno di un organico programma di manutenzione straordinaria determinato sulla base dei seguenti aspetti fondamentali:

- i dati di output dello strumento di monitoraggio delle pavimentazioni air-side, l'Airport Pavement Management System (APMS);
- l'operatività dei piazzali di sosta aeromobili e delle taxiway il cui esercizio deve rimanere garantito, minimizzando gli impatti sulla capacità aeroportuale;

- l'andamento stagionale del traffico aereo;
- le previsioni meteorologiche.

Il lavoro è stato eseguito a partire dal Settembre 2015 in primo luogo con la manutenzione straordinaria della via di rullaggio e successivamente con la riqualificazione dell'Apron 2.

### L'INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLA TAXIWAY

Il tratto di taxiway "T" oggetto della prima fase dell'intervento, esteso per 340 m di lunghezza e 23 di larghezza, mostrava evidenti segni di degrado dello strato di conglomerato bituminoso più superficiale (usura) con fenomeni di natura "bottom-up" ma, soprattutto, dall'APMS si vincevano manifesti valori di diminuita capacità portante della sottofondazione e della fondazione, attribuibili all'approssimarsi dell'esaurimento della loro vita utile.

In funzione del quadro fessurativo sopradescritto si è stabilito di scarificare, in più passate consecutive, tutta la pavimentazione esistente fino al raggiungimento della quota -70 cm e, successivamente, trattare il terreno in situ con una stabilizzazione binaria a calce e a cemento, eseguita con la stabilizzatrice WR 2400. Tale soluzione tecnica si è resa particolarmente idonea poiché il terreno esistente, a -70 cm, è caratterizzato dalla presenza promiscua di materiale argilloso ed alluvionale (sabbia e ghiaia). La reazione chimica e fisica della calce con la silice e l'allumina contenute nelle argille, la successiva formazione dei silicati idrati e alluminati idrati di calcio e il legame del cemento con i materiali alluvionali hanno fatto sì che, sul piano di imposta della nuova pavimentazione, si raggiungessero adeguati valori di portanza.

Sul sottofondo trattato sono stati successivamente stesi due strati di misto cementato con tenore di cemento pari al 6%, per un totale di 50 cm di spessore; il primo strato è stato realizzato in situ con la WR 2400, il secondo è stato confezionato con il KMA 220 installato in un'area di cantiere dedicata.

Si è infine proceduto alla realizzazione del pacchetto di conglomerati bituminosi costituito dai seguenti tre strati:

- base, dello spessore pari a 10 cm (inerti 0-30 e legante bituminoso ad "alto modulo");
- binder, dello spessore pari a 6 cm (inerti 0-20 e legante bituminoso ad "alto modulo");
- usura di tipo SMA (Splitt Mastix Asphalt), in grado di coniugare la capacità di drenare l'acqua in profondità, grazie ad una granulometria molto aperta, con la capacità di assicurare un'ottima aderenza anche in condizioni di pavimentazione "wet".

I lavori hanno riguardato anche l'ambito idraulico di drenaggio delle acque zenitali afferenti le nuove pavimentazioni, con la posa di un nuovo tubo/canale in polipropilene rinfiato da un getto di calcestruzzo armato ed avente funzione di captazione e smaltimento.

L'opera è stata poi completata con il consolidamento delle fasce laterali antipolvere (shoulders) e il loro allargamento, passando da 3,5 m a 9 m per quella lato piazzali e a 7,5 m per quella lato pista di volo, con l'obiettivo di renderle conformi alla Normativa vigente in relazione alla classe di aerei operativi sullo scalo bolognese.

## RISANAMENTO PROFONDO CON LA TECNOLOGIA WIRTGEN GROUP

Lucio Garofalo<sup>(3)</sup>

**F**ra i diversi lavori in corso di realizzazione mirati a migliorare ricettività e funzionalità delle strutture, particolare rilievo ha ricoperto l'intervento su un tratto della via di rullaggio che si estende tra i raccordi TN (Tango November) e TM (Tango Mike). In una seconda fase, i lavori hanno interessato anche la via di servizio che corre parallela e, in una terza fase, si estenderanno invece al rifacimento della pavimentazione di quattro aree di parcheggio degli aeromobili (dalla 209 alle 212) del piazzale di sosta Apron 2. Nel tratto oggetto della prima fase dell'intervento, che si estende per 340 m lunghezza e 23 di larghezza, la via di rullaggio presentava l'ammaloramento del tappeto usura ma, soprattutto, mostrava segni evidenti di una diminuita capacità di portanza, chiaramente attribuibile agli strati di fondazione della pavimentazione.



