



LIFE10 ENV/IT/000391

Beneficiario coordinatore:

ISAC-CNR

(Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Scienze dell'Atmosfera e
del Clima di Roma)

Tel.: (+39) 06/49934343

Fax: (+39) 06/45488-291/323

E-mail: g.gobbi@isac.cnr.it

project.office@diapason-life.eu

Sito web: www.diapason-life.eu

Beneficiari Associati:

Arpa Lazio; Leosphere; Jenoptik-
ESW (Partner fino al 31/03/2013)

Durata: 30/09/2011 - 30/08/2015

Budget complessivo: 1.893.498 €

Cofinanziamento EU: 893.799 €

PROGETTO “Osservazioni dell'impatto della sabbia del deserto sulla qualità dell'aria attraverso sensori avanzati e modelli-operativi”

Nelle regioni Europee affacciate sul Mediterraneo la sabbia proveniente dal Sahara spesso rappresenta una frazione rilevante della massa di materiale particolato sospeso in aria, comunemente misurato come PM10. Ciò può causare superamenti (sia nella media giornaliera che nel numero massimo di eccedenze in un anno) dei valori limite di PM10 stabiliti dalla Direttiva europea sulla Qualità dell'Aria 2008/50/EC. Tale Direttiva prevede la possibilità di sottrarre dal computo i contributi naturali, a patto di dimostrarne l'origine e valutarne l'entità.

Il progetto Diapason ha lo scopo di contribuire a migliorare gli strumenti attualmente previsti da specifiche Linee Guida della Commissione Europea (EC, 2011) per stimare il contributo di sabbie sahariane ai contenuti di PM10.

Punto cardine della metodologia Diapason è lo sviluppo (tramite partners industriali) e l'uso di nuovi strumenti di telerilevamento (Polarization Lidar-Ceilometers, PLCs) per rilevare la reale presenza e la quota del particolato minerale sulla verticale del sito di misura. Area pilota del “sistema” Diapason” oggetto di dimostrazione è la città di Roma nella quale tre diverse stazioni dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (Arpa Lazio) sono state ulteriormente attrezzate con strumentazione PLC, e vengono utilizzate per descrivere il campo delle particolato sovrastante la città.

IL QUADRO GENERALE

Fin dalle descrizioni di Omero e Cicerone, quello della “pioggia rossa” è un fenomeno ricorrente nella storia europea. La “pioggia rossa” (ma spesso anche gialla) altro non è che la manifestazione della ricaduta di sabbie trasportate da regioni aride (quasi sempre dal Sahara) fino a noi. Naturalmente si tratta della sabbia più fine, grande qualche millesimo di millimetro (Figura 1).

