

Allegato I

Elaborato Tecnico Scientifico dell'Università degli Studi di Trento

a supporto dell'adozione della Proposta di
Piano di Azione e Risanamento della Qualità
dell'Aria dei Comuni di:

Bussolengo
Buttapietra
Castel d'Azzano
Castelnuovo del Garda
Grezzana
Lavagno
Negrar
Pescantina
San Giovanni Lupatoto
San Martino Buon Albergo
San Pietro in Cariano
Sant'Ambrogio di Valpolicella
Sommacampagna
Sona
Valeggio sul Mincio
Verona
Villafranca di Verona
Zevio

Indici generali

INDICE DEI CAPITOLI

Premessa

Capitolo 0: INTRODUZIONE..... 0-1

Capitolo 1: QUADRO NORMATIVO (Capitolo a cura di ARPA Veneto).....1-1

1 INDICE CAPITOLO 1 1-3

INDICE DELLE TABELLE..... 1-4

1 QUADRO NORMATIVO (CAPITOLO A CURA DI ARPA VENETO) 1-5

1.1 QUADRO DELLE NORME VIGENTI 1-5

1.2 IDENTIFICAZIONE DEGLI INQUINANTI DI INTERESSE DEL PQA 1-10

Capitolo 2: ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE..... 2-1

2 INDICE CAPITOLO 2 2-3

INDICE DELLE FIGURE 2-6

INDICE DELLE TABELLE..... 2-14

2 ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE..... 2-20

2.1 CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO 2-20

2.1.1 Caratteristiche morfologiche (paragrafo a cura di ARPA Veneto)..... 2-20

2.1.2 Caratterizzazione meteo-climatologica per la qualità dell'aria 2-22

2.1.2.1 La rete di monitoraggio meteorologico ARPAV 2-23

2.1.2.2 Basi di dati utilizzate 2-23

2.1.2.3 Analisi dei dati..... 2-26

2.1.2.3.1 Stazione di Bardolino..... 2-29

2.1.2.3.2 Stazione di Bosco Chiesanuova..... 2-32

2.1.2.3.3 Stazione di Buttapietra..... 2-34

2.1.2.3.4 Stazione di Castelnuovo del Garda..... 2-37

2.1.2.3.5 Stazione di Grezzana 2-39

2.1.2.3.6 Stazione di Illasi 2-42

2.1.2.3.7 Stazione di Marano di Valpolicella..... 2-44

2.1.2.3.8 Stazione di San Pietro in Cariano 2-47

2.1.2.3.9 Stazione di Valeggio sul Mincio..... 2-47

2.1.2.3.10 Stazione di Villafranca di Verona..... 2-50

2.1.2.3.11	Stazione di Verona-Cason	2-52
2.1.2.3.12	Stazione di Verona-via Dominutti	2-55
2.1.2.4	Mappe globali delle rose dei venti e della stabilità.....	2-57
2.1.2.5	Cicli giornalieri, annuali e stagionali	2-60
2.1.2.5.1	Velocità del vento	2-60
2.1.2.5.2	Temperatura.....	2-65
2.1.2.5.3	Radiazione solare.....	2-65
2.1.2.5.4	Umidità relativa	2-67
2.1.2.5.5	Precipitazione	2-69
2.1.2.6	Scenari meteorologici.....	2-70
2.1.2.7	Spazializzazione dei dati	2-72
2.1.2.7.1	Quantità scalari: precipitazioni e temperatura.....	2-73
2.1.2.7.2	Quantità vettoriali: vento	2-75
2.1.2.8	Individuazione di aree climatologicamente omogenee.....	2-76
2.1.2.9	Profili verticali di temperatura e di vento	2-77
2.1.2.10	Indice di criticità meteorologica.....	2-80
2.1.3	Attività produttive e infrastrutture (paragrafo a cura di ARPA Veneto)	2-84
2.1.3.1	Evoluzione del sistema produttivo e infrastrutturale della Provincia di Verona.....	2-84
2.1.3.2	Analisi dei settori produttivi nella Provincia di Verona	2-85
2.1.3.3	Sistema delle infrastrutture	2-89
2.1.4	Insedimenti civili.....	2-93
2.1.5	Distribuzione delle fonti emmissive	2-95
2.1.5.1	La situazione attuale	2-96
2.1.5.2	Fonti emmissive locali.....	2-97