2. Le varie fasi di scarifica sulla taxiway Tango

Il progetto ha inoltre previsto il consolidamento sulle shoulder, che dovevano anche passare da 2,90 m esistenti a 9 m, così come al rifacimento del fognolo di raccolta delle acque meteoriche. Il Committente ha inoltre richiesto che si intervenisse su ulteriori 70 m in direzione del raccordo TP (Tango Papa); in quel tratto, la pista di rullaggio non presentava problematiche assimilabili a quelle del tratto principale soggetto a manutenzione straordinaria, ma necessitava di un consolidamento più superficiale (30 cm) per 12 m di larghezza a cavallo della mezzieria (center line) e comunque del rifacimento completo degli strati di conglomerato bituminoso.

Per quanto attiene alle pavimentazioni, i lavori sono stati assegnati all'Impresa Bindi SpA di Figline Valdarno (FI), Cliente storico di Wirtgen Group che, nei suoi 70 anni di vita, ha sempre fatto dell'innovazione un fattore strategico della propria crescita.



3. La scarifica alla via di rullaggio



4. Particolare di un aereo in rullaggio sulla pista durante i lavori

Per realizzare tutte le lavorazioni richieste, l'Impresa ha utilizzato una fresa W 200, una stabilizzatrice WR 2400, una finitrice Vögele Super 1803-3, un rullo Hamm 3520 per la stabilizzazione, un tandem HD 90 e un GRW 18 statico gommato per la compattazione degli strati di conglomerato bituminoso e un KMA 220 per la produzione di misto cementato, oltre naturalmente ad altri mezzi necessari per la vagliatura, il trasporto e la movimentazione dei materiali.

#### PRIMO OBIETTIVO: RECUPERARE PORTANZA

Come riferitoci dall'Ing. Elena Sturlini, Responsabile Tecnico di cantiere dell'Impresa Bindi, il lavoro è stato particolarmente impegnativo: "Si è trattato di garantire che fossero rispettati le stringenti specifiche di Capitolato, mirate ad

assicurare qualità e durabilità e, al tempo stesso, di rispettare i tempi assegnatici; il lavoro è infatti avvenuto mentre l'aeroporto era in pieno esercizio, con tutte le conseguenze di natura logistica che ciò comporta. Indubbiamente, l'impiego massiccio di tecnologia Wirtgen Group ha creato le condizioni migliori perché si raggiungesse la più alta produttività possibile e il lavoro rispettasse tutti i parametri prestazionali richiesti dal Committente".

#### STESA DI QUALITÀ FIRMATA VÖGELE

Come sempre accade nei lavori aeroportuali, un aspetto cruciale dell'intervento è stata la stesa del pacchetto in conglomerato bituminoso realizzato, come sottolineato, utilizzando materiali ad alto modulo (base, binder) e SMA per lo strato di usura. Anche in questo caso, la tecnologia Wirtgen Group ha assicurato i migliori risultati grazie all'impiego della finitrice Vögele Super 1803-3 che, oltre ad essere equipaggiata con sistema di livellamento automatico Niveltronic Plus, era anche dotata di barra con sensori a ultrasuoni Big Multiplex Ski, una soluzione particolarmente efficace per correggere le eventuali irregolarità dello strato su cui si stende che vengono rilevate secondo un sistema capace di creare parametri virtuali che ignorano i punti particolarmente critici. Le regolarità, se marcate, sono infatti in grado di alterare il lavoro del processore del sistema Niveltronic Plus e stabiliscono quindi un riferimento medio necessario per creare una stesa perfetta.



5. La stesa dello strato di base sulla via di rullaggio



6. Il treno di stesa e di compattazione dello strato



7. Il rullo Hamm GRW durante la compattazione

La possibilità di posizionare liberamente i sensori consente poi di ottenere letture accurate anche in situazioni quali le curve, le rotatorie o i piani inclinati. Il posizionamento del sensore posteriore per la lettura del materiale appena steso offre inoltre al processore un parametro che è computato, e quindi immesso nel calcolo indipendente dalle condizioni rilevate, anche nelle situazioni applicative più complesse.

Anche se gli strati di posa in misto cementato realizzati sulla pista di rullaggio non presentavano particolari problematiche di planarità ed irregolarità, l'impiego del sistema Big Mulpex Ski ha comunque offerto un'ulteriore garanzia della qualità della stesa, cui ha contribuito anche il famoso banco AB 500 di cui è dotata la finitrice, interamente progettato e realizzato da Vögele.

