

Report meteo di riscontro *wind day*

Piano contenente le prime misure di intervento per il risanamento della qualità dell'aria nel quartiere Tamburi (TA) per gli inquinanti PM10 e benzo(a)pirene ai sensi del D.lgs.155/2010 art. 9 comma 1 e comma 2 (rev. luglio 2012).

N. 6/2022
VI Bimestre

1

Autori: Dott. A.Tateo Dott.ssa F. Fedele	Rev. 0 15/01/2023
Servizio Agenti Fisici della Direzione Scientifica	

Sommario

1. Premessa	2
2. Elenco <i>wind days</i> sesto bimestre 2022	3
3. Commenti e grafici dei dati	5
4. Conclusioni	10
5. Aggiornamento confronto modelli	10
APPENDICE: Modalità e tecniche di valutazione delle previsioni dei <i>wind day</i>	12

1. Premessa

Con deliberazione di Giunta Regionale n. 1944 del 2/10/2012 è stato approvato il “Piano contenente le prime misure di intervento per il risanamento della qualità dell’aria nel quartiere Tamburi (TA) per gli inquinanti PM10 e benzo(a)pirene ai sensi del D.lgs.155/2010 art. 9 comma 1 e comma 2” (di seguito Piano). In tale Piano sono stati definiti i *wind day*, ovvero giornate caratterizzate da particolari condizioni meteorologiche che determinano un impatto negativo sulla qualità dell’aria nel quartiere Tamburi di Taranto, con particolare riferimento al PM10 ed al benzo(a)pirene [B(a)p].

Il *wind day* nasce da uno studio sui dati storici relativi all’anno 2011 di PM10 e B(a)p registrati dalla centralina di rilevamento della qualità dell’aria di via Machiavelli a Taranto (q.re Tamburi) e dei dati meteorologici registrati presso la centralina ARPA di San Vito (Taranto), da cui era emerso che sotto determinate condizioni di vento (direzione dal quadrante di Nord-Ovest e velocità oltre 7 m/s rilevati presso la stazione di San Vito), si assisteva ad un incremento delle concentrazioni dei due inquinanti nel solo quartiere Tamburi, con un effetto anche sul numero di superamenti legali per il PM10 (media giornaliera di concentrazione > 50 µg/m³). Ciò era dovuto alla vicinanza del sito all’area industriale. Uno studio successivo, effettuato con il sistema modellistico previsionale di qualità dell’aria SKYNET presente presso il DAP di Brindisi e afferente al Centro Regionale Aria, aveva permesso di individuare e selezionare parametri di previsione meteorologica direttamente riferibili alle situazioni critiche di impatto sulla qualità dell’aria evidenziate dai dati storici.

Per tutto ciò, in ottemperanza al Piano di risanamento, ARPA Puglia comunica la previsione di un *wind day* con 48 ore di preavviso alle aziende individuate dal Piano. Queste ultime, ai sensi del Piano e in corrispondenza del *wind day*, sono tenute ad attuare una serie di interventi volti a ridurre le emissioni di inquinanti in atmosfera.

Fino al 31/12/2014 le previsioni erano affidate all’Ufficio di Modellistica del Centro Regionale Aria, che acquisiva le previsioni da ditta esterna riprocessandole con il sistema SKYNET.

Dal 01/01/2015 l’Agenzia ha internalizzato la catena di previsione dei *wind day*, affidando l’attività al Servizio Agenti Fisici della Direzione Scientifica di ARPA (di seguito SAF). Il SAF basò i criteri di previsione *wind day* sul modello meteorologico COSMO eseguito dal Sistema Idro-Meteo-Clima (SIMC) di ARPA Emilia Romagna (EMR) coprente un intervallo temporale di tre giorni e caratterizzato da una risoluzione spaziale di 7km (COSMO-I7) con condizioni iniziali e al contorno fornite dal modello globale ECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasting). Inoltre per l’individuazione delle allerte veniva utilizzato a corredo il modello americano WRF inizializzato con le condizioni iniziali e al contorno fornite dal modello americano GFS (Global Forecast System), implementato e gestito

