

**VALUTAZIONE DEL CONTRIBUTO DI ORIGINE SAHARIANA ALLE
CONCENTRAZIONI DI PM₁₀ MISURATE NELLE STAZIONI DI
MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA IN ITALIA, NEGLI
ANNI 2007-2012.**

Gennaio 2014

ISPRA

Istituto Superiore per la Prevenzione e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Stato dell'Ambiente e Metrologia Ambientale

Servizio Monitoraggio e Prevenzione degli Impatti sull'Atmosfera

Coordinatore: *Caricchia A.M.*

Autori: *Crocetti S., Di Menno di Bucchianico A., Gaeta A., Leone G., Taurino E.*

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dr. Jose Maria Baldasano e la Dr. Sara Basart del Barcelona Supercomputing Center, che gestiscono il modello BSC-DREAM8b (www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM) e che gentilmente hanno fornito ad ISPRA, per tutti gli anni dal 2007 al 2012, dopo re-analisi delle informazioni meteorologiche, le concentrazioni orarie di PM₁₀ calcolate su un dominio comprendente l'Italia con maglia pari a 30 x 30 km².

Si ringrazia il Dr. A. Bolignano, il Dr. R. Sozzi e il Dr. M. Morelli di ARPA Lazio per le utili indicazioni per l'acquisizione dei dati DREAM e per il confronto sui risultati della fase di identificazione degli eventi sahariani per la regione Lazio.

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. INTRODUZIONE.....	6
3. METODOLOGIA.....	7
3.1 Individuazione delle stazioni in superamento e “candidate” di riferimento	7
3.2 Identificazione degli eventi sahariani.....	7
3.3 Scelta della stazione di riferimento	13
3.4 Quantificazione del contributo sahariano	14
4. RISULTATI.....	17
5. CONSIDERAZIONI.....	18

1. PREMESSA

La Convenzione MATTM–DSA ISPRA del 29/12/2006, avente per oggetto “Supporto tecnico scientifico alla DSA all’elaborazione di linee guida e indirizzi metodologici”, nell’ambito della Linea di attività: “Qualità dell’aria e Mobilità sostenibile”, Attività 2 “Valutazione della qualità dell’aria” prevede la “Valutazione del contributo naturale PM₁₀” e descrive l’attività come segue: Attività di ricognizione di metodologie per la valutazione del contributo di eventi di trasporto di sabbie sahariane alle concentrazioni atmosferiche di PM₁₀, finalizzato alla predisposizione di una metodologia nazionale condivisa nell’ambito del Coordinamento ex art. 20 del D.Lgs. 155/2010. La metodologia sarà applicata, per ogni singola regione, alla valutazione del contributo alle concentrazioni del PM₁₀, misurate con riferimento al 2010 e ai precedenti anni (fino al 2005) per i quali sarà possibile reperire i dati.

Successivamente è stato deciso, in accordo con il MATTM, di non procedere alla stima del contributo sahariano per gli anni meno recenti sui quali inizialmente era previsto lavorare e di sostituirli con anni più recenti, inizialmente non previsti: gli anni 2005 e 2006 sono stati sostituiti con il 2011 e 2012. La decisione di privilegiare anni più recenti rispetto ad anni più lontani è sostenuta da due importanti motivazioni: le informazioni necessarie per la stima sono più scarse negli anni più meno recenti e conseguentemente i risultati meno accurati e completi rispetto alla stima su anni più recenti; inoltre la valutazione del contributo sahariano sugli anni più recenti (in particolare il 2012) è al momento molto rilevante nell’ambito dell’EU Pilot 4915/137ENVI aperto verso l’Italia per i superamenti del materiale particolato PM₁₀. Per consentire la stima del contributo sahariano per il 2012, tale attività è stata prorogata con nota prot. DVA-2013-0015764 del 05/07/2013.

Nella presente relazione è illustrato il lavoro svolto nell’ambito della suddetta attività nonché i risultati ottenuti. Le tabelle e i grafici che illustrano il lavoro svolto e i risultati ottenuti sono raccolti nelle seguenti cartelle [allegate](#) [“Tabelle Stazioni 2007 2012”](#), [“Tabelle eventi dust 2007-2012”](#), [“Mappe St Rif 2007 2012”](#), [“Tabelle grafici dust 2011-2012”](#), [“Tabelle risultati 2007-2012”](#), che costituiscono parte integrante della relazione stessa.

* * *

All’inizio e nel corso dell’attività, non sono mancati momenti di confronto e condivisione del lavoro svolto con il MATTM, le regioni e altri portatori di interesse. Per l’avvio dell’attività è stato importante l’incontro con l’Enea di Bologna, con ARPA Lazio e ARPA Basilicata (8 marzo 2011), con le regioni del Sud e Isole (28 aprile 2011) e con le regioni del resto di Italia (23.06.2011). L’obiettivo e i risultati di questi incontri (a cui hanno partecipato referenti regionali di ARPA/APPAs e/o Regioni e Province autonome) si possono sintetizzare in: condivisione sull’opportunità di utilizzare la metodologia europea; indicazioni utili sulla disponibilità di stazioni di riferimento; indicazioni per l’acquisizione dei dati DREAM direttamente dal Barcelona Supercomputing Center; acquisizione di esperienze regionali di stima del contributo sahariano (ARPA Basilicata ha sviluppato una solida esperienza; l’ARPA Puglia applica la metodologia europea; in Toscana nell’ambito del progetto PATHOS negli anni 2005 e 2006, la regione ha stimato il contributo sahariano; l’ARPA Lazio applica la metodologia europea; in Friuli ci sono iniziative in corso anche in collaborazione con la Slovenia). Il lavoro svolto è stato condiviso nell’ambito del Coordinamento ex art. 20 del D.Lgs. 155/2010, con il MATTM, con le regioni e con gli altri partecipanti negli incontri del 17 aprile 2012 (cfr. “Applicazione della metodologia europea per stima del contributo sahariano, Italia, anno 2007”) e del

27 marzo 2013 (cfr. "Applicazione della metodologia europea per stima del contributo sahariano, Italia, anno 2010").

2. INTRODUZIONE

Per la valutazione del contributo sahariano al PM_{10} è stata utilizzata la metodologia riportata nelle linee guida europee (Commission Staff Working Paper establishing guidelines for demonstration and subtraction of exceedances to natural sources under the Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe, draft 15.02.2011) in quanto è risultata, per le sue caratteristiche di economicità e semplicità, la più adeguata allo scopo dell'attività che prevedeva di stimare il contributo sahariano su anni pregressi e sull'intero territorio italiano.