Tali qualità non sono sfuggite all'operatore Enrico Unida che ha affermato: "La 1803-3 permette di lavorare sempre con precisione anche in situazioni come quella delle stese aeroportuali dove la produzione è sempre un fattore di pressione, ma in cui l'operatore deve tenere comunque sotto sott'occhio molti dati allo stesso tempo. La facilità dei comandi e la possibilità di controllare i tutti i parametri di stesa sono davvero un grande aiuto per chi come me è di fatto responsabile dell'effettiva qualità della stesa".

## L'INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELL'"APRON 2"

Elena Sturlini <sup>(4)</sup>

La seconda fase dei lavori ha riguardato il piazzale di sosta aeromobili, denominato "Apron 2", e i due raccordi brevi "TM" e "TN" necessari per il collegamento del piazzale stesso alla via di rullaggio di cui al paragrafo precedente. Ai fini del mantenimento dell'operatività delle infrastrutture utili per la circolazione degli aeromobili, i suddetti lavori sono stati realizzati successivamente al completamento della via di rullaggio e alla sua riapertura al traffico aereo.



8. L'impianto di frantumazione e vagliatura

In particolare, dando seguito alle indicazioni fornite dagli Specialisti sulla sicurezza dei lavori, prima di approcciare la demolizione della pavimentazione esistente, si è proceduto alla bonifica da ordigni residuati bellici su tutta l'area oggetto dell'intervento.

I 17.500 m<sup>2</sup> di piazzale da riqualificarsi davano spazio allo stazionamento di quattro aeromobili di classe "C" e costituivano l'ultima area di sosta del Marconi in pavimentazione flessibile che, con il presente intervento, è stata convertita in rigida.

In particolare, l'intervento è stato eseguito demolendo gli 80 cm di pavimentazione esistente e, successivamente, stabilizzando il terreno in situ a calce per una profondità di ulteriori 55 cm così da avere le necessarie caratteristiche portanti sul piano di imposta della nuova pavimentazione.



9. La scarifica del piazzale di sosta Apron 2

Successivamente, sono stati realizzati due strati consecutivi in misto cementato per un totale di 45 cm, costituenti la fondazione per lo strato superficiale in conglomerato cementizio.

Quest'ultimo strato, posato previa l'interposizione di due fogli sovrapposti antifrizione in polietilene, è stato steso con l'utilizzo di una macchina operatrice tipo Slipform in lastre di ampiezza massima pari a 7,5 m.

Considerata la produttività dell'impianto di confezionamento del conglomerato cementizio, la velocità operativa della macchina ed il tempo necessario per l'esecuzione dei tagli superficiali

per la realizzazione dei giunti di contrazione, il lavoro è stato portato a compimento eseguendo 12 "strisciate" in dodici giorni, corrispondenti a quasi 200 m per ciascuna giornata di lavoro. I giunti sono stati poi eseguiti ogni 7,5 m, dando forma, in definitiva, a lastre di forma pressoché quadrata.

I lavori di manutenzione straordinaria all'aeroporto hanno impegnato l'Impresa Bindi SpA per quasi un anno, restituendo delle infrastrutture moderne, realizzate con macchinari e materiali all'avanguardia ed in grado di far fronte alla sempre crescente domanda in termini di traffico e prestazioni cui è sottoposto lo scalo bolognese.

L'Impresa, leader nella realizzazione di pavimentazioni e nella produzione di conglomerati bituminosi, si è impegnata in interventi che - mirati a ricostruire in toto i pacchetti delle pavimentazioni - hanno riguardato il più ampio spettro della lavorazioni a partire dallo strato di sostruzione fino ai conglomerati trasportati in aeroporto direttamente dal loro impianto di Figline Valdarno.

La grande esperienza, unita all'impiego di soluzioni innovative ed eco-compatibili, ha permesso di realizzare il lavoro riciclando gran parte dei materiali provenienti dalla demolizione degli strati in conglomerato bituminoso e in misto granulare delle sovrastrutture esistenti; la selezione, effet-



10. La fresatura degli strati in conglomerato bituminoso sul piazzale di sosta Apron 2



11. La Slipform impegnata nella stesa di prova della lastra in calcestruzzo

tuata mediante un frantoio, con vagli specifici per ciascuno di questi materiali, e l'utilizzo dell'impianto mobile Wirtgen KMA 220 per la produzione di misto cementato, hanno consentito di confezionare gli strati di fondazione direttamente in situ riducendo così l'impatto ambientale sia in termini di materiale vergine risparmiato che minimizzando i viaggi di trasporto con tutte le conseguenze connesse in termini di inquinamento e costi.