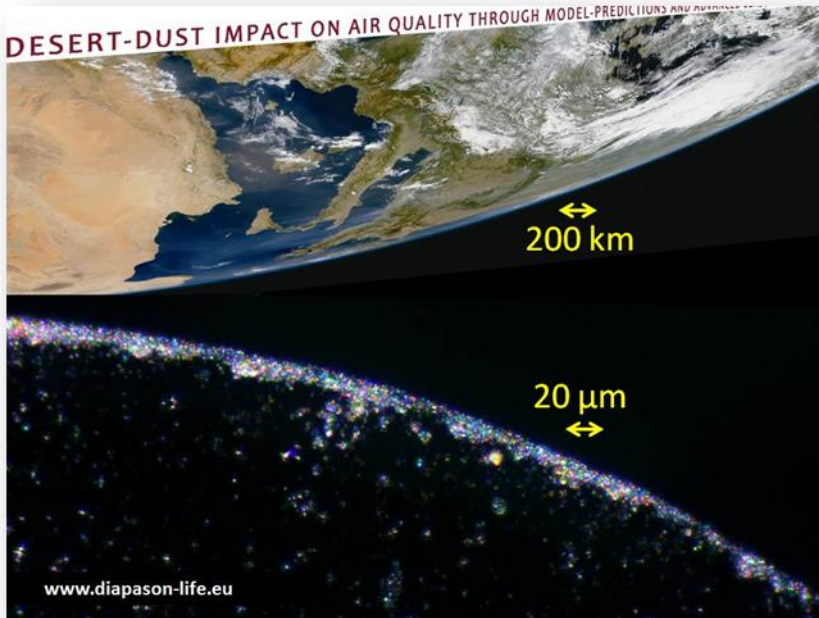


Fig. 1 A fianco un'immagine presa dalla stazione spaziale internazionale che mostra il trasporto (avvezione) di sabbia da Sahara verso l'Italia e la relativa scala dimensionale (Foto: NASA). In basso la foto presa al microscopio ottico di una goccia di pioggia (circa 1 mm in diametro) caduta durante l'avvezione sahariana del 23-5-2014 (Fig.4) e contenente una varietà di granelli di sabbia con dimensioni tra 1 e 20 micron (μm o millesimi di millimetro) (Foto: Gobbi).

Insieme con Spagna e Grecia, l'Italia è uno dei paesi europei più interessati da questi fenomeni. Ad esempio, la nube di sabbia che ha attraversato l'Italia da sud a nord nel Febbraio 2014, è stata osservata scendere su Roma aumentando di oltre $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il livello del PM10. La polvere minerale ha poi raggiunto e scavalcato le Alpi, arrivando fino a Monaco di Baviera. Il trasporto è stato così intenso che ancora a Marzo le nevi delle Dolomiti del Brenta (Trentino) presentavano un colore rosso mattone (Figura 2a) e, una volta sciolte, rivelavano la presenza dei granelli africani (Figura 2b).

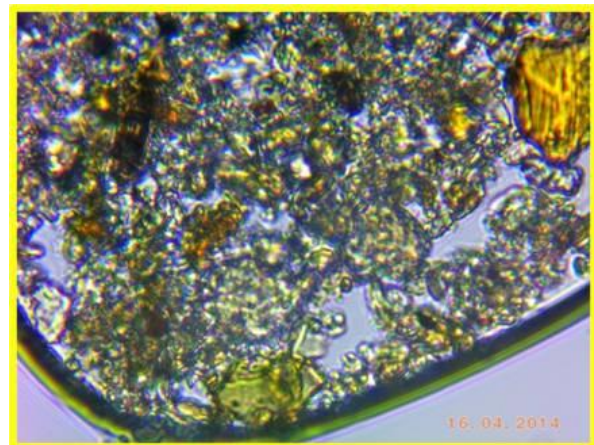


Fig. 2. a) Neve “rossa” sulle Dolomiti di Brenta nel marzo 2014 (Foto: Gobbi). Fig. 2b) Immagine al microscopio ottico dei granelli contenuti nella neve (i più grandi hanno diametri di circa 20 micron) (Foto: Gobbi).

Roma è una delle città italiane nelle quali il trasporto a lunga distanza delle sabbie sahariane, sommandosi al già alto tenore locale di “polveri fini”, concorre ad aumentare i valori giornalieri del PM10 ed il numero di “sforamenti” dei livelli soglia fissati dalla Direttiva Europea 2008/50/EC (limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ della media giornaliera del PM10, da superare per un numero massimo di 35 giorni l’anno e media annuale massima di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La Direttiva consente però di detrarre da tali valori i contributi ‘dimostrati’ come di origine naturale. E’ quindi importante individuare e quantificare tali avvezioni di polveri tramite l’uso di tecniche operative semplici e attendibili.