In base all'art. 15 del D.Lgs. 155/2010, che prevede per regioni e province autonome la comunicazione dell'elenco delle zone e agglomerati il cui superamento è dovuto al contributo di fonti naturali, l'obiettivo primario che è stato perseguito, in accordo con il MATTM, è stato quello di individuare, in riferimento al Valore Limite giornaliero (VLg) del PM_{10} , in quanto standard normativo più stringente, le zone e gli agglomerati in superamento a causa del contributo sahariano al PM_{10} . Conseguentemente, sulla base delle informazioni comunicate ufficialmente da regioni e province autonome ai sensi della Decisione 2004/461/CE, per ciascuna zona e agglomerato in superamento si è proceduto a stimare il contributo sahariano sui superamenti del VLg della/e stazione/i di monitoraggio con il valore più elevato di superamenti del VLg. Nel caso in cui il numero di giorni di superamento della/e suddetta/e stazione/i, dopo sottrazione di quelli dovuti ad eventi sahariani, fosse risultato ancora superiore ai 35 giorni previsti dalla normativa, si è proceduto a confermare il superamento della zona o dell'agglomerato di appartenenza della/e stazione/i. Nel caso in cui il numero di giorni di superamento della/e suddetta/e stazione/i, dopo sottrazione di quelli dovuti ad eventi sahariani, fosse risultato inferiore o uguale ai 35 giorni previsti dalla normativa, si è proceduto alla stima sulla/e stazione/i con il numero di superamenti del VLg subito inferiore. Si è quindi proceduto così fino alla conferma o meno del superamento della zona di appartenenza delle stazioni sottoposte a stima.

La procedura appena descritta è stata seguita per gli anni dal 2007 al 2011. Per l'anno 2012, sulla base delle informazioni comunicate da regioni e province autonome ai sensi delle Decisioni 2004/461/CE e 97/101/CE, in riferimento al Valore Limite giornaliero e al Valore Limite annuale (VLa), per ciascuna zona e agglomerato in superamento, è stato stimato il contributo sahariano su tutte le stazioni in superamento rispetto ad uno solo o ad entrambi i valori limite. L'informazione sul contributo sahariano al PM_{10} riferita alle zone in superamento e al VLg è quindi identica per tutti gli anni; per il 2012 l'informazione è più completa, in quanto è riferita a tutte le stazioni in superamento rispetto ad entrambi i limiti normativi.

3. METODOLOGIA

3.1 Individuazione delle stazioni in superamento e “candidate” di riferimento

Al fine dell'applicazione del metodo descritto nelle linee guida europee sono stati individuati due set di stazioni di monitoraggio: le stazioni in superamento, nelle quali sottrarre il contributo di origine sahariana e le stazioni di riferimento nelle quali stimare il contributo sahariano.

In base a quanto comunicato da regioni e province autonome ai sensi della Decisione 2004/461/CE, per gli anni 2007-2011, per ogni zona e agglomerato in superamento del valore limite giornaliero di PM₁₀ sono state individuate le stazioni con il più alto numero di giorni di superamento; solo per il 2012, sono state individuate tutte le stazioni in superamento rispetto ad entrambi i valori limite del PM₁₀, giornaliero e annuale.

Dalle informazioni comunicate ai sensi della Decisione 97/101/CE (Eol- Exchange of Information) sono state inizialmente individuate, in qualità di stazioni di riferimento, tutte le stazioni di fondo rurale. Data la scarsa disponibilità di stazioni così classificate, soprattutto negli anni meno recenti e soprattutto nel Sud e nelle Isole e la conseguente difficoltà a trovare stazioni idonee di riferimento secondo i criteri delle linee guida, sono state successivamente selezionate anche stazioni di fondo suburbane, alcune stazioni industriali suburbane e di fondo urbane. E' stato così costituito un elenco di “candidate” stazioni di riferimento, dal quale sono state successivamente scelte, secondo quanto descritto al paragrafo 3.3, le “migliori” stazioni di riferimento.

Poiché il criterio di scelta della stazione di riferimento prevede la valutazione della “concordanza” tra giorni di evento identificati nella “candidata” stazione di riferimento e nella stazione in superamento, in tutte le stazioni così selezionate, stazioni in superamento e “candidate” stazioni di riferimento, è stata effettuata l'identificazione degli eventi di avvezione sahariana.

Il set completo di stazioni è presentato, per gli anni 2007-2012, nella cartella [“Tabelle Stazioni 2007 2012”](#) allegata. In ciascuna delle 6 tabelle (dalla 3.1.1 alla 3.1.6) contenute figura: la descrizione della stazione, la tipologia, l'altitudine, la copertura di dati e un'informazione circa l'utilizzo della stazione come potenzialmente di riferimento. Come è evidente dalle tabelle, il numero delle stazioni sottoposte a identificazione degli eventi aumenta nel corso degli anni (nel 2007 le stazioni sono 40, nel 2012 sono 232); i motivi sono da ricercare nell'aumento della disponibilità di “candidate” stazioni di riferimento (stazioni di fondo rurale soprattutto nel Sud e Isole), nello sviluppo e perfezionamento della procedura di selezione della stazione di riferimento, nella selezione di tutte le stazioni in superamento solo nel 2012.

3.2 Identificazione degli eventi sahariani

Le linee guida europee sulla quantificazione del contributo delle sorgenti naturali ai livelli di inquinanti in aria, prevedono per l'identificazione degli eventi sahariani l'utilizzo di una serie di strumenti: back trajectories, mappe dell'indice di aerosol (OMI), aerosol model, campi di vento, dati di concentrazione di PM₁₀. Nella presente relazione, al fine di garantire una ricostruzione degli eventi sahariani il più possibile

completa ed omogenea rispetto a tutte le stazioni presenti sul territorio nazionale e rispetto al lungo periodo di tempo considerato (2007 – 2012), sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- DREAM (Dust REgional Atmospheric Model) che predice il ciclo di vita in atmosfera del particolato eroso dalle aree desertiche, simulando i principali processi di tale ciclo, tra cui la generazione di aerosol di origine desertica, l'effetto del grado di umidità del suolo sulla produzione di aerosol, il trasporto verticale e orizzontale, la diffusione verticale turbolenta e la deposizione secca e umida (effetto dilavante della pioggia);
- HYSPLIT (Hybrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model, versione 4) sviluppato da "The Air Resources Laboratory (ARL)" del NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration (<http://www.arl.noaa.gov>) e progettato per realizzare una ampia gamma di simulazioni relative al trasporto e dispersione atmosferica di inquinanti utilizzando dati meteorologici archiviati e previsionali.