internamente all’Agenzia. Grazie all’internalizzazione si ottenne un miglioramento delle performance del sistema previsionale. L’algoritmo basato sulle previsioni COSMO-I7 accoppiato con il modello WRF è dettagliato nel documento “Nuovo criterio di identificazione dei Wind Days e criterio per la verifica ex-post” reperibile al link https://www.arpa.puglia.it/moduli/output_immagine.php?id=4609. L’utilizzo congiunto di entrambi i modelli, COSMO-I7 e WRF, consisteva fondamentalmente nell’aver come riferimento principale il modello COSMO-I7 e, nel caso di previsioni borderline o di assenza della previsione di quest’ultimo, gli operatori del SAF prendevano in considerazione le previsioni del modello WRF. Nel documento appena citato si riporta anche il criterio per la verifica ex-post delle performance della previsione *wind day*, secondo il quale l’affidabilità del modello viene testata a posteriori mediante l’utilizzo dei dati misurati presso la stazione meteo ARPA sita presso la centralina di monitoraggio della qualità dell’aria di San Vito (TA). Le condizioni che determinano l’esito positivo della previsione (verifica ex-post) sono: direzione del vento nell’intervallo $[270^{\circ} \pm 2^{\circ} - 0^{\circ} \pm 2^{\circ}]$ e velocità superiore a 7 m/s con persistenza oraria superiore o uguale a 3 ore (la soglia reale impostata per la verifica è di 6.7m/s per includere nella decisione l’incertezza di misura caratteristica dell’anemometro utilizzato nella misura $[7 \pm 0.3 \text{ m/s}]$).

Dal 01/06/2018 è online il nuovo algoritmo di previsione dei *wind days* basato sulla più recente versione “M5” del modello COSMO fornito dal Servizio Idro-Meteo-Clima di ARPA EMR, secondo quanto stabilito da specifico protocollo di intesa tra le due Agenzie. L’utilizzo di differenti previsioni meteorologiche ha richiesto l’utilizzo di un nuovo criterio di allerta *wind day*. A differenza del criterio precedente, il nuovo criterio più performante si basa sul solo modello COSMO M5 sia per l’allerta che la conferma/revoca. Il nuovo algoritmo è descritto nel documento “Criterio di identificazione dei Wind Days Revisione 2018” consultabile al link https://www.arpa.puglia.it/moduli/output_immagine.php?id=4608.

Sulla base degli output modellistici previsionali a +72 ore, Il SAF provvede a diramare le allerte, che possono essere oggetto di revoca il giorno successivo, sulla base delle previsioni a +48 ore, in genere più affidabili. Per maggiori informazioni, si può consultare la documentazione presente al link https://www.arpa.puglia.it/pagina2831_wind-days.html e l’allegato al presente report.

Per la verifica ex-post della previsione si utilizza l’algoritmo sopra descritto.

2. Elenco *wind days* sesto bimestre 2022

Nel sesto bimestre 2022 si è osservato n. 1 giorno con caratteristiche di *wind day* (secondo il criterio di verifica ex-post riportato a pag. 4 del documento “Nuovo criterio di identificazione dei *Wind Days* – rev 0 del 02/01/2015”) non allertato e, pertanto, classificato come “falso negativo” (in tabella 1 si riporta la lista degli eventi, per le definizioni si veda l’appendice allegata al presente report). Le allerte nel periodo in esame sono state n. 2, entrambe classificate come “falsi positivi”. Nel periodo in questione non ci sono state revocche di allerta sulla base delle previsioni a 48 ore.

Sia i falsi positivi (6 e 21 novembre) che il falso negativo (18 dicembre) sono di tipo borderline: durante il primo falso positivo si sono misurati per n. 4 ore consecutive valori della velocità del vento a ridosso della soglia di riferimento (si veda grafico relativo in figura 1), durante il secondo falso positivo si sono misurati valori superiori alla soglia per n. 2 ore consecutive (si veda grafico relativo in figura 3), mentre durante il falso negativo si sono misurati valori superiori alla soglia per n. 3 ore consecutive

mentre per le restanti ore i valori misurati sono stati nettamente inferiori alla soglia (si veda grafico relativo in figura 5).

In Tabella 1 si riporta la lista aggiornata delle allerte e dei *wind days* verificati ex-post, unitamente all'esito della verifica ex-post.

Nel paragrafo 3 sono commentati gli eventi corredati da grafici degli andamenti dei parametri velocità del vento, direzione del vento e precipitazione registrati presso la stazione di San Vito (analisi dei dati considerando l'ora legale).

Tabella 1: Lista delle allerte e dei *wind days* verificati nel 2022 (aggiornamento al sesto bimestre 2022)

BIMESTRE	Data	Allerta	Esito verifica *
1°	08/01/2022	✓	FP
	11/01/2022		FN
	14/01/2022		FN
	22/01/2022	✓	VP
	23/01/2022	✓	VP
	29/01/2022		FN
	01/02/2022	✓	VP
	02/02/2022	✓	VP
	03/02/2022	✓	VP
	07/02/2022	✓	VP
	08/02/2022	✓	VP
	09/02/2022	✓	FP
	22/02/2022	✓	VP
	23/02/2022	✓	VP
	26/02/2022	✓	FP
	27/02/2022	✓	VP
28/02/2022	✓	FP	
2°	01/03/2022	✓	VP
	02/03/2022	✓	VP
	06/03/2022	✓	VP
	08/03/2022	✓	VP
	09/03/2022	✓	VP
	10/03/2022	✓	VP
	22/03/2022		FN
	23/03/2022		FN
	10/04/2022	✓	VP
	17/04/2022	✓	VP
	18/04/2022	✓	VP
	28/04/2022		FN
29/04/2022	✓	FP	
3°	18/05/2022		FN
	11/06/2022	✓	VP
	12/06/2022	✓	VP

