

Realizzazione di un sistema di calcolo e di spazializzazione dell'indice canadese di pericolo d'incendio boschivo FWI (*Fire Weather Index*) per la Regione Veneto

Valese E* ⁽¹⁾, Anfodillo T ⁽¹⁾, Rossi S ⁽¹⁾, Carraro V ⁽¹⁾, Deslauriers A ⁽¹⁾, Carrer M ⁽¹⁾, Monai M ⁽²⁾, Lemessi A ⁽³⁾, Ramon E ⁽³⁾

(1) Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-forestali, Università degli Studi di Padova, v.le dell'Università 16, I-35020 Legnaro (PD - Italy); (2) ARPAV, Dipartimento Regionale per la Sicurezza del Territorio, Centro Meteorologico di Teolo, v. G. Marconi 55, I-35037 Teolo (PD - Italy); (3) Servizio Antincendi Boschivi della Regione Veneto, Direzione Foreste ed Economia Montana, v. Torino 110, I-30172 Mestre (VE - Italy). - *Corresponding Author: Eva Valese (eva.valese@unipd.it).

Abstract: Implementation and spatialization of the Canadian Fire Weather Index in the Veneto Region. Fire danger rating systems are essential tools for fire management activities, allowing optimal allocation of resources both before and during the fire danger periods. Veneto Region's Forest Service is testing the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System to assess fire intensity, accounting for the effect of wind and the moisture content of inflammable material. The following steps were taken to apply the FWI system: (a) selection of the smallest number (ideally 10 - 15) of weather stations to obtain input data. Principal Components Analysis was carried out on 62 time-series of 30 years (1960-1990), including mean monthly temperature (minimum and maximum) and rainfall. The results highlighted two principal directions of climatic variability that were interpolated by the co-kriging method, allowing to delineate 11 relatively homogeneous areas in the Veneto Region. One station representative of each area was chosen to provide daily data for computing the daily fire danger index by the Regional Rating Service; (b) automation of the FWI system. A SAS v.9.1[®] application runs the calculations and generates a regional map of daily fire danger for the Forest Service personnel. Graphics and tabular data are also available via intranet.

Keywords: Fire, Index, Principal Component Analysis, Climate, Italy

Received: Dec 03, 2007; Accepted: Apr 23, 2008

Citation: Valese E, Anfodillo T, Rossi S, Carraro V, Deslauriers A, Carrer M, Monai M, Lemessi A, Ramon E, 2008. Realizzazione di un sistema di calcolo e di spazializzazione dell'indice canadese di pericolo d'incendio boschivo FWI (*Fire Weather Index*) per la Regione Veneto. *Forest@* 5: 176-186 [online: 2008-06-20] URL: <http://www.sisef.it/forest@/>.

Introduzione

Gli indici di pericolo d'incendio boschivo rappresentano strumenti attraverso i quali le conoscenze scientifiche vengono integrate con l'esperienza operativa, ovvero con le procedure di lotta antincendio (Taylor & Alexander 2006). Essi costituiscono l'elemento oggettivo che guida molte delle attività scelte dal sistema antincendio nel suo complesso come la pianificazione della vigilanza sul territorio (rotte dei mezzi aerei e punti di controllo dei mezzi terrestri), la preparazione all'emergenza e alla lotta, la dichiarazione dello stato di allerta, il miglioramento delle

condizioni di sicurezza sul lavoro, l'emanazione di divieti (accensione di fuochi legati allo smaltimento di biomasse, utilizzo di strumenti a rischio durante le utilizzazioni forestali, accesso turistico alle aree protette, ecc.) e di misure di sicurezza per la popolazione, la pianificazione di fuochi prescritti o delle altre attività legate alla gestione dei combustibili e alla prevenzione dei grandi incendi.

Come previsto dall'art. 3 della legge 21 novembre 2000 n. 353, e più in particolare dalle relative linee guida definite dal DM 20 dicembre 2001, il Piano di Prevenzione degli Incendi deve utilizzare un indice

di pericolo d'incendio in funzione delle specifiche caratteristiche territoriali e climatiche. In questo quadro, il Servizio Antincendi Boschivi della Direzione Regionale Foreste ed Economia Montana della Regione Veneto ha deciso di sperimentare l'uso dell'indice canadese di pericolo d'incendio *FWI* (*Fire Weather Index*), uno strumento proveniente dal *Canadian Forest Fire Weather Index System* ed in uso in Canada da circa trent'anni.

In ambito europeo sono stati sviluppati diversi metodi per valutare il pericolo d'incendio boschivo (Camia et al. 1999). La necessità di adottare un approccio unico ha portato alla creazione del *European Forest Fire Information System (EFFIS)*, un sistema di calcolo e previsione del pericolo basato sul *Canadian Forest Fire Weather Index System*. La risoluzione spaziale attualmente fornita dal *EFFIS* risulta tuttavia insufficiente quando viene applicata alle esigenze operative del servizio regionale antincendio boschivo. La realizzazione di un sistema di calcolo dell'indice canadese plasmata sulla realtà regionale del Veneto assume quindi un significato sia come strumento funzionale su scala regionale sia per una successiva valutazione dell'efficacia del *EFFIS*.

L'*FWI* parte dal presupposto che la probabilità di innesco dipenda strettamente dallo stato di idratazione dei combustibili vegetali morti, che dipende, a sua volta, dall'andamento climatico. Viene calcolato sulla base di parametri meteorologici (temperatura dell'aria, umidità relativa, velocità del vento a 10 m dal suolo e precipitazioni delle ultime 24 ore) misurati ad un'ora standard del pomeriggio (ore 13), considerati rappresentativi del picco giornaliero di pericolo (che generalmente si manifesta attorno alle ore 16). L'*FWI* comprende 6 componenti (Fig. 1), tre relative all'umidità del combustibile e tre relative al comportamento del fuoco (Van Wagner 1987).