La scelta di non utilizzare le mappe OMI piuttosto che altre informazioni provenienti da satelliti (immagini di MODIS¹) o da strumenti lidar appartenenti alla rete AERONET² relativi a parametri quali l'AOD (aerosol optical depth) o il coefficiente di Angstrom, deriva in parte dalla scarsa disponibilità di tali informazioni su tutto il territorio (l'immagine da satellite è spesso influenzata dalla copertura nuvolosa così come la rete lidar conta di pochi strumenti distribuiti sul territorio nazionale) e in parte dalla ridondante e non accurata informazione: ad esempio le mappe OMI sottostimano fortemente il numero di eventi rispetto a DREAM e HYSPLIT e non consentono, visto l'elevato numero di stazioni da analizzare, una valutazione affidabile e veloce degli eventi sulle singole stazioni (elevata soggettività della valutazione da parte dell'operatore).

La procedura per l'identificazione degli eventi sahariani nelle stazioni considerate è schematizzata in Fig.1.

¹ Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer a bordo dei satelliti americani Aqua e Terra

² AErosol RObotic NETwork

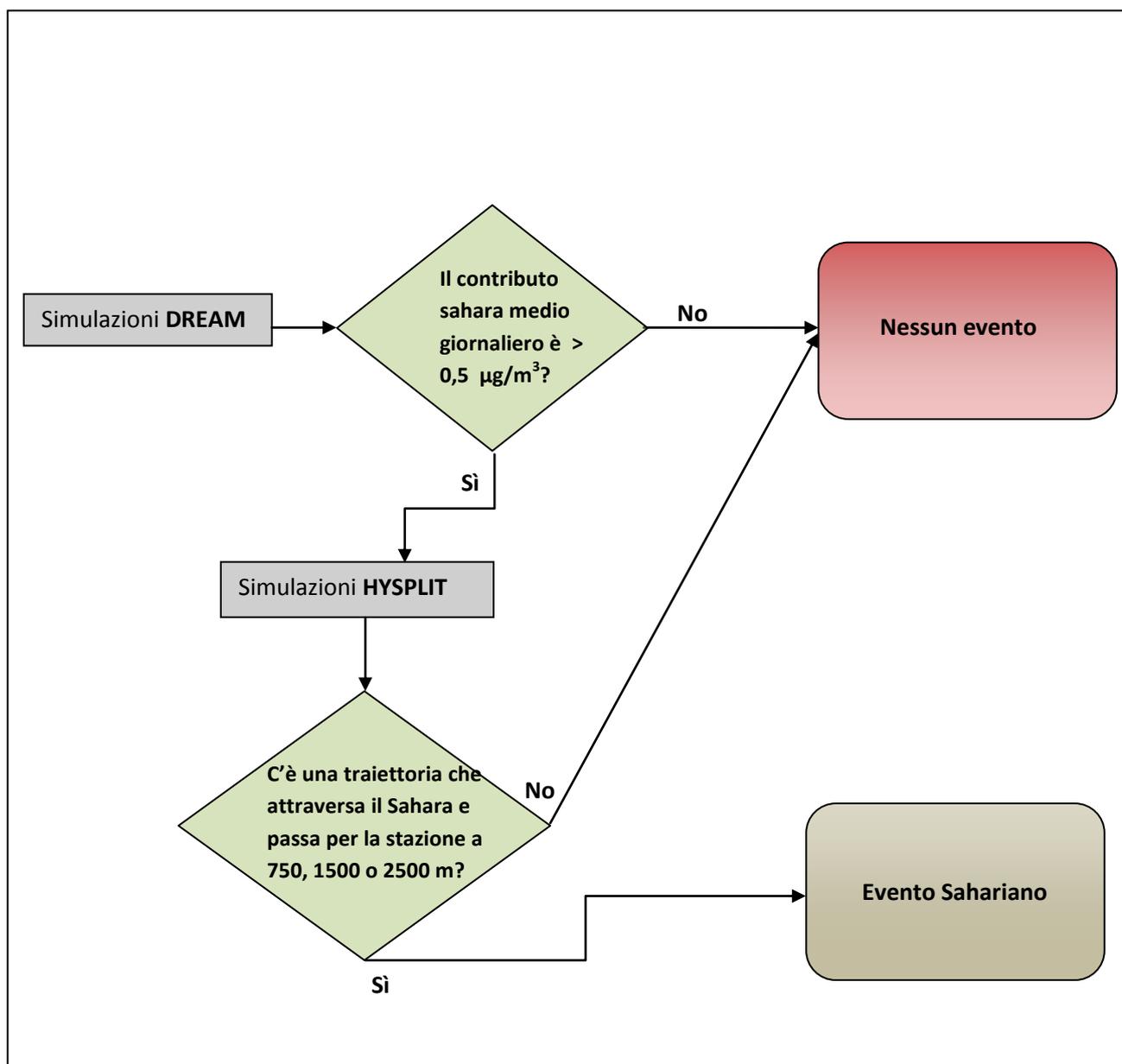


Fig.1 Schema di procedura per l'identificazione su base giornaliera degli eventi sahariani sulle stazioni di monitoraggio

Per una valutazione più accurata rispetto alle stime del contributo sahariano al suolo, disponibili consultando le mappe on-line, il BSC (Barcelona Supercomputing Center), che gestisce il modello BSC-DREAM8b (www.bsc.es/projects/earthscience/DREAM), ha fornito ad ISPRA per tutti gli anni in esame, dopo re-analisi³ delle informazioni meteorologiche, le concentrazioni orarie di PM₁₀ calcolate al suolo su un dominio comprendente l'Italia con maglia pari a 30 x 30 km². Un esempio delle mappe di concentrazione oraria, elaborate per la visualizzazione attraverso il software open source Panoply, è mostrato in Fig.2.

³ Nei modelli meteorologici la re-analisi è un processo di ricostruzione dello storico meteo-climatico di una determinata zona geografica; tale processo fa uso di schemi di assimilazione con i dati osservati provenienti da stazioni meteo, radar meteorologici, radiometri satellitari. Il calcolo viene effettuato con diversi step, innestando griglie a maglia sempre più piccola.

