



SISTEMA OTTICO SPETTRALE - RETE LIDAR INSTALLATA PRESSO ILVA

REPORT SETTEMBRE 2015

SERVIZIO AGENTI FISICI

ARPA PUGLIA

Agenzia regionale per la prevenzione e la protezione dell'ambiente

www.arpa.puglia.it

Rete LIDAR ILVA: report mensile SETTEMBRE 2015

1. Introduzione

Il principio di funzionamento del LIDAR consiste nell'emissione di brevi ed intensi impulsi luminosi da parte di una sorgente laser la cui radiazione è opportunamente convogliata mediante un sistema ottico di collimazione della radiazione. Gli impulsi, dopo essere stati parzialmente assorbiti e retro-diffusi dagli aerosol e dalle molecole di aria o acqua presenti in atmosfera, sono indirizzati nuovamente verso la sorgente, dove un sistema di raccolta della radiazione ottica consente di misurare l'intensità del fascio luminoso di ritorno.

Dall'intensità del segnale di ritorno, è possibile ricavare utili informazioni circa le caratteristiche della colonna d'aria sovrastante lo strumento. In questo modo, ad esempio, è possibile individuare l'eventuale presenza di nuvole, banchi di nebbia o strati di aerosol di origine naturale o antropica. Fornendo inoltre la distribuzione verticale in quota dell'aerosol, il LIDAR è in grado di individuare la quota di tali oggetti (nubi o strati di aerosol) e anche di seguirne l'evoluzione spazio-temporale. Le informazioni ricavate da un LIDAR risultano dunque di fondamentale importanza per lo studio delle dinamiche di trasporto delle masse d'aria.

Altrettanto importante risulta essere la capacità del LIDAR di ricavare l'altezza dello Strato di Rimescolamento (MLH – Mixing Layer Height), determinato sfruttando il fatto che l'aerosol generato in prossimità del suolo costituisca un buon tracciante dello strato di mescolamento, essendo la sua diffusione dovuta ai moti turbolenti della bassa troposfera. L'interesse nei confronti dell'altezza del MLH è motivata dalle dirette ripercussioni che esso presenta nella definizione delle modalità di diluizione degli inquinanti immessi in atmosfera: un MLH basso implica scarsa capacità di dispersione degli inquinanti in atmosfera e quindi un incremento delle concentrazioni al suolo degli inquinanti, viceversa un alto MLH è in genere correlato a più basse concentrazioni.

I LIDAR della rete ILVA, posizionati come indicato in Fig. 1, sono prodotti dalla Jenoptik mod. CHM15k – Nimbus; il loro principio di funzionamento è basato sul principio fisico dello scattering elastico.

Fatto salvo quanto già esplicitato nella premessa al primo report di Agosto 2014 sull'utilizzo e analisi del segnale, gli obiettivi del presente documento sono due:

1. confronto dei segnali LIDAR con i risultati forniti da modelli previsionali (quali Hysplit e BSC-Dream8B) al fine di confermare il passaggio di polveri sahariane. Tale analisi è effettuata solo nei giorni per i quali la rete di centraline di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPA PUGLIA riconosce il passaggio di avvezioni sahariane sulla Regione Puglia e lo quantifica in base alla Direttiva sulla qualità dell'aria 2008/50/CE.
2. approfondimento dei giorni per i quali sono pervenute segnalazioni di eventi emissivi anomali. L'analisi effettuata in corrispondenza di questi giorni, tipicamente, consiste nella valutazione



ARPA PUGLIA
Agenzia regionale per la prevenzione
e la protezione dell'ambiente

Sede legale

Corso Trieste 27, 70126 Bari
Tel. 080 5460111 Fax 080 5460150
www.arpa.puglia.it
C.F. e P.IVA. 05830420724

2/11

DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

- dei segnali LIDAR a basse quote e nella valutazione dei rapporti reciproci tra segnali LIDAR, per evidenziare eventuali differenze tra segnali. In alcuni casi, l'approfondimento può prevedere la valutazione dell'andamento del parametro MLH per i giorni di interesse;
3. approfondimento sul valore del parametro MLH nel mese in esame.

1. Setting dei parametri

I risultati riportati di seguito sono stati ottenuti adoperando le seguenti impostazioni:

- **Segnali LIDAR**: i segnali sono espressi in forma logaritmica, sono normalizzati per la distanza (RCS - Range Corrected Signal) e sono soggetti a correzione alle basse quote per l'overlap. La scala temporale dei grafici che saranno mostrati è di tipo UTC; la scala spaziale varia a seconda dell'obiettivo da perseguire con l'analisi del segnale, ovvero 0-6 km per l'individuazione di avvezioni sahariane, e 0-1 km per l'approfondimento di giorni caratterizzati da eventi emissivi particolari. La scala di colore varia dal blu al rosso. I segnali sono mediati temporalmente su di un tempo pari a 2 minuti.
- **Modello di traiettorie Lagrangiano HYSPLIT** (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) della NOAA¹: al fine di valutare l'origine delle masse d'aria che hanno raggiunto il sito di ILVA nei periodi considerati, sono state considerate le traiettorie all'indietro a 5 giorni (120 ore) aventi come punto di arrivo il sito di misura. Nell'ambito del modello, sono stati utilizzati dati archiviati del tipo GDAS del NCEP, che hanno una risoluzione orizzontale di 1°× 1° e una risoluzione temporale di 3 ore. Per ogni giorno d'analisi, sono state calcolate 3 traiettorie giunte presso Taranto alle ore 12:00 UTC. Le traiettorie calcolate forniscono informazioni circa la posizione spaziale delle masse d'aria (coordinate geografiche e quota) con una risoluzione temporale di 12 ore. Le quote iniziali above-ground-level (AGL) prese in considerazione sono 750 m, 1500 m e 2500 m, che rappresentano le più probabili estensioni verticali del PBL convettivo nel dominio di interesse secondo quanto suggerito dalle linee guida europee².
- **Modello BSC-DREAM8b** (Dust REgional Atmospheric Model) elaborato dal Barcelona Supercomputing Center: basato su alcune pubblicazioni^{3 4 5}, il modello consente di

¹ R.R. Draxler, and G.D. Rolph, HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD. (2014)

² COMMISSION STAFF WORKING PAPER establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances attributable to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe (draft 15.02.2011)

³ C. Pérez et al. "Interactive dust-radiation modeling: A step to improve weather forecasts." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984–2012) 111.D16 (2006).

