

# **IL SISTEMA DI PREVISIONE DEL DISAGIO BIOCLIMATICO IN EMILIA-ROMAGNA**

**Verifica funzionamento servizio**

**Estate 2007**

Struttura Tematica di Epidemiologia Ambientale  
Servizio Idro-meteorologico  
ARPA Emilia-Romagna

# **IL SISTEMA DI PREVISIONE DEL DISAGIO BIOCLIMATICO IN EMILIA-ROMAGNA**

**Verifica funzionamento servizio**

**Estate 2007**

**A cura di:**

Giovanna Pirretti

Fabiana Scotto

Stefano Zauli Sajani

# IL SISTEMA DI PREVISIONE DEL DISAGIO BIOCLIMATICO IN EMILIA-ROMAGNA

## Verifica funzionamento servizio

### 1 SITUAZIONE METEOROLOGICA ESTATE 2007

#### MAGGIO

Inizio mese caratterizzato dall'afflusso di correnti occidentali associate ad un'area di bassa pressione sull'Italia. Un primo fronte temporalesco attraversa la Sardegna e va ad interessare le regioni tirreniche. Giorno 2 un nuovo fronte porta temporali significativi anche sul Nord-Ovest e Toscana. Nella seconda settimana tempo stabile e temperature in aumento: grazie anche a venti di caduta dai rilievi si registrano fino a 30° in pianura Padana e tra 32 e 34 gradi sulle coste adriatiche. Durante la terza settimana tornano le correnti atlantiche con temporali sparsi al Nord e temperature nella norma. L'instabilità pomeridiana si fa sempre più sentire prima sui rilievi, poi anche sulla valle del Po, fino a quando il 26 un nuovo sistema atlantico irrompe nel Mediterraneo, portando temporali intensi con grandine e vento.

Il mese ha visto il ritorno delle piogge abbondanti sull'Emilia occidentale e parte del Ferrarese: infatti, con fasi alterne tra periodi umidi e periodi caldi e secchi, la parte occidentale della regione ha visto precipitazioni superiori alla norma. Da Modena verso la Romagna, e soprattutto in quest'ultima, però, le piogge sono state ancora scarse, anche se alla fine del mese alcuni temporali molto intensi hanno interessato il ravennate. In particolare il 26 un temporale ha scaricato chicchi di grandine grossi come noci sul comprensorio frutticolo faentino, seguito il giorno dopo da un'altra grandinata significativa tra Faenza, Russi e zone a sud di Ravenna. Anche le precipitazioni cadute ad inizio mese sull'Emilia sono state in prevalenza temporalesche, ma senza fenomeni violenti. Le giornate in cui il territorio regionale è stato interessato da temporali sono state 12. Le temperature sono state per questo mese superiori alla norma: di circa tre gradi sui valori delle massime e di circa due sulle minime.

Comune	Pioggia osserv.	Pioggia clima	Anom. pioggia	Tmax mese	Tmax clima	Anom. Tmax	Tmin mese	Tmin clima	Anom. Tmin
PC	114	63	<b>51</b>	27.1	26.2	<b>0.9</b>	15.7	14.3	1.4
PR	126	59	<b>67</b>	28.2	28.2	<b>0</b>	16.4	16.5	-0.1
RE	126	57	<b>69</b>	28.7	27.8	<b>0.9</b>	14.4	13.9	0.5
MO	131	57	<b>74</b>	29.1	28.2	<b>0.9</b>	14.8	14.3	0.5
BO	132	59	<b>73</b>	28.4	27.1	<b>1.3</b>	17.1	16.2	0.9
FE	67	56	<b>11</b>	28.5	27.6	<b>0.9</b>	18.1	18	0.1
RA	63	46	<b>17</b>	27.6	26.2	<b>1.4</b>	16	14.4	1.6
FC	46	58	<b>-12</b>	27.3	26.7	<b>0.6</b>	14.8	13.4	1.4
RN	22	53	<b>-31</b>	27.2	25.4	<b>1.8</b>	16.7	15.4	1.3