Nel caso della sabbia sahariana, le attuali Linee Guida Europee per l’applicazione della Direttiva propongono una procedura specifica per identificarne la presenza e sottrarne il contributo al PM10 misurato. Tale procedura, in larga parte basata su studi eseguiti in Spagna (Escudero et al., 2007; Querol et al., 2009), combina misurazioni *in situ* di PM10 con informazioni ancillari desunte dal campo meteorologico (es. carte sinottiche e retro-traiettorie), da modelli di previsione e da osservazioni satellitari. Questa metodologia valuta dunque la presenza di polveri sahariane sui siti di misura sulla base di previsioni modellistiche ed indicazioni indirette, piuttosto che su reali osservazioni della presenza di polveri minerali al suolo. Il progetto Diapason si propone di migliorare le attuali Linee Guida europee ovviando a queste limitazioni attraverso lo sviluppo di nuove metodologie osservative ed analitiche. In particolare, al centro del progetto Diapason è lo sviluppo e l’uso di strumenti di telerilevamento specificatamente destinati ad un uso operativo in questo campo (i già menzionati Polarization Lidar-Ceilometers, PLC).

METODI e RISULTATI

Come mostrato in Figura 1, le osservazioni da satellite sono utili nel registrare la propagazione orizzontale delle nubi di polvere originate nel Sahara (e.g., Barnaba e Gobbi, 2004), ma non sono in grado di valutarne la quota, quindi se la nube ha realmente effetto sul PM10 al suolo. Questa informazione è invece fornita efficacemente dai lidar a polarizzazione, “radar laser” capaci di rilevare, in funzione della quota, la presenza di particolato sferico e non sferico (e.g., Gobbi et al., 2000).

Al momento della presentazione della proposta DIAPASON, la gran parte dei lidar a polarizzazione in uso era rappresentata da strumenti non operativi, costosi e principalmente rivolti alla ricerca. La possibilità di produrre lidar a polarizzazione economici e operativi e di disseminarli sul territorio rappresentava quindi un mutamento radicale nel rilevamento e nella stima delle concentrazioni del particolato atmosferico. Dimostrazione di questa potenzialità era l’eccezionale “mappatura” del viaggio in atmosfera delle ceneri del vulcano islandese Eyjafjalla effettuata dalla rete di lidar-ceilometers del Servizio Meteorologico tedesco nel 2010 (Flentje et al., 2010). Se quei sistemi avessero avuto anche una sensibilità alla polarizzazione sarebbero stati in grado di indicare anche un “peso relativo” tra la frazione solida e quella liquida (sferica) della nube vulcanica. Tra gli obiettivi cardine di DIAPASON figurava quindi quello di sviluppare per la prima volta lidar a polarizzazione economici e operativi, appunto i *polarization lidar ceilometers (PLC)*.

Per raggiungere i suoi obiettivi DIAPASON integra l'esperienza di un'agenzia per il monitoraggio della qualità dell'aria (ARPA Lazio), di industrie operanti nello sviluppo di Lidar-Ceilometers (la tedesca JENOPTIK-ESW in una prima fase, e successivamente la francese Leosphere SA) e di un gruppo di ricerca dell'ISAC-CNR con esperienza nel campo del monitoraggio delle avvezioni sahariane sia mediante lidar a polarizzazione "da ricerca" che da satellite. Nel passato recente, tali osservazioni hanno permesso di caratterizzare l'impatto delle avvezioni sahariane sul PM10 misurato a Roma nel periodo 2001-2004 (Gobbi et al., 2013). Quello studio, preliminare a DIAPASON, ha mostrato che il 29% dei giorni dell'anno è interessato dal transito sopra la città di nubi di sabbia sahariana che raggiunge il suolo nel 18% dei giorni. La durata media delle avvezioni osservate è stata di 3 giorni, con una separazione, nei mesi non invernali, di 7 giorni. Lo sviluppo verticale tipico di queste nubi di polvere va da 0 a 6 km di altezza, con baricentro a circa 3 km. L'incremento medio del PM10 associato alle avvezioni sahariane di questo periodo è stato di circa $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Per queste avvezioni sahariane è stata inoltre dimostrata l'esistenza di una associazione con i casi di ospedalizzazione e di mortalità registrati a Roma nello stesso arco di tempo (Mallone et al., 2011, Alessandrini et al. 2013).

