



*Provincia di Venezia*  
**Assessorato alla Protezione Civile**



*Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione  
Ambientale del Veneto*  
*Centro Meteorologico di Teolo*

**I FATTORI DI RISCHIO CLIMATICO E LE  
AZIONE DI SUPPORTO METEOROLOGICO  
ALLE ATTIVITA' DI PROTEZIONE CIVILE  
NELLA PROVINCIA DI VENEZIA**

Giugno 2003

***Coordinamento lavori***

***Dr. Marco Monai      Meteorologo – ARPAV Centro Meteorologico di Teolo***

***Realizzazione a cura di:***

***Roberta Racca      Collaboratrice Tecnica - Provincia di Venezia***

***Adriano Barbi      Tecnico – ARPAV Centro Meteorologico di Teolo***

***Francesco Rech      Tecnico – ARPAV Centro Meteorologico di Teolo***

***Approfondimenti per la revisione del Piano Provinciale di Emergenza di Protezione Civile (D. Lgs. n. 112/98 e L.R. 11/01) svolti in cooperazione tra la Provincia di Venezia - Settore Tutela e Valorizzazione del Territorio ed A.R.P.A.V. - Centro Meteorologico di Teolo.***

***Teolo, giugno 2003***

## *Sezione I<sup>a</sup>*

### ***CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DELLA PROVINCIA DI VENEZIA***

<b>1 Introduzione</b>	<b>5</b>
<b>2 Caratteristiche generali del clima veneto e della provincia di Venezia</b>	<b>6</b>
2.1 Alcune particolarità del clima della provincia di Venezia	9
<b>3 Le fonti dei dati</b>	<b>12</b>
<b>4 Analisi dei dati</b>	<b>15</b>
<b>4.1 La precipitazione</b>	<b>15</b>
4.1.1. Precipitazioni annuali	15
4.1.2 Precipitazioni stagionali	16
4.1.2 Precipitazioni di massima intensità e loro frequenza probabile	18
<b>4.2 La temperatura</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Il vento</b>	<b>29</b>
4.3.1 Raffiche di vento	29
4.3.2 Rose dei venti	30

## *Sezione II<sup>a</sup>*

### ***IL SERVIZIO METEOROLOGICO REGIONALE A SUPPORTO DELLE ATTIVITÀ DI PROTEZIONE CIVILE***

<b>1 Meteorologia e Protezione Civile</b>	<b>38</b>
1.1 Considerazioni generali	38
1.2 Meteorologia a scala locale	38
<b>2 Il Centro Meteorologico di Teolo: un sistema integrato di monitoraggio a scala regionale</b>	<b>40</b>
<b>3 Attività di previsione meteorologica</b>	<b>40</b>
<b>4 La messaggistica meteorologica</b>	<b>43</b>
4.1 In condizioni meteorologiche ordinarie	43
4.2 In previsione di condizioni meteorologiche avverse	44
<b>5 Esempi di messaggistica meteorologica</b>	<b>48</b>
<b>6 La rete di monitoraggio dei parametri meteorologici</b>	<b>57</b>
6.1 Considerazioni generali	57
6.2 La stazione meteorologica	58
6.3 I principali sensori meteorologici	60
6.4 Reti di monitoraggio nella provincia di Venezia	66

CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DELLA  
PROVINCIA DI VENEZIA

## 1. Introduzione

Il Clima viene tradizionalmente definito come «*lo stato medio dell'atmosfera in una determinata località*» che si genera dall'interazione fra le componenti meteorologiche e geografiche riscontrabili nel territorio in esame. Formulazioni più moderne considerano il clima anche come *sintesi delle distribuzioni di probabilità dei fenomeni meteorologici*, misurabili mediante la determinazione delle frequenze degli eventi pregressi. Quest'ultimo approccio, in particolare, diventa maggiormente significativo laddove sia necessario approfondire alcune caratteristiche climatiche le cui manifestazioni estreme possono risultare critiche per il territorio in esame. E' il caso, ad esempio, degli eventi pluviometrici intensi, delle grandinate, delle trombe d'aria, delle gelate ecc., ovvero di fenomeni in cui l'analisi della frequenza o la stima della probabilità di accadimento assumono maggiore importanza rispetto alla determinazione dei valori medi.

Nel presente studio, finalizzato all'inquadramento delle principali caratteristiche meteo-climatiche della provincia di Venezia, si è dunque proceduto all'analisi dei dati secondo ambedue gli approcci. Nel primo caso si sono analizzati i valori medi di temperatura e precipitazione osservandone la loro distribuzione sul territorio, sia sulla base delle serie storiche a disposizione, relative al trentennio 1961-1990, che della banca dati decennale archiviata presso il Centro Meteorologico di Teolo. Per quest'ultima serie di dati, oltre ai valori di precipitazione e temperatura, sono state inoltre analizzate altre grandezze meteorologiche non disponibili nelle serie storiche, quali il vento e la radiazione solare. Attraverso il secondo tipo di approccio si sono invece studiate le frequenze relative con cui determinati eventi meteorologici si distribuiscono nel tempo e nello spazio, stabilendone, ove possibile a seconda della disponibilità di dati, i livelli di probabilità relativi al verificarsi di determinate situazioni.

Nel presente lavoro si troveranno pertanto indicazioni relative ai dati medi del trentennio 1961-90, unite ad indicazioni di distribuzione stagionale e ad indicazioni di frequenza (es. tempi di ritorno delle precipitazioni). Tali dati sono poi stati confrontati con i valori rilevati nel periodo 1992-2002 dalle stazioni automatiche di telemisura gestite dal Centro Meteorologico di Teolo. Nell'operare tale confronto è necessario considerare la diversa distribuzione spaziale delle stazioni di monitoraggio, la strumentazione utilizzata e la possibilità per le stazioni dell'ARPAV di monitorare in continuo nel tempo fenomeni precedentemente rilevati con poche osservazioni puntuali.

## **2. Caratteristiche generali del clima veneto e della provincia di Venezia**

Il clima del Veneto, pur rientrando nella tipologia mediterranea, presenta proprie peculiarità, dovute principalmente al fatto di trovarsi in una posizione climatologicamente di transizione, sottoposta per questo a varie influenze: l'azione mitigatrice delle acque mediterranee, l'effetto orografico della catena alpina e la continentalità dell'area centro-europea. In ogni caso mancano alcune delle caratteristiche tipicamente mediterranee quali l'inverno mite e la siccità estiva a causa dei frequenti temporali.

Il Veneto è incluso in quella fascia di latitudine in cui dominano gli effetti dell'anticiclone delle Azzorre: l'area di alta pressione al centro dell'oceano Atlantico, quasi alla stessa latitudine del bacino Mediterraneo, connessa alla presenza di acque oceaniche più fredde, contornate dalle correnti calde, quali la Corrente del Golfo e la Corrente Equatoriale del Nord.

D'estate, quando l'anticiclone si estende verso Est, la regione entra nella zona delle alte pressioni. La prima conseguenza è che acquisiscono grande importanza i venti locali, quali le brezze innescate da discontinuità termiche locali (es. monte e valle o mare costa). La seconda riguarda il regime delle precipitazioni, che sono prevalentemente a carattere temporalesco e spesso sono di origine termoconvettiva. Si verificano tipicamente nelle ore centrali della giornata, nelle zone prossime ai rilievi, quando il contenuto di vapore è in quantità sufficiente a raggiungere la saturazione durante la risalita convettiva delle bolle d'aria riscaldate a contatto col suolo caldo. Occasionalmente in condizioni non anticicloniche, la sera o la notte l'attività temporalesca può interessare il litorale o il mare, a causa delle maggiori temperature raggiunte dal mare rispetto al suolo nelle ore notturne. Nel territorio in considerazione, particolarmente umido per la ricchezza d'acqua e di vegetazione, le masse d'aria vengono sia abbondantemente umidificate dal basso sia sufficientemente riscaldate dal suolo per dar luogo a questo tipo di precipitazioni.

D'inverno, l'anticiclone delle Azzorre riduce la propria zona d'influenza e la distribuzione del campo barico porta masse d'aria marittima polare con i venti occidentali che pilotano le perturbazioni Atlantiche. In altre occasioni il Veneto è interessato da venti settentrionali con masse d'aria di origine artica, che perdendo generalmente l'umidità come precipitazioni sul versante settentrionale della catena alpina, determinano gli episodi di föhn, vento relativamente caldo e molto secco che incanalandosi nelle valli arriva a velocità elevate e porta bruschi aumenti della temperatura. Sull'Alto Adriatico talvolta sfociano con violenza anche masse d'aria polare continentale, fredda e secca che portano agli episodi di 'bora chiara'. Tuttavia, il promontorio di alta pressione che si stabilisce sull'Europa, congiungendo l'anticiclone delle Azzorre con l'anticiclone continentale Russo-Siberiano (che si forma nell'inverno per il raffreddamento delle grandi superfici continentali) costituisce un blocco alle perturbazioni che scendono da nord, e provoca la scarsità di precipitazioni nel cuore

dell'inverno.

Nelle stagioni intermedie, quando l'Anticiclone delle Azzorre non si è ancora ben sviluppato o sta regredendo e manca l'anticiclone Russo-Siberiano, le perturbazioni atlantiche non trovano alcun impedimento ad invadere la regione portando piogge abbondanti, particolarmente nel periodo autunnale.

Nel territorio della provincia di Venezia, che si estende lungo la fascia costiera dell'Alto Adriatico, dalla foce del F.Tagliamento a Nord, alla foce del F.Adige a Sud, si possono distinguere in particolare due grandi zone, contraddistinte da caratteristiche climatiche diverse a causa della differente azione che esercita il mare su tali territori: la zona litoranea, più prossima al mare, e la zona interna con caratteristiche più simili a quelle della pianura continentale.

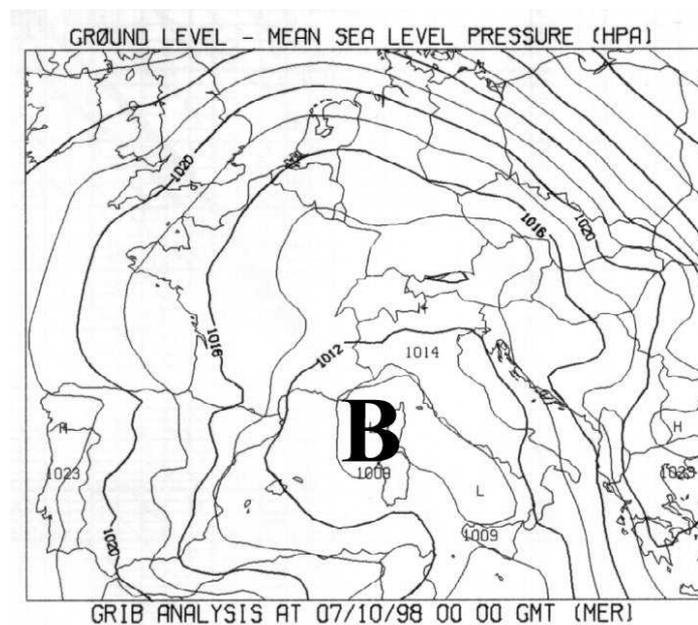


Figura 1: Pressione al suolo relativa all'evento di precipitazione intensa del 07.10.1998.

### ***La zona litoranea***

La particolarità di quest'area è determinata dalla vicinanza al mare, la cui influenza e i cui venti umidi e le brezze penetrano nell'interno del territorio seppure in una fascia comunque abbastanza ristretta. L'azione mitigatrice delle acque risulta infatti limitata, da una parte in quanto si è in presenza di un mare interno, stretto e poco profondo, dall'altra per la loro posizione, in grado di mitigare solo le masse d'aria provenienti dai settori sud-orientale e orientale. Così le temperature invernali, pur mitigate, risultano comunque basse, in particolare per le incursioni della bora, fredda e asciutta da NE. L'alternanza delle brezze nella fascia litoranea è tipica del periodo caldo in situazioni prevalentemente anticicloniche, quando l'assenza di correnti di circolazione generale, attiva le circolazioni locali dovute alle discontinuità termiche fra mare e terra. Durante il giorno si sviluppa la brezza di mare che

raggiunge la massima intensità nelle ore pomeridiane e soffia generalmente da SE. La brezza notturna, che generalmente soffia da NE, non è perpendicolare alla costa come normalmente accade, ma ad essa parallela, poiché l'interazione avviene a scala più ampia fra la catena alpina e il Mare Adriatico.

### ***La zona interna***

La zona interna comprende quelle aree della provincia di Venezia più distanti dalla costa, che corrispondono ai comprensori più interni del portogruarese, a Nord-Est, e del miranese e della Riviera del Brenta, a Ovest. In queste aree l'azione mitigatrice del mare diventa meno significativa accentuando quelle caratteristiche climatiche più tipiche della pianura veneta. Tale zona è quindi contraddistinta da un clima di tipo un po' più continentale, con estati leggermente più calde ed inverni leggermente più rigidi rispetto alle zone litoranee. La ventilazione risulta mediamente più limitata soprattutto nei regimi di brezza del periodo caldo mentre sul fronte delle precipitazioni in estate vi sono temporali abbastanza frequenti e spesso grandinigeni. Prevale in inverno una situazione di inversione termica che, accentuata da una ventosità più limitata, favoriscono condizioni per l'accumulo dell'umidità, che dà luogo alle nebbie, e la concentrazione degli inquinanti rilasciati al suolo che arrivano di frequente a valori elevati nelle aree urbane.

## 2.1 Alcune particolarità del clima della provincia di Venezia

Di seguito vengono descritte alcune particolarità del clima veneziano.

### **La nebbia**

La nebbia è un fenomeno tipico della pianura Padano-Veneta durante il semestre freddo da ottobre a marzo. Le cause del fenomeno sono da ricondurre alla particolare configurazione geografica, al grado di umidità dei bassi strati e alle tipiche configurazioni bariche su scala sinottica.