**GIUGNO**

Per l'Emilia Romagna la nota saliente del mese è stata la precipitazione abbondante caduta su vaste aree del territorio regionale, nello specifico su Emilia e parte buona parte del ferrarese. La Romagna, invece, ha visto piogge nella media o sotto, particolarmente, in quest'ultimo caso, lungo la fascia più prossima alla costa. I giorni di pioggia durante la prima metà del mese sono stati numerosi e alcune eventi meritano una menzione speciale. Nella mattina del 7 una linea di convergenza, che dal fiume Reno si protendeva fino al parmense, ha dato origine a piogge temporalesche molto copiose con l'allagamento di Cento dove, presso l'ISIT Bassi Buratti sono stati misurati ben 106 mm di pioggia. Nella zona si erano già abbattuti forti temporali un paio di giorni prima. Nel pomeriggio del 12 si sviluppa una linea di temporali stazionari nella zona tra Zola Predosa e Budrio, con epicentro nella zona ovest della città di Bologna. Nelle fasi salienti del fenomeno si registrano intensità superiori a 150 mm/h, per un totale complessivo di 59 mm. La terza decade del mese è dominata dall'anticiclone subtropicale con assenza di precipitazioni e temperature alte che, però, non hanno mai raggiunto valori eclatanti. La Romagna, sotto l'influenza del Garbino (vento di caduta dall'Appennino) ha avuto le medie mensili che più si sono discostate dai valori climatici di riferimento (circa 1.5°). Per le precipitazioni, tutte le principali città emiliane hanno avuto quantitativi doppi rispetto ai valori normali, mentre Rimini, all'altro capo, ha avuto solo il 40% di quanto atteso per il mese.

Comune	Pioggia osserv.	Pioggia clima	Anom. pioggia	Tmax mese	Tmax clima	Anom. Tmax	Tmin mese	Tmin clima	Anom. Tmin
PC	102	68	<b>34</b>	24.7	21.9	<b>2.8</b>	11.8	9.7	2.1
PR	121	66	<b>55</b>	25.8	23.1	<b>2.7</b>	13.1	11.4	1.7
RE	65	66	<b>-1</b>	26.6	23	<b>3.6</b>	11.2	9	2.2
MO	29	67	<b>-38</b>	27	22.6	<b>4.4</b>	11.4	9.5	1.9
BO	35	63	<b>-28</b>	26.4	22.9	<b>3.5</b>	14.8	12.1	2.7
FE	53	53	<b>0</b>	25.8	22.7	<b>3.1</b>	15.1	13	2.1
RA	72	41	<b>31</b>	23.7	21.4	<b>2.3</b>	14.7	13	1.7
FC	38	54	<b>-16</b>	25	22.1	<b>2.9</b>	11.9	11	0.9
RN	29	48	<b>-19</b>	24.3	21.5	<b>2.8</b>	12.9	11.2	1.7

**LUGLIO**

La prima parte del mese ha visto la predominanza di correnti nord occidentali, fresche e asciutte, che hanno mantenuto le temperature su valori inferiori alla media. I temporali sono stati poco frequenti; la seconda metà del mese ha visto la rimonta dell'anticiclone subtropicale, con una persistente ondata di caldo.

Le giornate più calde sono state quelle del 20 e 21 luglio con massime di 37° a Piacenza e 38,8° a Bologna e del 22 e 23 su Rimini, per via del vento di caduta dai rilievi verso il mare (garbino), con 37°; si sono avute tredici giornate con temperature pari o sopra i 35° a Bologna, quattro a Piacenza e tre a Rimini. Caratteristica del caldo di questo luglio, però, è stata la secchezza dell'aria. Ciò ha provocato una forte escursione termica, con valori alti di giorno, ma ha permesso al calore dovuto al riscaldamento solare di disperdersi rapidamente durante la notte. La tabella con i valori medi mostra, infatti, che, se da una parte i valori massimi delle temperature sono stati superiori alla norma di circa 2,5°, i valori minimi sono stati più freddi del normale sulla pianura interna. Tale situazione d'aria secca e notti relativamente fresche ha così provocato poche situazioni con disagio bioclimatico. L'aria secca, inoltre, non ha certamente favorito lo sviluppo dei temporali, tanto che le precipitazioni sono mancate del tutto in buona

parte della regione. Gli unici eventi degni di nota riguardano i temporali del 30 luglio, a seguito di un fronte freddo che irrompe con la Bora sull'Adriatico, che hanno interessato con quantitativi anche superiori ai 25 mm la costa ferrarese e parte della pianura romagnola oltre ad una diminuzione sensibile delle temperature. Molto scarsi in genere durante il mese gli apporti pluviometrici anche sul crinale appenninico.

Comune	Pioggia osserv.	Pioggia clima	Anom. pioggia	Tmax mese	Tmax clima	Anom. Tmax	Tmin mese	Tmin clima	Anom. Tmin
PC	1	37	<b>-36</b>	31.8	29	<b>2.8</b>	16.5	16.8	-0.3
PR	10	39	<b>-29</b>	32.9	30.9	<b>2</b>	17.7	18.9	-1.2
RE	4	41	<b>-37</b>	33	30.9	<b>2.1</b>	14.8	16	-1.2
MO	0	41	<b>-41</b>	33.3	31.3	<b>2</b>	15.4	16.4	-1
BO	1	40	<b>-39</b>	33.3	30	<b>3.3</b>	19	18.6	0.4
FE	2	41	<b>-39</b>	32.6	30.1	<b>2.5</b>	19.7	20.3	-0.6
RA	15	49	<b>-34</b>	31.3	28.6	<b>2.7</b>	17.2	17	0.2
FC	7	52	<b>-45</b>	31.4	29.1	<b>2.3</b>	16	16	0
RN	7	53	<b>-46</b>	30.6	27.9	<b>2.7</b>	18.8	17.9	0.9