BIMESTRE	Data	Allerta	Esito verifica *
4°	06/07/2022	√	FP
	08/07/2022	√	VP
	09/07/2022	√	VP
	10/07/2022	√	FP
	13/07/2022		FN
	31/07/2022		FN
	01/08/2022	√	VP
	02/08/2022	√	FP
	21/08/2022	√	FP
	22/08/2022	√	FP
5°	17/09/2022	√	FP
	18/09/2022	√	VP
	21/09/2022	√	VP
	04/10/2022	√	FP
6°	06/11/2022	√	FP
	21/11/2022	√	FP
	18/12/2022		FN

*VP = vero positivo; FP= falso positivo; FN=falso negativo. Per la definizione consultare l'allegato al presente report

3. Commenti e grafici dei dati

- *Prima decade di novembre 2022 (riferimento grafico: figura 1).*

Nel periodo in esame non si sono registrati *wind days*. Nello stesso periodo si è registrata n.1 allerta non verificate ex-post di tipo borderline in quanto si sono misurati per n. 4 ore consecutive valori a ridosso della soglia di riferimento (6 novembre, classificata come “falso positivo”).

- *Seconda decade di novembre 2022 (riferimento grafico: figura 2)*

Nel periodo in esame non si sono registrati *wind days*; coerentemente il modello non ha previsto allerte.

- *Terza decade di novembre 2022 (riferimento grafico: figura 3).*

Nel periodo in esame non si sono registrati *wind days*. Nello stesso periodo si è registrata n.1 allerta non verificate ex-post di tipo borderline in quanto si sono misurati valori superiori alla soglia per n. 2 ore consecutive (21 novembre, classificata come “falso positivo”).

- *Prima decade di dicembre 2022 (riferimento grafico: figura 4).*

Nel periodo in esame non si sono registrati *wind days*; coerentemente il modello non ha previsto allerte.

- *Seconda decade di dicembre 2022 (riferimento grafico: figura 5).*

Nel periodo in esame si è registrato n. 1 evento *wind days* (18 dicembre) non correttamente identificato e classificato, quindi, come “falso negativo” di tipo borderline in quanto si sono misurati

valori superiori alla soglia per n. 3 ore consecutive mentre per le restanti ore i valori misurati sono stati nettamente inferiori alla soglia.

- *Terza decade di dicembre 2022 (riferimento grafico: figura 6).*

Nel periodo in esame non si sono registrati *wind days*; coerentemente il modello non ha previsto allerte.

Figura 1: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa. Il giorno cerchiato in verde riguarda l'evento classificato come FP di tipo borderline.

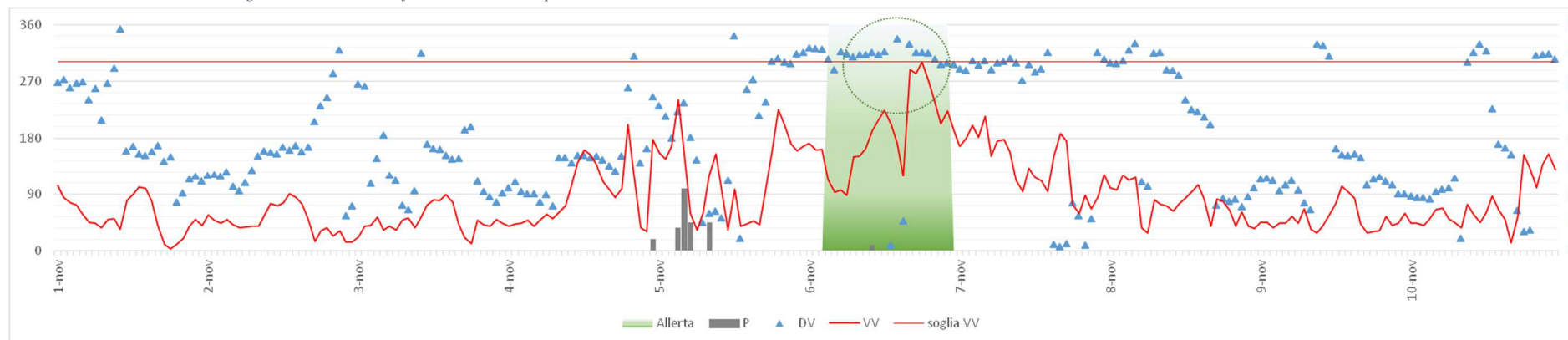


Figura 2: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa.