Le situazioni anticicloniche (figura 2), tipiche del periodo invernale e caratterizzate in genere da cielo sereno e da debole circolazione, favoriscono un intenso irraggiamento notturno accompagnato dalla formazione di inversioni termiche con base al suolo sotto le quali tende a ristagnare ed accumularsi progressivamente il vapore acqueo. L'abbondanza di acque superficiali, le condizioni di ristagno dell'aria e il raffreddamento notturno favoriscono il raggiungimento di condizioni di saturazione che portano alla formazione di goccioline aerodisperse nei bassi strati e alla conseguente diminuzione della visibilità. La notevole durata della notte nel periodo invernale favorisce la formazione della nebbia (visibilità inferiore a 1 km) che può estendersi fino a circa 200-300 m d'altezza. Tale strato viene eroso per l'evaporazione indotta dalla radiazione solare diurna e spesso la nebbia scompare nelle ore centrali della giornata. Non mancano tuttavia occasioni in cui la nebbia persiste per l'intera giornata e, anzi, la notevole persistenza è una delle peculiari caratteristiche dell'area Padano-Veneta.

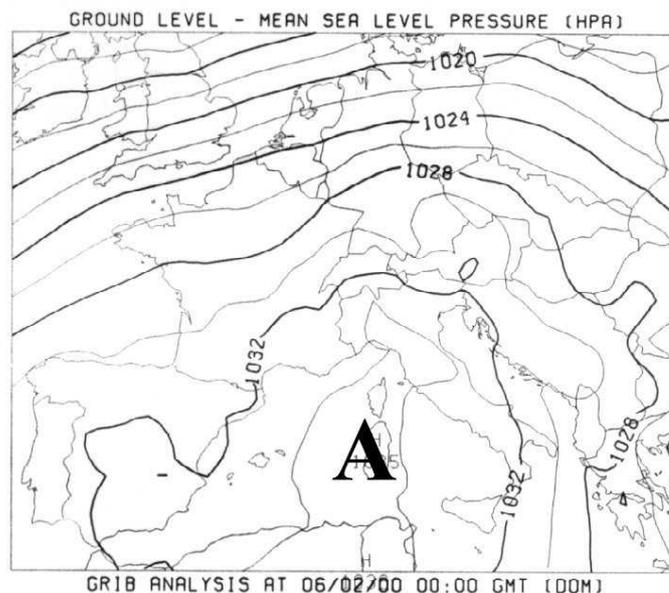


Figura 2: Pressione al suolo relativa alla situazione anticiclonica che ha portato nebbie intense sulla regione il 06.02.2000.

## ***L'afa***

Le barriere naturali dell'arco alpino a nord e a ovest e della catena appenninica a sud difendono in generale la pianura veneta dai venti della circolazione generale e nelle aree più interne continentali si registra una predominanza della calma di vento e dei venti deboli. Se nel periodo invernale la debolezza dei venti e il grado di umidità delle masse d'aria presenti nei bassi strati delle aree di pianura, favoriscono la formazione della nebbia, nel periodo estivo favoriscono condizioni di afa (atmosfera calda e umida) e di conseguente disagio fisico. Nelle zone litoranee del territorio provinciale l'afa è mitigata durante il giorno dalle brezze di mare che tendono ad abbassare leggermente le temperature mentre nelle ore notturne se la ventilazione è bassa il disagio da caldo-umido spesso può risultare superiore in quanto le temperature della notte, a causa dell'influenza del mare, non scendono di molto e i valori di umidità tendono invece a salire.

## ***Attività temporalesca estiva, grandine e trombe d'aria***

La pianura veneta risulta particolarmente umida e in grado di umidificare abbondantemente le masse d'aria che transitano in essa. Inoltre, nel periodo estivo i bassi strati ricevono un notevole riscaldamento da parte del suolo surriscaldato, a sua volta, dalla radiazione solare, e diventano instabili dando spesso luogo a celle temporalesche. L'attività temporalesca più intensa viene osservata quando masse d'aria fredda irrompono da nord al di sopra delle Alpi e incontrando l'aria calda e umida della Pianura Padana accentuano l'instabilità dell'atmosfera, sviluppando celle temporalesche di notevole spessore e dando luogo a temporali accompagnati spesso da grandine.

Con i moti verticali connessi ai forti temporali e con l'azione di richiamo dell'aria dalla regione circostante la nube verso la base della nube stessa, possono prodursi fenomeni di tipo vorticoso come le trombe d'aria, che non sono da considerarsi rare nella nostra pianura. Queste ultime sono caratterizzate in generale da un'estensione spaziale assai limitata, ma risultano di notevole interesse per la loro violenza.

## ***La Bora e lo Scirocco***

La posizione geografica della pianura veneta e della provincia di Venezia in particolare, consente il facile ingresso degli afflussi di aria più fredda provenienti da Nord-Est, che entrano attraverso la 'Porta della Bora' tra le Alpi Giulie e le Alpi Dinariche.

I venti di bora sono in genere caratterizzati da elevati valori di intensità e di persistenza e, a seconda delle configurazioni di circolazione generale collegate, tali eventi sono distinti in episodi di "bora chiara" e di "bora scura". Nel primo caso la circolazione al suolo è generalmente collegata alla presenza di un'area di alta pressione nell'Europa Centro-Orientale e di un sistema depressionario nel Mediterraneo Orientale o nel Basso Adriatico, che favoriscono l'ingresso nelle regioni nord-orientali

italiane delle correnti fredde e secche provenienti dall'Europa Nord-Orientale. Nel secondo caso invece la presenza di un'area di bassa pressione centrata nel Medio-Alto Adriatico convoglia sulla regione correnti più umide da Est Nord-Est spesso associate a condizioni di tempo perturbato soprattutto in pianura anche con episodi di nevicata e gelate.

I venti di scirocco invece provengono dai quadranti meridionali ed in genere sono associati ad una profonda circolazione ciclonica con centro di bassa pressione posizionato nell'alto Tirreno che convoglia intensi venti meridionali sulla regione (si rileva che tali masse d'aria a livello del suolo assumono nella parte orientale della regione, una provenienza da Est per effetto della configurazione barica generale influenzata dall'arco alpino). In tali situazioni si registrano solitamente condizioni di tempo perturbato sul Veneto con precipitazioni diffuse che, per effetto stau, risultano più abbondanti nelle zone pedemontane e montane. Nel veneziano si registrano solitamente venti particolarmente intensi e persistenti, aumento delle temperature, e spesso intensificazione del fenomeno dell'acqua alta in laguna. A seguito delle abbondanti precipitazioni nelle zone montane, molto spesso i venti di scirocco impediscono, alle foci dei grandi fiumi che sboccano nell'Alto Adriatico, il normale deflusso delle piene determinando numerosi problemi di rischio idraulico nei territori limitrofi.

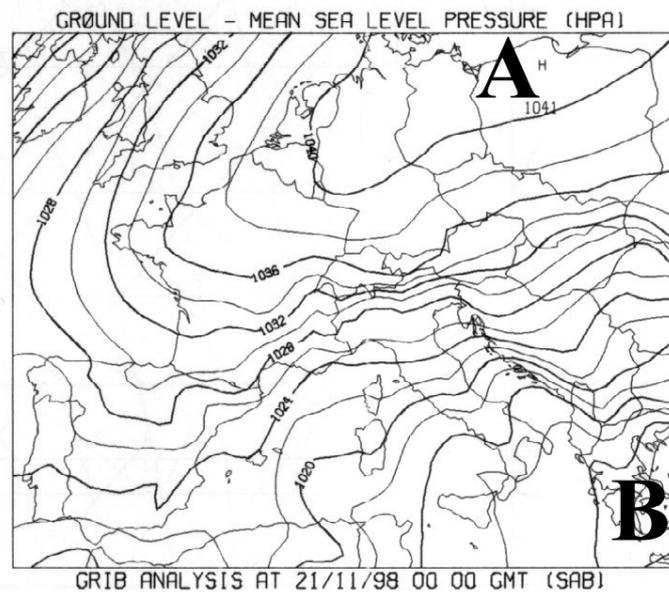


Figura 3: Pressione al suolo relativa all'evento di bora del 21.11.1998.

### **3. Le fonti dei dati**

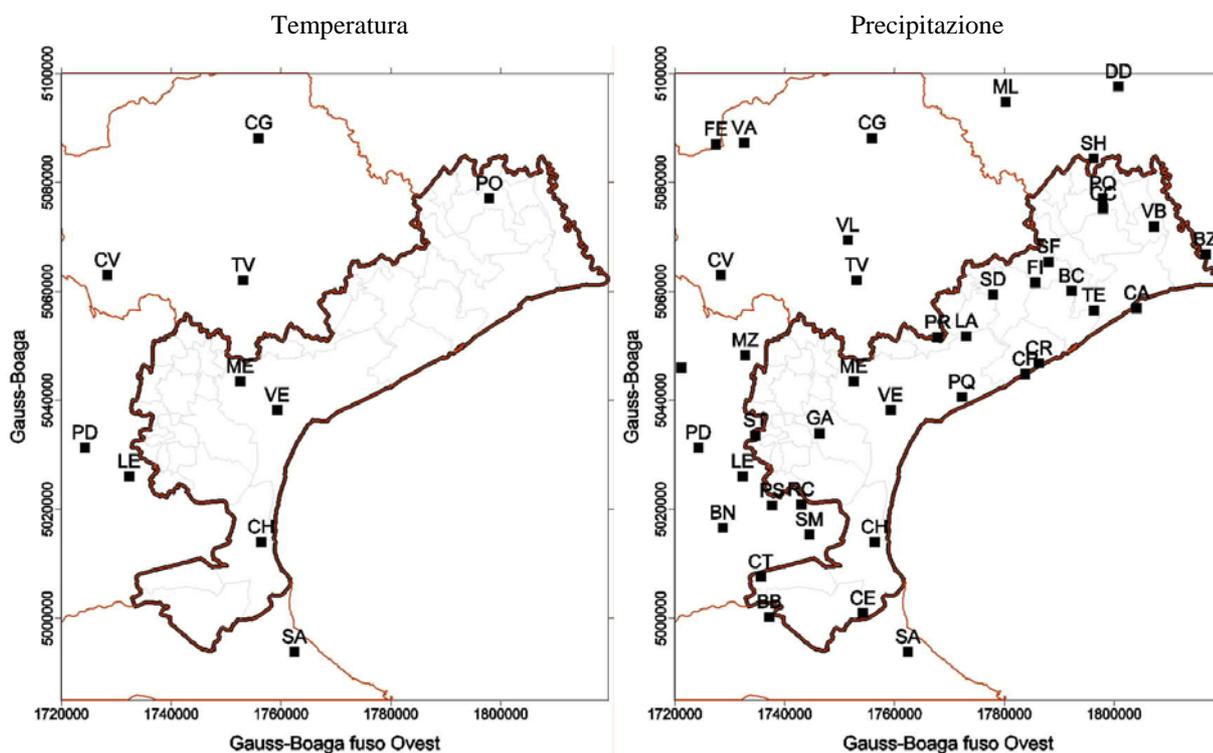
La fonte principale dei dati termometrici e pluviometrici utilizzati per le elaborazioni relative al trentennio 1961-1990, è rappresentata dagli Annali Idrologici pubblicati dall'Ufficio Idrografico di Venezia. I dati sono stati digitalizzati su base giornaliera negli archivi informatici del Centro Meteorologico di Teolo e sottoposti ad opportuni processi di validazione e ad eventuali correzioni, al fine di integrare possibili lacune nella rilevazione. I criteri adottati per la scelta delle stazioni utilizzate hanno soddisfatto, in linea generale, almeno uno dei seguenti punti:

- serie completa di dati relativi al periodo 1961-1990;
- serie trentennale di dati anche se per periodi diversi dal trentennio di riferimento;
- serie di dati con almeno vent'anni consecutivi di osservazioni;
- ubicazione delle stazioni.

In figura 4 è rappresentata la distribuzione delle stazioni meteorologiche storiche utilizzate nel territorio provinciale

Le elaborazioni statistico-probabilistiche eseguite sulle precipitazioni di massima intensità sono state effettuate sulla base dei dati informatizzati, reperiti dagli Annali Idrologici pubblicati dal 1956 al 1994 dall'Ufficio Idrografico di Venezia, utilizzando un totale di 67 stazioni a livello regionale di cui 11 in provincia di Venezia, selezionate in modo tale da avere almeno 20 anni di osservazioni.

Le elaborazioni relative al decennio 1992-2002 hanno invece utilizzato i dati raccolti dalla rete regionale di monitoraggio agro-idro-meteorologico dell'ARPAV - Centro Meteorologico di Teolo. Le stazioni della rete regionale coprono in modo soddisfacente il territorio della Provincia di Venezia, con serie storiche dotate di buona continuità temporale dal 1992. La figura 5 presenta la distribuzione delle stazioni meteorologiche in provincia di Venezia e nei territori limitrofi, appartenenti alla rete regionale di monitoraggio dell'ARPAV – Centro Meteorologico di Teolo (PD).



TARGA	STAZIONE	PROV	m s m	LAT	LONG
ST	STRA	VE	8	45°25' N	12°00' E
CT	CONETTA	VE	4	45° 11' N	12° 00' E
GA	GAMBARARE	VE	3	45° 25' N	12° 09' E
ME	MESTRE	VE	4	45° 30' N	12° 14' E
CE	CAVANELLA MOTTE	VE	1	45° 07' N	12° 14' E
CH	CHIOGGIA	VE	2	45° 14' N	12° 16' E
VE	VENEZIA	VE	1	45° 27' N	12° 19' E
PQ	CA' PASQUALI	VE	2	45° 28' N	12° 29' E
LA	LANZONI (CAPO SILE)	VE	2	45° 34' N	12° 30' E
SD	S. DONA' DI PIAVE	VE	4	45° 38' N	12° 34' E
CP	CA' PORCIA	VE	1	45° 30' N	12° 38' E
FI	FIUMICINO	VE	4	45° 39' N	12° 40' E
CR	CORTELLAZZO	VE	1	45° 31' N	12° 40' E
SF	STAFFOLO	VE	2	45° 41' N	12° 42' E
BC	BOCCAFOSSA	VE	2	45°39' N	12°45' E
TE	TERMINE	VE	2	45° 36' N	12° 48' E
PO	PORTOGRUARO	VE	6	45° 47' N	12° 50' E
CC	CONCORDIA SAGITTARIA	VE	5	45° 46' N	12° 50' E
CA	CAORLE	VE	3	45° 36' N	12° 54' E
VB	VILLA BACINO	VE	3	45° 44' N	12° 57' E
BZ	BEVAZZANA	VE	6	45° 41' N	13° 04' E
SH	SESTO AL REGHENA	PN	13	45° 51' N	12° 49' E
DD	PONTE DELLA DELIZIA	PN	52	45° 58' N	12° 53' E
CV	CASTELFRANCO VENETO	TV	44	45° 41' N	11° 56' E
VA	VALDOBBIADENE	TV	280	45° 54' N	12° 00' E
VL	VILLORBA	TV	38	45° 44' N	12° 14' E
TV	TREVISO	TV	15	45° 40' N	12° 15' E
CG	CONEGLIANO	TV	85	45° 54' N	12° 36' E
PR	PORTESINE	TV	2	45° 34' N	12° 26' E
ML	MOTTA DI LIVENZA	TV	9	45° 57' N	12° 37' E
PD	PADOVA	PD	12	45° 24' N	11° 52' E
BN	BOVOLENTA	PD	7	45° 16' N	11° 55' E
LE	LEGNARO	PD	10	45° 21' N	11° 58' E
MZ	MASSANZAGO	PD	19	45° 33' N	11° 59' E
PS	PIOVE DI SACCO	PD	7	45° 18' N	12° 02' E
RC	ROSARA DI CODEVIGO	PD	3	45° 18' N	12° 06' E
SM	S.MARGHERITA DI CODEVIGO	PD	4	45° 15' N	12° 07' E
SA	SADOCCA	RO	2	45° 03' N	12° 20' E
BB	BOTTI BARBARIGHE	RO	7	45° 07' N	12° 01' E

Figura 4: Ubicazione ed elenco delle stazioni meteorologiche storiche con dati di temperatura e di precipitazione relativi al trentennio 1960-1990.