## AGOSTO

Correnti atlantiche, per buona parte del mese, hanno interessato in profondità l'Europa occidentale e anche l'Italia, con numerosi impulsi d'aria fredda. Il mese di agosto in Emilia Romagna è stato instabile e con temperature inferiori alla media. Le piogge ed i temporali che hanno interessato in maniera estensiva le regioni settentrionali e la Toscana, però, non si sono concretizzati in egual misura anche in regione. Soltanto le due parti estreme del territorio, cioè costa adriatica e piacentino occidentale, hanno ricevuto piogge abbondanti. Nel resto della regione le precipitazioni sono state o normali (la Romagna) o addirittura scarse (il resto dell'Emilia ed il ferrarese interno). Rilevante l'evento temporalesco del 31 agosto che ha interessato con temporali intensi e stazionari la fascia a ridosso della costa, in particolare l'area urbana di Ravenna dove in poche ore sono caduti 107 mm di pioggia, di cui la metà in poco più di un'ora. In quella stessa giornata a Rimini sono stati misurati 33 mm, mentre, all'altro estremo della regione, forti temporali hanno colpito anche la Val Tidone. Le temperature medie sono state intorno ai valori stagionali per quanto riguarda le massime, prevalentemente inferiori al valor medio nei valori minimi. Poco numerose sono state le giornate, durante l'ultima settimana, in cui le condizioni di umidità e temperatura hanno provocato condizioni di disagio bioclimatico.

Comune	Pioggia osserv.	Pioggia clima	Anom. pioggia	Tmax mese	Tmax clima	Anom. Tmax	Tmin mese	Tmin clima	Anom. Tmin
PC	43	66	<b>-23</b>	29.2	28.3	<b>0.9</b>	17.3	16.8	0.5
PR	15	69	<b>-54</b>	29.6	30.1	<b>-0.5</b>	17.1	18.6	-1.5
RE	22	57	<b>-35</b>	30.3	30.4	<b>-0.1</b>	14.9	16.1	-1.2
MO	14	54	<b>-40</b>	30.5	30.8	<b>-0.3</b>	15.2	16.5	-1.3
BO	19	53	<b>-34</b>	30	29.6	<b>0.4</b>	17.9	18.5	-0.6
FE	16	56	<b>-40</b>	29.5	29.8	<b>-0.3</b>	18.9	20.3	-1.4
RA	140	59	<b>81</b>	27.8	28.4	<b>-0.6</b>	16.6	17.1	-0.5
FC	59	62	<b>-3</b>	28.8	29.1	<b>-0.3</b>	15.9	16.1	-0.2
RN	84	58	<b>26</b>	28.1	27.7	<b>0.4</b>	18.5	17.8	0.7

## SETTEMBRE

Un flusso di correnti fredde ed instabili, provenienti dall'Atlantico settentrionale, ha dominato lo scenario meteorologico sul Mediterraneo centrale.

Le correnti fredde che hanno interessato a più riprese l'Italia non sono riuscite a portare temporali estesi su tutta la regione. Gli eventi principali sono occorsi nelle giornate del 4 e del 27, quando le precipitazioni hanno interessato quasi tutta la regione ma con effetti complessivi differenti. Altri eventi significati si segnalano il 18, per le precipitazioni temporalesche intense sull'Appennino e le grandinate in molte aree di pianura, e il 26 per i temporali con grandine sulla pianura centrale. Le precipitazioni totali del mese sono state più abbondanti lungo l'alto crinale appenninico, sulle colline romagnole e sulla pianura di Reggio e Modena. Sul resto della regione sono mancanti in media circa 30 mm di pioggia sui 67 attesi per il mese.

Il tipo di circolazione si è riflesso anche sulle temperature medie del mese che sono state più basse dei valori normali, in particolare in quelli minimi. Le temperature massime sono state intorno alla norma, ma in genere la Romagna è stata più fredda dell'Emilia. Da evidenziare che l'intensa irruzione fredda del 27 ha portato un temporale di neve sul Cimone. Vento forte a raffiche è stato registrato durante i vari episodi temporaleschi che si sono avuti durante il mese.