⁴ S. Basart et al. "Development and evaluation of the BSC-DREAM8b dust regional model over Northern Africa, the Mediterranean and the Middle East." *Tellus B* 64 (2012).

⁵ C. Pérez, Carlos, et al. "A long Saharan dust event over the western Mediterranean: Lidar, Sun photometer observations, and regional dust modeling." *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* (1984–2012) 111.D15 (2006).

DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

visualizzare in tempo reale la presenza in atmosfera di dust sahariano, effettuando previsione a sei ore della deposizione secca ed umida del dust nonché ricavandone il profilo di concentrazione verticale. In particolare, è stata utilizzata la versione operativa BSC-DREAM8b v2.0.



Fig. 1: Posizionamento dei tre sistemi LIDAR posti lungo il perimetro dello stabilimento industriale ILVA

2. Analisi relativa al mese di SETTEMBRE 2015

Nel mese di Settembre 2015, la rete di centraline di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPA Puglia ha rilevato la ricaduta al suolo di sabbie sahariane sul territorio regionale nei giorni 03-05 Settembre e 14-19 Settembre. Per tali periodi, si è provveduto ad analizzare il segnale LIDAR come riportato di seguito.

1. DUST NEL PERIODO 03-05 Settembre:

Analisi del segnale LIDAR e confronto con i modelli BSC BSC-DREAM8b e HYSPLIT

In Fig. 2 è mostrato, a titolo di esempio, il segnale prodotto dal sistema LIDAR3 AGGLOMERATO nei giorni 03 – 05 Settembre 2015. Le immagini LIDAR mostrano la presenza di una nube di aerosol che si estende al di sotto di quota 4 km a partire dalla serata del giorno 03 Settembre; durante il giorno successivo un nuovo strato di aerosol compare sempre ad una quota pari a circa 3 km e permane in atmosfera per tutto il giorno seguente, convergendo nello strato limite convettivo a partire dalla mattina del giorno 05 Settembre. Ciò comporta un incremento del segnale in prossimità del suolo,

DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

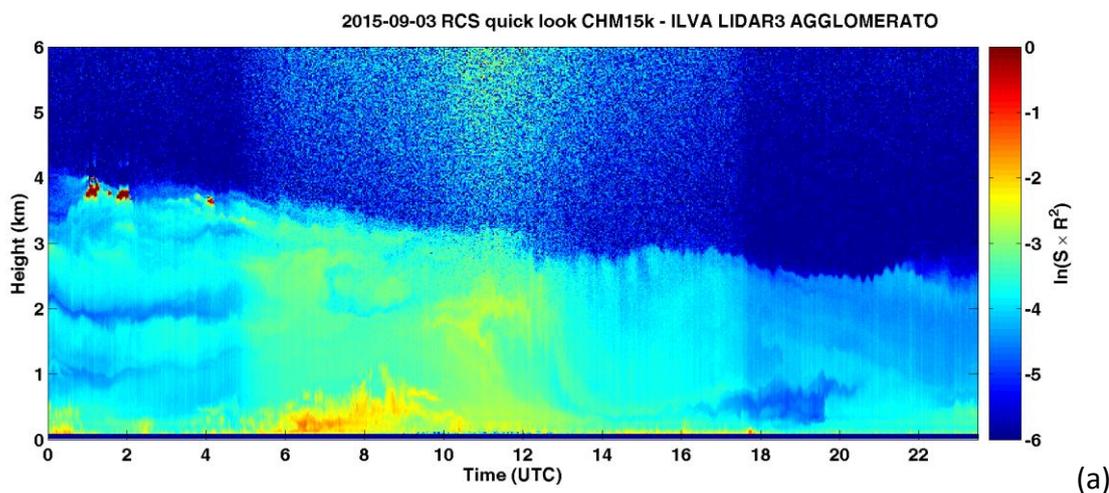
come indicato dagli aumenti locali di intensità (zone di colore rosso) nelle prime centinaia di metri dal suolo (Fig. 2 c).

Simulazioni effettuate mediante il modello BSC-DREAM8b (mostrate in Fig. 3), evidenziano la presenza di polvere sahariana sul territorio pugliese per tutto il periodo di interesse; il massimo di concentrazione di polveri desertiche è raggiunto nel giorno 05 Settembre, come confermato dalla regione di colore verde scuro sulla regione.

Le retro-traiettorie analitiche a 5 giorni delle masse d'aria giunte sul sito di Taranto alle ore 12:00 UTC nei giorni 03-05 Settembre 2015 (Fig. 4) mostrano che, secondo il modello, il capoluogo jonico è interessato da intrusione di polvere desertica alle due quote più alte dall'Africa Nord-Occidentale (in particolare dall'Algeria e dal Marocco) nei giorni 03-04 Settembre. Invece nel giorno 05 Settembre le masse d'aria a tutte e tre le quote di interesse provengono dall'Africa Settentrionale.