Le tre componenti relative all'umidità del combustibile sono modelli dinamici che simulano le fasi di disidratazione di tre distinti strati del suolo forestale: a valori crescenti delle componenti corrispondono livelli decrescenti di idratazione. Il *Fine Fuel Moisture Code (FFMC)* è un indicatore del contenuto idrico dei combustibili fini e ne stima il grado di infiammabilità. L'umidità dei combustibili fini è molto sensibile alle condizioni dell'atmosfera e ciò determina che per questi valga un *time-lag* di 16 ore. Con il termine *time-lag* si intende il tempo necessario affinché i combustibili morti perdano il 63% della differenza fra la loro umidità iniziale e il loro contenuto idrico di equilibrio in condizioni di temperatura e umidità relativa costanti (Brown 1982). Il *Duff Moisture Code*

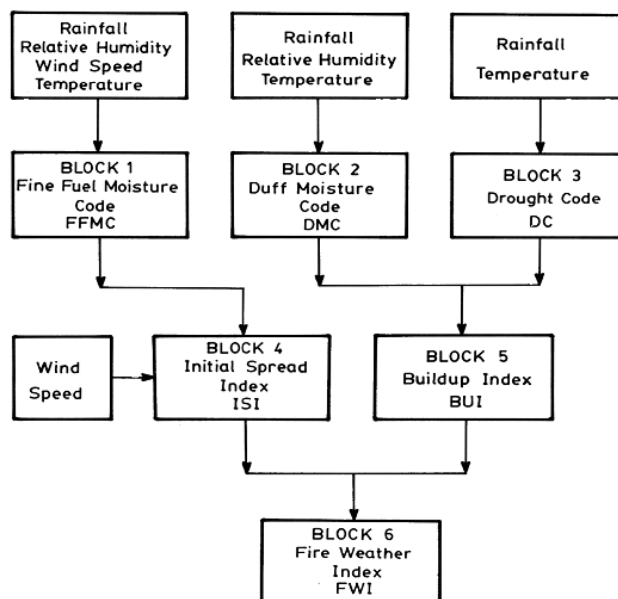


Fig. 1 - Struttura del *Fire Weather Index* (Fonte: Van Wagner 1987).

(*DMC*) indica il contenuto idrico degli strati organici moderatamente profondi e la profondità che il fuoco sarà in grado di raggiungere bruciando la lettiera e i materiali legnosi di media grandezza. Per il *DMC* si utilizza un *time-lag* di 12 giorni. Il *Drought Code (DC)* stima il contenuto idrico medio degli strati organici profondi (10-20 cm). Simula l'andamento stagionale di disidratazione dei combustibili degli strati profondi del suolo e di quelli di grandi dimensioni. È necessario un periodo prolungato di siccità (*time-lag* pari a 52 giorni) per determinare effetti sensibili sul valore di *DC*.

Le tre componenti relative al comportamento del fuoco tengono conto dell'umidità del combustibile e della velocità del vento, e indicano il comportamento più probabile di un incendio. L'*Initial Spread Index (ISI)* indica le modalità di propagazione durante i primi stadi di sviluppo. Viene calcolato in base al valore di *FFMC* e della velocità del vento. Il *Build Up Index (BUI)* stima la quantità di combustibile disponibile indicando come il fuoco si svilupperà dopo le prime fasi di propagazione. Viene calcolato combinando i valori delle componenti *DMC* e *DC*.

Infine, il *Fire Weather Index (FWI)* combina l'informazione derivata dalle componenti *ISI* e *BUI* fornendo una stima del grado di intensità dell'incendio.

Per l'applicazione dell'indice sul territorio veneto si sono tenuti in considerazione i seguenti fattori:

- la numerosità delle stazioni, e quindi delle zone omogenee su cui calcolare e rappresentare l'indice, doveva essere un buon compromesso tra la facilità

di gestione da parte del Servizio Antincendi Boschivi (che limiterebbe il numero delle stazioni) e la completezza nel rappresentare la variabilità climatica della regione (che invece porterebbe ad un numero elevato di stazioni);

- le stazioni meteorologiche dovevano essere affidabili e garantire continuità di funzionamento nel tempo;
- il calcolo dell'indice doveva essere eseguito ogni giorno, pertanto il sistema, per essere gestibile e affidabile, doveva essere automatizzato.

Il progetto quindi si è articolato in due fasi principali:

- Fase I. Definizione delle aree climaticamente omogenee nella regione e scelta delle stazioni meteorologiche di riferimento;
- Fase II. Predisposizione di un sistema automatizzato di calcolo e restituzione spaziale dell'indice.

Fase I: definizione delle zone omogenee e scelta delle stazioni

In questa prima fase (Fase I: definizione delle zone omogenee e scelta delle stazioni) si è proceduto ad analizzare l'andamento climatico regionale attraverso analisi statistica dei principali parametri meteorologici, a rappresentare le zone climaticamente omogenee attraverso un Sistema Informativo Geografico ed infine a raggruppare le stazioni meteorologiche scegliendo le più rappresentative dell'andamento medio dell'area di appartenenza.

Materiali e metodi

Per regionalizzare il clima in Veneto sono state selezionate 62 serie storiche di precipitazione cumulata e di temperatura minima e massima, calcolate come medie mensili, relative a 62 stazioni meteorologiche dell'ex Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia (ex S.I.M.N. - Fig. 2A) e georiferite tramite un sistema informativo geografico (ArcGIS v. 9.1[®]). Le stazioni sono state localizzate sia all'interno della Regione Veneto, sia in corrispondenza delle condizioni di contorno (Friuli e Province Autonome di Trento e Bolzano). Quando necessario, si è provveduto all'eliminazione delle discontinuità o *gaps* presenti all'interno delle serie storiche in corrispondenza di dati mancanti. La metodologia (*gap filling*) procede per confronto dei dati medi della stazione con quelli di una stazione di riferimento orograficamente o territorialmente vicina.

Il *dataset* predisposto conteneva serie di lunghezza pari a 30 anni e comprendenti il trentennio 1961-1990. Questo è un periodo di riferimento utiliz-

zato in molti studi sul clima (ARPAV 2000, Sboarina & Cescatti 2004, Maracchi et al. 2004, Maracchi et al. 2005).