Comune	Pioggia osserv.	Pioggia clima	Anom. pioggia	Tmax mese	Tmax clima	Anom. Tmax	Tmin mese	Tmin clima	Anom. Tmin
PC	60	70	<b>-10</b>	25	23.8	<b>1.2</b>	12	13	-1
PR	33	71	<b>-38</b>	25.6	25.4	<b>0.2</b>	12.4	15.1	-2.7
RE	94	63	<b>31</b>	25.8	25.5	<b>0.3</b>	9.9	11.4	-1.5
MO	83	69	<b>14</b>	25.9	25.9	<b>0</b>	10.9	11.8	-0.9
BO	43	63	<b>-20</b>	25.6	25.2	<b>0.4</b>	12.8	14.9	-2.1
FE	25	58	<b>-33</b>	24.9	24.4	<b>0.5</b>	14.3	16.2	-1.9
RA	40	71	<b>-31</b>	23.6	24.4	<b>-0.8</b>	11.6	13.7	-2.1
FC	42	72	<b>-30</b>	24.3	24.9	<b>-0.6</b>	10.9	12.7	-1.8
RN	63	72	<b>-9</b>	23.9	24	<b>-0.1</b>	12.6	14.6	-2

## **2 Parametri di rilevanza statistica nella valutazione delle previsioni: BIAS, MAE e RMSE.**

Gli errori di previsione sono stati valutati utilizzando tre diversi parametri, che si basano sugli scarti fra valore osservato e previsto dell'indice di Thom.

Il BIAS (mean error o errore medio) viene definito come media aritmetica degli scarti tra i valori osservati e previsti:

$$BIAS = \frac{1}{N} \sum (Vp_i - Vo_i)$$

Dal momento che scarti positivi e scarti negativi si compensano, in assenza di una tendenza sistematica a sovrastimare o a sottostimare il valore previsto il BIAS dovrebbe essere pari a 0. Il BIAS è quindi un indicatore di un eventuale distorsione nelle stime: un BIAS positivo indica una prevalenza di scarti positivi tra valore previsto e osservato e quindi una tendenza ad una sovrastima nelle previsioni; viceversa, un BIAS negativo indica una tendenza alla sottostima nelle previsioni. E' comunque auspicabile che il BIAS sia, in valore assoluto, il più basso possibile.

Il MAE (mean absolute error) viene invece definito come la media dei valori assoluti degli scarti tra valore previsto e osservato:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_i |Vp_i - Vo_i|$$

Utilizzando il valore assoluto, gli scarti positivi e negativi non si compensano, per cui il valore assunto dal MAE esprime la grandezza media degli errori ed è quindi un indicatore dell'accuratezza delle stime.

Infine viene utilizzato l'RMSE (root mean square error), definito come la radice quadrata della media dei quadrati degli scarti:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_i (Vp_i - Vo_i)^2}$$

L'RMSE è un altro indicatore dell'accuratezza delle stime, che, basandosi sui quadrati degli scarti, rispetto al MAE amplifica isolati valori previsti che abbiano presentato forti scostamenti rispetto a quelli osservati.

Nelle figure 3 e 4 sono rappresentati BIAS, MAE e RMSE associati alla previsione dell'indice di Thom per 3 aree urbane, 4 aree di pianura e 2 di collina, a titolo rappresentativo del territorio regionale.

### **3 Verifica della qualità delle previsioni**

La verifica delle previsioni dell'estate 2007 conferma quanto si era già osservato per le estati precedenti: l'accuratezza delle stime diminuisce all'aumentare dell'anticipo con cui viene emessa la previsione ed in particolare un aumento più marcato dell'entità degli errori si riscontra spesso in corrispondenza dell'ultima scadenza di previsione (D-4). Il bias è prossimo allo zero e abbastanza omogeneo tra le diverse aree, ad eccezione di Ferrara per cui si individua un bias che, pur abbastanza contenuto (sempre inferiore a -0.4), risulta sistematicamente negativo per tutte le scadenze.

L'errore medio in termini assoluti (MAE) è generalmente inferiore o uguale ad una unità Thom fino alla scadenza D-3, e presenta un incremento approssimativamente lineare all'aumentare delle scadenze. Si tratta di un errore abbastanza contenuto in termini percentuali, ma che può comportare una certa difficoltà a discriminare tra due gradazioni contigue di disagio, che si differenziano per una unità Thom.