## **4. Analisi dei dati**

Lo studio delle caratteristiche meteo-climatiche del territorio della provincia di Venezia è stato eseguito attraverso l'analisi e l'elaborazione dei principali parametri meteorologici registrati dalle stazioni disponibili, anche in territori esterni alla provincia. L'indagine ha riguardato in particolare i dati medi di precipitazione e temperatura per i periodi 1961-1990 e 1992-2002 mentre per le precipitazioni di massima intensità e per il vento sono stati analizzati i dati del solo periodo 1992-2002, raccolti dalla rete regionale di monitoraggio del Centro Meteorologico di Teolo in quanto per il trentennio 1961-1990 i dati di ventosità non sono disponibili (se non per la sola stazione di Venezia) mentre per le precipitazioni di massima intensità i dati non presentano una continuità e una distribuzione sul territorio accettabili ai fini del presente studio.

Relativamente alle caratteristiche pluviometriche e termometriche si sono voluti rappresentare i principali risultati delle elaborazioni eseguite, attraverso delle mappe di distribuzione delle precipitazioni e delle temperature, valide per il territorio provinciale. Per la costruzione delle carte di distribuzione si è fatto ricorso al calcolo dei valori di interesse a livello puntuale (medie mensili, stagionali o annue calcolate su tutte le stazioni disponibili del territorio regionale) con successiva estensione areale mediante interpolazione spaziale (secondo la metodologia del *kriging*) e focalizzazione dei risultati sul solo territorio della provincia di Venezia.

### **4.1 La precipitazione**

#### **4.1.1. Precipitazioni annuali**

La precipitazione media annua (Figura 6), considerando i dati del periodo 1961-90, assume un andamento crescente da Sud a Nord con valori che variano da poco meno di 700 mm riscontrabili nella parte più meridionale della provincia fino ad oltre 1100 mm nelle zone estreme nord-orientali. La maggior parte del territorio provinciale, corrispondente alla fascia centrale, registra una piovosità media annua compresa tra 800 e 900 mm; la zona costiera meridionale registra prevalentemente valori tra 700 e 800 mm con un'estrema propaggine, ai confini con la provincia di Rovigo, in cui si rilevano precipitazioni annue inferiori ai 700 mm; la zona più nord-orientale registra invece i valori annui più elevati, compresi tra 900 e 1000 mm a sud di Portogruaro e superiori a 1000 mm nei territori ai confini con il Friuli Venezia-Giulia.

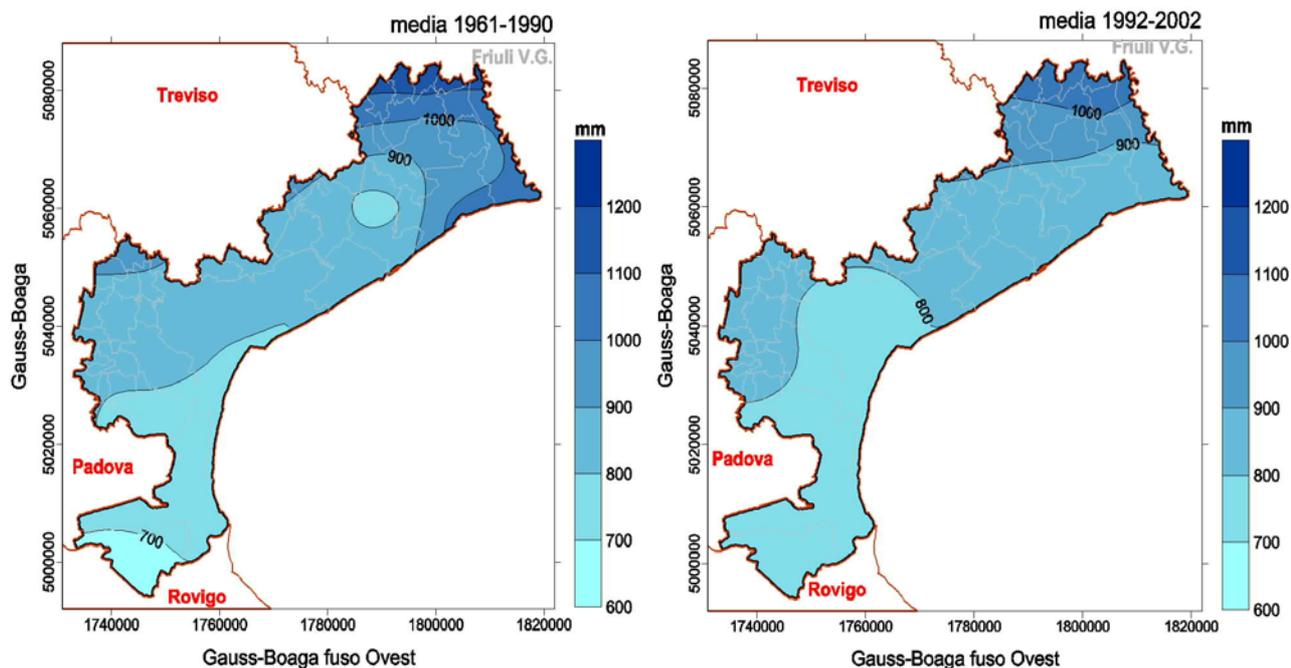


Figura 6: Distribuzione delle precipitazioni medie annuali per il periodo 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

La precipitazione media annua, considerando i dati del periodo 1992-2002, conferma una distribuzione delle piogge nel territorio crescente verso nord, così come evidenziata dall'analisi storica. Si nota comunque una diminuzione abbastanza generale dei valori negli ultimi anni rispetto ai valori di riferimento storici, con una maggiore estensione, nella fascia centrale della provincia, delle piogge comprese tra 700 e 800 mm ed una zona più limitata con precipitazioni superiori ai 900 mm.

#### 4.1.2 Precipitazioni stagionali

Per valutare l'andamento delle precipitazioni nel corso dell'anno sono stati analizzati i dati disponibili delle cumulate medie di pioggia a livello stagionale, sia per il trentennio 1961-1990 che per il periodo 1992-2002. Il regime pluviometrico annuo in provincia di Venezia può considerarsi, come per gran parte del territorio regionale, di tipo "equinoziale", con massimi ratei di pioggia nelle stagioni primaverile e autunnale. La stagione più secca è mediamente l'inverno mentre in estate, mediamente, non si registrano periodi di forte siccità grazie alle precipitazioni temporalesche che però risultano spesso intense e di breve durata.

Le figure da 7 a 10 rappresentano le distribuzioni delle precipitazioni medie stagionali elaborate per i periodi 1961-1990 e 1992-2002.

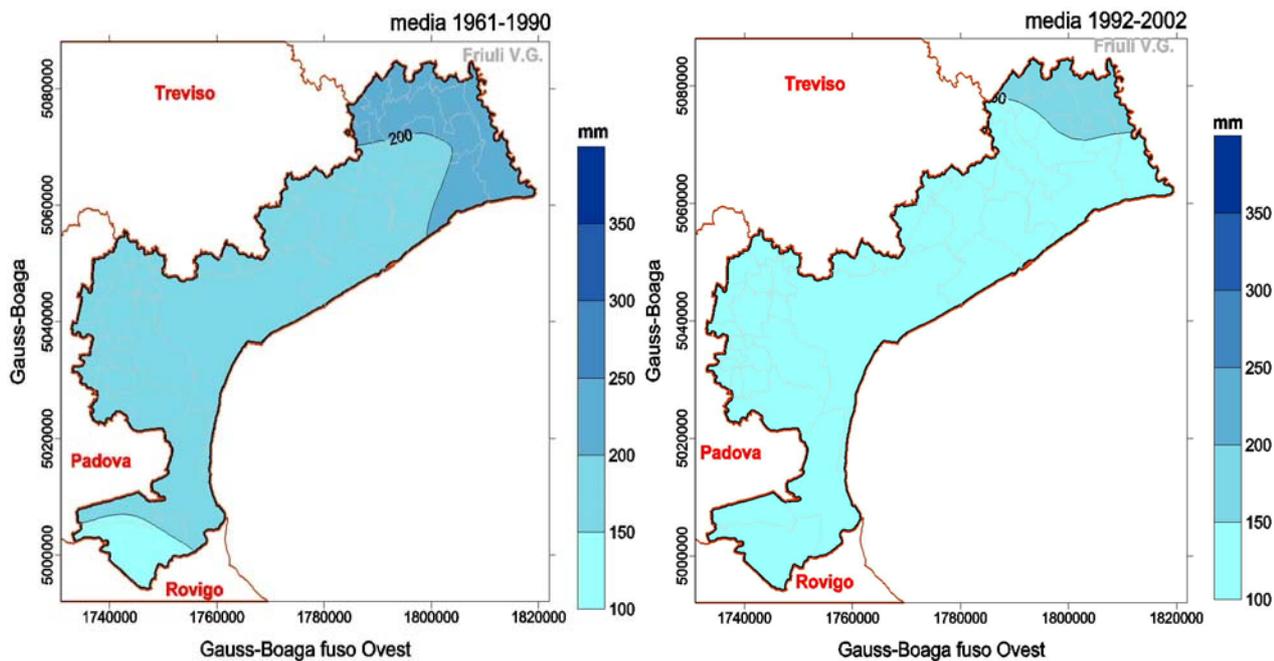


Figura 7: Distribuzione delle precipitazioni medie invernali per il periodo 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

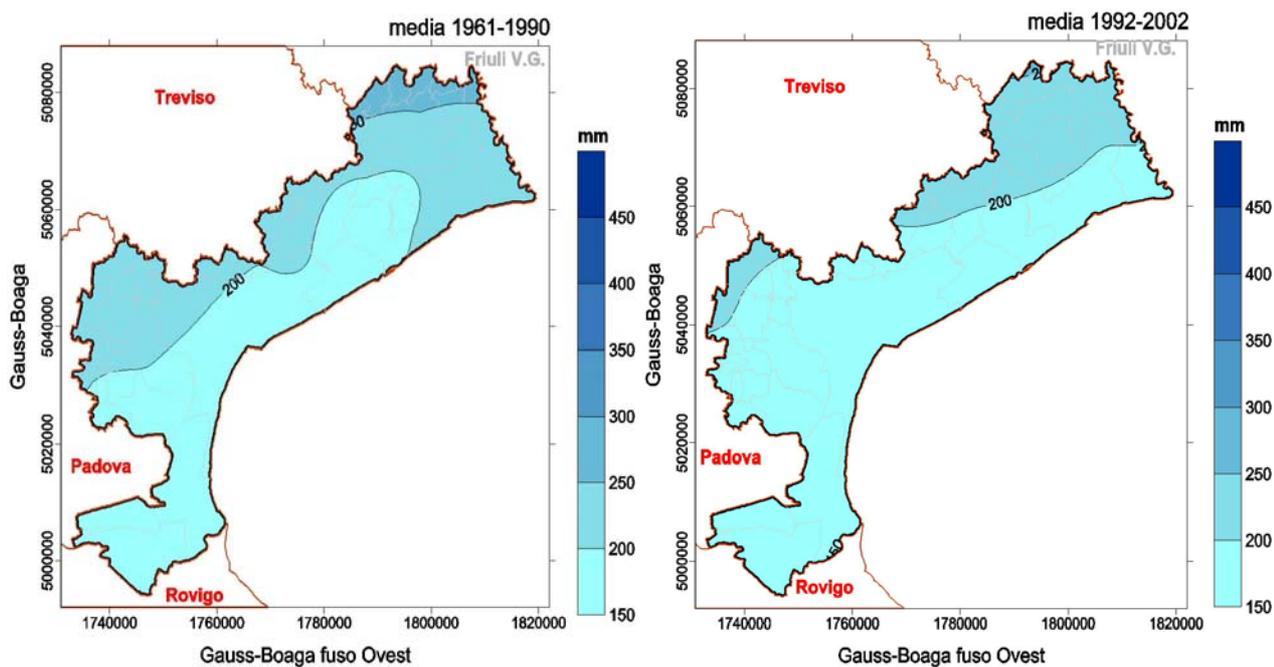


Figura 8: Distribuzione delle precipitazioni medie primaverili per il periodo 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