Definizione delle aree climaticamente omogenee

Quando ci si trova a lavorare con *dataset* ampi, sia per numero di variabili meteorologiche presenti sia per numero di stazioni, è necessario identificare gli elementi basilari in grado di spiegare la complessità del clima eliminando gli elementi di ridondanza. Uno strumento per ottenere questo obiettivo è l'analisi delle componenti principali (PCA). Nel caso in esame, il *dataset* era costituito da 62 stazioni, ognuna descritta da 36 variabili i cui valori sono stati calcolati come media dei 30 anni per cui erano disponibili i dati. I dati riguardavano i 3 parametri meteorologici (precipitazione cumulata mensile, media mensile delle temperature massime e media mensile delle temperature minime) relativi ad ogni mese. Per circoscrivere le aree omogenee sono state raggruppate le stazioni che avevano in comune lo stesso *range* di variazione dei parametri e che rappresentano le diverse classi climatiche. Applicando la PCA si sono ottenute indicazioni sul gradiente di variabilità delle stazioni per precipitazione e temperatura mensile. Sono stati considerati dapprima tutti i 12 mesi dell'anno e successivamente diverse combinazioni del *dataset* di partenza, considerando ogni singola stagione e i mesi che la componevano.

Attraverso l'analisi delle componenti principali si sono ottenute per ogni stazione una serie di valori che ne hanno definito la posizione rispetto agli assi di variabilità (componenti principali) e che hanno determinato il raggruppamento delle stazioni con lo stesso *range* di variazione dei parametri. Possiamo infatti immaginare la PCA come un modo di rappresentare i dati in un numero ridotto di dimensioni ortogonali fra loro che rappresentano le tendenze principali della variabilità.

Rappresentazione delle aree climaticamente omogenee

I valori che definiscono il range di variazione dei parametri di ogni stazione (Fig. 3) sono stati georeferenziati utilizzando ArcGIS v. 9.1[®] e il *cokriging* come metodo di interpolazione. A differenza dell'*ordinary kriging*, che utilizza solo le autocorrelazioni spaziali, il *cokriging* prende in considerazione anche altre variabili che sono in correlazione (*cross-correlation*) con la variabile che si desidera spazializzare. Nel caso in esame abbiamo spazializzato la variabilità climatica, correlata fortemente con orografia del territorio (gra-

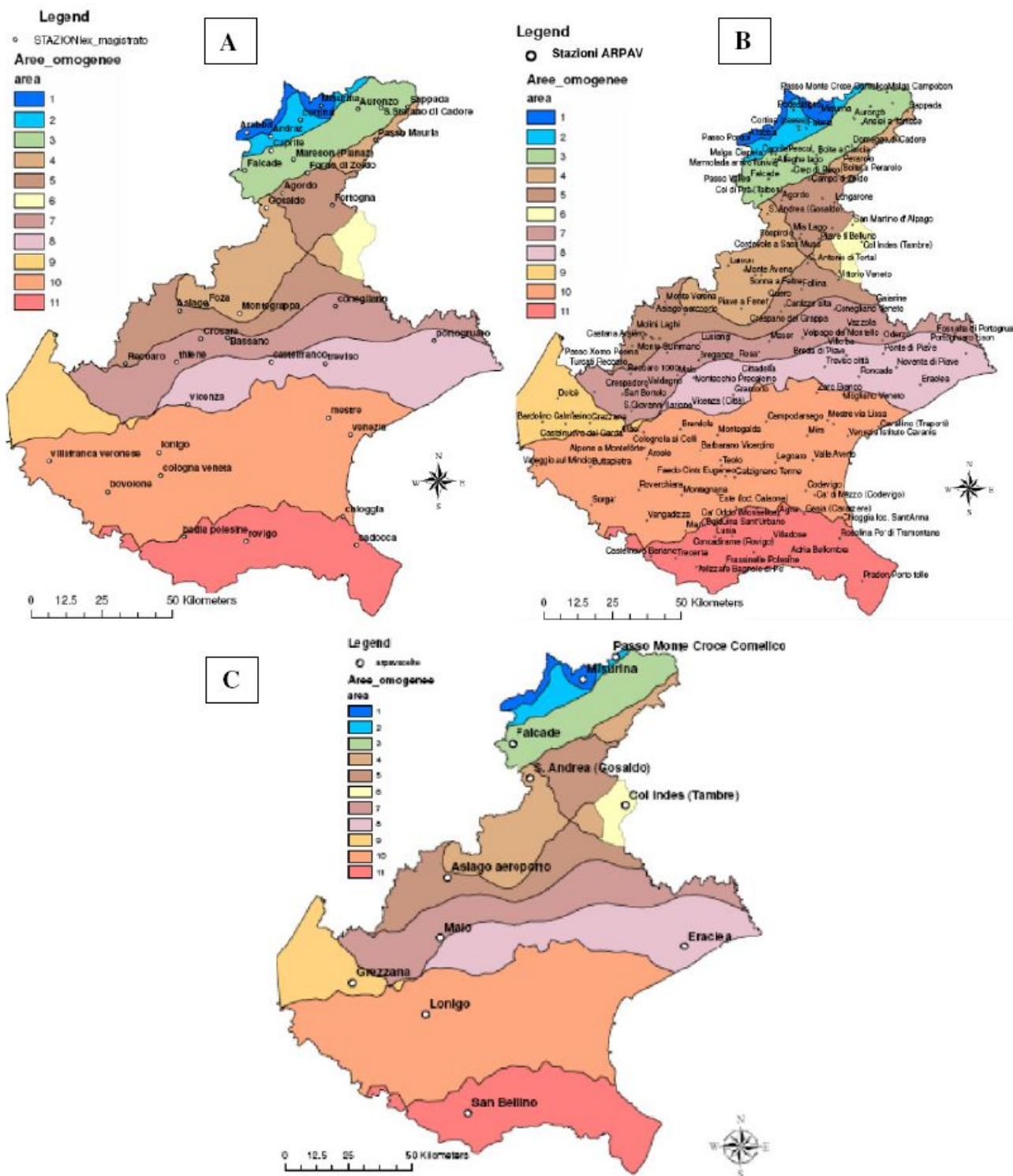


Fig. 2 - Mappa delle aree climaticamente omogenee come ottenuta dall'analisi delle componenti principali: (A) stazioni ex Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia utilizzate nell'analisi; (B) stazioni ARPAV; (C) stazioni ARPAV scelte per il calcolo dell'indice.

diente termico di 0.55 °C ogni 100 m), distanza dal mare (gradiente pluviometrico) e latitudine (gradiente termico - Gozzini et al. 2000).