PM10_DUST

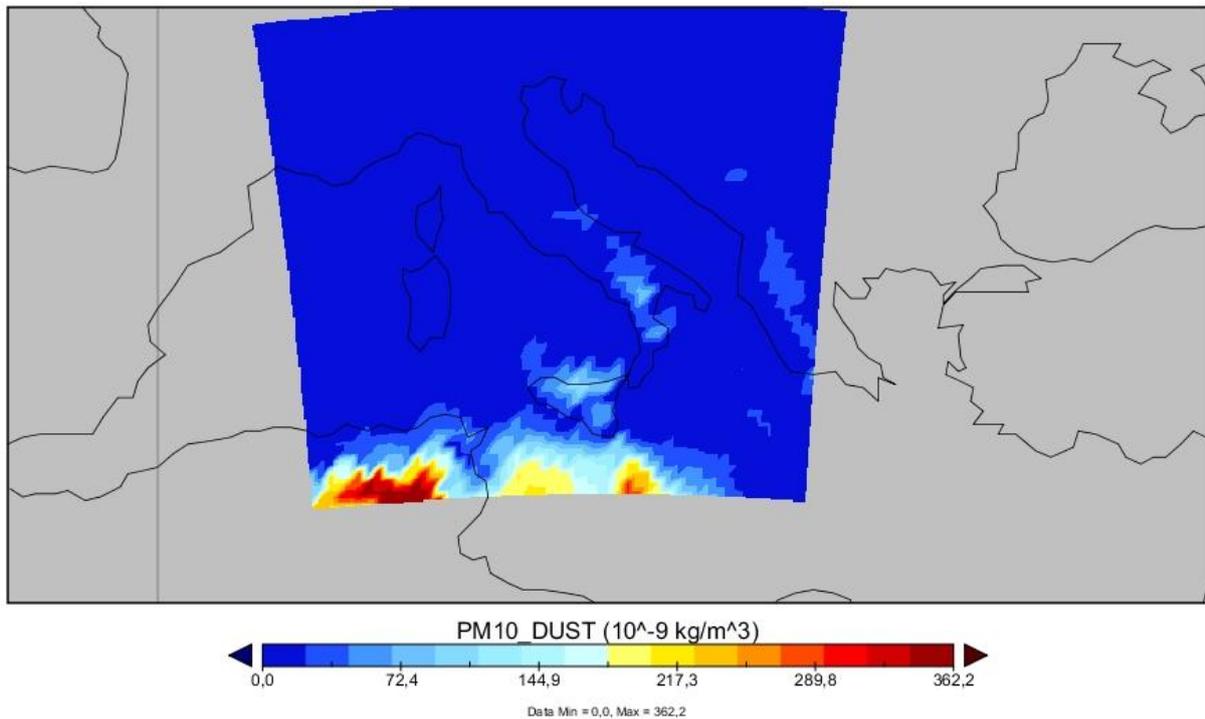


Fig.2 Concentrazioni orarie di PM₁₀ di origine sahariana simulate attraverso il modello DREAM in un giorno di evento (4 aprile 2012)

I dati orari generati da DREAM⁴ sono stati poi elaborati da ISPRA per calcolare i valori medi giornalieri di PM₁₀ in tutti i nodi del dominio; successivamente ad ogni stazione è stato associato il livello di PM₁₀ stimato da DREAM nel nodo di calcolo più vicino. Dopo alcune considerazioni, legate all'accuratezza della stima del modello, è stata definita una soglia di significatività per le stime dei livelli di PM₁₀ prodotte da DREAM: sono stati considerati "eventi DREAM" tutti i giorni per i quali la concentrazione media giornaliera stimata dal modello è risultata essere superiore alla soglia di 0,5 µg/m³.

Successivamente i giorni di evento individuati tramite il modello DREAM sono stati confermati attraverso l'analisi delle back trajectories, calcolate con il modello Hysplit⁵ per ogni stazione (Fig.3). Così come previsto dalle linee guida europee, l'evoluzione a ritroso delle particelle è stata seguita fino a 5 giorni antecedenti l'evento sahariano per verificare la provenienza o il passaggio dell'aerosol dall'Africa; le traiettorie a ritroso sono state calcolate a partire da quote diverse (750m, 1500m e 2500m) che rappresentano le più probabili estensioni verticali del PBL convettivo (planetary boundary layer) nel dominio di interesse, in corrispondenza delle coordinate geografiche di ogni stazione.

⁴ Data and/or images from the NMMB/BSC-Dust model, operated by the Barcelona Supercomputing Center (www.bsc.es/projects/earthscience/NMMB-BSC-DUST/).

⁵ The authors gratefully acknowledge the NOAA Air Resources Laboratory (ARL) for the provision of the HYSPLIT transport and dispersion model and/or READY website (<http://www.ready.noaa.gov>) used in this publication.

3. utilizzo di un'apposita procedura per l'analisi delle intersezioni di tutte le traiettorie individuate come al punto 2 con le regioni dell'Africa Sahariana. Per tale analisi è stato utilizzato il software open source QGIS⁶; un esempio è mostrato in Fig. 4.

Sono stati quindi considerati "eventi" soltanto i giorni in cui almeno una delle traiettorie di HYSPLIT alle tre quote considerate (750m, 1500m e 2500m) è risultata provenire dal Sahara e i risultati di DREAM hanno indicato un contributo sahariano nella stazione considerata.