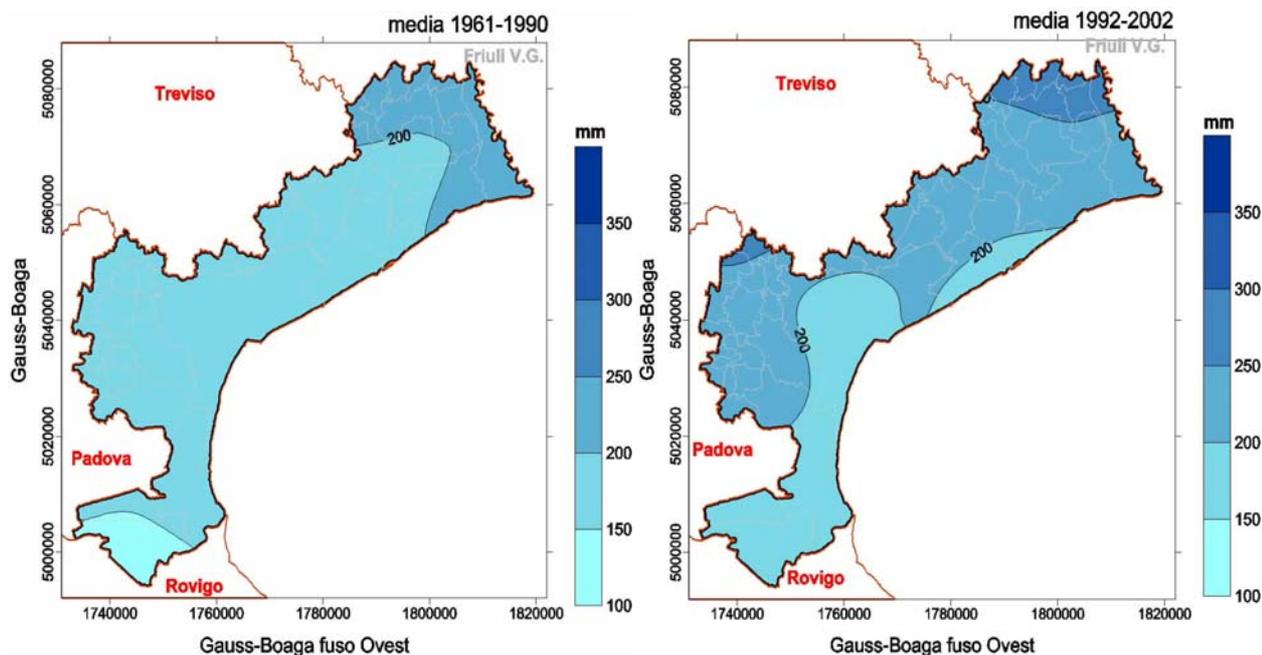


Figura 9: Distribuzione delle precipitazioni medie estive per il periodo 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

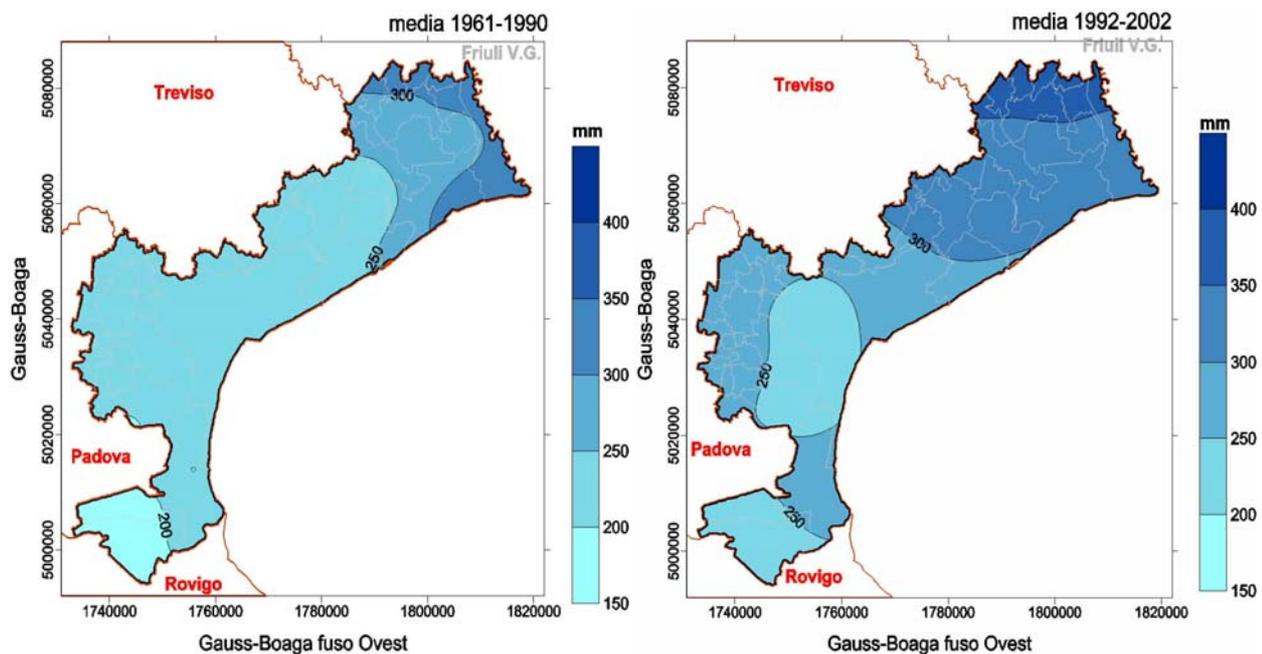


Figura 10: Distribuzione delle precipitazioni medie autunnali per il periodo 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

#### 4.1.3 Precipitazioni di massima intensità e loro frequenza probabile

L'analisi degli eventi pluviometrici intensi è stata eseguita sulla base dei dati di massima precipitazione annua per le durate da 5 minuti a 5 giorni, provenienti dalla rete di monitoraggio regionale per il periodo 1992-2002. La scelta di utilizzare tali osservazioni rispetto a quelle storiche disponibili si è resa necessaria al fine di soddisfare alcuni requisiti, nelle serie di osservazioni,

importanti per l'individuazione degli eventi di pioggia più critici per il territorio in esame. Tra i sistemi idraulici più critici per il territorio della provincia di Venezia compaiono infatti quelli dotati di tempi di corrivazione limitati (es. reti urbane) oppure opere idrauliche a servizio di superfici limitate ad elevata impermeabilizzazione, per i quali possono risultare significative piogge di breve durata. Nelle serie storiche spesso non risultano adeguatamente disponibili le misure pluviometriche relative agli eventi intensi e di breve durata e pertanto si è preferito far riferimento alla serie di registrazioni effettuate dalla rete di telemisura del Centro Meteorologico di Teolo la quale è dotata di dati pluviometrici con scansione temporale di rilevamento molto ridotta (5 minuti) e con ottima continuità temporale. Tale serie appare quindi maggiormente idonea all'elaborazione dei dati di massima piovosità nei campi di maggior interesse per le reti idrauliche a ridotta corrivazione. Nel presente studio si sono comunque elaborati anche i dati relativi alle durate di pioggia maggiori (24 ore, 3 giorni e 5 giorni consecutivi), utilizzando, per omogeneità, le stesse stazioni della rete di stazioni del Centro Meteorologico di Teolo.

La disponibilità di oltre 10 anni di osservazione per la maggior parte delle stazioni in esame, consente l'analisi separata dei campioni di misura relativi ai vari siti (W.M.O., 1965). La legge utilizzata per rappresentare la distribuzione empirica delle frequenze delle piogge massime è quella del valore estremo di Gumbel nota anche come distribuzione dei valori estremi di tipo 1 (EV1), ricorrentemente impiegata nella regolarizzazione delle stesse. L'elaborazione statistico-probabilistica ha permesso di stimare le altezze massime di precipitazione per assegnati tempi di ritorno che rappresentano il numero medio di anni entro cui il valore di pioggia calcolato viene superato una sola volta. In conclusione è stato possibile redigere le carte provinciali della piovosità per le durate ed i tempi di ritorno esaminati ovvero delle altezze di pioggia che, per le durate di 15 minuti, 1 ora, 6 ore, 24 ore, 3 giorni e 5 giorni, ci si attende non vengano superate, a meno di un rischio valutato attraverso il tempo di ritorno (2, 5, 10, 25 anni). Dato il limite temporale delle serie disponibili, dal 1992 al 2002 (11 anni), è opportuno ricordare che non si è proceduto al calcolo delle precipitazioni con tempi di ritorno superiori ai 25 anni in quanto l'estrapolazione sarebbe troppo estesa in rapporto all'ordine di grandezza delle serie.

Si riportano di seguito le carte relative alle distribuzioni spaziali dei valori attesi per le precipitazioni di varia durata e per tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 25 anni.

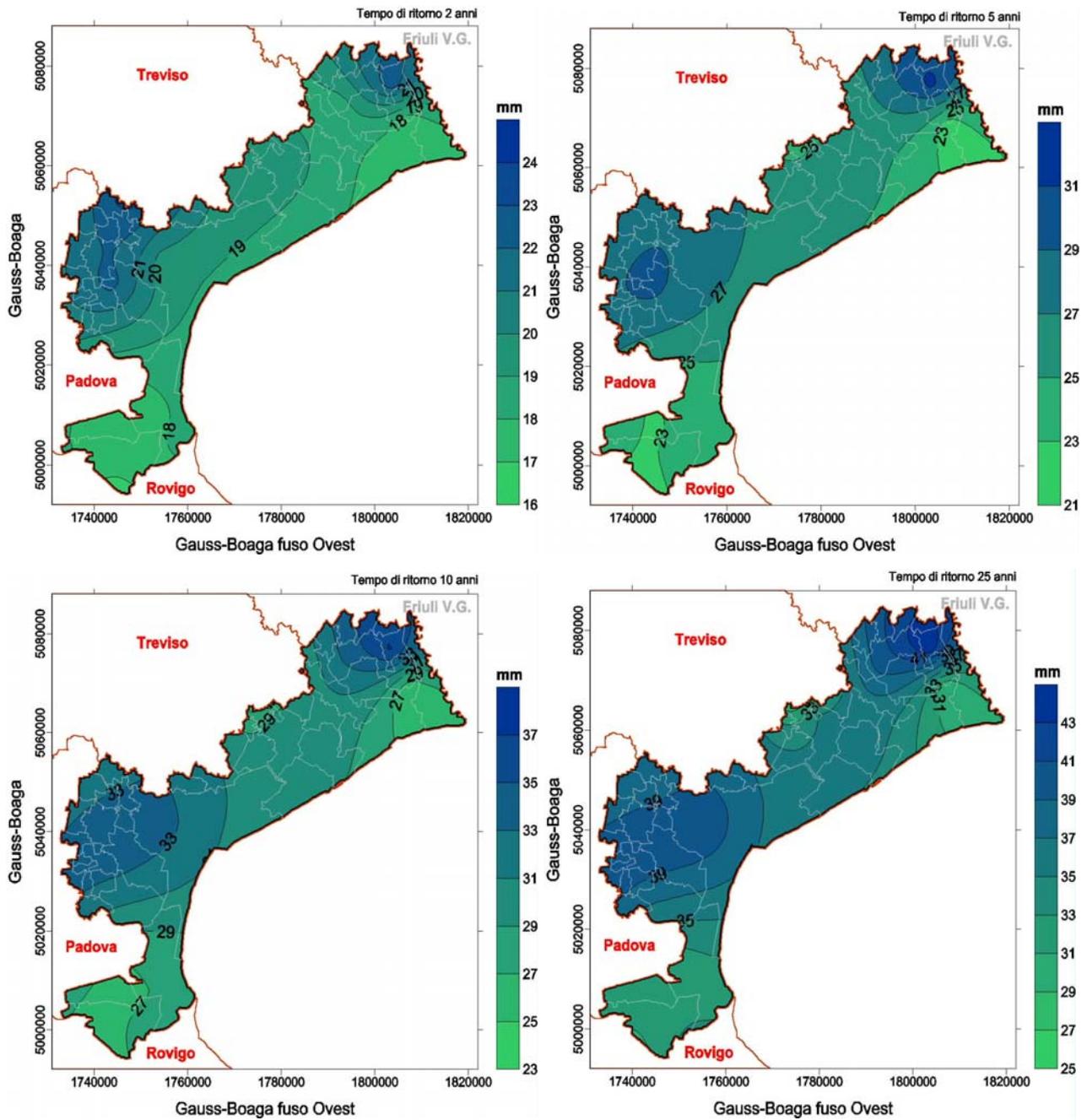


Figura 11: Precipitazioni di massima intensità di durata 15 minuti con tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 25 anni.

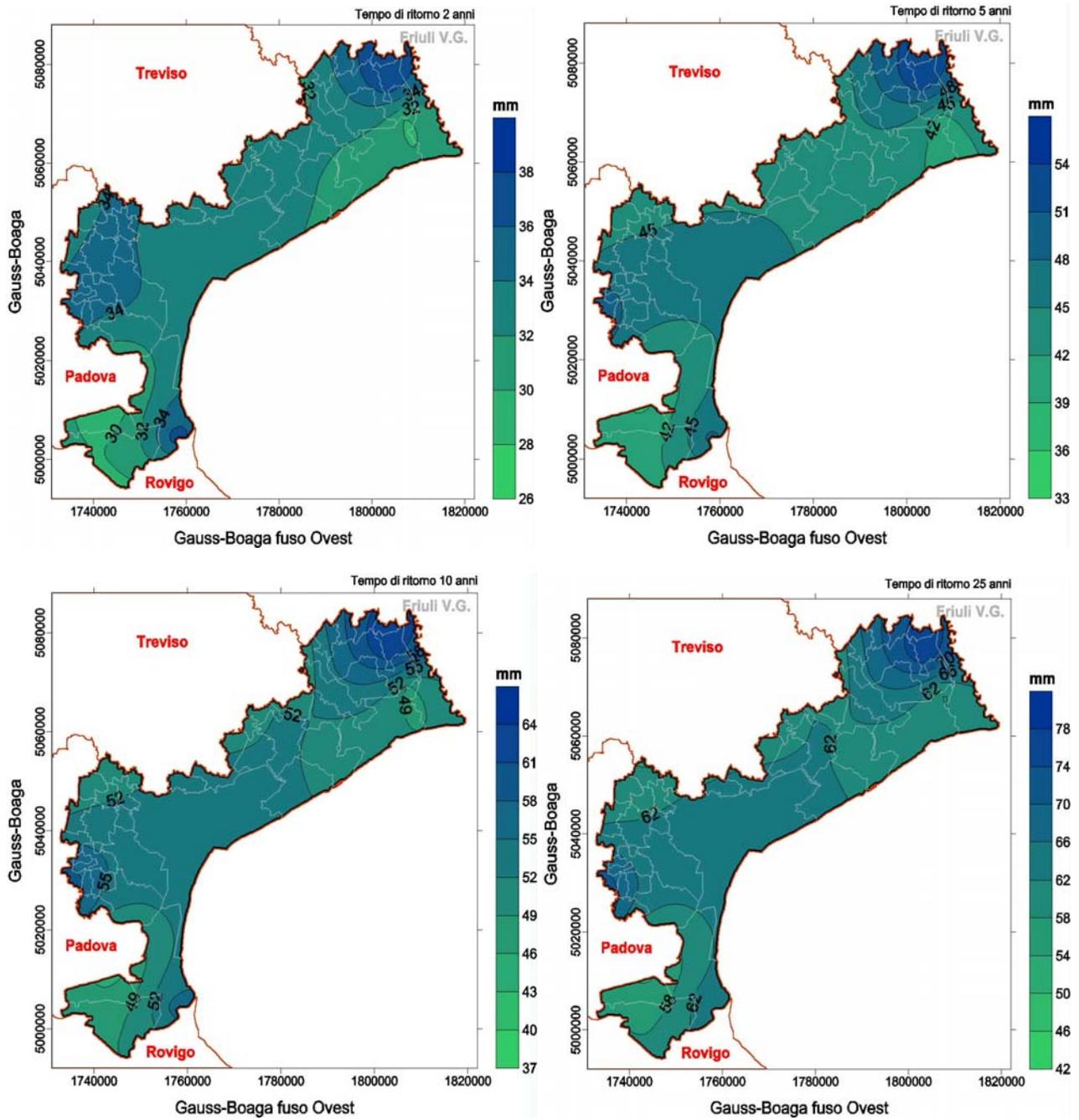


Figura 12: Precipitazioni di massima intensità di durata 1 ora con tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 25 anni.