2.1.5.3	Emissioni lineari.....	2-98
2.1.5.4	Emissioni puntuali	2-109
2.1.5.4.1	Dati disponibili	2-110
2.1.5.4.2	Emissioni dalle attività di gestione dei rifiuti	2-116
2.1.5.4.3	Emissioni da attività di cava	2-118
2.1.5.4.4	Emissioni da attrattori di traffico	2-119
2.1.5.4.5	Emissioni dall'aeroporto.....	2-120
2.1.5.5	Emissioni diffuse.....	2-122
2.1.5.5.1	Il riscaldamento domestico	2-122
2.1.5.5.1.1	Metano	2-123
2.1.5.5.1.2	Gasolio e GPL.....	2-126
2.1.5.5.2	Le attività agricole	2-131
2.1.5.5.2.1	L'agricoltura	2-131
2.1.5.5.2.2	Gli allevamenti.....	2-133
2.1.5.5.2.3	Confronto con i dati dell'inventario ISPRA disaggregato	2-143
2.1.5.6	Analisi della ripartizione delle emissioni	2-145
2.1.5.6.1	Il biossido di zolfo: SO ₂	2-147
2.1.5.6.2	Gli ossidi di azoto: NO _x	2-148
2.1.5.6.3	Il monossido di carbonio: CO.....	2-149
2.1.5.6.4	Il metano: CH ₄	2-150
2.1.5.6.5	L'ammoniaca: NH ₃	2-151
2.1.5.6.6	Le polveri sottili: PM ₁₀	2-152

2.1.5.7	Inquinamento di fondo diffuso nel bacino della Pianura Padana	2-159
2.1.6	Approfondimenti: analisi di alcuni casi pilota selezionati.....	2-161
2.1.6.1	Impianto produttivo	2-163
2.1.6.2	Traffico urbano.....	2-168
2.1.6.3	Traffico extraurbano.....	2-175
2.1.6.3.1	Indice di qualità dell'aria	2-179
2.1.6.3.2	Inquinamento e salute	2-179
2.1.6.3.3	Risultati dell'analisi	2-180
2.2	SITUAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	2-184
2.2.1	Introduzione	2-184
2.2.1.1	Richiami alla zonizzazione del territorio.....	2-184
2.2.1.2	Individuazione e caratterizzazione delle condizioni meteorologiche tipiche favorevoli alla formazione di inquinanti secondari.....	2-185
2.2.1.3	Situazione della qualità dell'aria	2-188
2.2.2	La rete di monitoraggio gestita da ARPAV	2-190
2.2.3	Andamento storico dei dati di qualità dell'aria	2-193
2.2.3.1	Stazione di Bosco Chiesanuova.....	2-194
2.2.3.2	Stazione di Bovolone.....	2-195
2.2.3.3	Stazione di Legnago	2-196
2.2.3.4	Stazione di San Bonifacio	2-196
2.2.3.5	Stazione di San Martino Buon Albergo.....	2-197
2.2.3.6	Stazione di Villafranca di Verona	2-198
2.2.3.7	Stazione di Verona-Cason	2-198
2.2.3.8	Stazione di Verona-Corso Milano	2-199
2.2.3.9	Stazione di Verona-Piazza Bernardi.....	2-200
2.2.3.10	Stazione di Verona-San Giacomo	2-200
2.2.3.11	Stazione di Verona-ZAI	2-201
2.2.3.12	Stazione di Verona-Torricelle	2-201
2.2.3.13	Stazione di Ca' del Bue.....	2-202
2.2.3.14	Stazione di Matozze	2-203
2.2.3.15	Stazione di San Giovanni Lupatoto.....	2-203
2.2.4	Superamenti dei limiti di legge	2-204
2.2.4.1	SO ₂	2-204
2.2.4.2	NO _x	2-209
2.2.4.3	PM ₁₀	2-213
2.2.4.4	Correlazione spaziale tra diverse stazioni.....	2-215
2.2.4.5	Correlazioni tra parametri meteorologici e di qualità dell'aria.....	2-222
2.2.4.6	Episodi di inquinamento acuto	2-224
2.2.4.7	PM _{2,5}	2-227
2.2.4.8	Ozono	2-229
2.2.4.9	Le campagne di misura mobili	2-231
2.2.5	Politiche adottate.....	2-235
2.2.5.1	Analisi dei dati della rete di monitoraggio e individuazione di aree non adeguatamente coperte da campagne.....	2-235
2.2.5.2	Analisi dell'efficacia di precedenti provvedimenti per la tutela della qualità dell'aria	2-245