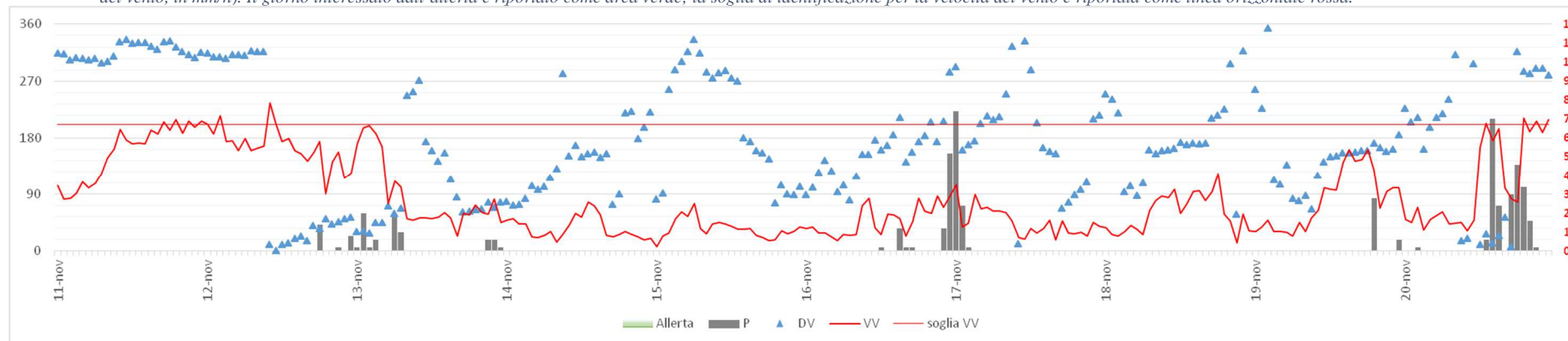


Figura 3: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa. Il giorno cerchiato in verde riguarda l'evento classificato come FP di tipo borderline.

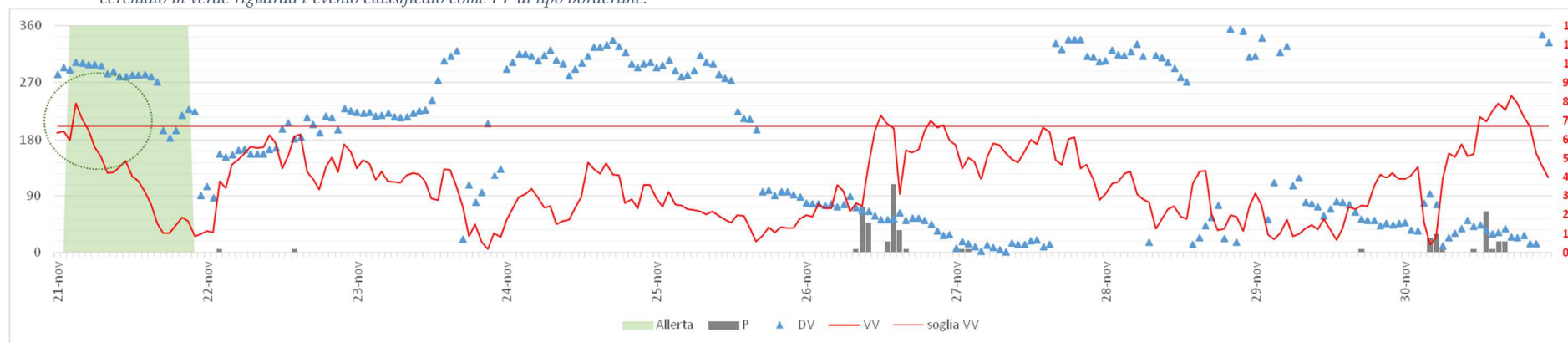


Figura 4: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa.