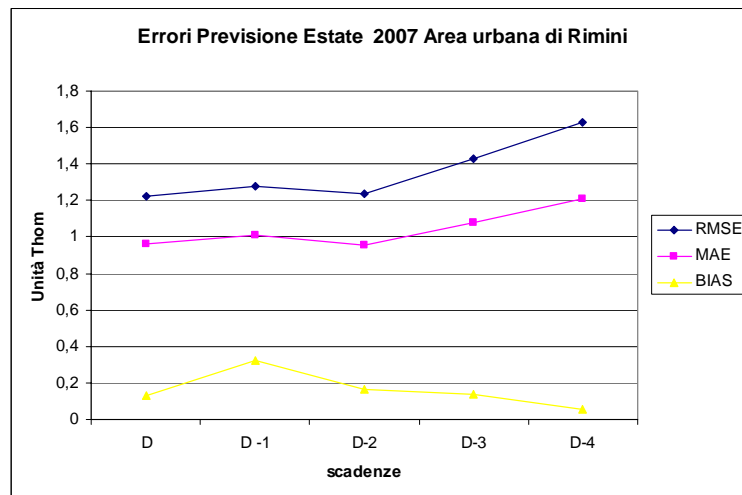
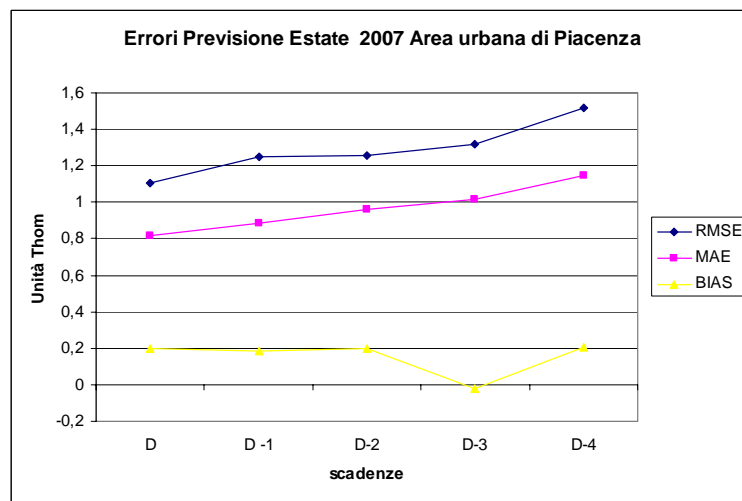
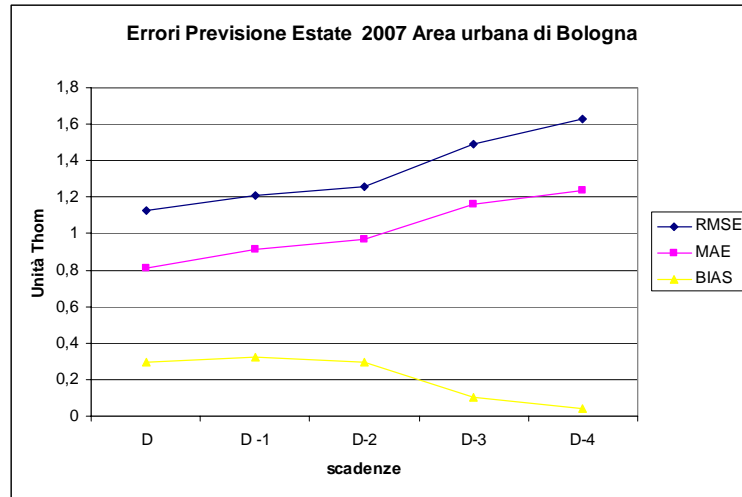


Figura 1 - Andamenti degli errori associati alle previsioni dell'indice di Thom per l'estate 2007 sulle aree urbane di Bologna, Piacenza, e Rimini

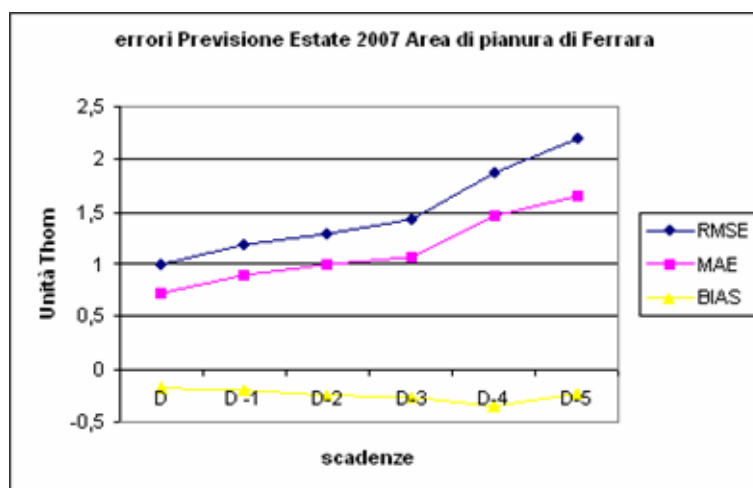
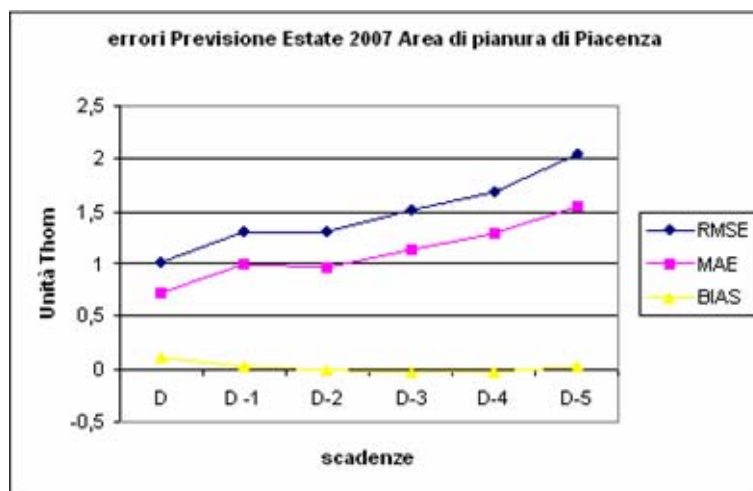
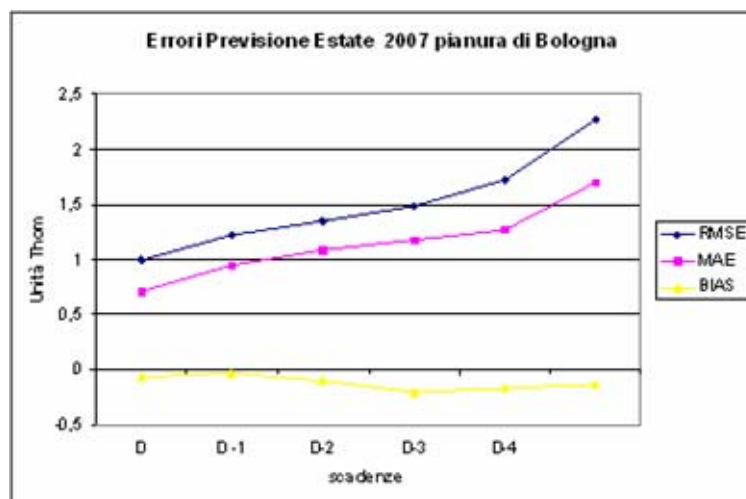