Proprio in quest'ottica, l'Impresa Bindi ha proposto alla Direzione Lavori una variante migliorativa al progetto che ha riguardato la sostituzione degli strati di sottofondazione e fondazione del pacchetto della pavimentazione del piazzale di sosta Apron 2 che, da progetto, potevano essere così schematizzati:

- scavo fino a quota -95 cm;
- stabilizzazione a calce del sottofondo per uno spessore di 40 cm;
- posa di 40 cm di misto granulare non legato;
- posa di 20 cm di misto cementato;
- realizzazione di lastre in calcestruzzo dello spessore di 35 cm.

La scelta dell'Impresa, accolta dalla Direzione Lavori a seguito del buon esito di un campo prova eseguito direttamente in cantiere, è stata inoltre dettata dal fatto che, durante le operazioni di scavo, sono state rinvenute, in un terreno prevalentemente argilloso dalle scarse capacità portanti, numerose porzioni sabbiose e zone con forte presenza di misto granulare.

Si è ritenuto quindi necessario, come già fatto sulla via di rullaggio, eseguire una stabilizzazione binaria del sottofondo e strati di fondazione "legati" in sostituzione del misto granulare stabilizzato granulometricamente.



13. Un particolare della finitura superficiale della lastra

Il pacchetto realizzato ha perciò previsto:

- scavo fino a quota -80 cm;
- stabilizzazione a calce del sottofondo (con un quantitativo di calce stimato in 80 kg/m<sup>2</sup>) per uno spessore di 55 cm nelle porzioni in cui è presente solo argilla;
- stabilizzazione binaria (calce dello spessore di 55 cm + cemento dello spessore di 40 cm) nelle zone con presenza di sabbia e ghiaia;
- posa di uno strato di misto cementato (al 4-5% di cemento) dello spessore di 25 cm;
- posa di un secondo strato di misto cementato (al 6% di cemento) per uno spessore di 20 cm.

Con questo tipo di lavorazioni, studiate al fine di ottenere i valori di modulo K sotto lastra ed i valori di carico su piastra previsti in Capitolato, si sono raggiunti valori del modulo di deformazione (Md) sul sottofondo, nelle zone stabilizzate binarie, di ben 200



12. La stesa e i particolari della finitura della lastra in calcestruzzo



14. La finitura superficiale e la posa dell'antievaporante (Curing)

N/mm<sup>2</sup>, valore assai superiore a quello richiesto di 50 N/mm<sup>2</sup> così, sullo strato di fondazione, la prova di carico su piastra ha restituito valori del modulo di deformazione di circa 300 N/mm<sup>2</sup> ben superiore ai riferimenti capitolari di 150 N/mm<sup>2</sup>.

L'Impresa, che ha noleggiato un impianto di calcestruzzo con premescolatore per gestire e controllare direttamente la produzione di circa 500 m<sup>3</sup>/giorno di materiale, si è inoltre occupata direttamente della fornitura degli inerti e del cemento necessari al confezionamento del calcestruzzo da impiegare nella lastra proponendo, con il supporto di un tecnologo ed un laboratorio prove, un suo mix design che rispondesse alle assai stringenti prescrizioni di Capitolato.

Per raggiungere una resistenza caratteristica a compressione non inferiore a 550 kg/cm<sup>2</sup> e una resistenza a trazione per flessione pari o superiore a 55 kg/cm<sup>2</sup> è stato necessario impiegare un quantitativo di cemento R 42,2 di circa 420 kg/m<sup>3</sup> ( in progetto era previsto l'utilizzo di 470 kg/m<sup>3</sup>); per gestire il ritiro, la formazione di microfessure e fessure ed i tempi di presa di un impasto con un così alto quantitativo di cemento sono stati introdotti nella miscela additivi per la riduzione del ritiro idraulico e superfluidificanti, oltre, ovviamente, a particolari accorgimenti durante la stesa.

Poiché questa lavorazione si è concentrata a cavallo tra il mese di Giugno e Luglio, per quanto possibile si è evitato di gettare durante le ore più calde, irrorando la lastra appena stesa con prodotto antievaporante (curing) ed effettuando il taglio dei giunti di contrazione non appena possibile (a circa 3 ore dalla stesa) al fine di evitare che si innescassero lesioni a causa del naturale ritiro igrometrico del calcestruzzo.

I getti, in particolare quelli fatti la mattina, sono stati protetti con teli umidi ed è stato poi inserito, in variante al progetto, un vero e proprio giunto di dilatazione/ritiro approssimativamente a metà di ogni stesa.