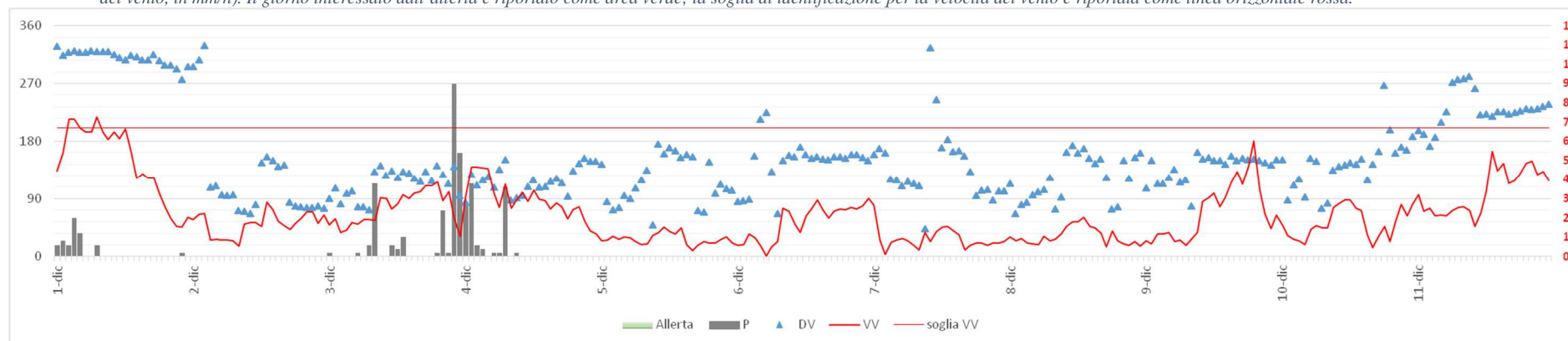


Figura 5: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa. Il giorno cerchiato in verde riguarda l'evento classificato come FN di tipo borderline.

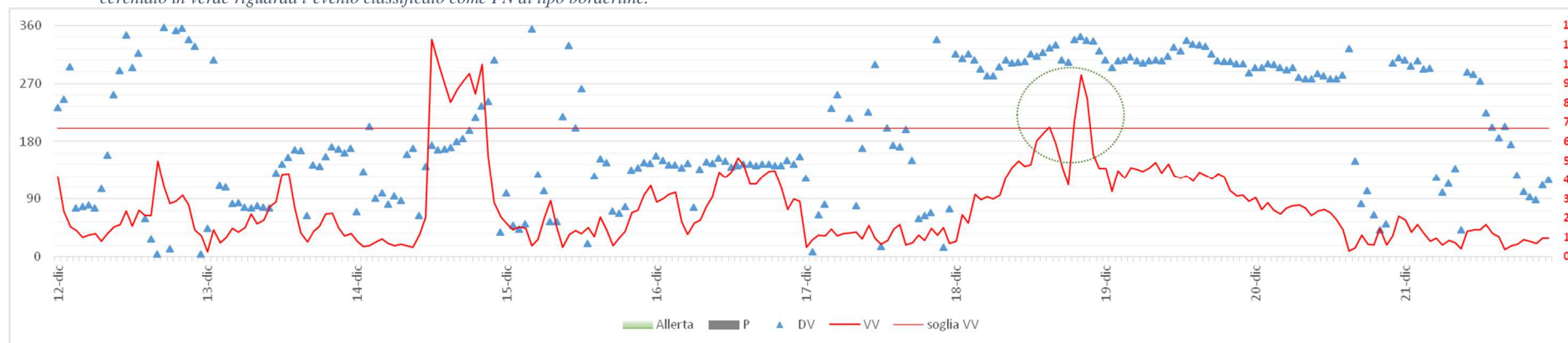
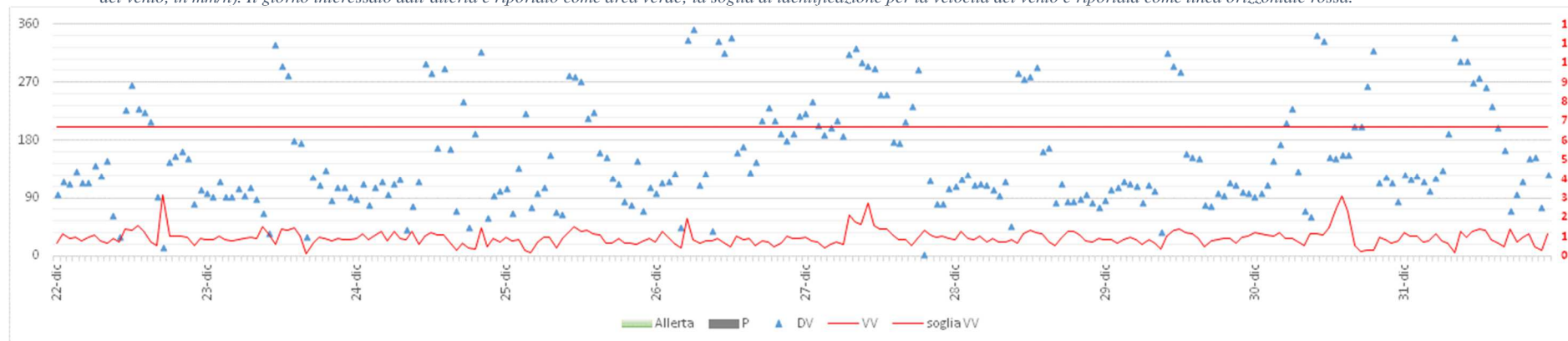


Figura 6: Velocità del vento (linea rossa, asse a destra, in m/s), direzione del vento (triangoli blu, asse a sinistra), precipitazione cumulata oraria (istogramma in grigio, stesso asse a destra della velocità del vento, in mm/h). Il giorno interessato dall'allerta è riportato come area verde; la soglia di identificazione per la velocità del vento è riportata come linea orizzontale rossa.