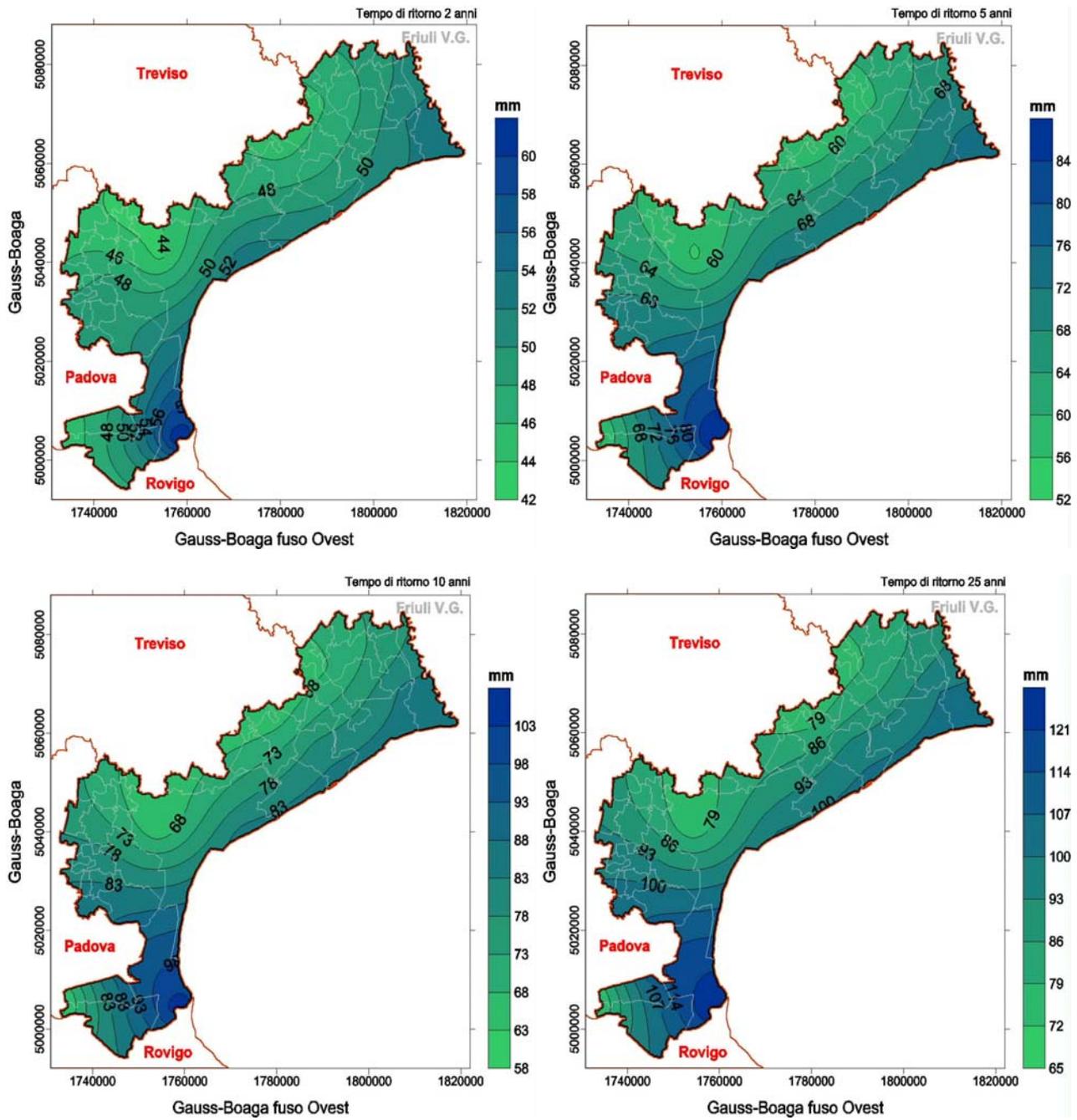


Figura 13: Precipitazioni di massima intensità di durata 6 ore con tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 25 anni.

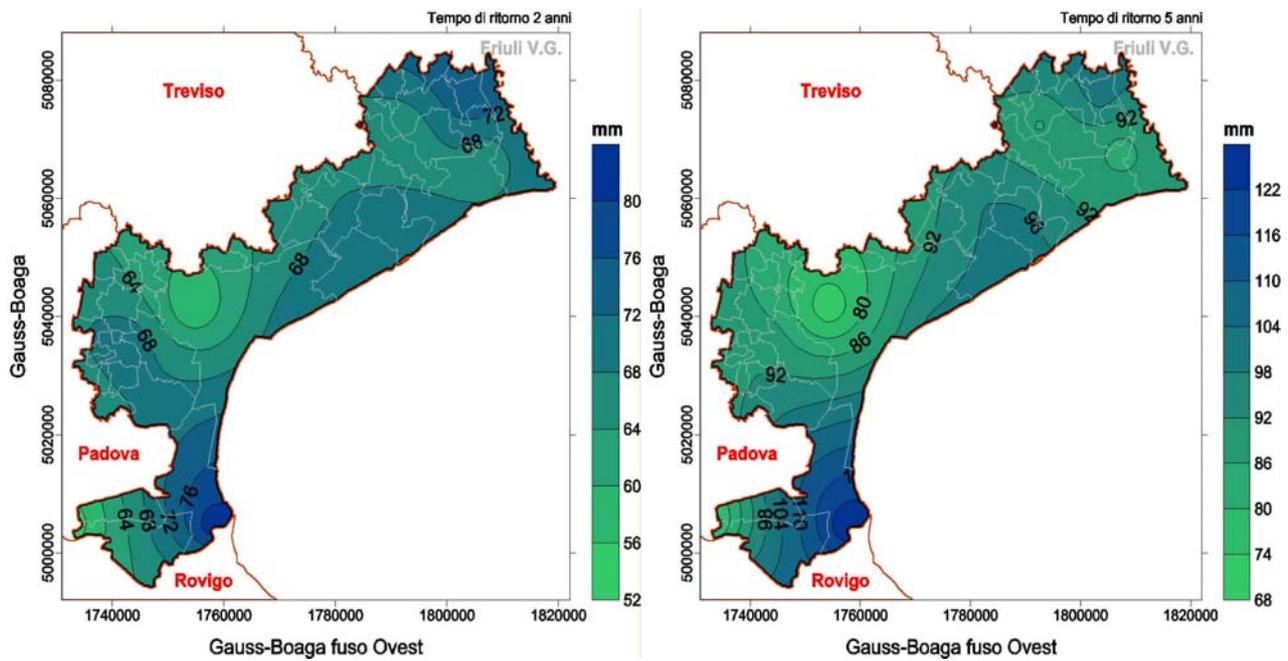
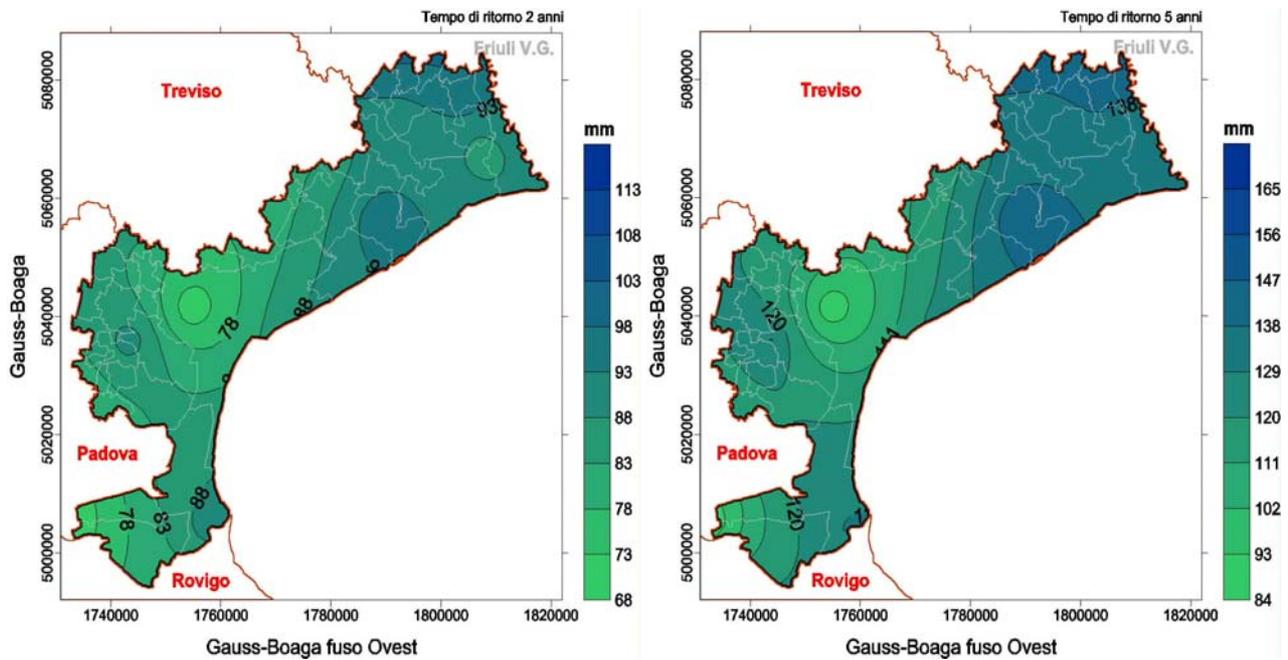


Figura 14: Precipitazioni di massima intensità di durata 24 ore con tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 25 anni.



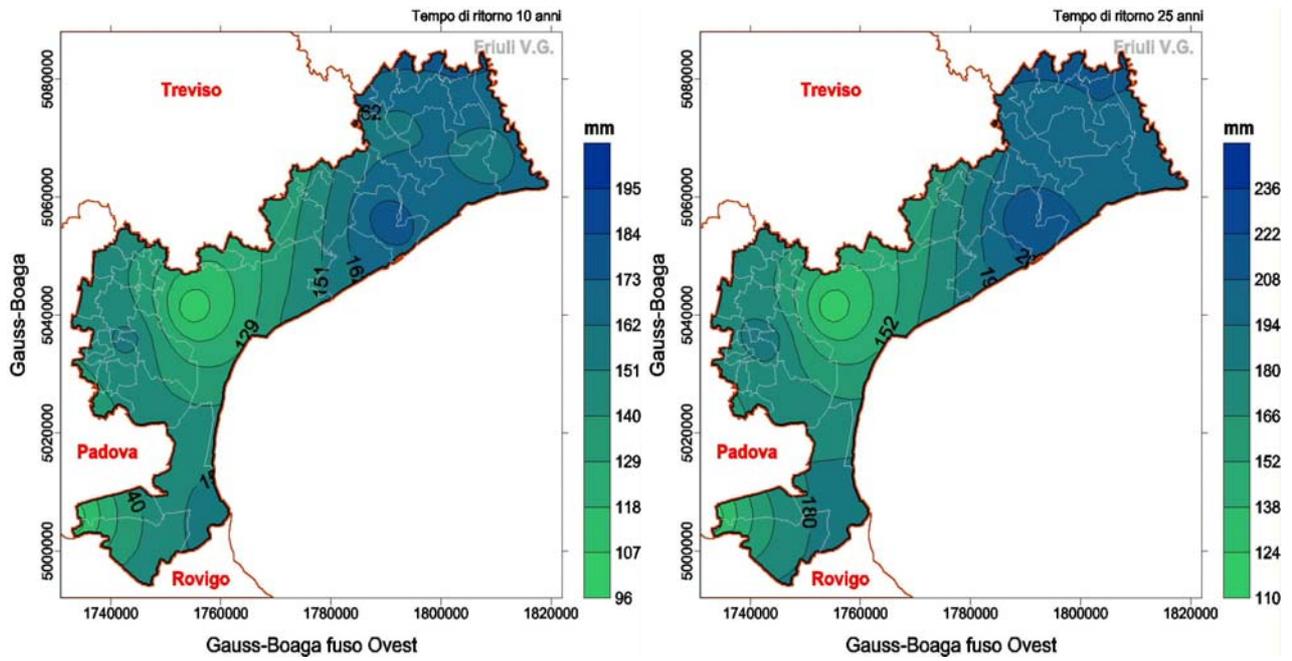
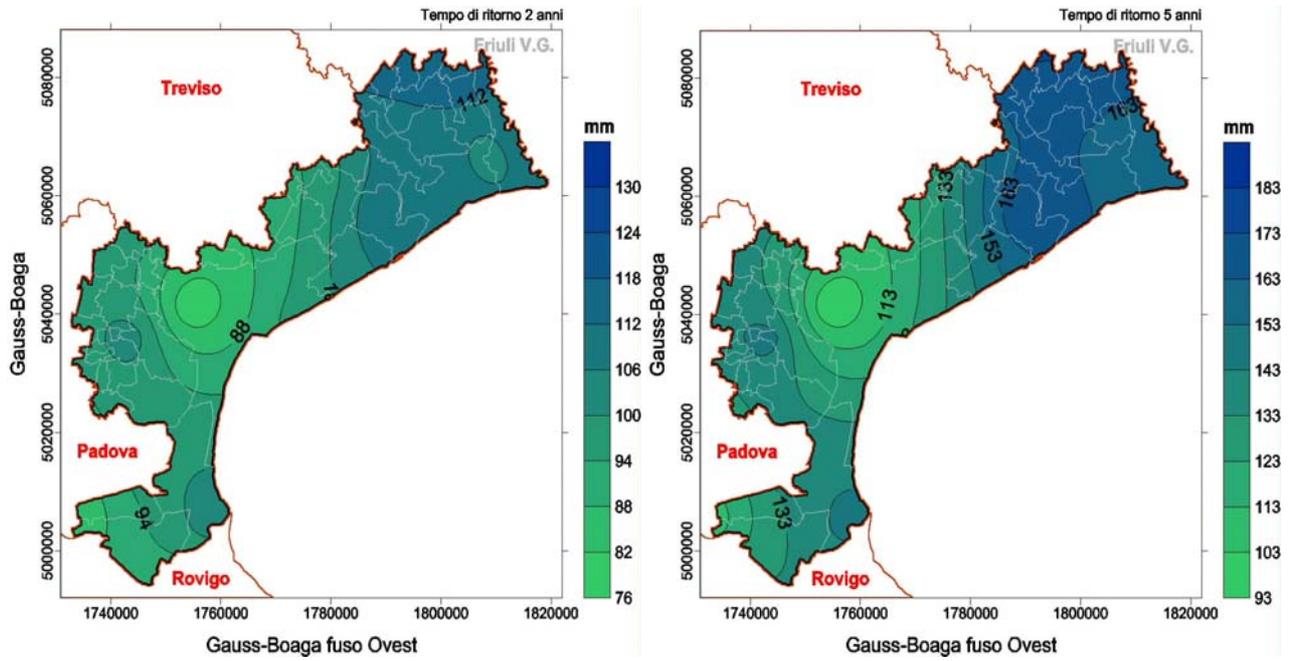


Figura 15: Precipitazioni di massima intensità di durata 3 giorni con tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 25 anni.