Basandosi su questi presupposti e disponendo del

DTM (modello digitale del terreno) del Veneto e delle aree di confine, si è proceduto all'elaborazione del modello di latitudine e di distanza dal mare, in modo da correlare nel *cokriging* la variabilità climati-

ca con le caratteristiche geomorfologiche del territorio. La tabella di output della PCA, contenente i valori delle componenti principali, è stata caricata in GIS. I valori delle componenti (*Prin1* e *Prin2*) sono stati interpolati sul territorio regionale tramite un'ordinaria *cokriging*. Le interpolazioni sono state trasformate in formato vettoriale e intersecate tra loro. Così facendo è stata generata una zonizzazione grezza del territorio che è servita da base per la creazione della mappa finale. Le classi sono state poi ridotte seguendo come criteri la vicinanza geografica, l'orografia e la significatività del raggruppamento in base alla variazione dei parametri. Le stazioni usate per l'analisi, sovrapposte alla mappa, determinano il raggruppamento in 11 aree climaticamente omogenee (Fig. 2B), diverse per il tipo di regime termopluviometrico, numerosità che si è ritenuta ottimale per le capacità gestionali del sistema Regionale Antincendi Boschivi.

Scelta delle stazioni più rappresentative

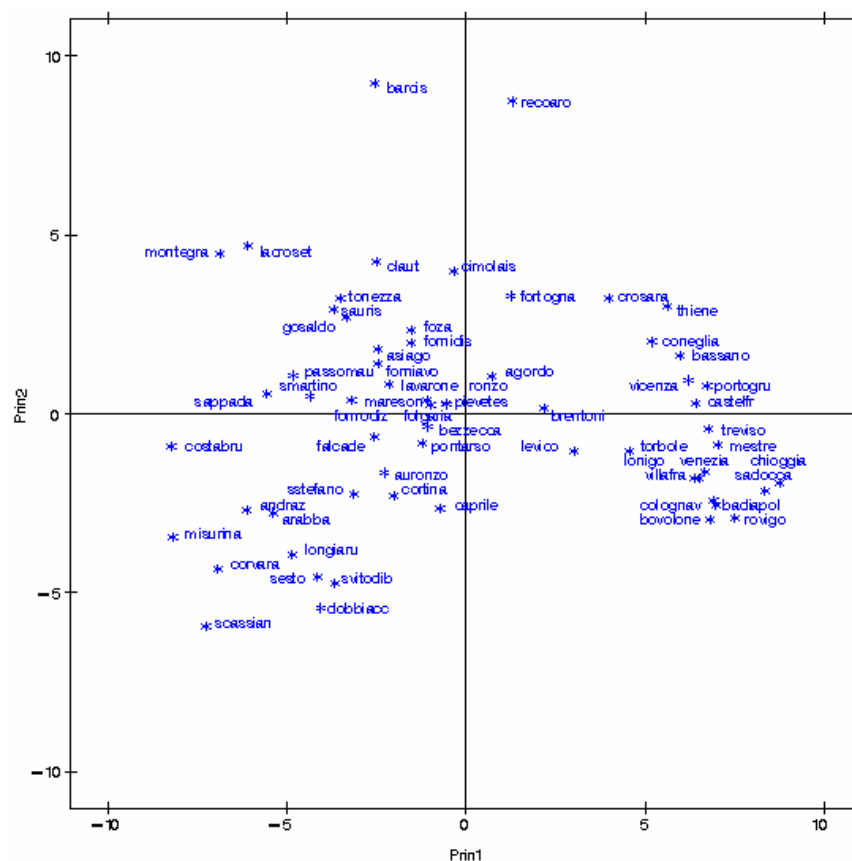
Per ogni area climatica è stata condotta un'analisi dei residui, intesa come differenza tra il valore di ogni parametro delle stazioni dell'ex Ufficio Idrografico dalla media riscontrata nell'area climatica di appartenenza. Questo tipo di analisi permette di ordinare le stazioni per grado di rappresentatività. Le

stazioni dell'ARPAV, che forniscono i dati di input, non corrispondono a quelle dell'ex Ufficio Idrografico. Le stazioni meteorologiche in telemisura dell'ARPAV, in grado di fornire i dati di input in tempo reale, appartengono infatti ad una sistema di monitoraggio diverso rispetto alla rete di stazioni storiche dell'ex S.I.M.N. dotate di strumentazione meccanica a lettura manuale (ARPAV 2000).

Le stazioni ARPAV sono state scelte in base alla prossimità rispetto alle stazioni più rappresentative dell'ex Ufficio Idrografico e in base alla similitudine tra le quote. La metodologia adottata prevede l'identificazione dell'andamento medio dei tre parametri climatici per ogni gruppo di stazioni o classe climatica e della retta di regressione tra media del gruppo e dati misurati (stazioni presenti nel gruppo); il calcolo della somma dei residui per ogni stazione all'interno dello stesso gruppo; la distribuzione dei residui attorno alla retta di regressione e l'eliminazione degli *outlayers*; la classificazione delle stazioni in base al valore medio dei residui calcolato dopo l'eliminazione degli *outlayers*. Al diminuire di questo valore cresce la vicinanza della stazione alla condizione climatica media e quindi il suo grado di rappresentatività.

Accanto al valore medio dei residui, la deviazione standard indica se la stazione si approssima alla me-

Fig. 3 - *Principal components analysis*: distribuzione delle stazioni in base alla variabilità climatica.



Tab. 1 - Stazioni dell'ex Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia ordinate per grado di rappresentatività rispetto all'area climatica di appartenenza (Dev. St. = deviazione standard).