Figura 2 - Andamenti degli errori associati alle previsioni dell'indice di Thom per l'estate 2007 sulle aree di pianura di Bologna, Piacenza, e Ferrara

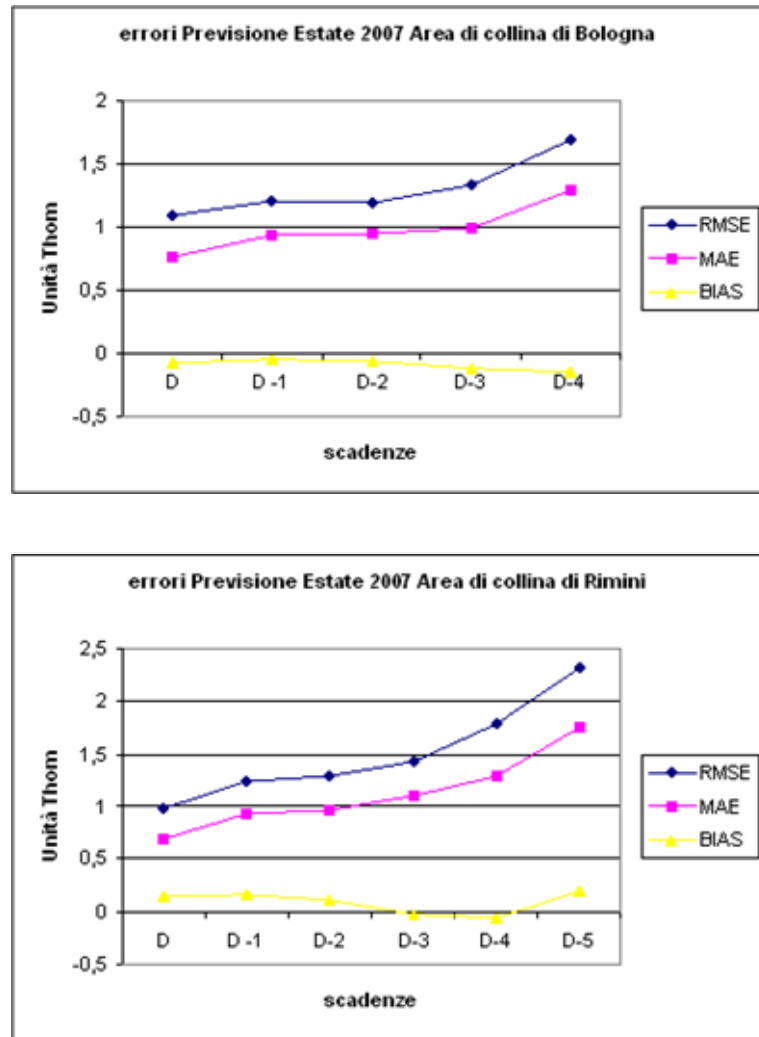


Figura 3 - Andamenti degli errori associati alle previsioni dell'indice di Thom per l'estate 2007 sulle aree collinari di Bologna e Rimini

## TAVOLE DI CONTINGENZA PER LA PREVISIONE DELLE AREE URBANE

Di seguito vengono riportate le tavole di contingenza, che mostrano la percentuale degli eventi di non disagio correttamente previsti, degli eventi di disagio correttamente previsti, di disagio previsto ma non verificatosi e di disagio verificatosi ma non previsto.