4. Conclusioni

Nel sesto bimestre 2022 si è osservato n. 1 giorno con caratteristiche di *wind day* (secondo il criterio di verifica ex-post riportato a pag. 4 del documento “Nuovo criterio di identificazione dei *Wind Days* – rev 0 del 02/01/2015”) non allertato e, pertanto, classificato come “falso negativo”. Le allerte nel periodo in esame sono state n. 2, entrambe classificate come “falso positivo”. Nel periodo in questione non ci sono state revoche di allerta sulla base delle previsioni a 48 ore.

Sia i falsi positivi (6 e 21 novembre) che il falso negativo (18 dicembre) sono di tipo borderline.

In tabella 2 si riporta la tabella di contingenza totale aggiornata (rif. Tabella 3 paragrafo 4, report n. 6 del 2018), contenente i dati a partire dal 03/01/2015, avvio della internalizzazione delle previsioni, fino al 31/12/2022, accompagnata dalla stima degli indicatori statistici di performance (descritti in appendice).

Tabella 2: Tabella di contingenza aggiornata dal 03/01/2015 al 31/12/2022 (*)

TOTALE		Osservati		TOTALE
		Wind Days	Non WD	
Previsti	Wind Days	201 (Veri Positivi)	55 (Falsi Positivi)	256
	Non WD	66 (Falsi Negativi)	2507 (Veri Negativi)	2573
	TOTALE	267	2562	2829
		Sensibilità (POD)		0.75
		Specificità		0.98
		Valore predittivo positivo (SR)		0.79
		BIAS = (VP+FP)/(VP+FN)		0.96
		Threat Score		0.62

(*) Tabella aggiornata per analisi statistica di performance (riferimento paragrafo 4, tabella 3 del report VI bimestre 2018)

5. Aggiornamento confronto modelli

A partire da giugno 2018 le previsioni degli eventi *Wind Days* vengono ottenute col nuovo criterio di identificazione dei *wind days* secondo quanto riportato nel documento “Criterio di identificazione *Wind Days* – Revisione 2018” (consultabile al link https://www.arpa.puglia.it/pagina2831_wind-days.html) il quale utilizza il nuovo modello COSMO_M5 in sostituzione del modello COSMOI7 combinato col modello WRF.

Il nuovo criterio presentava delle performance migliori rispetto al criterio fino ad allora utilizzato garantendo un maggiore bilanciamento degli indicatori di sensibilità (POD) e Success Ratio, con un BIAS stimato pari circa all'unità (per le definizioni si veda l'appendice al presente report).

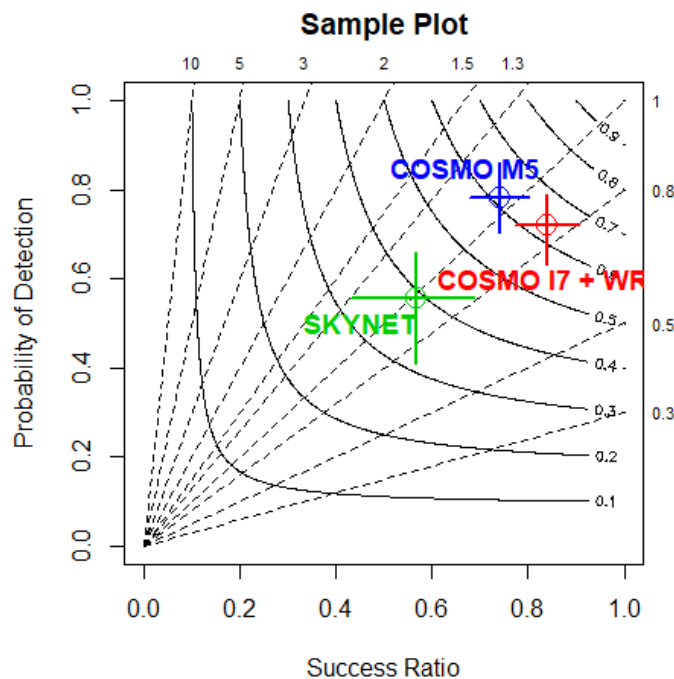
A conclusione del 2022, avendo a disposizione 4 anni di previsioni *wind days* con il nuovo modello COSMO M5, si è effettuato l'aggiornamento del confronto delle performance in analogia con quanto effettuato nel 2018 per il modello COSMO I7 (rif. Report Novembre-Dicembre 2018 https://www.arpa.puglia.it/pagina2980_wind-days-report-meteo.html).