Area	Stazione	Somma residui	Residuo medio	Dev. St.	Area	Stazione	Somma residui	Residuo medio	Dev. St.
1	Corvara	11.85	0.33	0.29	5	Forno di zoldo	16.89	0.47	0.47
	Longiaru	17.7	0.49	0.3		Lavarone	18.6	0.52	0.27
	Arabba	19.13	0.58	0.47		Asiago	19.6	0.54	0.5
	Misurina	21.77	0.6	0.52		Folgaria	21.21	0.59	0.43
	S. Cassiano	25.01	0.74	0.63		Cimolais	21.36	0.59	0.42
2	Sesto	11.76	0.34	0.43	6	Tonezza	20.46	0.6	0.53
	S. Vito di Braies	15.69	0.44	0.49		Agordo	21.69	0.6	0.37
	Dobbiacco	24.55	0.7	0.73		Fortogna	27.82	0.77	0.64
	Andraz	25.34	0.72	0.55		Recoaro	34.53	1.11	0.74
	Cortina	29.42	0.84	0.63		7	Claut	17.2	0.48
3	Falcade	6.92	0.19	0.17	La crosetta		20.61	0.61	0.52
	Mareson	12.75	0.35	0.25	Barcis		26.79	0.74	0.57
	Auronzo	12.64	0.36	0.37	8	Thiene	18.19	0.51	0.44
Pontarso	13.72	0.38	0.42	Conegliano		18.88	0.57	0.46	
S. Stefano	15.32	0.46	0.4	Bassano		24.59	0.68	0.39	
S. Martino	17.99	0.5	0.29	Crosara	25.77	0.74	0.56		
Bezzecca	19.19	0.53	0.47	9	Castelfranco	16.78	0.47	0.37	
Caprile	21.81	0.61	0.46		Portogruaro	19.18	0.53	0.55	
Ronzo	22.17	0.62	0.58		Vicenza	20.51	0.6	0.66	
Sappada	22.54	0.68	0.44	Treviso	27.27	0.76	0.87		
Brentonico	28.7	0.84	0.6	10	Torbole	-	-	-	
Costabrunella	36.21	1.06	0.62		Venezia	10.7	0.3	0.29	
Levico	39.83	1.11	0.59		Villafranca V.	13.7	0.39	0.52	
4	Sauris	6	0.17	0.17	ColognaV.	17.53	0.49	0.42	
	Gosaldo	6.71	0.19	0.18	Lonigo	16.74	0.49	0.43	
	Forni avoltri	14.43	0.4	0.24	Bovolone	20.12	0.56	0.48	
	Forni di sopra	17.3	0.48	0.26	Mestre	21.3	0.59	0.64	
	Passo mauria	17.04	0.5	0.47	Chioggia	29.53	0.89	0.69	
	Foza	18.4	0.54	0.59	11	Rovigo	14.81	0.41	0.48
	Pieve tesino	32.24	0.9	0.39		Badia polesine	17.73	0.51	0.43
	Monte grappa	32.37	1.01	0.5		Sadocca	29.56	0.84	0.7

dia del gruppo in modo costante durante tutto l'anno. Se la deviazione standard ha un valore elevato significa che la media della stazione non è sempre simile alla media dell'area. In questo caso la scelta migliore ricade su una stazione che abbia una deviazione minore anche se possiede un residuo medio leggermente maggiore.

Risultati

Nell'indagine climatica effettuata sono state sufficienti due sole componenti principali che spiegano una percentuale di variabilità del 92%. L'analisi scelta come base per la zonizzazione è quella che utilizza l'intero *dataset* e permette di produrre un quadro di sintesi chiaro e valido per tutto l'anno. La prima

componente *PC1* rappresenta l'ordinamento delle stazioni in base alla temperatura e il 68% della variabilità. La seconda componente *PC2* rappresenta invece la precipitazione e spiega il 24% della variabilità. Su ciascun asse, più il valore tra due stazioni è simile, più queste stazioni hanno andamenti climatici simili (Fig. 3).

Il raggruppamento delle stazioni, passando attraverso l'interpolazione dei risultati prodotti dalla PCA, ha generato una prima zonizzazione del territorio in 17 aree, che sono poi state ridotte a 11 per non frammentare eccessivamente il territorio. La Fig. 3B illustra come si distribuiscono le stazioni ARPAV nella zonizzazione climatica del Veneto. Sono queste le stazioni che rilevano i dati da utilizzare per il calcolo di *FWI* e che sono state confrontate con le stazioni dell'ex Ufficio Idrografico indicate come più rappresentative dall'analisi dei residui (Tab. 1). Dopo una prima individuazione delle possibili stazioni ARPAV si è chiesto un confronto con i tecnici che hanno proposto quelle che avevano le migliori caratteristiche. La scelta definitiva delle stazioni ARPAV deriva da un confronto con i tecnici dell'ARPAV di Teolo.

Fase II: calcolo automatico di FWI e restituzione dei risultati

Il sistema di calcolo dell'indice si compone di quattro parti (Fig. 4):

- trasferimento e acquisizione dei dati di input;

- calcolo dell'indice;
- spazializzazione dell'indice e generazione degli output;
- diffusione dei risultati.

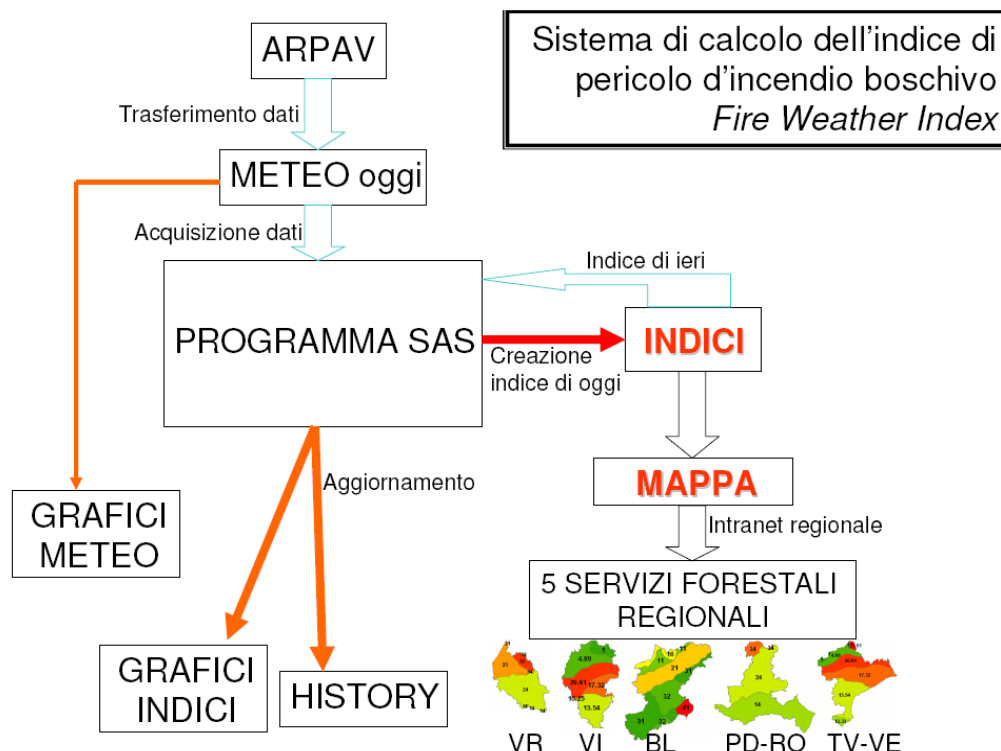
Il file di *input* viene inviato dall'ARPAV dopo le 13 al Centro Informatico della Regione Veneto. Il sistema acquisisce i dati automaticamente più volte al giorno e genera l'indice. I valori delle variabili meteo possono essere visualizzati dal Servizio Antincendi Boschivi attraverso un grafico che rappresenta l'andamento giornaliero nell'arco dell'ultimo mese, fornendo un ulteriore strumento di controllo e di supporto decisionale.