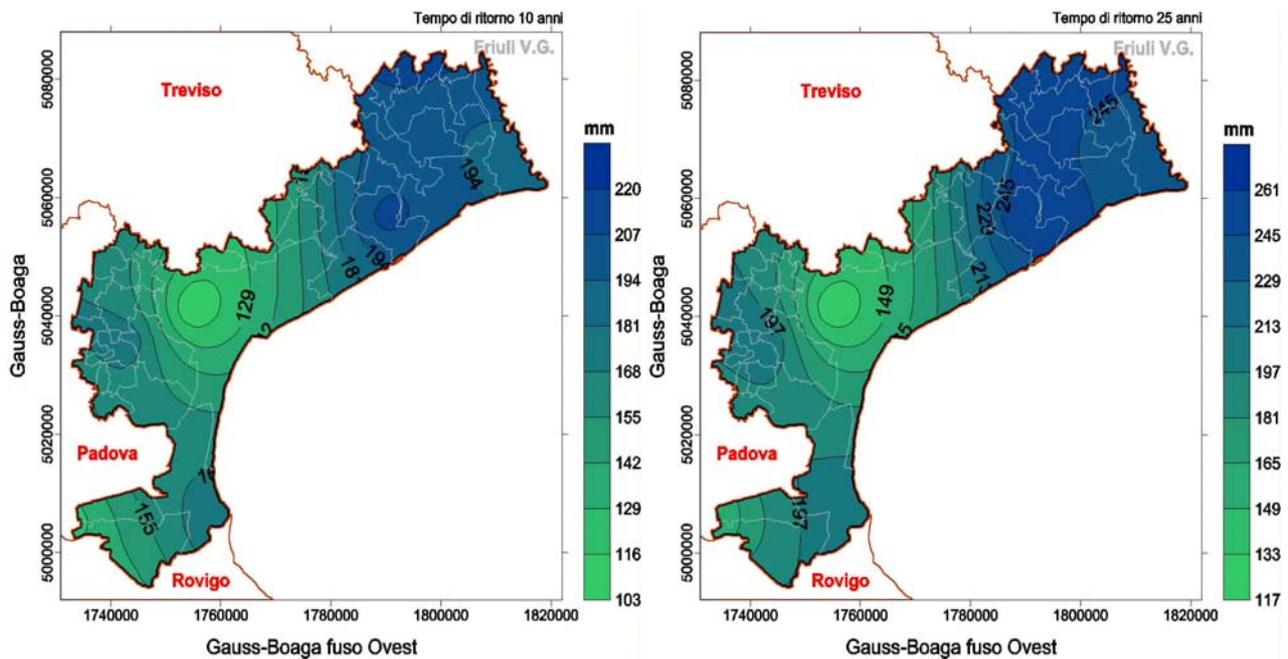


Figura 16: Precipitazioni di massima intensità di durata 5 giorni con tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 25 anni.

La distribuzione delle precipitazioni di massima intensità presentano un andamento più discontinuo rispetto a quelle delle precipitazioni medie. Per le durate più brevi (15 minuti e 1 ora) risultano evidenti due zone con altezze di pioggia maggiori, corrispondenti alle aree del portogruarese, nella parte nord-orientale della provincia e, nella fascia centrale, la zona del miranese e Riviera del Brenta. Per le durate delle 6 e 24 ore l'andamento evidenzia un gradiente crescente in direzione sud con un massimo nella zona di Chioggia mentre le distribuzioni delle precipitazioni massime di durate 3 e 5 giorni assumono un andamento più simile a quello delle piogge medie annue con valori massimi nella zona nord-orientale della provincia.

## 4.2 La temperatura

Le caratteristiche termometriche del territorio della provincia di Venezia risultano, rispetto ai territori limitrofi interni della pianura veneta, influenzate, seppur in modo abbastanza limitato, dalla presenza del mare che, come già accennato nel precedente Capitolo 2 “*Caratteristiche generali del clima nella provincia di Venezia*”, esercita un’azione mitigatrice limitata.

Le figure 17 e 18 riportano le distribuzioni dei valori medi annuali delle temperature massime e minime, calcolate per il periodo di riferimento 1961-1990 e per il periodo 1992-2002. Le distribuzioni sul territorio risultano abbastanza omogenee per le temperature massime, sia per il trentennio storico, con valori generalmente compresi tra 16 e 19°C, che per l’ultimo decennio in cui i valori risultano leggermente più elevati e compresi generalmente tra 18 e 20°C. La zona mediamente più calda nei riguardi delle temperature massime risulta posizionata nell’entroterra nord-orientale della provincia.

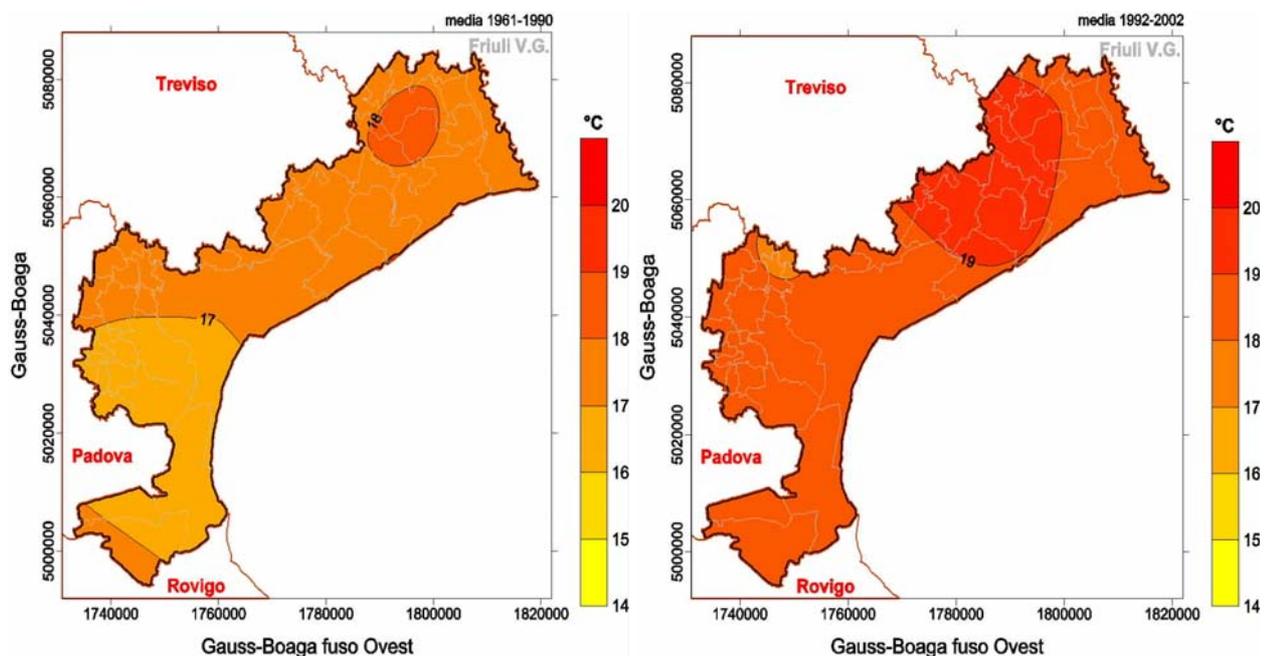


Figura 17: Distribuzioni dei valori medi annui della temperatura massima calcolati per il periodo di riferimento 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

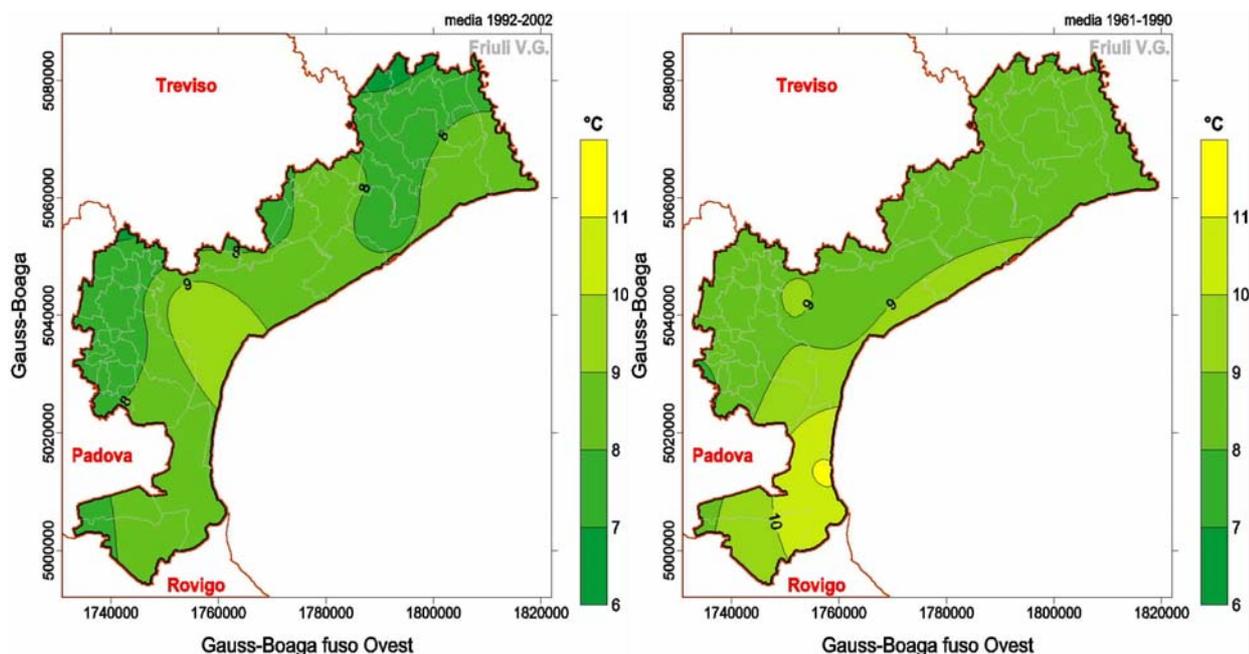


Figura 18: Distribuzioni dei valori medi annui della temperatura minima calcolati per il periodo di riferimento 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

Relativamente alla media annuale delle temperature minime si nota maggiormente, rispetto ai valori termici massimi, l'effetto mitigatore del mare che determina una decrescita delle temperature minime procedendo verso l'interno del territorio. In questo caso si può apprezzare una certa diminuzione delle temperature nell'ultimo periodo analizzato (valori generalmente compresi tra 7 e 10°C), rispetto al trentennio storico (valori tra 8 e 11°C).

Le distribuzioni dei valori di temperatura massima e minima su base stagionale confermano generalmente le caratteristiche evidenziate a livello annuo, con valori massimi estivi in aumento e valori minimi in diminuzione allontanandoci dalla costa. Le zone interne evidenziano quindi un regime più continentale, con maggiori escursioni termiche annue e con circolazioni dei venti (soprattutto le brezze) più deboli rispetto alla fascia litoranea.