Dopo la realizzazione dei primi PLC, la fase dimostrativa di DIAPASON è stata condotta nell'area metropolitana della città di Roma tramite una rete di tre stazioni operative h24 (Figura 3). Ciascuna di queste stazioni include sia un PLC, che una centralina di monitoraggio della qualità dell'aria e una stazione micro-meteorologica di ARPA Lazio. Le osservazioni sono riportate giornalmente sul sito del progetto (www.diapason-life.eu)

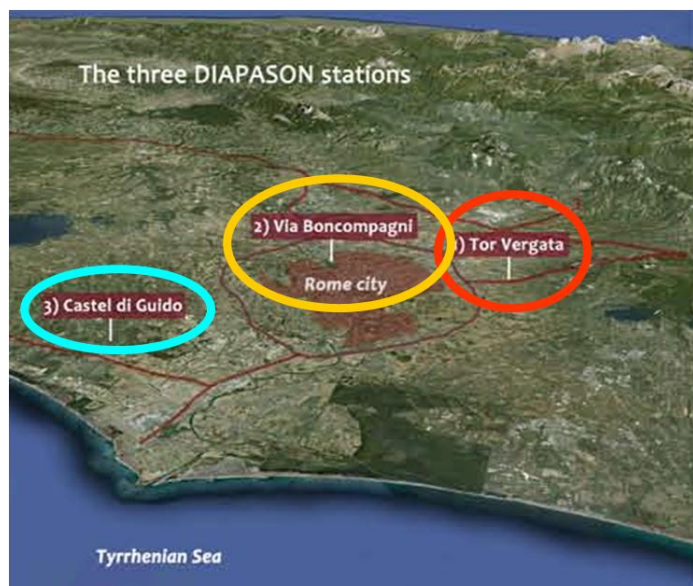


Fig. 3. Le tre stazioni DIAPASON sono posizionate a circa 15 km una dall'altra ed in condizioni ambientali di tipo "Background regionale" (Castel di Guido), "Urbano" (Via Boncompagni) e "Suburbano" (Tor Vergata). A destra una foto del PLC installato a Castel di Guido (Foto: Di Liberto).

La posizione geografica di Roma offre il duplice vantaggio di essere: 1) situata nel Mediterraneo Centrale (in direzione delle regolari ondate di sabbia dal Sahara), e 2) molto influenzata dalle emissioni inquinanti antropiche provenienti dalla città stessa.

Le osservazioni PLC su cui si basa l'analisi DIAPASON sono in corso in maniera continuativa h24 dal 1-10-2013, un esempio è riportato in Figura 4. Qui è illustrata l'avvezione sahariana avvenuta tra il 20

ed il 25 maggio 2014. I pannelli “a” e “c” riportano il segnale PLC totale mentre in “b” e “d” è raffigurato il coefficiente di depolarizzazione del particolato (l’informazione nuova generata da DIAPASON), il tutto in funzione della quota (tra 0 e 6 km).