Poiché l'ARPAV ha segnalato una probabilità pari al 3.5% di mancato invio dei dati (per ogni stazione), è stata predisposta una sezione di programma contenente 11 modelli di regressione, per sopperire ad eventuali discontinuità nei dati di *input*. Per ogni area si è trovata la stazione meglio correlata per ognuno dei 4 dati meteo di *input*. In prospettiva si prevede il ricorso a 11 ulteriori stazioni di supporto con la funzione di tamponare, quando necessario, queste discontinuità.

Programmazione in SAS

Gli algoritmi di calcolo, provenienti dal *Canadian Forest Service* (Alberta, Canada), nonché le procedure necessarie all'acquisizione dei dati e alla generazione degli output vengono eseguiti dal pacchetto statistico SAS v. 9.1[®]. La programmazione in SAS presenta

Fig. 4 - Diagramma di flusso del sistema di calcolo dell'indice.



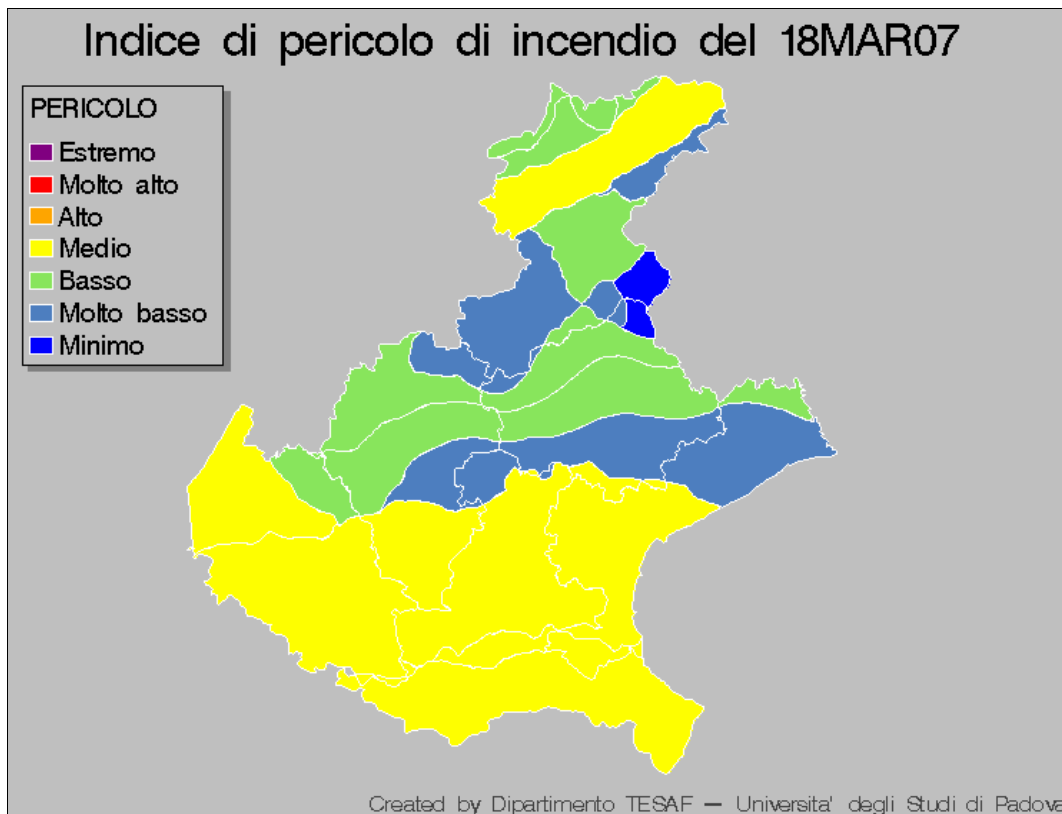


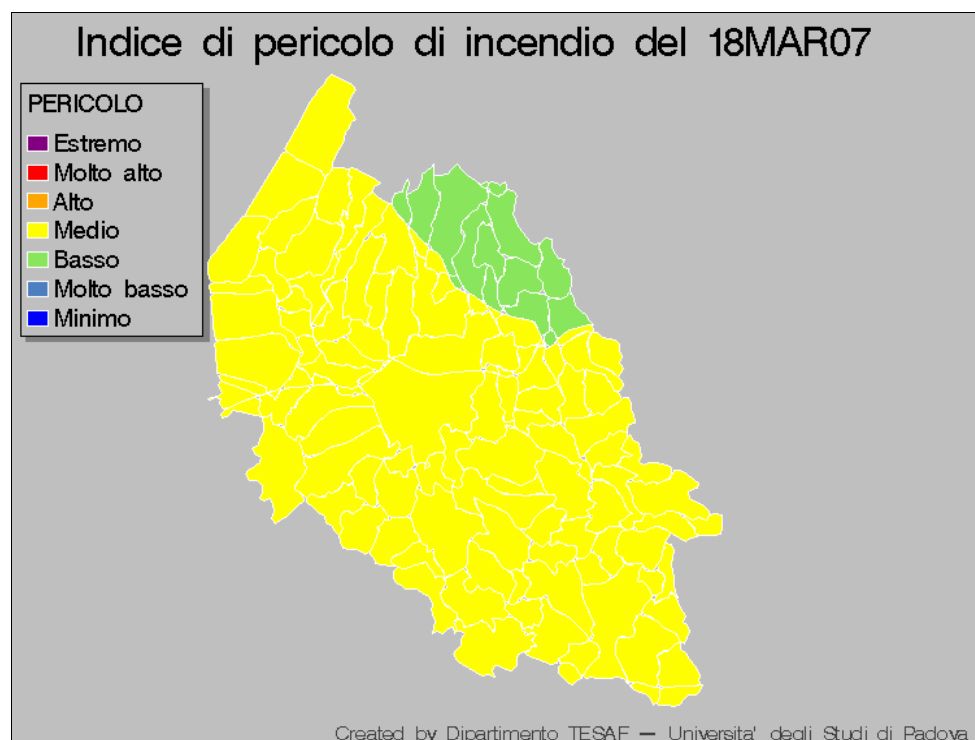
Fig. 5 - Mappa del grado di pericolo d'incendio per l'intera regione Veneto.

una serie di vantaggi legati alla flessibilità del linguaggio e alla possibilità di unire una varietà di *output* grafici al calcolo tabulato dell'indice. Nel caso di applicazioni legate al territorio, la possibilità di generare mappe diventa necessaria per acquisire una visione d'insieme della situazione di pericolo d'in-

condio, nonché per prendere decisioni in merito alle strutture da attivare e al loro dislocamento all'interno del territorio regionale.