Confronto tra dati sperimentali e modelli

Il confronto tra segnale LIDAR e output dei modelli previsionali evidenzia il passaggio di un'incursione di polvere sahariana sul sito industriale nel periodo 03 – 05 Settembre, come confermato anche dai modelli previsionali esaminati.



DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari
 Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200
 E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it
 PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

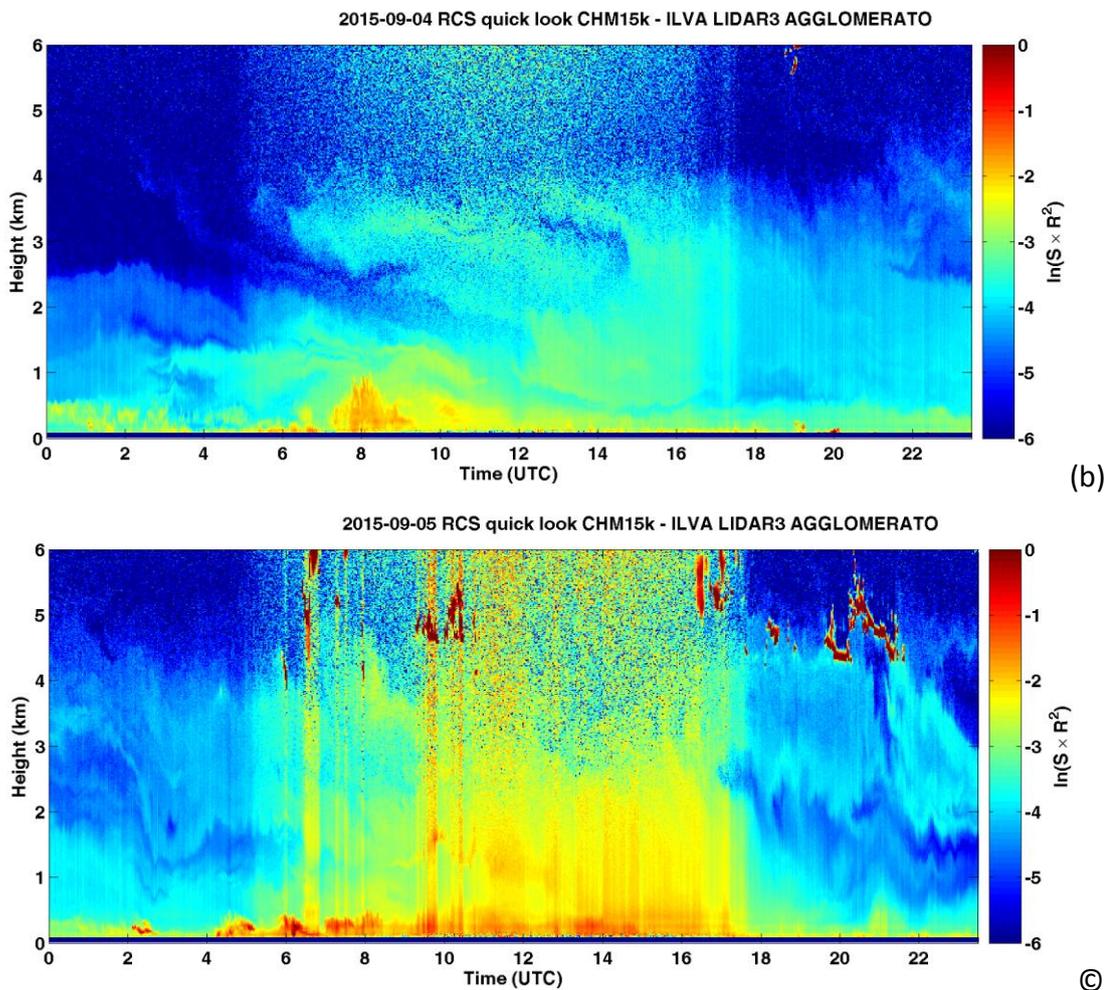


Fig. 2: Segnale prodotto dai sistemi LIDAR3 AGGLOMERATO nel periodo 03-05 SETTEMBRE 2015.

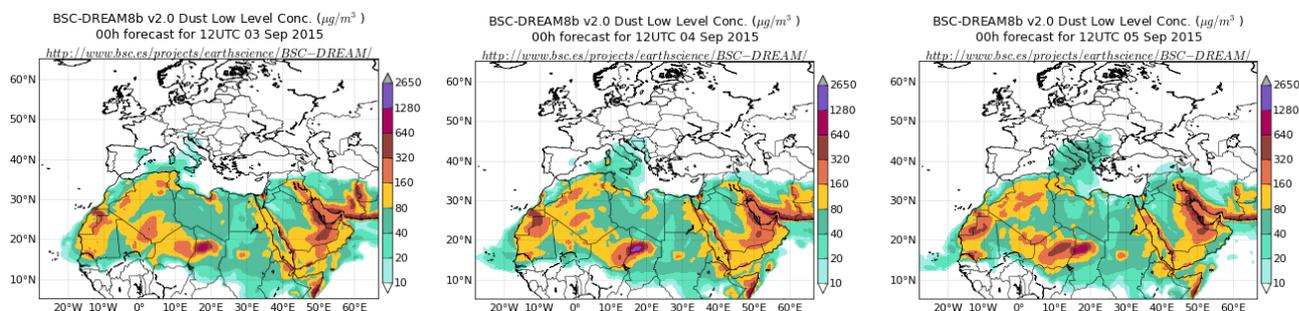


Fig. 3: Mappa della concentrazione di polveri sahariane prodotta dal modello BSC-DREAM8b, in relazione alle ore 12:00 UTC dei giorni 03-05 Settembre 2015. Immagini prodotte dal modello BSC-DREAM8b (Dust Regional Atmospheric Model), elaborato dal Barcelona Supercomputing Center (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/BSC-DREAM/>).

DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

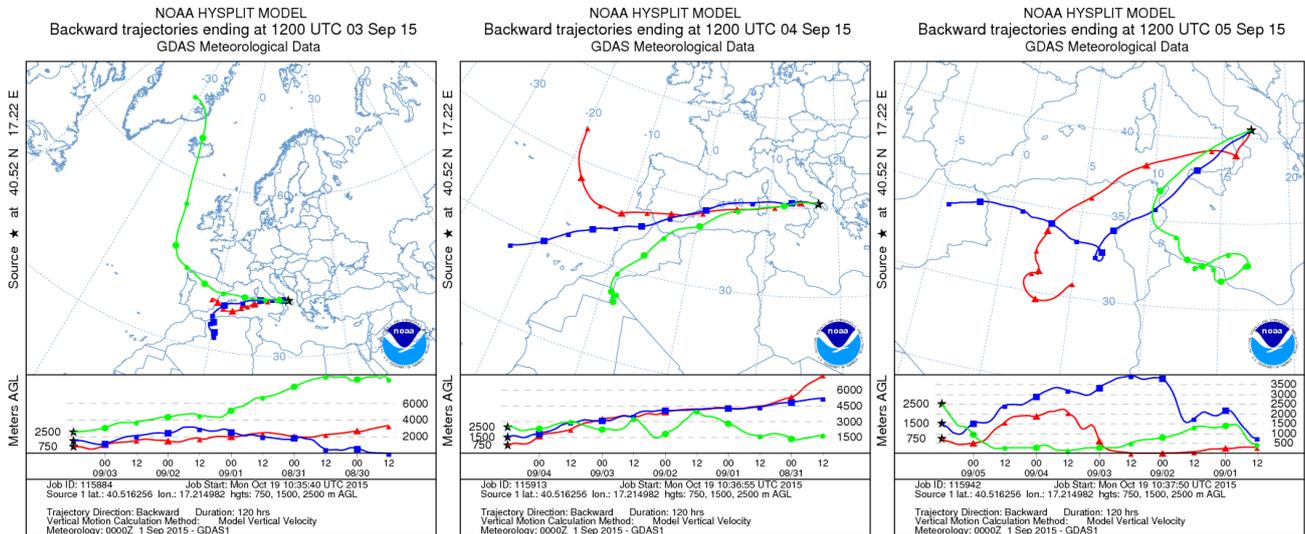


Fig. 4: Retro-traiettorie analitiche di 5 giorni relative alle ore 12:00 UTC dei giorni 03 – 05 Settembre 2015 sul sito di Taranto calcolate con il modello Hysplit.

2. DUST NEL PERIODO 14-19 Settembre:

Analisi del segnale LIDAR e confronto con i modelli BSC BSC-DREAM8b e HYSPLIT

In Fig. 5 (a-f) è mostrato, a titolo di esempio, il segnale prodotto dal sistema LIDAR3 AGGLOMERATO nei giorni 14 – 19 Settembre 2015.

Le immagini LIDAR mostrano la presenza di due strati di aerosol che si estendono in corrispondenza delle quote 3 km e 4 km nel giorno 14 Settembre (regione di colore giallo – celeste in Fig. 5 (a)). A partire dal giorno 16 Settembre, il segnale mostra la comparsa di un nuovo strato di aerosol che si estende dal suolo fino a quota 3 km e che permane in atmosfera fino al giorno 19 Settembre, come indicato dall'ampia regione di colore giallo-verde-celeste presente in Fig. 5 (d-e-f). Negli stessi giorni, è evidente l'intensificarsi dell'intensità del segnale in prossimità del suolo, come confermato dalla presenza di regioni di colore rosso nelle prime centinaia di metri dal suolo in Fig. 5 (d-e-f).

In particolare, il forte incremento del segnale in prossimità del suolo evidente nelle prime ore (intervallo orario 00:00 – 08:00 UTC) dei giorni 16-17 Settembre può plausibilmente essere attribuito alla presenza di elevati livelli di umidità a basse quote, come confermato dai valori misurati dalla centralina meteo posizionata a Taranto appartenente alla rete meteo di ARPA Puglia (dati scaricabili dal link <http://www.arpa.puglia.it/web/guest/serviziometeo>). Il valore massimo di umidità rilevato dal tale centralina per il mese di Settembre (95%) è stato infatti raggiunto in corrispondenza delle ore 05:00 UTC del giorno 17 Settembre. La presenza di valori elevati di umidità può aver indotto l'aumento del segnale luminoso retrodiffuso dalle gocce di acqua o vapore acqueo, introducendo dunque un fattore confondente ai fini dell'individuazione di strati di aerosol di origine naturale.

DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

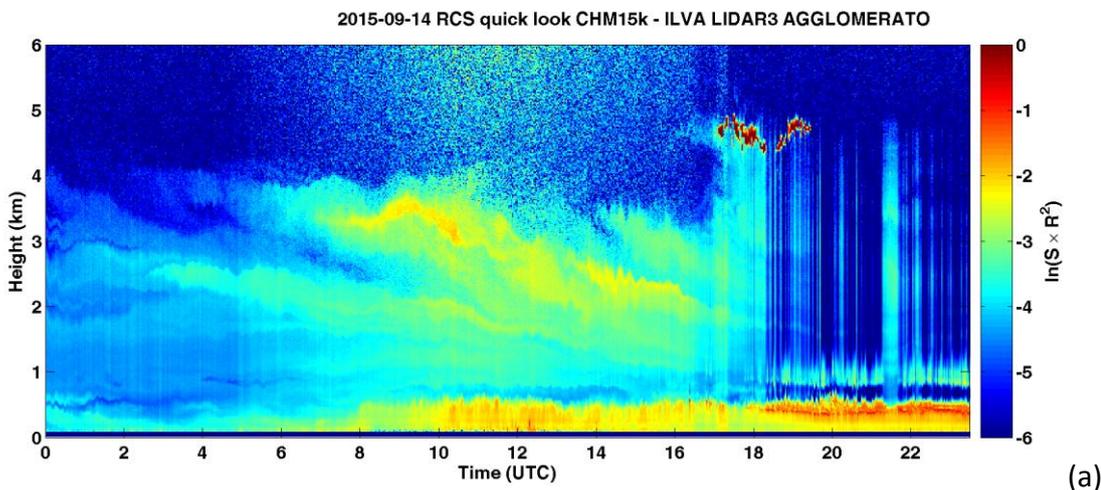
PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

Simulazioni effettuate mediante il modello BSC-DREAM8b (mostrate in Fig. 6), evidenziano la presenza di polvere sahariana sul territorio pugliese per tutto il periodo di interesse.

Le retro-traiettorie analitiche a 5 giorni delle masse d'aria giunte sul sito di Taranto alle ore 12:00 UTC nei giorni 14-19 Settembre 2015 (Fig. 7) mostrano che, secondo il modello, il capoluogo jonico è interessato da intrusione di polvere per tutto il periodo di interesse. In particolare, è possibile osservare l'alternanza tra giorni (15,17,19 Settembre) in cui le retro-traiettorie ad una o più quote lambiscono appena le coste del continente africano, e giorni (14,16,18) in cui le masse d'aria provengono in modo più evidente dall'Africa Nord-Occidentale. Il giorno 16 Settembre, in particolare, le retro-traiettorie a tutte e tre le quote presentano provenienza desertica.

Confronto tra dati sperimentali e modelli

Il confronto tra segnale LIDAR e output dei modelli previsionali evidenzia il passaggio di una rilevante avvezione sahariana sul sito industriale nel periodo 14 - 19 Settembre. L'osservazione degli incrementi di intensità del segnale LIDAR in prossimità del suolo suggeriscono la presenza di significative ricadute al suolo soprattutto per i giorni 18-19 Settembre, come confermato anche dalle rilevazioni della rete di centraline di monitoraggio della qualità dell'aria di ARPA PUGLIA visualizzabili al link <http://www.arpa.puglia.it/web/guest/qariaing> per il sito di Taranto.



DIREZIONE SCIENTIFICA

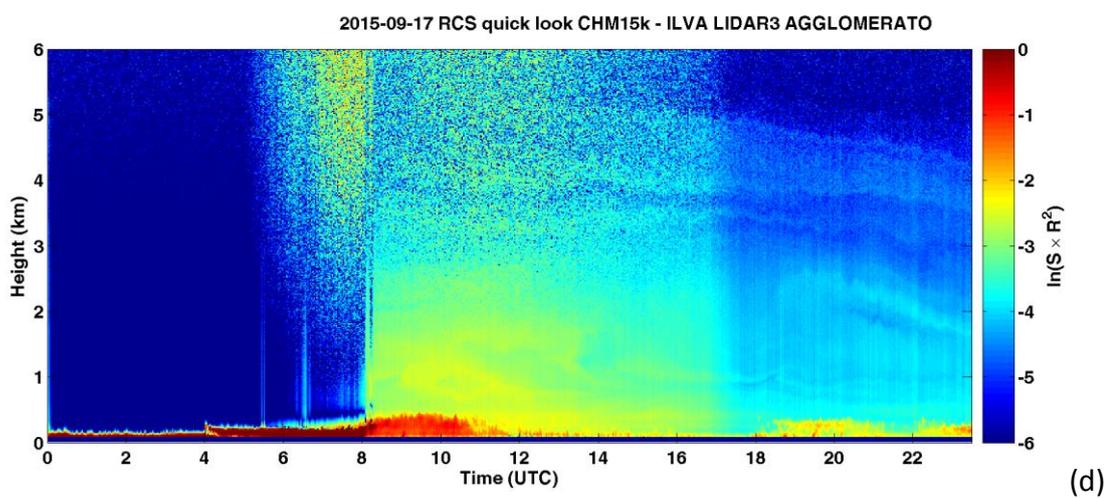
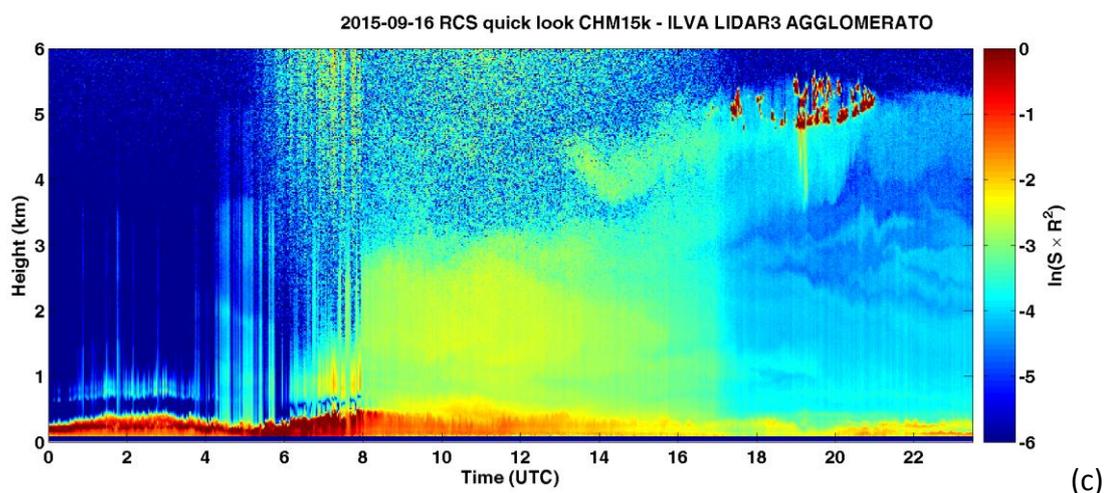
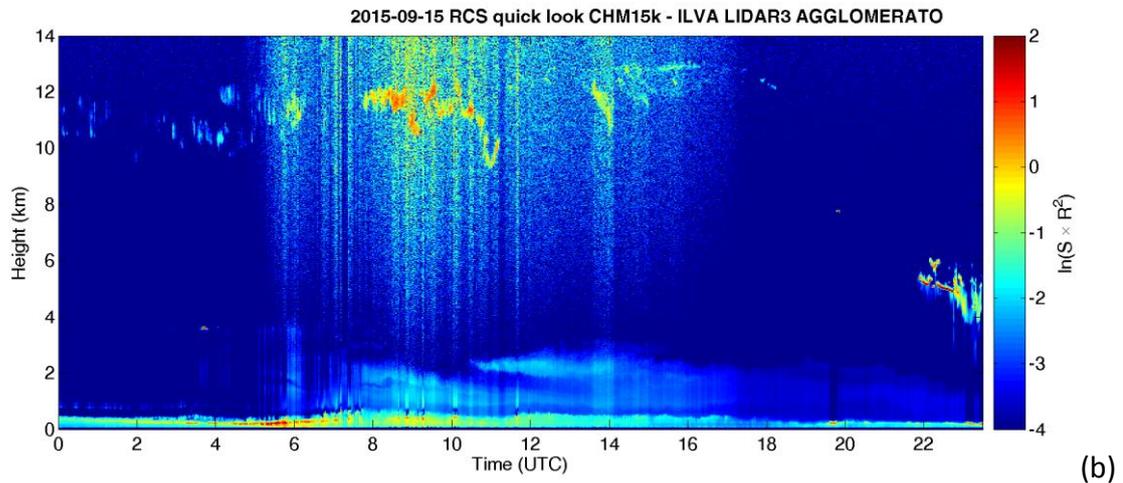
U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it



DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

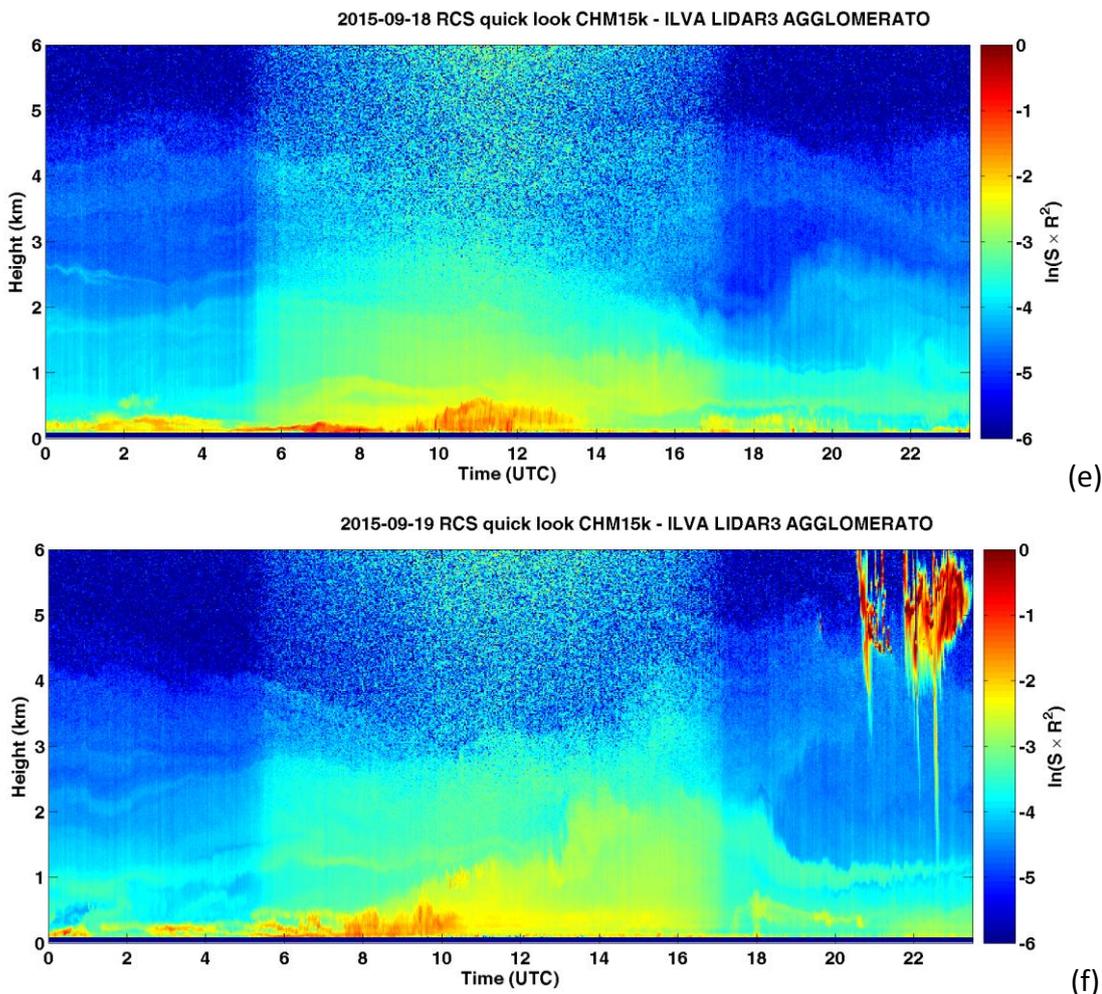
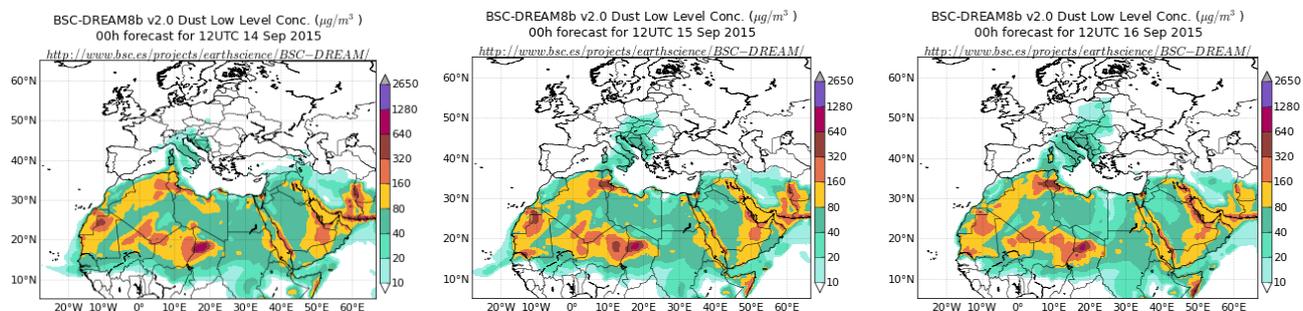