2.2.6	Valutazione delle correlazioni fra situazioni meteorologiche e inquinamento (paragrafo a cura di ARPA Veneto)	2-247
2.2.6.1	Risultati	2-248
2.2.6.1.1	Numero giorni di durata dell'evento	2-248
2.2.6.1.2	Concentrazione PM ₁₀ e crescita giornaliera	2-248
2.2.6.1.3	Parametri meteorologici	2-248
2.2.6.1.4	Parametri dello stato limite atmosferico	2-249
2.2.6.1.5	Ubiquitarietà degli eventi acuti	2-251
2.2.6.1.6	Esempio di distribuzione spaziale del PM ₁₀ in un caso acuto	2-254
2.2.6.1.7	Contributi del PM ₁₀	2-254
2.2.6.2	Conclusioni	2-259
2.3	VALUTAZIONI EPIDEMIOLOGICHE SULLA BASE DEL FLUSSO CORRENTE DEI DATI SANITARI DISPONIBILI (PARAGRAFO A CURA DI ULSS 20)	2-260
2.3.1	Qualità dell'aria e salute	2-260
2.3.2	Meccanismi d'azione degli inquinanti atmosferici	2-262
2.3.3	Effetti sulla salute	2-263
2.3.3.1	Effetti a breve termine	2-264
2.3.3.2	Effetti a lungo termine	2-265
2.3.3.2.1	Inquinamento atmosferico fattore di rischio per le malattie cardiovascolari	2-266
2.3.3.2.2	Effetti su malati e anziani	2-267
2.3.3.2.3	Effetti sui bambini	2-267
2.3.4	Effetti sullo sviluppo polmonare	2-268
 Capitolo 3: ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE		3-1
3	INDICE CAPITOLO 3	3-3
	INDICE DELLE FIGURE	3-4
	INDICE DELLE TABELLE	3-4
3	AZIONI POSSIBILI	3-7
3.1	AZIONI COORDINATE A BREVE TERMINE	3-7
3.1.1	La gestione della zonizzazione: indicazioni per l'aggiornamento della zonizzazione	3-7
3.1.2	Traffico	3-9
3.1.2.1	Il trasporto privato	3-9
3.1.2.2	Il trasporto pubblico	3-18
3.1.2.3	Scenari futuri	3-20
3.1.3	Attività produttive	3-22
3.1.4	Riscaldamento domestico	3-24
3.1.4.1	Scenari di riduzione	3-24
3.1.4.2	Intervenire sulle temperature degli edifici	3-25
3.1.5	Quadro riassuntivo delle azioni a breve termine	3-27
3.1.6	Scenari da simulazione degli effetti di azioni a breve termine in condizione avverse	3-29
3.1.7	Analisi critica	3-30
3.2	ANALISI DELLE PROSPETTIVE ATTUALMENTE INDIVIDUABILI E DELLE AZIONI DI PIANIFICAZIONE PER LA TUTELA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	3-31

3.2.1	Scenari climatologici.....	3-32
3.2.2	Prospettive di sviluppo economico e urbanistico emergenti dalla programmazione a livello comunale e sovra-comunale (paragrafo a cura di ARPA Veneto).....	3-34
3.2.3	Scenari delle fonti di emissione	3-61
3.2.3.1	Misure per contenere le emissioni di SO ₂	3-62
3.2.3.2	Misure per contenere le emissioni di NO _x	3-63
3.2.3.3	Misure per contenere le emissioni di PM	3-64
3.2.3.4	Misure per contenere le emissioni di ammoniaca.....	3-65
3.2.3.5	Misure per contenere le emissioni di idrocarburi non metanici NMVOC	3-65
3.2.4	Definizione di un indice sintetico di qualità dell'aria.....	3-67
3.2.5	Analisi critica (paragrafo a cura di ARPA Veneto).....	3-71
3.2.6	Rassegna di buone pratiche	3-83
3.3	AZIONI INFORMATIVE (PARAGRAFO A CURA DEI COMUNI)	3-88
3.3.1	Azioni di comunicazione verso le categorie (imprenditori, artigiani, amministratori di condomini, agricoltori, autotrasportatori, ...).....	3-88
3.3.2	Azioni di comunicazione verso la cittadinanza	3-89
3.4	ACCORDI (PARAGRAFO A CURA DEI COMUNI).....	3-90
3.4.1	Promozione di accordi.....	3-90