In base alla data che è stata scelta per il calcolo dell'indice, il sistema importa il corrispondente *file* di dati meteorologici e un *file* prodotto il giorno prima,

Fig. 6 - Mappa del grado di pericolo d'incendio boschivo per il Servizio Forestale di Verona.



Tab. 2 - Scala di variazione di FWI e classi di pericolo d'incendio boschivo. Fonte: Regione Autonoma Valle d'Aosta (2005).

Classe di Pericolo	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
ESTREMO	>26	>30	>43	>58	>64	>67	>68	>73	>67	>52	>40	>37
MOLTO ALTO	18-26	20-30	27-43	36-58	41-64	39-67	41-68	43-73	40-67	32-52	26-40	24-37
ALTO	11-17	13-19	16-26	21-35	23-40	22-38	23-40	24-42	23-39	19-31	16-25	15-23
MEDIO	7-10	8-12	9-15	11-20	13-22	12-21	13-22	13-23	12-22	11-18	9-15	9-14
BASSO	4-6	4-7	5-8	6-10	6-12	6-11	6-12	7-12	6-11	6-10	5-8	5-8
MOLTO BASSO	2-3	2-3	3-4	3-5	3-5	3-5	2-5	3-6	3-5	3-5	2-4	2-4
MINIMO	0-1	0-1	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-2	0-1	0-1

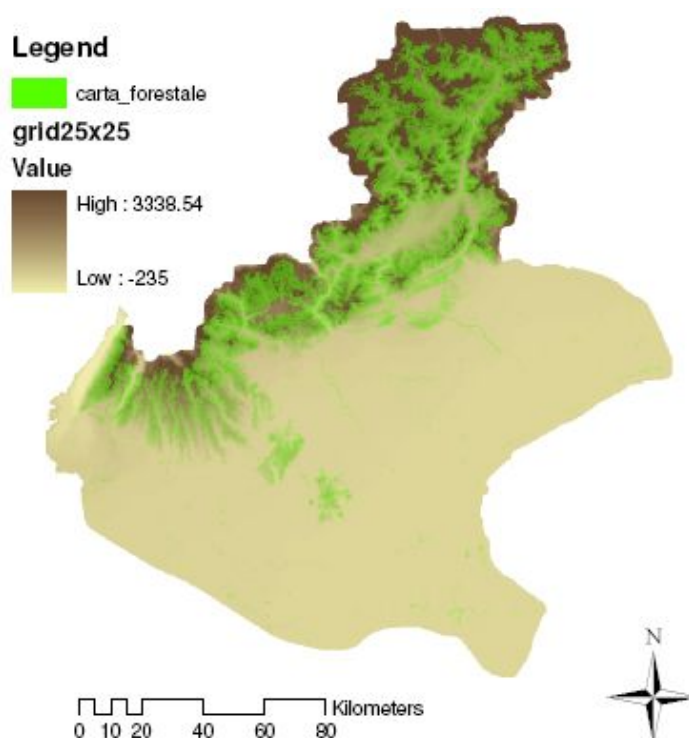
nel quale si trovano i valori delle tre componenti dell'indice canadese (*FFMC*, *DMC*, *DC*) necessarie a definire le condizioni iniziali di umidità dei combustibili fini, medi e grossolani. Trattandosi di un indice cumulato, è impossibile calcolare *FWI* prescindendo dai valori del giorno precedente. In questa fase vengono generati 11 valori dell'indice corrispondenti alle 11 stazioni meteorologiche che forniscono i dati di input alle 11 aree omogenee. I valori calcolati per ogni stazione vengono aggregati all'interno di un'unica tabella visualizzabile dall'utente in formato *html* (Fig. 5). Le tabelle prodotte vengono memorizzate in uno storico che conserva tutti i dati per ogni giorno in cui l'indice è stato calcolato e che viene aggiornato automaticamente dal sistema. Esso rappresenta il *database* di riferimento per qualsiasi indagine statistica

si voglia intraprendere sull'andamento dell'indice nel medio - lungo periodo e per la fase di taratura dell'indice stesso.

Ultimata la fase di calcolo, il sistema genera diversi tipi di *output* destinati all'utente: i valori tabellari dell'indice e delle sue componenti nelle diverse aree omogenee; i grafici dell'andamento dell'indice nell'ultimo mese con possibilità di visualizzare l'andamento di ogni area climaticamente omogenea; la mappa del grado di pericolo per tutta la regione o per i singoli Servizi Forestali.

L'automazione della mappa di pericolo è stata eseguita utilizzando la procedura *GMAP* di SAS 9.1®. Il programma, tramite un *file* di testo contenente le coordinate delle aree omogenee, rappresenta i punti che definiscono i poligoni-area come se giacessero su

Fig. 7 - Carta Forestale della Regione Veneto (aggiornata al 2003) sovrapposta al modello digitale del terreno corrispondente. Fonte: Regione Veneto (2006).



un piano cartesiano, e associa a questi poligoni il valore dell'indice. A seconda del valore assunto dall'indice il poligono assume un colore associato a sua volta al grado di pericolo (Fig. 5). Oltre alla mappa dell'intera regione sono state predisposte cinque ulteriori visualizzazioni corrispondenti alle aree di pertinenza dei SFR (Servizi Forestali Regionali). A differenza della mappa regionale, le mappe parziali dei Servizi contengono i confini amministrativi dei comuni, che aiutano il personale operativo ad individuare tempestivamente i comuni soggetti a maggiore pericolo d'incendio e ad agire di conseguenza (Fig. 6).