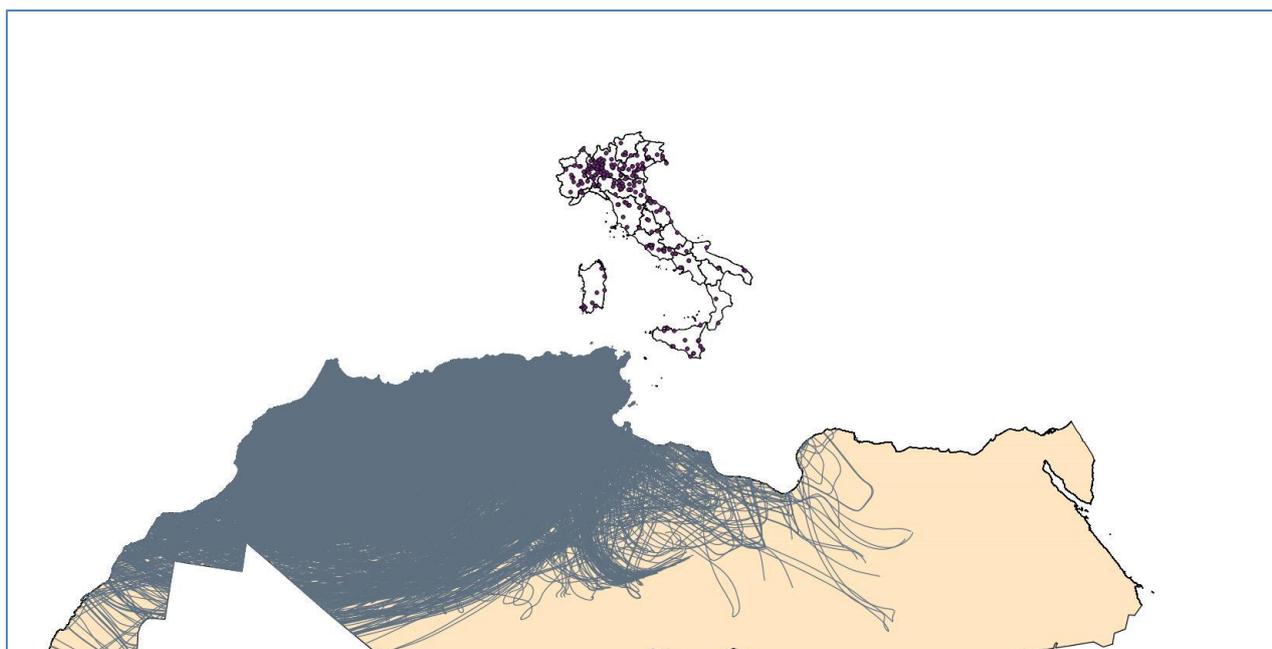


Fig.4 Intersezione delle back trajectories con le regioni dell'Africa Sahariana per tutte le stazioni alle 3 quote considerate in tutti i giorni di un mese tipo (aprile 2012)

I risultati della fase di identificazione degli eventi sono presentati per ciascuna area geografica/regione/stazione, negli anni 2007-2012, nelle tabelle allegate (cartella "Tabelle_eventi_dust 2007-2012". Tali tabelle consentono una lettura immediata della distribuzione dei giorni di evento nel tempo e nello spazio. Fare un confronto sul numero di eventi risulta non facile dal momento che il numero di stazioni interessate varia nel corso degli anni. Si possono tuttavia notare con facilità macro eventi che interessano tutta la penisola, piuttosto che interi periodi (25-30 aprile 2012) e si può dire, in via generale, che esiste un gradiente positivo da nord a sud del numero di eventi e una maggiore concentrazione nei mesi da aprile a novembre, con qualche eccezione per il mese di dicembre o marzo in alcuni anni specifici (ad esempio il 2010).

⁶ <http://www.qgis.org/it/site/>

3.3 Scelta della stazione di riferimento

Punto nodale nella sottrazione dei superamenti del valore limite giornaliero dovuti alle intrusioni sahariane è, nell'applicazione delle linee guida europee, la scelta della stazioni di riferimento in base alle quali stimare il contributo di questi eventi ai punti in esame.

Le indicazioni per la scelta delle stazioni di riferimento regionale fornite dal documento comunitario, o che si possono trarre da una interpretazione del suo significato autentico, sono le seguenti:

- le stazioni devono essere di fondo: fondo rurale o, in mancanza, fondo suburbano e, in ultima analisi, fondo urbano;
- le stazioni devono essere rappresentative di un'ampia area di territorio. In particolare devono essere rappresentative dei punti di misura, localizzati soprattutto nelle reti urbane, che presentano superamenti;
- le stazioni non dovrebbero essere poste a elevata altitudine. Stazioni poste a quota elevata potrebbero essere comunque selezionate allo scopo di aiutare nella fase di identificazione degli eventi sahariani;
- le stazioni non dovrebbero essere troppo vicino al mare;
- le stazioni devono avere serie di dati giornalieri di PM₁₀ complete e attendibili in riferimento agli anni soggetti a indagine e si dovrebbe prevedere il loro mantenimento in attività per gli anni successivi al periodo di indagine;
- la presenza di dati di speciazione chimica del particolato (ad esempio, Ca, Al₂O₃, Fe₂O₃, K, Mg, Si, ione carbonato) può essere utile per la conferma e la validazione del metodo.

Al fine di rendere applicabili queste indicazioni e di ottenere in ogni situazione (da operatori e in anni diversi) risultati confrontabili, riducendo al minimo le interpretazioni soggettive e le scelte intuitive, in questo lavoro è stato definito un criterio di massima concordanza tra le stazioni che potesse essere tradotto in una scala numerica di valutazione espressa in unità arbitrarie.

L'applicazione di questo criterio segue sei passi nei quali si privilegia nella scelta tra più stazioni candidate quella con

- I. la minima distanza tra la stazione di riferimento e la stazioni in esame;
- II. la minima differenza tra le altezze sul livello del mare tra la stazione di riferimento e la stazioni in esame;
- III. la massima sovrapposizione tra i giorni di evento sahariano individuati nel stazione di riferimento e nella stazione in esame;
- IV. la massima copertura temporale dei dati;
- V. la massima correlazione tra le serie di dati tra la stazione di riferimento e le stazioni in superamento del limite nella città di interesse;
- VI. la minore dispersione dei dati nei giorni di non evento (traducibile statisticamente nella minore distanza interquartile).

Può essere infatti facilmente dimostrato che un'incompleta copertura dei dati nella serie annuale della stazione di riferimento come una parziale sovrapposizione tra i giorni di evento si traduce meccanicamente in un numero proporzionalmente crescente di eventi non valutabili e in un numero, imprevedibile *a priori* ma spesso significativo, di giorni di superamento attribuibili all'intrusione sahariana non sottratti.

A ognuno di questi sei parametri si è attribuito un peso variabile tra 0 e 1 ed è stato calcolato, per ogni anno e per ogni regione, un indice sintetico variabile tra 0 e 6, valutando di volta in volta le stazioni di fondo regionale disponibili o, in loro assenza, le stazioni di fondo suburbano e, solo in casi particolari (in mancanza assoluta di stazioni adeguate) prendendo in considerazione le stazioni di fondo delle regioni confinanti.

Nelle mappe contenute nella cartella [“Mappe St Rif 2007 2012”](#) sono indicate le stazioni di riferimento selezionate.