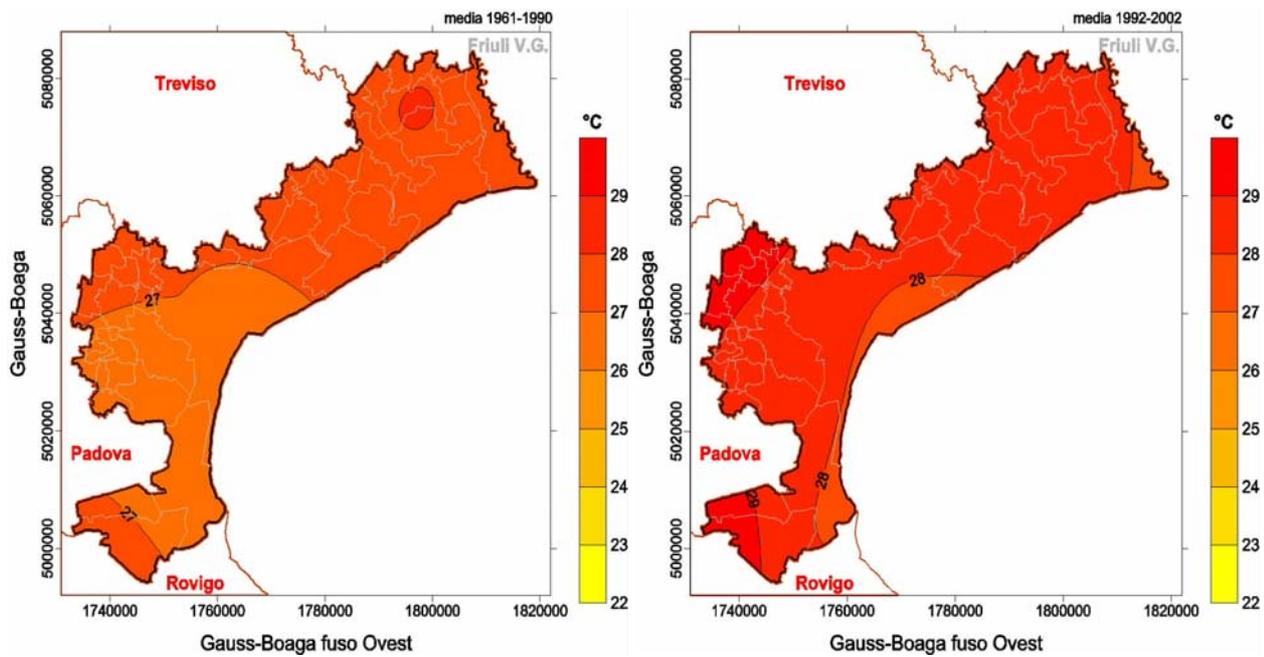


Figura 19: Distribuzioni dei valori medi estivi della temperatura massima calcolati per il periodo di riferimento 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

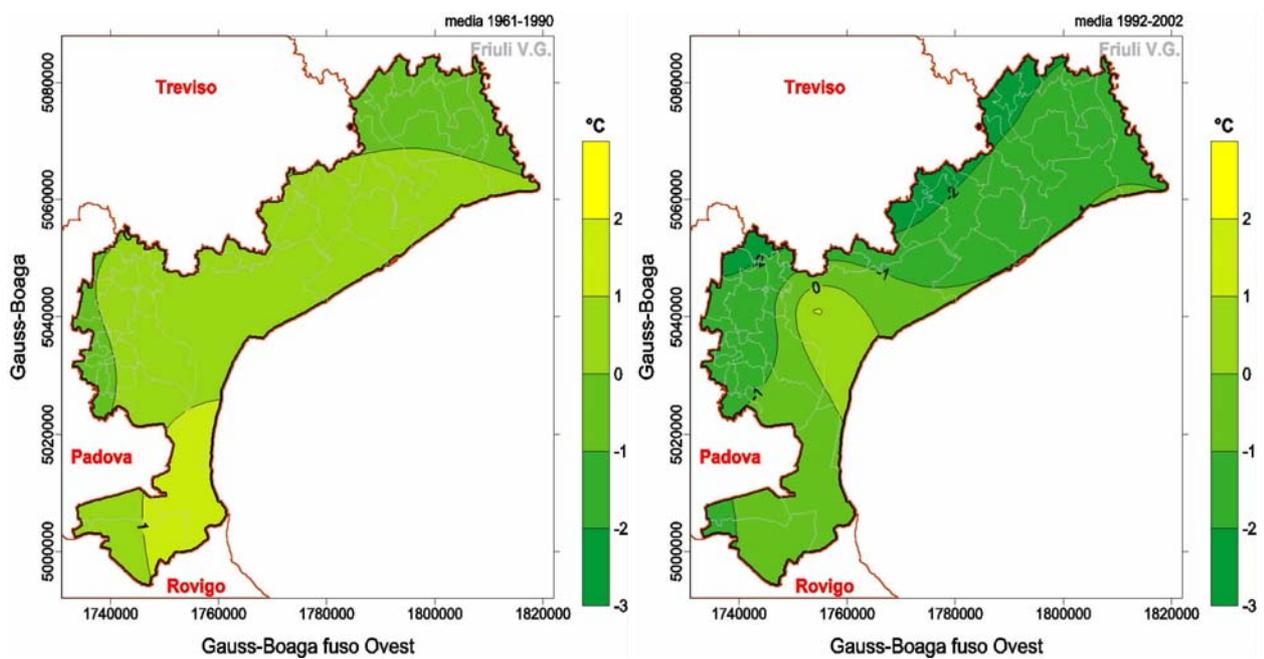


Figura 20: Distribuzioni dei valori medi invernali della temperatura minima calcolati per il periodo di riferimento 1961-1990 e per il periodo 1992-2002.

### 4.3 Il vento

L'analisi dei venti si è basata sui dati raccolti dalle stazioni del Centro Meteorologico dotate di anemometro e anemoscopio posti a 10 m dal suolo, così come previsto dagli standard internazionali per la misura di questa grandezza meteorologica. Le stazioni analizzate sono quelle di Portogruaro, nella zona nord-orientale della provincia, di Venezia-Treporti e Valle Averte nel litorale centrale, di Gesia e Rosolina nella costa meridionale.

Le elaborazioni effettuate hanno permesso l'analisi delle raffiche massime di vento registrate e delle rose dei venti a livello annuo e stagionale.

#### 4.3.1 Raffiche di vento

Per raffica di vento si intende l'intensità massima del vento (in m/s) registrata da un anemometro posto ad una altezza di 10 m dal suolo.

Per l'analisi delle intensità delle raffiche di vento nel territorio provinciale di Venezia sono stati presi in considerazione i dati giornalieri di raffica massima registrati dalle stazioni riportate nella tabella seguente:

<b>Targa</b>	<b>Nome</b>	<b>Anni di registrazione</b>
<b>PU</b>	Portogruaro	1994 – 2002
<b>IE</b>	Venezia -Treporti	1994 – 2002
<b>RL</b>	Rosolina	1994 – 2002
<b>GE</b>	Gesia	1998 – 2002
<b>VV</b>	Valle Averte	1997 – 2002

Nella tabella seguente sono riportati i valori massimi registrati (in m/s) per ogni stazioni:

<b>Targa</b>	<b>Nome</b>	<b>Valore massimo m/s</b>
<b>PU</b>	Portogruaro	19.9
<b>IE</b>	Venezia -Treporti	20.5
<b>RL</b>	Rosolina	23.1
<b>GE</b>	Gesia	26.6
<b>VV</b>	Valle Averte	21.8

L'intensità dei venti è classificata, a livello internazionale, dalla Scala Anemometrica di Beaufort

(vedi tabella seguente), scala empirica che esprime il grado di forza del vento con numeri da zero (calma) a dodici (uragano).

<b>Cifra Beaufort</b>	<b>Termine descrittivo</b>	<b>m/s</b>
0	Calma	0 - 0.2
1	Bava di vento	0.3 - 1.5
2	Brezza leggera	1.6 - 3.3
3	Brezza tesa	3.4 - 5.4
4	Vento moderato	5.5 - 7.9
5	Vento teso	8.0 - 10.7
6	Vento fresco	10.8 - 13.8
7	Vento forte	13.9 - 17.1
8	Burrasca	17.2 - 20.7
9	Burrasca forte	20.8 - 24.4
10	Tempesta	24.5 - 28.4
11	Tempesta violenta	28.5 - 32.8
12	Uragano	32.7 o più

Dall'analisi dei dati, i valori massimi registrati sul territorio provinciale, risultano compresi tra 19 m/s e 26m/s, che nella Scala di Beaufort corrispondono all'intervallo di valori tra 8 (burrasca) e 10 (tempesta).

I periodi che presentano la maggior frequenza di raffiche massime annue sono compresi tra Giugno e Luglio e da Settembre a Dicembre. Ciò è imputabile, per i mesi estivi, agli eventi di tipo temporalesco con generazione di moti turbolenti dell'aria a livello locale mentre per i mesi autunnali, fino al mese di Dicembre, il numero di eventi è associato a tipiche configurazioni bariche che si stabiliscono sull'Alto Adriatico portando alla formazione di venti di bora (NE) e di Scirocco (SE).

#### **4.3.2 Rose dei venti**

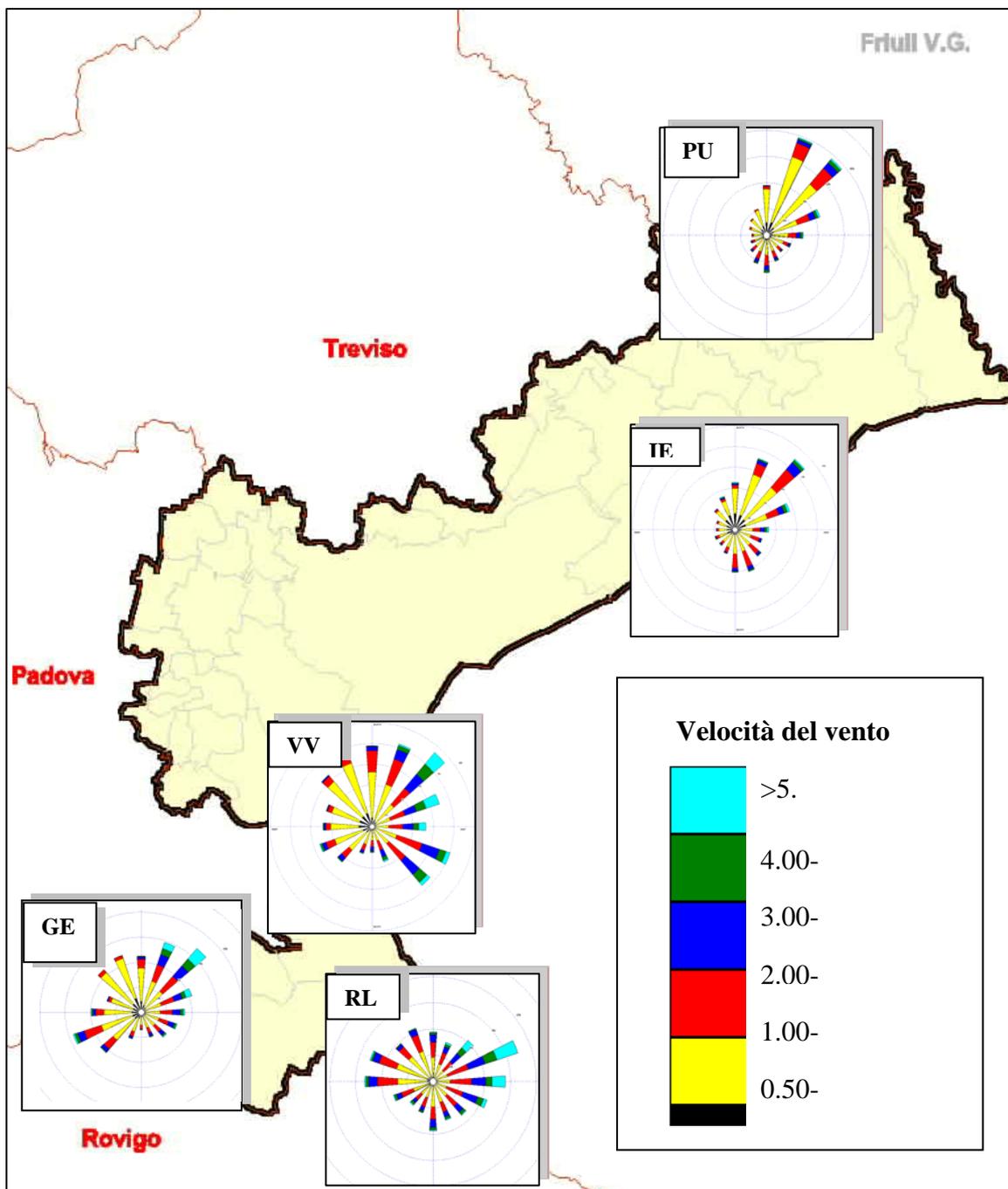
Le rose dei venti permettono di evidenziare le direzioni prevalenti dei venti provenienti dai diversi settori e le diverse classi di velocità media.

Per le stesse stazioni di cui si sono analizzati i dati di raffica massima, sono state elaborate le rose dei venti medie a livello annuo e stagionale, sulla base dei dati registrati tra il 1998 e il 2001. Nelle figure successive (da Fig. 21 a Fig. 25), sono rappresentate nel territorio provinciale, le rose dei venti elaborate per le diverse stazioni.

E' da evidenziare che sul territorio provinciale, a livello annuo, i venti di bora sono quelli più frequenti ed essendo la conformazione del territorio orientata da sud-ovest a nord-est è presente una diversa incidenza del vento:

- nell'area sud-orientale (Cona, Cavarzere e Chioggia) i venti di bora spirano ortogonalmente alla costa mentre quelli di scirocco tendono a spirare parallelamente alla costa;
- nell'area nord-orientale i venti di scirocco spirano ortogonalmente alla costa mentre quelli di bora tendono a lambire parallelamente alla costa gli estremi orientali del territorio (San Michele al Tagliamento, Caorle).

Fig.21 Rose dei venti medie annue



A livello stagionale si può notare:

- in inverno, prevalenza di circolazioni di debole intensità con venti più intensi provenienti da NE (Bora) e, nella zona sud-occidentale, maggior presenza di venti dai quadranti occidentali ma di intensità mediamente più debole;
- in primavera, venti mediamente più sostenuti, in prevalenza dai quadranti nord-orientali nelle zone più interne, mentre nella zona litoranea presenza delle brezze (soprattutto di mare, perpendicolari alla costa);
- in estate, dominanza dei regimi a carattere di brezza con alternanza delle brezze di mare (di giorno) e, seppur più deboli, delle brezze di terra (di notte) che risultano provenienti da NE nel medio-alto veneziano e da NO nel basso veneziano;
- in autunno, prevalenza di venti da NE nella zona nord-orientale e maggior variabilità nel basso veneziano ma con venti più intensi sempre dai settori nord-orientali.