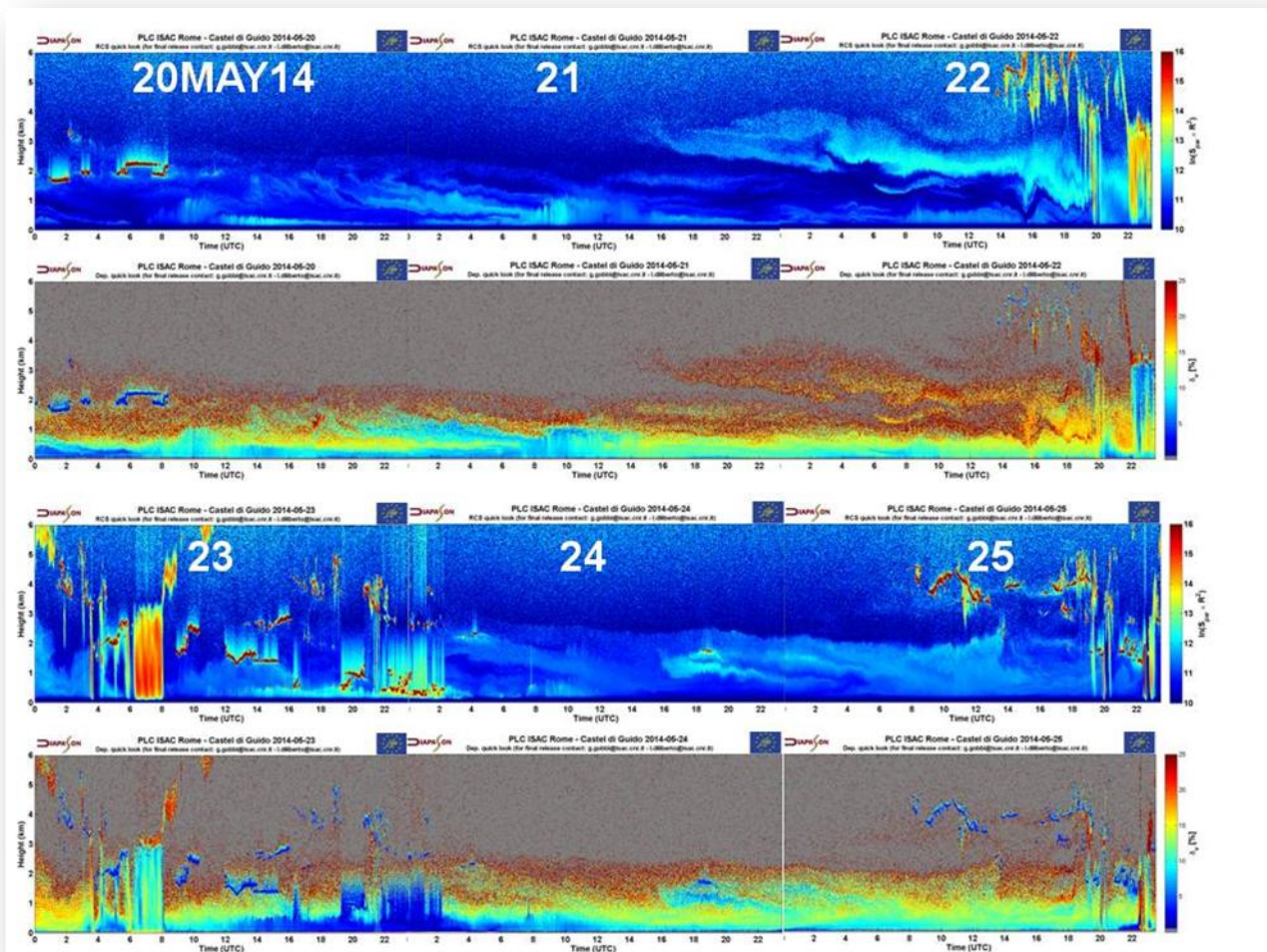


Fig. 4. La prima e la terza immagine (pannelli “a” e “c”) riportano il segnale PLC totale osservato dal PLC di Castel di Guido tra il 20 ed il 25 maggio 2014, nel corso di una importante avvezione sahariana. La seconda e la quarta immagine (pannelli “b” e “d”) mostrano il corrispondente rapporto di depolarizzazione, il tutto in funzione della quota (tra 0 e 6 km). L’arrivo e la posizione in quota della nube di sabbia sahariana sono ben identificati dall’aumento, a partire dal pomeriggio del 21 maggio, della depolarizzazione tra i 2 e i 4km di quota. Nubi liquide e precipitazioni sono identificati dall’aumento del segnale totale e dalla diminuzione della depolarizzazione (Foto: Di Liberto).