È stato così possibile da un lato prevenire gli inestetismi del manufatto, dall'altro, riducendo la formazione di microfessure, di mettere in opera un calcestruzzo più resistente all'azione del degrado da parte di agenti quali cloruri, solfati, idrocarburi, anidride carbonica, provenienti dall'esterno.

## CONCLUSIONI

Gli interventi sulle pavimentazioni Air Side devono essere accuratamente programmati affinché si possano eseguire le la-

vorazioni nel giusto periodo dell'anno, minimizzare gli impatti operativi e garantire la buona riuscita di lavorazioni altamente specialistiche, come le lastre in calcestruzzo, per le quali si devono evitare le interruzioni di stesa e l'esposizione a condizioni termogrignometriche severe. La pianificazione delle manutenzioni straordinarie delle infrastrutture aeroportuali va infine inquadrata nello specifico contesto strutturale, operativo e finanziario di medio/lungo periodo, tenendo in debito conto la vita utile residua di ciascuna pavimentazione ed assicurando le condizioni di sicurezza e di regolarità del traffico aereo. ■

<sup>(1)</sup> *Ingegnere, Chief Project Manager di Aeroporto di Bologna SpA*

<sup>(2)</sup> *Ingegnere, Project Manager di Aeroporto di Bologna SpA*

<sup>(3)</sup> *Giornalista*

<sup>(4)</sup> *Ingegnere, Tecnico dell'Impresa Bindi SpA*

## DATI TECNICI

**Stazione Appaltante:** Aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna SpA

**Contraente Generale:** S.E.I. Srl in A.T.I. con la cooptata Bindi SpA

**Direttore di Cantiere dell'Impresa Appaltatrice:** Ing. Elena Sturlini della Bindi SpA

**Progetto preliminare, definitivo ed esecutivo:** Ing. Carlo Damiani della Transtech Srl

**Collaudo:** Ing. Lucia Ippoliti e Ing. Laura Attaccalite di ENAC

**RUP:** Ing. Domenico Terra di Aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna SpA

**Project Manager e Direzione dei Lavori:** P.E. Davide Gentilini di Aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna SpA

**Direzione dei Lavori delle opere strutturali:** Ing. Anna Aragone di Aeroporto Guglielmo Marconi di Bologna SpA

**Direzione Operativa per le pavimentazioni:** Ing. Stefano Tattolo di S.T.S. Mobile Srl

**Direzione Operativa per gli impianti AVL:** Ing. Lino Rossi

**Responsabile Sicurezza:** Ing. David Rango di Sitec Srl

**Appaltatore dei Lavori:** ATI composta da S.E.I. Srl e Bindi SpA

**Subappaltatori:** SFE Elettroimpianti Srl, Medipav Srl e Procelli Costruzioni Srl

**Importo dei lavori (importo contrattuale):** 3.405.034,06 di Euro di cui 154.890,69 per oneri di sicurezza

**Data di consegna:** 9 Settembre 2015

**Data di ultimazione:** 30 Luglio 2016

## Il controllo tecnologico dei materiali

Le attività di realizzazione delle pavimentazioni oggetto di appalto sono state controllate mediante specifica attività sperimentale con l'obiettivo di caratterizzare gli indicatori compositivi, prescrittivi e prestazionali.

Oltre ai controlli in corso d'opera previsti dalle Norme tecniche di appalto, è stata impostata una campagna sperimentale orientata alla verifica dei parametri prestazionali fondanti le ipotesi progettuali.

Dunque, per i materiali costituenti i singoli strati delle pavimentazioni in oggetto, sono state eseguite caratterizzazioni di laboratorio in fase preventiva e in corso d'opera inerenti - oltre ai tradizionali e consueti parametri meccanici - anche indicatori di resistenza alla deformazione permanente (UNI EN 12697-22) e resistenza a fatica (UNI EN 12697-24).

Le attività sono state interamente svolte presso la sede operativa del Laboratorio S.T.S. Mobile Srl.

L'indagine prestazionale di laboratorio, unitamente alla verifica stratigrafica e deflettometrica della pavimentazione in opera, hanno consentito di determinare le conformità alle prescrizioni aeronautiche e alle ipotesi di progetto strutturale delle pavimentazioni, confermandone le stime di durata.



15.



Laboratorio prove sui materiali da costruzione autorizzato con Decreto n. 211 del 06.07.15 art. 59 D.P.R. 380/2001, art. 20 L. n. 1086/1971, Circ. Ministeriale 7617/STC Settore A  
Laboratorio Geotecnico autorizzato con Decreto n. 7732 del 02.08.12, art. 59 D.P.R. 380/2001, Circ. Ministeriale 7618/STC settore rocce con estensioni