Capitolo 4: PROCEDURE PER IL MONITORAGGIO E ADEGUAMENTO DEL PIANO..... 4-1

4 INDICE CAPITOLO 4 4-3

INDICE DELLE FIGURE 4-5

INDICE DELLE TABELLE..... 4-7

4 PROCEDURE PER IL MONITORAGGIO E ADEGUAMENTO DEL PIANO 4-8

4.1	DETERMINAZIONE DI INDICATORI E MODALITÀ DI MONITORAGGIO DELLE FASI DEL PIANO E DEI RELATIVI RISULTATI	4-8
4.2	INDICATORI DI VALUTAZIONE DELLE EFFICACIA DELLE AZIONI PROPOSTE (PARAGRAFO A CURA DI ARPA VENETO)	4-9
4.3	AZIONI CONOSCITIVE: INDICAZIONI DI APPROFONDIMENTO.....	4-26
4.3.1	Ruolo della combustione della legna.....	4-27
4.3.1.1	Traccianti della combustione della legna	4-27
4.3.1.2	Levogluosano.....	4-28
4.3.1.3	Determinazione del levogluosano in aria ambiente	4-28
4.3.1.4	Conclusioni.....	4-31
4.3.2	Emissioni dalle attività connesse alla gestione rifiuti.....	4-32
4.3.2.1	Approfondimenti sull'inceneritore di Ca' del Bue	4-32
4.3.3	Emissioni da attività per la generazione di energia da biomasse di scarto	4-34
4.3.3.1	Impianti a biomassa legnosa.....	4-34
4.3.3.2	Criticità degli impianti a biogas.....	4-35
4.3.4	Emissioni da traffico	4-37
4.3.4.1	Efficacia delle barriere verdi	4-37

4.3.4.2	Indicazione di esperienze europee finalizzate alla diminuzione delle emissioni in sede stradale: il progetto LIFE SPAS.....	4-41
4.3.4.3	Valutazione dell'efficacia dell'applicazione di rivestimenti e cementi fotocatalitici nell'abbattimento delle concentrazioni inquinanti in atmosfera.....	4-51
4.3.4.3.1	Introduzione.....	4-51
4.3.4.3.2	La fotocatalisi.....	4-52
4.3.4.3.3	Possibili applicazioni e loro efficacia.....	4-54
4.3.4.4	Efficacia dello spazzamento e lavaggio delle strade e cenni sul problema della risospensione.....	4-61
4.3.4.5	Inquinamento nelle gallerie stradali e sistemi di ventilazione.....	4-67
4.3.4.5.1	Sistemi a ventilazione naturale.....	4-68
4.3.4.5.2	Sistemi a ventilazione longitudinale.....	4-69
4.3.4.5.3	Sistemi a ventilazione trasversale.....	4-70
4.3.4.5.4	Concentrazioni di inquinanti nei tunnel stradali.....	4-71
4.3.5	Predisposizione e utilizzo di strumenti di previsione della qualità dell'aria a supporto dell'adozione di misure (a breve, a medio e lungo termine).....	4-79
4.3.5.1	Premessa.....	4-79
4.3.5.2	Il Sistema Integrato per la gestione della Mobilità e della Sicurezza del Comune di Verona.....	4-82
4.3.5.3	Il sistema NINFA.....	4-84
4.3.5.4	Osservazioni.....	4-85
4.3.6	Indicazioni per lo sfruttamento della risorsa geotermica.....	4-86
4.3.7	Ruolo del cittadino.....	4-86
4.3.8	Esempio di esposizione giornaliera.....	4-88
4.4	VALUTAZIONE DELL'INQUINAMENTO PROVENIENTE DA AREE ESTERNE PROVINCIALI.....	4-94