In figura 7 vengono riportati in sintesi gli indicatori POD, SR, BIAS e TS per i blocchi di previsioni che riguardano le performance delle previsioni per i tre modelli utilizzati:

- SKYNET: fino al 31/12/2014 previsioni affidate all'Ufficio di Modellistica del Centro Regionale Aria, che acquisiva le previsioni da ditta esterna riprocessandole con il sistema SKYNET;
- COSMOI7-WRF: dal 01/01/2015 al 31/05/2018, a seguito della internalizzazione della catena di previsione dei *wind day* si è utilizzato il modello COSMO I7 associato al modello WRF;
- COSMO M5: dal 01/06/2018 è online il nuovo algoritmo di previsione dei *wind days* basato sulla più recente versione "M5" del modello COSMO, fornito dal Servizio Idro-meteo-clima di ARPA Emilia Romagna, che costituisce il modello di riferimento nazionale per la Protezione Civile Nazionale.

In particolare si riporta il Categorical Performance Diagram (Roebber, P.J., 2009: Visualizing multiple measures of forecast quality. *Wea. Forecasting*, 24, 601–608) di confronto tra il criterio SKYNET (2013 - 2014), il criterio basato su COSMOI7+WRF (dataset 2015 - 2017) e il nuovo criterio basato sul modello COSMO_M5 (giugno 2018 - dicembre 2022) da cui si evince, oltre all'evidente miglioramento a seguito della internalizzazione delle previsioni a partire dal 2015, che il nuovo sistema basato su COSMO_M5 ha come effetto quello di meglio bilanciare i POD e SR, con un BIAS tendente all'unità.

Figura 7: Categorical Performance Diagram: confronto tra SKYNET, COSMOI7+WRF e COSMO-M5



APPENDICE: Modalità e tecniche di valutazione delle previsioni dei *wind day*

La previsione dei *wind day* è di tipo “*dichotomous forecast*”. L’analisi di questa tipologia di variabile “dicotomica” viene comunemente effettuata mediante l’utilizzo delle tabelle di contingenza, la cui descrizione è riportata in tabella A-1, compilabili mediante la stima di quattro variabili (Hits, False alarm, Misses, Correct nulls) descritte in figura A-1.

Figura A-1: Diagramma che mostra HITS (H), FALSE ALARM (F) e MISSES (M) per variabili dicotomiche

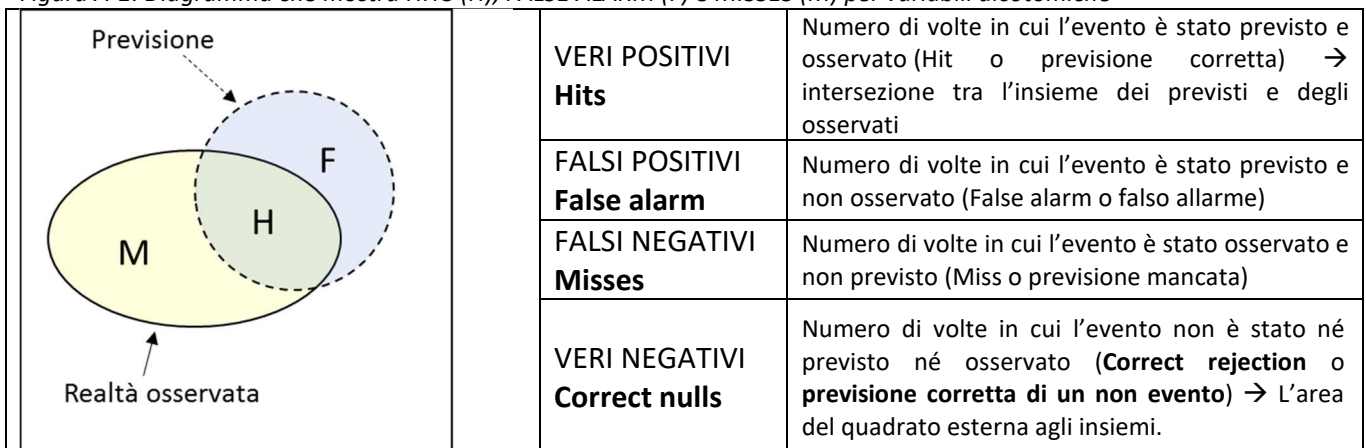


Tabella A-1: Definizione della Tabella di contingenza 2x2

		Wind day Osservati	
		SI	NO
Wind day PREVISTI	SI	VERI POSITIVI (VP)	FALSI POSITIVI (FP)
	NO	FALSI NEGATIVI (FN)	VERI NEGATIVI (VN)