La tabella 1 riporta le tavole di contingenza relative a tutte le aree urbane della regione, mentre la tabella 2 riporta le tavole di contingenza relative a tutte le aree di pianura. Viene considerata situazione di disagio ogni situazione con un indice di Thom superiore o uguale a 24. Sono riportate le tavole di contingenza per le previsioni D, D-1 e D-2.

La frazione di eventi "DISAGIO" correttamente previsti rispetto al numero totale di volte in cui l'evento "DISAGIO" si è verificato viene definito come Probability Of Detection (POD). Il valore ottimale di tale indicatore è ovviamente pari a 1, ma un valore pari ad 1 si potrebbe ottenere semplicemente prevedendo tutti i giorni disagio. Un approccio molto prudente nelle previsioni tende quindi a produrre dei valori di POD molto elevati, per cui questo indicatore va letto insieme ad un altro indicatore noto come FAR (False Alarm Ratio), che è definito come la frazione di eventi previsti "DISAGIO" ma non verificatisi, rispetto al numero totale di eventi "DISAGIO" previsti. Ne consegue che il valore auspicabile per questo indicatore è 0.

La qualità delle previsioni risulterà quindi buona se ad un POD alto sono associati valori di FAR bassi.

Nella figura 4 si riportano gli indici POD e FAR calcolati su tutte le aree urbane della regione, sempre considerando come situazione di ogni situazione con un indice di Thom superiore o uguale a 24.

Nelle aree urbane si osserva un indice POD inferiore a 0,8 alla prima scadenza e decrescente in maniera abbastanza lineare sino alla penultima scadenza, in con un lieve rialzo all'ultima scadenza, probabilmente per motivi casuali. Tale indice mostra una buona capacità di prevedere una generica situazione di disagio, soprattutto alle prime tre scadenze.

Anche l'indice FAR assume valori abbastanza buoni, inferiori a 0,3 alle prime quattro scadenze e comunque sempre inferiori 0,4.

Entrambi questi indici assumono valori un po' peggiori per le aree pianeggianti, per cui la previsione risulta quindi più difficoltosa.

Analogamente, si è voluto valutare la qualità delle previsioni di disagio tenendo conto della soglia di disagio pari a 25, considerando tutte le situazioni di disagio caratterizzate da un indice di Thom superiore o uguale a 25, rispetto a tutte le situazioni caratterizzate da un indice di Thom inferiore. In tabella 3 si riportano le relative tavole di contingenza per l'area urbana e nella tabella 4 le tabelle di contingenza per le aree di pianura; mentre nella figura 5 si riportano i grafici per gli indici POD e FAR.

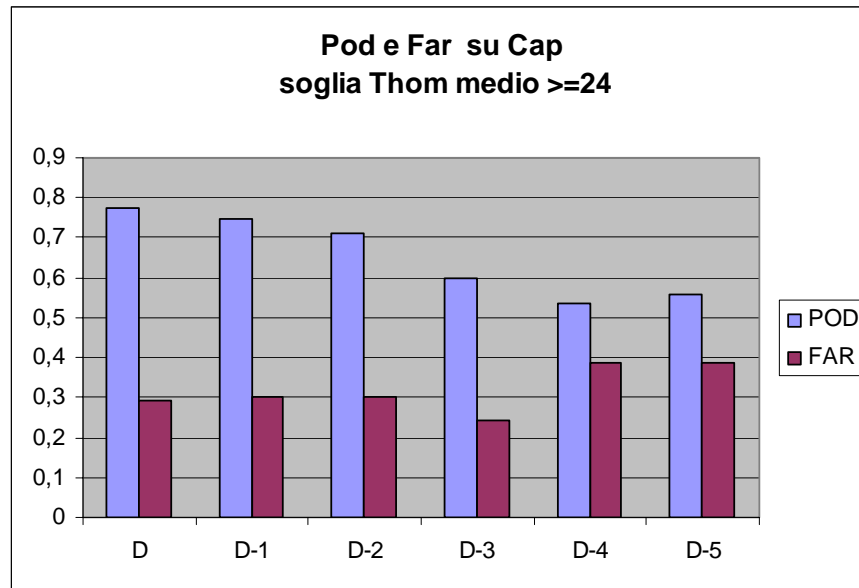
INDICE DI THOM  $\geq 24$ 

	Previsto	Disagio	Non disagio
Osservato			
Disagio		16,89%	4,98%
Non Disagio		6,93%	71,20%
<i>Previsione D (Thom<math>\geq</math>24)</i>			
	Previsto	Disagio	Non disagio
Osservato			
Disagio		16,36%	5,51%
Non Disagio		7,11%	71,02%
<i>Previsione D-1 (Thom<math>\geq</math>24)</i>			
	Previsto	Disagio	Non disagio
Osservato			
Disagio		15,56%	6,31%
Non Disagio		6,67%	71,47%
<i>Previsione D-2 (Thom<math>\geq</math>24)</i>			