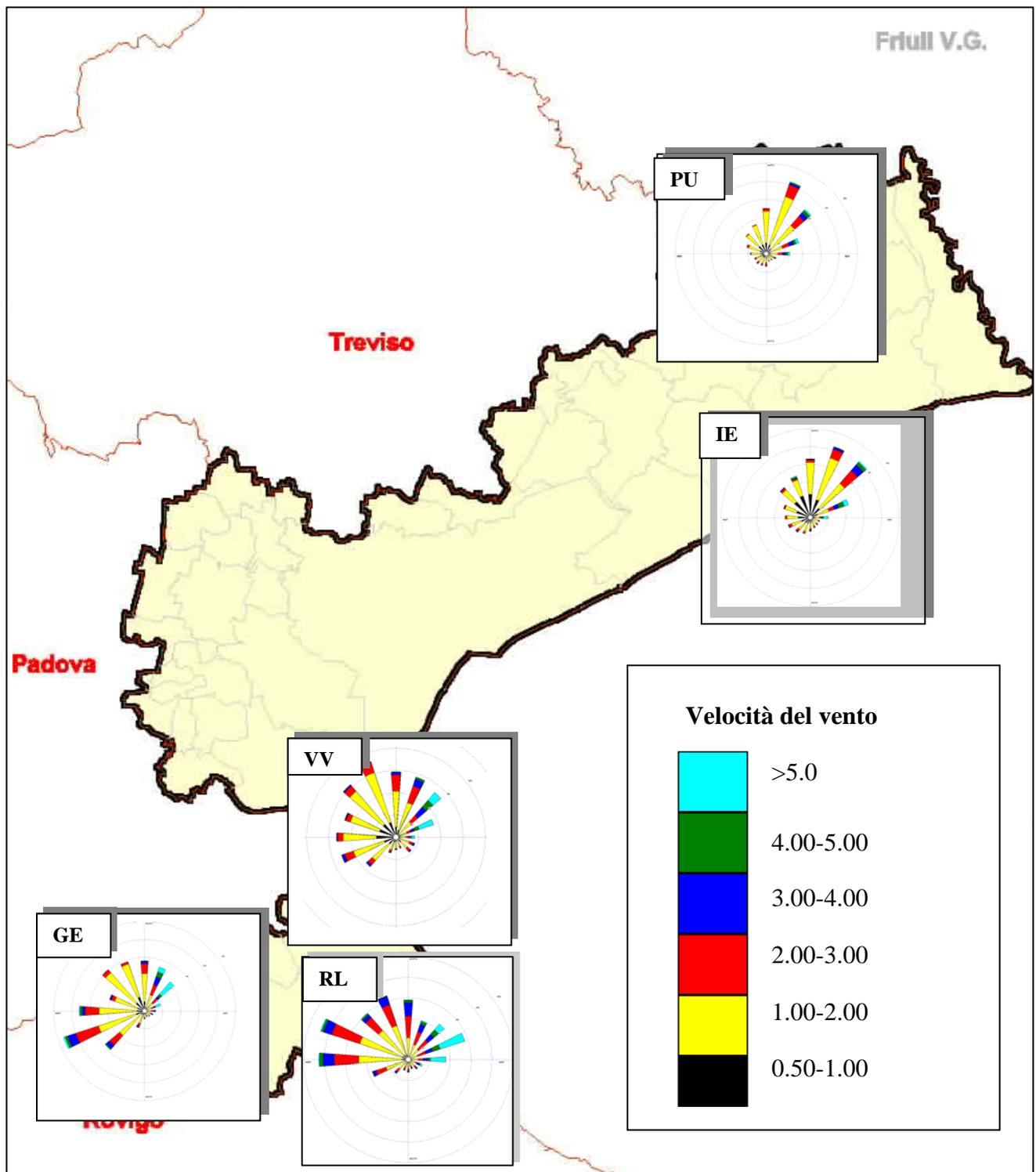


Fig.22 Rose dei venti medie invernali

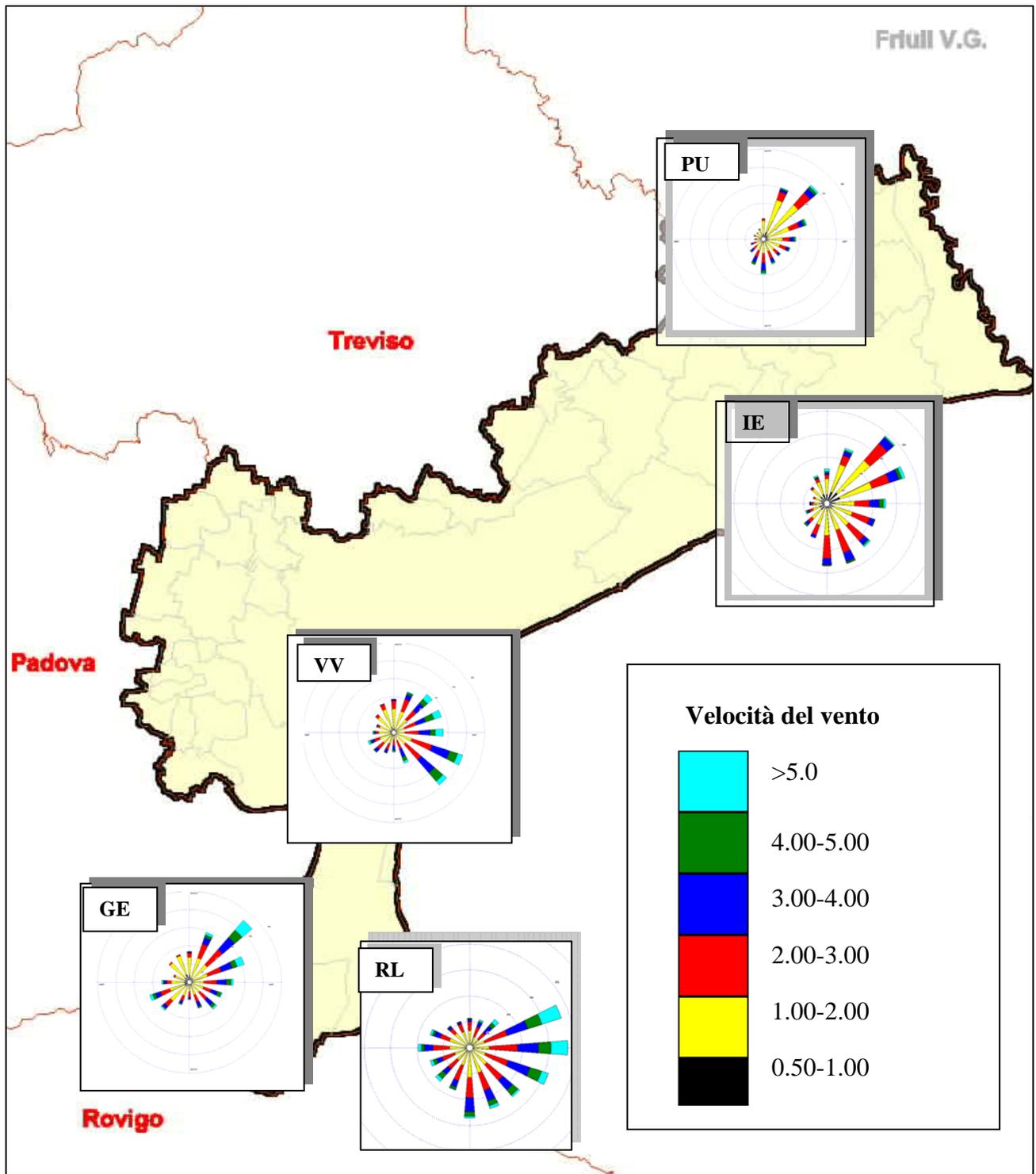


Fig.23 Rose dei venti medie primaverili

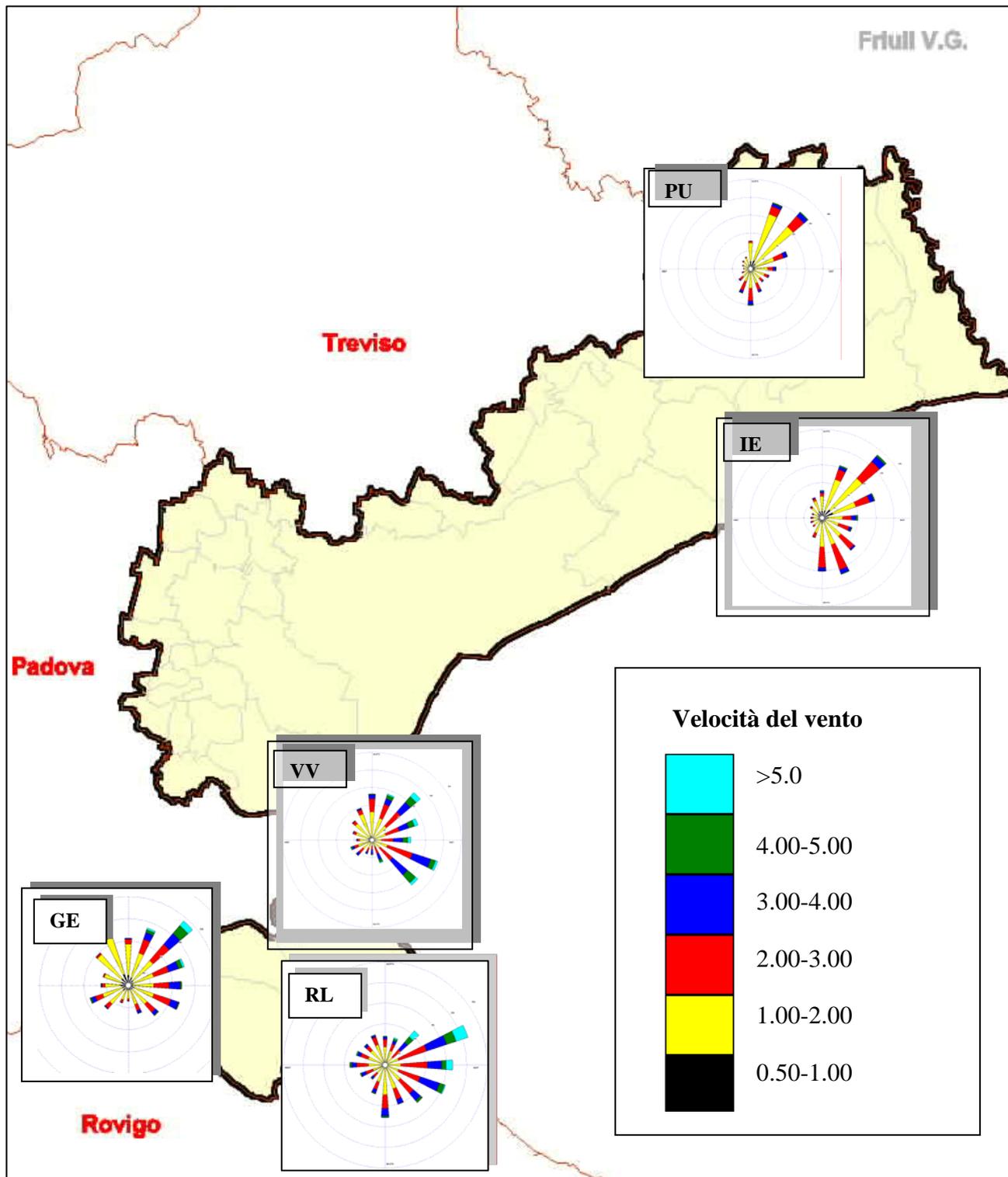


Fig.24 Rose dei venti medie estive

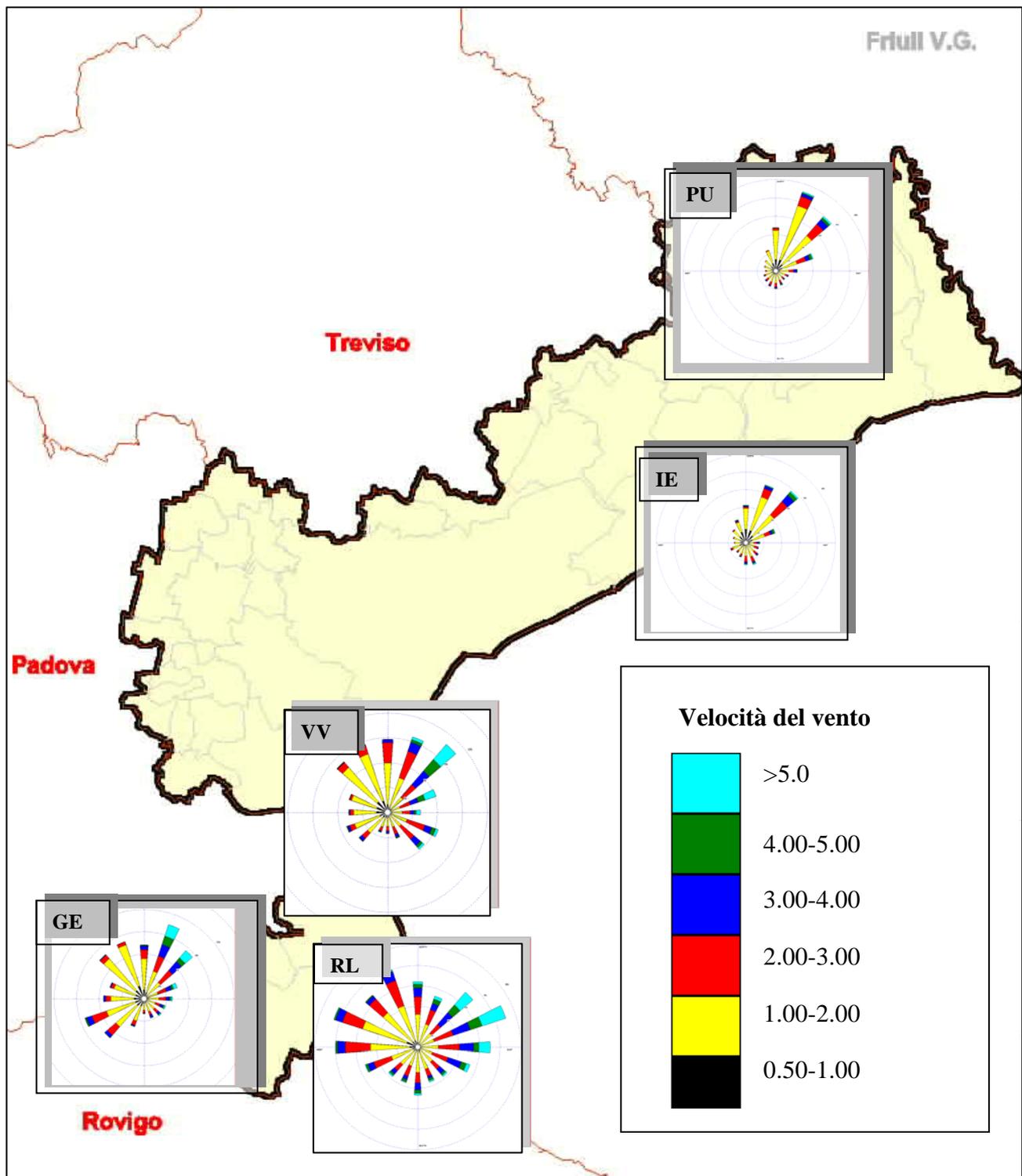


Fig.25 Rose dei venti medie autunnali