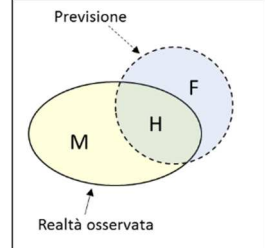
Dalle tabelle di contingenza è possibile estrarre le seguenti informazioni:

- Eventi TOTALI: VP+FP+FN+VN
- Eventi WIND DAY OCCORSI: VP+FN
- Eventi NON WIND DAY OCCORSI: FP+VN
- Eventi WIND DAY PREDETTI: VP+FP
- Eventi NON WIND DAY PREDETTI: FN+VN

Gli indicatori statistici utili nella stima delle performance di sistemi previsionali di variabili dicotomiche sono di seguito elencati e descritti.

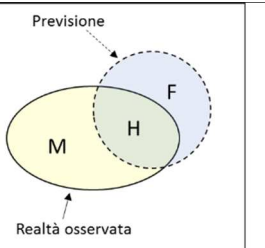
• **Sensibilità (PROBABILITY OF DETECTION – POD)**

Rappresenta la percentuale dei Wind Day osservati, previsti correttamente dal criterio. Tale coefficiente esprime la capacità del criterio di identificare i reali Wind Day. Può assumere valori compresi tra 0 e 1, con valori ottimali che tendono all'unità.

$POD = VP / (VP + FN)$		<p>Sottoinsieme H diviso l'insieme delle osservazioni (H+M)</p>
------------------------	--	---

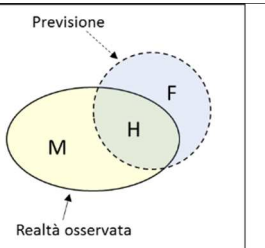
• **Valore predittivo positivo (SUCCESS RATIO)**

Rappresenta la percentuale dei Wind Day previsti ed effettivamente osservati. Può assumere valori compresi tra 0 e 1, con valori ottimali che tendono all'unità.

$SR = VP / (VP + FP)$		<p>Sottoinsieme H diviso l'insieme delle previsioni (H+F)</p>
-----------------------	---	---

• **Specificità**

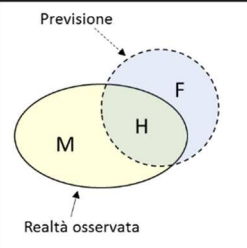
Rappresenta la percentuale dei NON Wind Day, previsti dal criterio e confermati dalle osservazioni. Tale indice rappresenta la capacità del modello di identificare i NON Wind Day. Poiché in un anno si verificano molti più giorni di "NON Wind Day" rispetto a quelli di "Wind Day", questo indicatore presenta valori molto prossimi all'unità non apportando, dunque, informazione utile e significativa ai fini dell'interpretazione dei risultati. Può assumere valori compresi tra 0 e 1, con valori ottimali che tendono all'unità.

<p>Specificità: $VN / (VN + FP)$</p>		<p>Area esterna agli insiemi diviso la stessa più F</p>
---	--	---

• **BIAS**

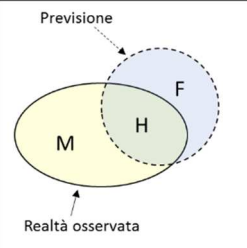
Rapporto tra la frequenza delle previsioni e la frequenza degli eventi osservati. Il valore ottimale è 1: valori inferiori a 1 indicano una tendenza delle previsioni a sottostimare gli eventi, al contrario, valori maggiori di 1 una tendenza a sovrastimarli.

Si fa presente che questo indicatore non valuta la corrispondenza tra i *wind day* previsti e quelli osservati, ma solo la frequenza relativa, ovvero valuta se il numero di chiamate è comparabile con il numero di volte in cui l'evento è stato osservato.

$\text{BIAS} = \frac{VP+FP}{VP+FN}$		<p>Somma dei sottoinsiemi H+F diviso somma dei sottoinsiemi H+ M</p>
-------------------------------------	--	--

• **Threat Score o Critical Success Index**

Esprime quanto i *wind day* previsti corrispondano ai *wind day* osservati; il suo valore ottimale è 1. Questo indicatore, al contrario della specificità, non tiene conto dei veri negativi, superandone, in questo contesto, la scarsa utilità.

$\text{TS} = \frac{VP}{VP+FP+FN}$		<p>Sottoinsieme H diviso somma dei sottoinsiemi H+F+M</p>
-----------------------------------	--	---