L’arrivo e la posizione della nube di sabbia sahariana sono ben identificati dall’aumento, nel pomeriggio del 21 maggio, della depolarizzazione tra i 2 e i 4km di quota. Ciò è dovuto al fatto che le particelle non sferiche generano depolarizzazioni del 20-40% mentre quelle sferiche hanno depolarizzazione nulla. La nube di polvere scende poi di quota e raggiunge il suolo nel corso della giornata del 22 maggio (il PM10 quel giorno è salito a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le precipitazioni che avvengono tra le 6 e le 8 del 23 maggio (segnale rosso tra 0 e 3 km nel pannello c), ne rimuovono buona parte nel corso di quella giornata (di quella pioggia faceva parte la gocciolina della foto in Figura 1) ma gli alti valori della depolarizzazione osservati al suolo nei giorni seguenti rivelano la persistenza dell’avvezione anche il 24 ed il 25 di maggio. Queste immagini mostrano bene come l’identificazione

della presenza del particolato depolarizzante (sabbie) non sarebbe stata possibile mediante i Lidar-Ceilometers esistenti prima dell'avvio di DIAPASON. Questi avrebbero infatti fornito le sole misure dei pannelli (a) e (c).

Tra le indicazioni che il progetto sta fornendo rientrano anche quelle relative all'impatto della meteorologia nel modulare il "carico" di polveri desertiche, quindi sull'importanza dell'includere i parametri meteo nelle future Linee Guida europee. Un secondo tema di rilievo a cui DIAPASON sta lavorando è quello della scelta delle stazioni di "background", richieste dalle Linee Guida attuali: DIAPASON suggerirà di non considerare più solo siti remoti, ma di valutare l'apporto sahariano in tutti i siti di monitoraggio disponibili nella rete di qualità dell'aria. Infine DIAPASON suggerirà quali delle informazioni richieste dalle attuali linee guida sono state riscontrate come realmente importanti nell'identificazione degli eventi sahariani. Tutti questi risultati sono resi possibili sia dall'impegno del team DIAPASON che dalle attività di "Networking" con istituzioni quali il Max Plank di Mainz e l'INFN di Firenze che hanno contribuito in modo sostanziale alle campagne intensive di misura previste dal progetto.

CONCLUSIONI

Il progetto LIFE+ DIAPASON mira a tradurre i risultati di misurazioni da strumentazione innovativa, integrate con modelli previsionali, in metodologie operative ed economiche, fruibili da agenzie di qualità dell'aria e finalizzate a identificare condizioni di trasporto di particolato non "locale" e caratterizzarne posizione e tipologia. Queste metodologie sono e saranno facilmente trasferibili sia su scala nazionale che nei paesi europei che devono affrontare simili problemi ambientali. Come valore aggiunto, l'impiego dei PLC sviluppati all'interno del progetto DIAPASON permetterà di rilevare e monitorare anche avvezioni di altri tipi di particolato quali ceneri vulcaniche, spray marino o nubi da incendi, anch'esse considerate nella legislazione europea come "detraibili" all'atto di valutare la corrispondenza dei carichi di PM10 di una località con i limiti di legge. Infine, la capacità di questi strumenti di rilevare anche l'altezza dello "strato mescolato" (altezza di dispersione degli inquinanti) ne consoliderà, verosimilmente, l'impiego come indispensabili strumenti di monitoraggio ambientale.

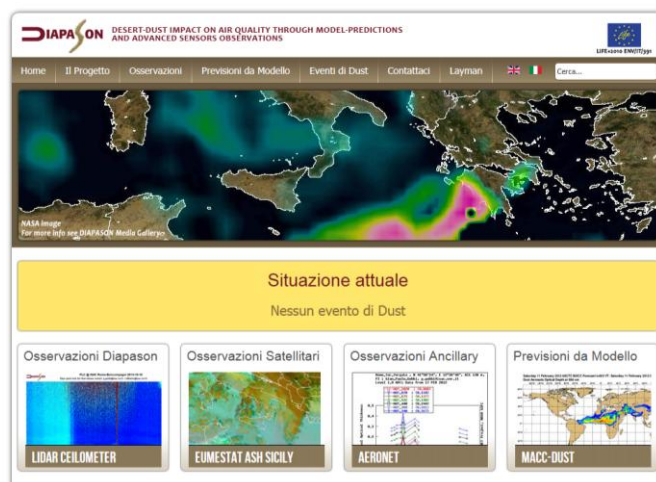


Fig. 5 La schermata "Home" del sito web del progetto