La diffusione dei risultati avviene per consultazione, da parte delle diverse realtà amministrative, della *intranet* regionale, in cui è stata predisposta una pagina *web* per la visualizzazione dell'indice.

Scala di variazione dell'indice e grado di pericolo

Il calcolo del *Fire Weather Index* produce valori numerici a scala di variazione continua da ricondurre a determinate classi di pericolo d'incendio, che variano in base al mese. La scala che è stata applicata in questo studio (Tab. 2) proviene dal Nucleo Antincendi Boschivi della Regione Autonoma Valle d'Aosta (2005) e si compone di 7 classi di pericolo in cui i valori soglia di *FWI* variano mensilmente. La scala valdostana è stata messa a punto nell'ambito del *Piano per la prevenzione e lo spegnimento degli incendi boschivi*, attualmente in vigore (Regione Autonoma Valle d'Aosta 2005). In Valle d'Aosta l'applicazione di questi valori soglia ha restituito risultati soddisfacenti adattandosi pienamente all'ambiente alpino. Se si considera che in Veneto la percentuale più consistente di superficie forestale ricopre la fascia alpina e pre-alpina (Fig. 7), l'utilizzo di questi valori è verosimile. Una taratura specifica delle soglie da adottare in Veneto sarà ultimata nel prossimo futuro utilizzando i valori del *Fire Weather Index* prodotti dal sistema di calcolo della Regione Veneto.

Conclusioni

L'impiego di un indice di pericolo d'incendio boschivo da parte del Servizio Antincendi Boschivi della Regione Veneto è un passo obbligato affinché questi possa allinearsi ai moderni servizi antincendi boschivi. Questa iniziativa permetterà di analizzare il funzionamento dell'indice canadese nel territorio della Regione Veneto e fornirà un *dataset* consistente sul quale tarare le classi di pericolo all'andamento degli incendi nella regione.

Da un punto di vista operativo è essenziale la defi-

nizione delle procedure operative che dovranno essere associate a ciascuna classe di pericolo e saranno costituite da procedure di emergenza e mobilitazione del personale, avvistamento e controllo.

La veste dell'applicativo di calcolo, accessibile tramite internet anche a livello periferico, rende questo strumento facilmente consultabile e fornisce direttamente gli output in una forma grafica intuitiva. La possibilità per l'ufficio centrale di calcolare manualmente l'indice e di visualizzare gli input, garantisce il controllo del sistema e l'interazione con esso.

Il progetto è stato svolto privilegiando una prospettiva dinamica di sviluppo e miglioramento del prodotto. In questa chiave rimane strategica la possibilità di produrre anche la previsione del pericolo d'incendio a 1 o 2 giorni per una programmazione ottimale delle azioni di contrasto degli incendi boschivi in Veneto.

Ringraziamenti

La ricerca è stata finanziata nell'ambito di applicazione del Regolamento CE-2152/2001 "*Forest Focus*" nella Regione Veneto, che ha permesso la stipula di una convenzione tra la Direzione Foreste ed Economia Montana e il Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'Università degli Studi di Padova dal titolo: "Realizzazione di un sistema di calcolo dell'indice di pericolo canadese (*FWI*) spazializzato per la Regione Veneto". Si ringraziano Giancarlo Cesti del Corpo Forestale della Regione Autonoma Valle d'Aosta, per gli utilissimi consigli sulla predisposizione dell'indice e Wolfgang Schönerer il *Central Institute of Meteorology and Geodynamics* di Vienna per i suggerimenti relativi all'analisi climatica e per i dati di temperatura mensile.

Bibliografia

- ARPAV (2000). La caratterizzazione climatica della Regione Veneto. Area Ricerca e Informazione, Dipartimento per il sistema informativo e l'Educazione Ambientale, Regione Veneto.
- Brown JK (1982). Fuel and fire behaviour prediction in big sagebrush. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Res. Pap. INT-197, Ogden, Utah, pp. 56.
- Camia A, Bovio G, Aguado A, Stach N (1999). Meteorological fire danger indices and remote sensing. In: "Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin" (Chuvieco E ed). Springer-Verlag, pp. 39-59.
- Gozzini B, Crisci A, Bertini D, Maselli F, Meneguzzo F, Zi-poli G, Paniagua S, Perarnaud V, van Diepen K, Boogaard HL, Courault D, Delecolle R (2000). Cooperation

- and comparison of several interpolation methods of meteorological data (minimum temperature). In: "Dealing on spatialisation" (Gozzini B, Paniagua S eds). EUR 19545, COST 79, European Commission, Luxembourg.
- Maracchi G, Meneguzzo F, Crisci A, Barcaioli G., Magno R, Piani F (2004). Scenari climatici futuri e supporto alla valutazione degli impatti sull'agricoltura toscana. Rapporto finale. CNR, Istituto di Biometeorologia, Firenze.
- Maracchi G, Genesio L, Magno R, Ferrari R, Crisci A, Bottai L (2005). Progetto DesertNet: Programma Interreg III B (MEDOCC) - Asse 4 Misura 4, WP A10 - Azione pilota in Toscana "I diagrammi del clima in Toscana". Rapporto Finale Giugno 2005, LaMMA-CRES in collaborazione con il LAMMA, coordinati dal CNR-IBIMET, Firenze.
- Regione Autonoma Valle d'Aosta (2005). Piano per la prevenzione e lo spegnimento degli incendi boschivi. Servizio Selvicoltura, Difesa e Gestione del Patrimonio Forestale, Assessorato Agricoltura, Foreste e Ambiente naturale, Aosta.
- Regione Veneto (2006). Carta Regionale dei tipi forestali: documento base. Direzione Foreste ed Economia Montana in collaborazione con l'Accademia Italiana di Scienze Forestali.
- Sboarina C, Cescatti A (2004). Il clima del Trentino. Provincia Autonoma di Bolzano, Centro di Ecologia Alpina, Report n. 33, Trento.
- Taylor SW, Alexander ME (2006). Science, technology, and human factors in fire danger rating: the Canadian experience. *International Journal of Wildland Fire* 15: 121-135.
- Van Wagner CE (1987). Development and structure of the Canadian forest fire weather index system. Forestry Technical Report 35, Government of Canada, Canadian Forestry Service, Ottawa.