Fig. 5: Segnale prodotto dai sistemi LIDAR3 AGGLOMERATO nel periodo 14-19 SETTEMBRE 2015.



DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

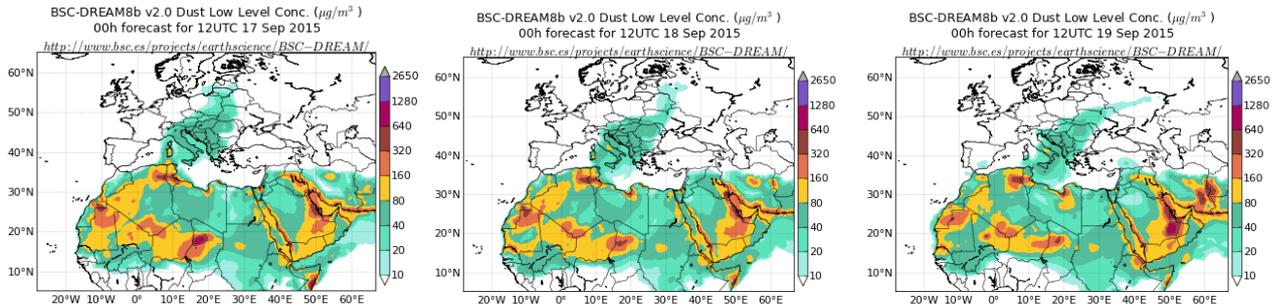


Fig. 6: Mappa della concentrazione di polveri sahariane prodotta dal modello BSC-DREAM8b, in relazione alle ore 12:00 UTC dei giorni 14-19 Settembre 2015. Immagini prodotte dal modello BSC-DREAM8b (Dust REgional Atmospheric Model), elaborato dal Barcelona Supercomputing Center (<http://www.bsc.es/projects/earthscience/BSC-DREAM/>).