3.4 Quantificazione del contributo sahariano

Nella metodologia europea il contributo sahariano al PM_{10} nelle stazioni di riferimento è stimato quantitativamente con un metodo statistico che prevede il calcolo del fondo regionale per ciascun giorno di evento; la sottrazione del fondo regionale statisticamente calcolato dal valore del PM_{10} misurato fornisce la stima del contributo sahariano nel giorno di evento. La stima del fondo regionale in un giorno di evento è statisticamente ben rappresentata dal 40° percentile della serie dei 30 valori di PM_{10} misurato dove il giorno dell'evento stesso è in 15° posizione, escludendo tutti i giorni in cui è presente un evento sahariano: questo è stato dimostrato nella penisola Iberica (dove il metodo riportato nelle linee guida europee è stato sviluppato), attraverso validazione con analisi chimiche. Essendo questo indicatore sito specifico, in mancanza di metodi di validazione del metodo di stima, le linee guida raccomandano l'uso di stime più cautelative per rappresentare il fondo regionale, come il 50° percentile o la media dei valori di PM_{10} misurati.

Seguendo l'approccio cautelativo che ha guidato tutta la presente indagine, per la stima del fondo regionale nelle stazioni di riferimento è stato scelto il 50° percentile: l'uso di una stima più alta del fondo regionale fornisce, per sottrazione dal valore del PM_{10} misurato, un valore del dust più ridotto rispetto all'utilizzo degli altri percentili.

Oltre al 50° percentile, per la stima il contributo sahariano nelle stazioni di riferimento sono stati utilizzati anche il 30°, il 40° percentile e la media (quest'ultima non per l'anno 2007). Si vedrà nelle tabelle dei risultati, allegata alla relazione, che, dal punto di vista del raggiungimento della conformità agli standard normativi di una zona o di una singola stazione, è indifferente, a parte alcune eccezioni, l'uso del 30°, del 40° o dei più cautelativi 50° percentile e media.

I risultati della stima quantitativa di dust, per il 2011 e 2012 nelle stazioni di riferimento sono riportati nella cartella [“Tabelle grafici dust 2011-2012”](#).

Nelle tabelle 3.4.1 Dust_St_Rif_2011 e 3.4.2 Dust_St_Rif_2012 per tutte le stazioni di riferimento, raggruppate per regione e area geografica, per ogni giorno di evento (colore arancio) è riportato il valore di dust stimato in $\mu g/m^3$ utilizzando il 50° percentile. Laddove la stima è risultata nulla o negativa (per mancanza del dato di PM_{10} misurato, per falsi positivi nell'identificazione di eventi sahariani, o per la inadeguatezza della stazione a rappresentare il fondo regionale) non è stato riportato alcun valore. Per ogni stazione sono riportate alcune statistiche descrittive: il valore massimo (MAX) il minimo (MIN), la media delle serie dei valori di PM_{10} misurati e di dust e, per il solo dust stimato, anche il 25°, 50° e 75° percentile; per il dust, le statistiche descrittive sono riferite ai valori non nulli stimati nei giorni di evento.

Una sintesi sulla stima del dust negli anni 2011 e 2012 per area geografica è illustrata nella tabella seguente (Tab. 1), in cui è riportato il numero minimo e massimo di giorni di evento, di evento con stima positiva e

del valore medio giornaliero di dust stimato nelle stazioni di riferimento; considerando il valore medio giornaliero di dust e il numero di eventi positivi, si osserva un crescente impatto del fenomeno passando da Nord a Sud: in particolare, a fronte di un valore medio giornaliero di dust comparabile nelle diverse aree geografiche, si registra un numero di eventi sensibilmente superiore nel Sud e Isole.

Area geografica	Stazioni di riferimento											
	2011						2012					
	N° giorni evento dust		N° giorni con stima dust > 0		Valore medio giornaliero di dust [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		N° giorni evento dust		N° giorni con stima dust > 0		Valore medio giornaliero di dust [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Nord-Ovest	15	32	11	15	5	15	32	43	18	30	4	21
Nord-Est	20	39	9	22	5	17	35	62	25	38	10	18
Centro	39	68	15	30	4	18	54	77	34	48	7	18
Sud e Isole	63	128	28	64	4	21	90	151	53	102	5	12

Tab.1 Numero medio di giorni di evento dust, numero medio di giorni con stima > 0 e stima media giornaliera del dust nelle stazioni di riferimento, per gli anni 2011 e 2012

Nelle successive figure è illustrato il contributo sahariano giornaliero al PM_{10} misurato in una stazione di riferimento del Nord (San Pietro Capofiume), del Centro (Castel di Guido) e del Sud Italia (Lecce - Santa Maria Cerrate) in alcuni mesi del 2012.

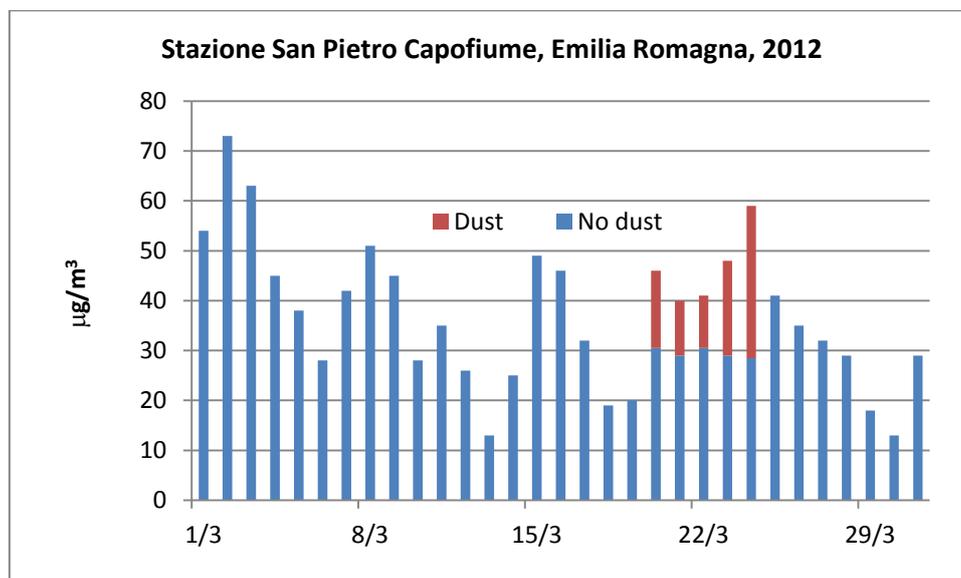


Fig.5 Stazione San Pietro Capofiume, Emilia Romagna. Contributo sahariano al PM_{10} giornaliero misurato nel mese di marzo 2012