Tabella 1 – Tavole di contingenza relative alla previsione delle aree urbane, indice di Thom  $\geq 24$

Osservato \ Previsto		Disagio	Non disagio
		Disagio	7,73%
Non Disagio	4,09%	84,44%	
<i>Previsione D (Thom<math>\geq</math>24)</i>			
Osservato \ Previsto		Disagio	Non disagio
		Disagio	7,64%
Non Disagio	4,89%	83,64%	
<i>Previsione D-1 (Thom<math>\geq</math>24)</i>			
Osservato \ Previsto		Disagio	Non disagio
		Disagio	5,86%
Non Disagio	4,62%	83,91%	
<i>Previsione D-2 (Thom<math>\geq</math>24)</i>			

Tabella 2 – Tavole di contingenza relative alla previsione delle aree di pianura, indice di Thom  $\geq$ 24



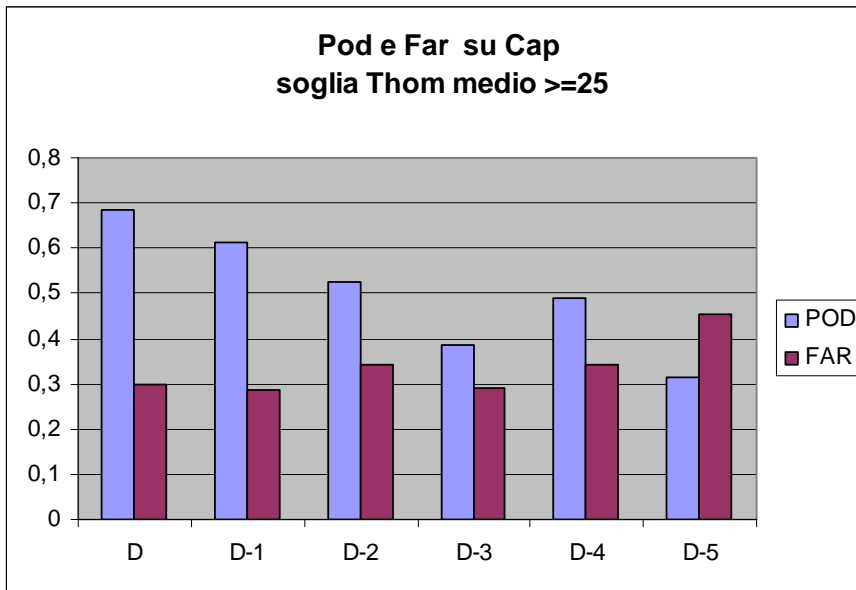
*Figura 4 – Indici POD e FAR mediati su tutte le aree urbane, considerando come situazione di disagio ogni situazione con un indice di Thom superiore o uguale a 24.*

Osservato \ Previsto		Disagio	Non disagio
		Disagio	6,93%
Non Disagio	2,93%	86,93%	
<i>Previsione D (Thom ≥ 25)</i>			
Osservato \ Previsto		Disagio	Non disagio
		Disagio	6,22%
Non Disagio	3,91%	87,38%	
<i>Previsione D-1 (Thom ≥ 25)</i>			
Osservato \ Previsto		Disagio	Non disagio
		Disagio	5,33%
Non Disagio	2,75%	87,11%	
<i>Previsione D-2 (Thom ≥ 25)</i>			

Tabella 3 – Tavole di contingenza relative alla previsione delle aree urbane, indice di Thom ≥ 25

	Previsto	Disagio	Non disagio
Osservato			
Disagio		0,53%	1,24%
Non Disagio		1,15%	97,07%
<i>Previsione D (Thom<math>\geq</math>25)</i>			
	Previsto	Disagio	Non disagio
Osservato			
Disagio		0,71%	1,06%
Non Disagio		1,42%	96,8%
<i>Previsione D-1 (Thom<math>\geq</math>25)</i>			
	Previsto	Disagio	Non disagio
Osservato			
Disagio		0,44%	1,33%
Non Disagio		1,42%	96,8%
<i>Previsione D-2 (Thom<math>\geq</math>25)</i>			

Tabella 4 – Tavole di contingenza relative alla previsione delle aree di pianura, indice di Thom  $\geq$ 25



*Figura 5 – Indici POD e FAR mediati su tutte le aree urbane, considerando come situazione di disagio ogni situazione con un indice di Thom superiore o uguale a 25.*