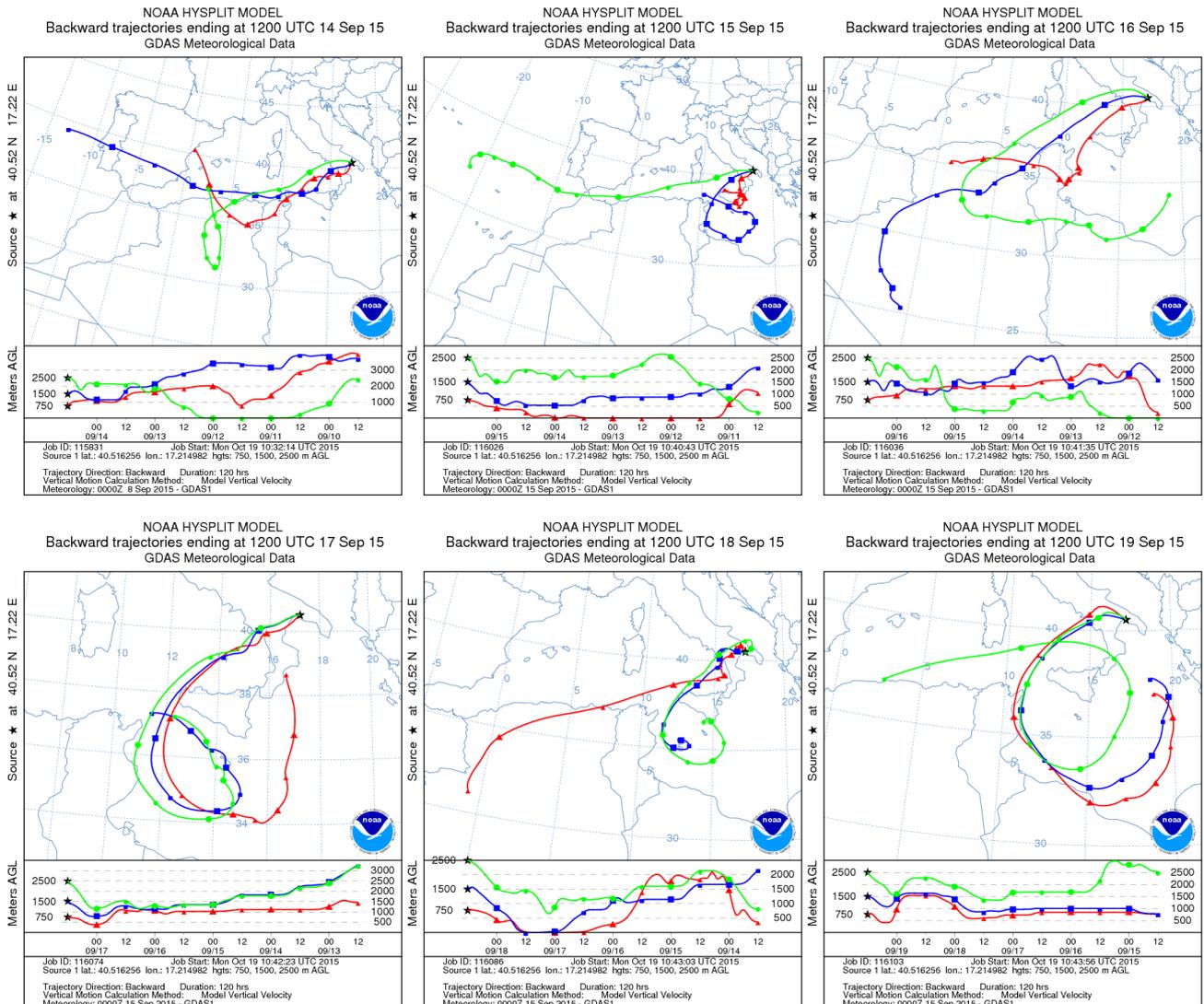


Fig. 7: Retro-traiettorie analitiche di 5 giorni relative alle ore 12:00 UTC dei giorni 14 – 19 Settembre 2015 sul sito di Taranto calcolate con il modello Hysplit.

DIREZIONE SCIENTIFICA

U.O.S. Agenti Fisici

Corso Trieste 27, 70126 Bari

Tel. 080 5460 306 Fax 080 5460200

E-mail: a.guarnieri@arpa.puglia.it

PEC: agenti.fisici.arpapuglia@pec.rupar.puglia.it

3. Valutazioni sullo strato di rimescolamento (MLH)

Il parametro MLH_{max} è stato ricavato a partire dal segnale LIDAR1 DIREZIONE mediante un algoritmo semi-automatico sviluppato nell'ambito della convenzione in corso tra ARPA Puglia ed il ISAC – CNR. I risultati preliminari sono mostrati in Fig. 8. Si sottolinea come tali valutazioni possano essere effettuate solo in presenza di cielo pulito oppure in presenza di sporadiche nubi/nebbie/precipitazioni/avvezioni nel corso della giornata. In caso contrario, non è possibile stimare il parametro MLH.

I valori medio e mediano del parametro MLH_{max} relativamente al mese in esame sono rispettivamente pari a 1145 m e 1240 m. Dalla valutazione sono stati esclusi i giorni 04-05-09-15 (per i motivi di cui sopra) e 21-09-15 (a causa della parziale indisponibilità dei dati causata da un malfunzionamento di tipo elettrico).

È possibile osservare che i giorni caratterizzati da un valore di MLH_{max} basso, ovvero i giorni 03-04-14-15-16-17-18 Settembre, rientrano nei due episodi di avvezione sahariana individuati dal Centro Regionale Aria di ARPA Puglia e confermati dalle osservazioni effettuate dalla rete LIDAR. Ciò può essere spiegato considerando che la presenza di un'avvezione di aria più calda sopra uno strato di aria a temperatura inferiore ostacola i moti verticali e quindi il rimescolamento che solitamente avviene nello strato limite planetario, creando una condizione di stabilità atmosferica con conseguente diminuzione dell'estensione in quota del MLH.

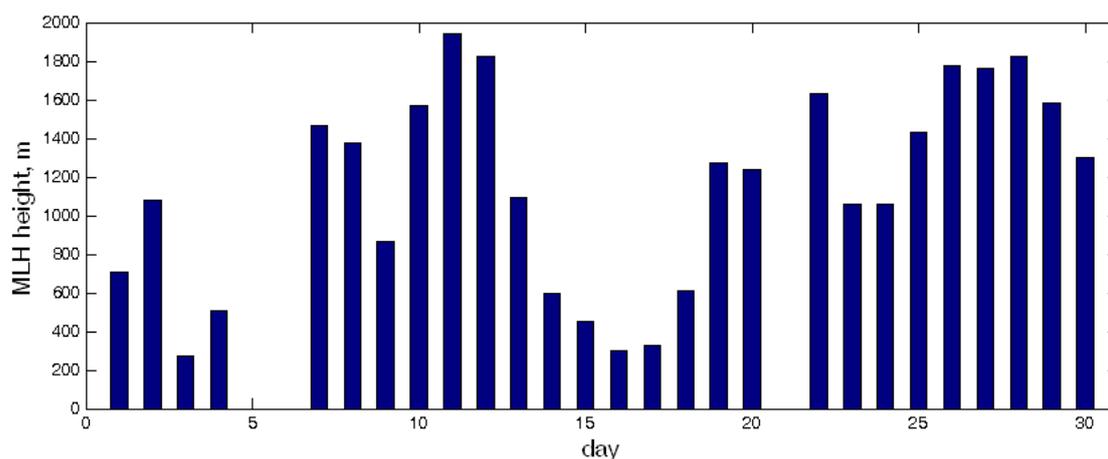


Fig. 8: Valore massimo dello Strato di Rimescolamento giornaliero per il mese di Settembre 2015.