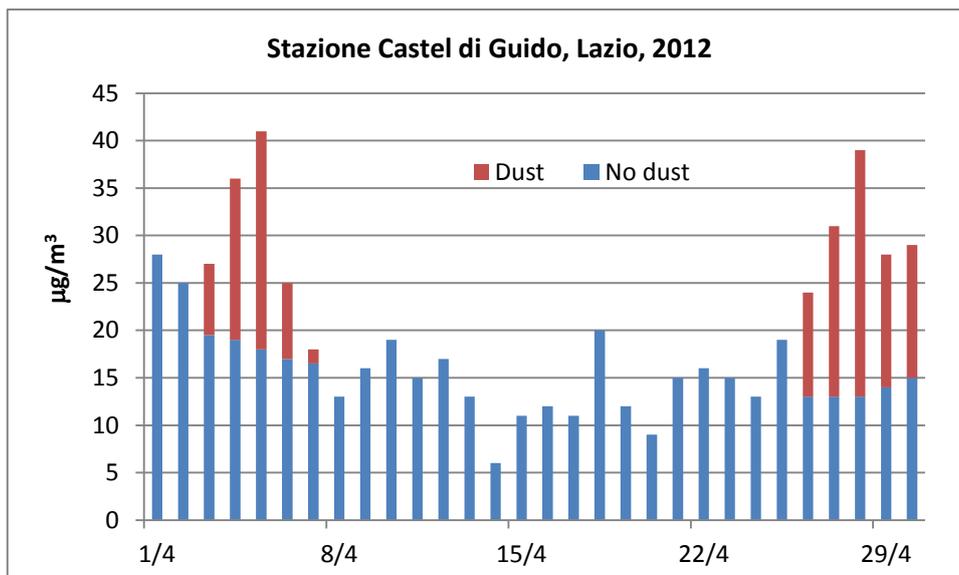


Fig.6 Stazione Castel di Guido, Lazio. Contributo sahariano al PM₁₀ giornaliero misurato nel mese di aprile 2012

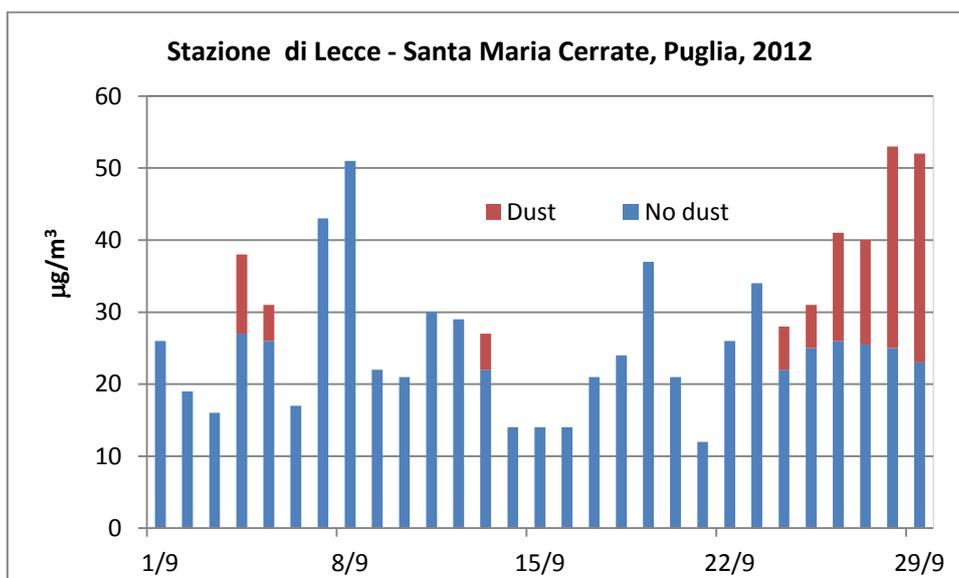


Fig.7 Stazione di Lecce - Santa Maria Cerrate, Puglia. Contributo sahariano al PM₁₀ giornaliero misurato nel mese di settembre 2012

I percentili sono stati utilizzati per descrivere le distribuzioni del dust nei giorni di evento attraverso i box plot (figure 3.4.1 Boxplot_Dust_2011 e 3.4.2 Boxplot_Dust_2012) e per l'individuazione di valori estremi e outlier⁷ (evidenziati in giallo nelle tabelle del dust 3.4.1 e 3.4.2); questi ultimi andrebbero valutati specificatamente: non è escluso che altri contributi, di origine diversa da quella sahariana, possano essere compresi nel valore stimato soprattutto se tali valori si registrano in una singola stazione dell'area geografica corrispondente.

⁷ I valori estremi sono quelli distanti dalla scatola (del box plot) 1,5 volte lo scarto interquartile; outlier sono tutti quei valori che superano i limiti estremi.

4. RISULTATI

Sulla base del lavoro descritto nei paragrafi precedenti, nelle stazioni in superamento selezionate, nei giorni di superamento del Valore Limite giornaliero, al valore del PM₁₀ giornaliero misurato è stato sottratto il valore di PM₁₀ stimato come contributo sahariano nella corrispondente stazione di riferimento. Il risultato può essere:

$(PM_{10} \text{ misurato}) - (PM_{10} \text{ dust stimato}) > 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ = il giorno di superamento è confermato;

oppure:

$(PM_{10} \text{ misurato}) - (PM_{10} \text{ dust stimato}) \leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ = il giorno di superamento non è confermato.

Questa procedura è stata applicata a tutti i giorni dell'anno identificati come evento ed ha consentito di valutare la conformità della stazione rispetto al valore limite giornaliero, tenendo conto del contributo sahariano.

Con l'obiettivo, già indicato nell'introduzione, di sottrarre dall'elenco di zone e agglomerati in superamento rispetto al VLg quelle nelle quali il superamento è determinato dal contributo sahariano, per gli anni 2007-2011, per ogni zona e agglomerato in superamento la procedura appena descritta è stata eseguita per la/e stazione/i con il numero più alto di superamenti.

Per l'anno 2012, il lavoro è stato più completo e dettagliato in quanto per ogni zona e agglomerato in superamento rispetto al VLg, la procedura descritta è stata eseguita su tutte le stazioni in superamento. Inoltre nelle zone e agglomerati in superamento rispetto al VL_a, in tutte le stazioni in superamento (se disponibile la serie delle medie giornaliere in Eol) è stato stimato anche il contributo sahariano al superamento del VL_a (sottraendo il contributo sahariano stimato anche nei giorni con valore della media giornaliera misurato $\leq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nel caso in cui nella stazione in superamento il valore del PM₁₀ giornaliero misurato è risultato inferiore al valore del PM₁₀ stimato come contributo sahariano nella selezionata stazione di riferimento (caso previsto nelle linee guida europee), il superamento è stato annullato, senza procedere ad ulteriori indagini.

I risultati (cartella ["Tabelle risultati 2007-2012"](#)) in termini di riduzione del numero dei giorni di superamento e della media annuale (quest'ultima solo per l'anno 2012) in ogni singola stazione sono illustrati nelle tabelle "Risultati superamenti dettaglio" (da tab. 4.1 a tab. 4.6). I risultati in termini di riduzione del numero di stazioni e di zone in superamento rispetto al Valore Limite giornaliero e al Valore Limite annuale (quest'ultimo solo per il 2012) sono sintetizzati nelle tabelle "Risultati_Sup_sintesi" (da tab 4.7 a tab. 4.12).

Come mostrano le tabelle "Risultati_Sup_Dettaglio", i risultati sono stati calcolati utilizzando il 30°, 40° e 50° percentile e la media, che sono i parametri statistici che meglio rappresentano, come è dimostrato in letteratura, il fondo regionale.

Come è già stato commentato, dal punto di vista della conformità con gli standard normativi, l'uso di un determinato percentile o della media, in generale, non è elemento discriminante per il risultato, a parte pochissimi casi (es: nel 2012, la stazione Di Blasi rientra con 34 e 35 superamenti rispetto al VLg utilizzando rispettivamente il 30° e 40° percentile, usando il 50° i superamenti sono invece pari a 37; ancora nel 2012 Asti Baussano rientra con $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rispetto al VL_{annuo} utilizzando il 30° e 40° percentile e non rientra usando il 50° in quanto la media annuale rimane $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$) l'uso del 30° o del 40° percentile o dei più

cautelativi 50° percentile e media. Anche per quanto riguarda questi ultimi, l'uso dell'uno o dell'altro non è discriminante: nel 2012, rispetto al VLg, l'uso del 50° percentile risulta comunque meno cautelativo rispetto alla media nel 26% dei casi (in soli 6 casi con il 50° percentile il numero dei superamenti risulta maggiore).

Come si può osservare nelle tabelle di sintesi la riduzione del numero di zone in superamento è di qualche unità (dal 2007 al 2012, è rispettivamente di 4, 6, 5, 4, 2 e 1 zona). La riduzione interessa ovviamente principalmente il Sud e le Isole (in Sicilia c'è sempre la sottrazione di una zona tranne che nel 2012; Sardegna nel 2007 e 2011; Puglia nel 2008; Campania nel 2010; Molise nel 2010), meno il Centro (Lazio nel 2010, Toscana nel 2008, Umbria nel 2007) e ancor meno il Nord (Liguria nel 2008 e 2011 e Friuli Venezia Giulia nel 2008). La riduzione del numero delle zone in superamento rispetto al VL annuale nel 2012 è solo di una zona in Veneto.

Nel 2012 la sottrazione del contributo sahariano in tutte le 164 stazioni in superamento rispetto al VLg ha portato ad una riduzione di 8 stazioni localizzate in Liguria, Trento, Emilia Romagna (2 stazioni), Marche, Lazio e Sicilia (2 stazioni).

Rispetto al VL annuo, nel 2012 si registra la riduzione di 8 stazioni in superamento, di cui 4 in Lombardia, 2 in Veneto e 2 in Emilia Romagna. La riduzione della media annuale è generalmente di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, massimo 2 ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione di Bixio in Sicilia).

Oltre alla riduzione del numero di stazioni e di zone in superamento rispetto ai limiti normativi, che è la finalità dell'applicazione della metodologia europea in ottemperanza all'art. 15 del D.Lgs 155/2010, nel 2012 nelle stazioni in superamento si osserva una generalizzata riduzione del numero dei giorni di superamento che va da 0 giorni fino ad un massimo di 31 giorni registrata in Sicilia (stazione Bixio).

5. CONSIDERAZIONI

L'elemento fondamentale della metodologia europea per la valutazione del contributo sahariano alle concentrazioni di PM_{10} (oltre agli strumenti per l'identificazione degli eventi sahariani e a serie di dati di PM_{10} misurati complete e attendibili nelle stazioni in superamento) è la possibilità di disporre di una adeguata rete di stazioni rurali di fondo che possa essere utilizzata come rete di riferimento. Le stazioni di riferimento, oltre ad avere serie sufficientemente complete ed attendibili di misure di PM_{10} , devono essere distribuite in modo tale e devono essere in numero sufficiente per consentire una significativa copertura dell'intero territorio e devono essere rappresentative dell'area di appartenenza della stazione in superamento.

La disponibilità di una tale rete sul territorio italiano si è rivelato l'elemento più debole dell'indagine svolta. La situazione è migliorata passando dal 2007 al 2012, ma anche negli anni più recenti la disponibilità di stazione idonee soprattutto al Sud e Isole è rimasta scarsa. La Sicilia ad esempio, che è la parte di territorio italiano dove l'impatto degli eventi di trasporto dalle zone desertiche africane è il più elevato e dove stazioni urbane e suburbane della rete regionale sono in superamento, manca completamente di stazioni di fondo rurale. La situazione è diversa al Nord dove, anche negli anni meno recenti, le stazioni di fondo rurale sono relativamente abbondanti. Nel corso del lavoro nel Nord e Centro Italia è stato individuato un set di stazioni di fondo rurale con caratteristiche abbastanza rispondenti a quelle che deve avere una stazione di

fondo rurale di riferimento; in questo caso il criterio di selezione della stazione di riferimento descritto nel paragrafo 3.3 ci ha consentito di scegliere la migliore. La particolare e ben nota situazione meteorologica nel bacino padano, che causa un elevato fondo regionale di PM_{10} , è il motivo della coincidenza che spesso si verifica tra stazioni di riferimento rurali di fondo e stazioni in superamento (Saliceto, Vinchio e La Mandria in Piemonte, Casirate d'Adda e Schivenoglia in Lombardia, Parco Colli Euganei in Veneto, San Rocco e Gherardi in Emilia Romagna). Anche PT-Montale (Toscana) è una stazione di fondo rurale in superamento utilizzata come stazione di riferimento.

E' importante tenere presente che la diversa disponibilità di idonee stazioni di riferimento tra Nord e Sud Italia e tra anni meno e più recenti e il conseguente uso di stazioni più o meno adeguate può contribuire a determinare una diversa accuratezza nella stima del contributo sahariano tra anni e aree geografiche differenti.