Capitolo 5: SCHEDE DEI COMUNI..... 5-1

5 INDICE CAPITOLO 5..... 5-3

INDICE DELLE FIGURE..... 5-4

INDICE DELLE TABELLE..... 5-5

5 SCHEDE DEI COMUNI..... 5-7

5.1	BUSSOLENGO.....	5-8
5.2	BUTTAPIETRA.....	5-12
5.3	CASTEL D'AZZANO.....	5-16
5.4	CASTELNUOVO DEL GARDA.....	5-20
5.5	GREZZANA.....	5-24
5.6	LAVAGNO.....	5-28
5.7	NEGRAR.....	5-32
5.8	PESCANTINA.....	5-36
5.9	SAN GIOVANNI LUPATOTO.....	5-40
5.10	SAN MARTINO BUON ALBERGO.....	5-44
5.11	SAN PIETRO IN CARIANO.....	5-48
5.12	SANT'AMBROGIO DI VALPOLICELLA.....	5-52

5.13	SOMMACAMPAGNA.....	5-56
5.14	SONA	5-60
5.15	VALEGGIO SUL MINCIO	5-64
5.16	VERONA.....	5-68
5.17	VILLAFRANCA DI VERONA.....	5-72
5.18	ZEVIO	5-76
 Capitolo 6: CONCLUSIONI.....		 6-1
6	CONCLUSIONI	6-4

ALLEGATI

Allegato 1: Accordo tra pubbliche amministrazioni per le attività relative alla redazione del Piano di Azione e Risanamento della Qualità dell’Aria

Allegato 2: Elenco degli incontri tecnici

Allegato 3: Elenco dei partecipanti agli incontri presso i Comuni aderenti al Piano

Allegato 4: Verbali delle sedute del Comitato Tecnico

Allegato 5: Elenco dei dati resi disponibili

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 2-1: AMBITI TERRITORIALI DELLA PROVINCIA DI VERONA (TRATTA DAL PTCP, PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE): IN EVIDENZA I COMUNI INTERESSATI DAL PRESENTE STUDIO.	2-21
FIGURA 2-2: MAPPA DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO METEOROLOGICO DI ARPAV.....	2-24
FIGURA 2-3: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008. ..	2-30
FIGURA 2-4: BOXPLOT DELL'INTENSITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-30
FIGURA 2-5: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-31
FIGURA 2-6: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-31
FIGURA 2-7: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-32
FIGURA 2-8: BOXPLOT DELL'INTENSITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-33
FIGURA 2-9: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-33
FIGURA 2-10: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-34
FIGURA 2-11: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008... 2-35	35
FIGURA 2-12: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-35
FIGURA 2-13: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008..	2-36
FIGURA 2-14: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-36
FIGURA 2-15: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-37
FIGURA 2-16: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-38
FIGURA 2-17: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-38
FIGURA 2-18: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-39
FIGURA 2-19: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008... 2-40	2-40
FIGURA 2-20: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-40
FIGURA 2-21: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-41

FIGURA 2-22: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-41
FIGURA 2-23: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-42
FIGURA 2-24: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-43
FIGURA 2-25: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-43
FIGURA 2-26 - ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008. 2-44	
FIGURA 2-27: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-45
FIGURA 2-28: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-45
FIGURA 2-29: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-46
FIGURA 2-30: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-46
FIGURA 2-31: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-48
FIGURA 2-32: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-48
FIGURA 2-33: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-49
FIGURA 2-34: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-49
FIGURA 2-35: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI VILLAFRANCA VERONESE, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-50
FIGURA 2-36: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-51
FIGURA 2-37: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-51
FIGURA 2-38: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VILLAFRANCA VERONESE, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-52
FIGURA 2-39: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI VERONA-CASON, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007.	2-53
FIGURA 2-40: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VERONA-CASON, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007. 2-53	
FIGURA 2-41: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI QUALITÀ DELL'ARIA DI VERONA CASON, RELATIVI AL PERIODO 2005-2007.....	2-54
FIGURA 2-42: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI QUALITÀ DELL'ARIA DI VERONA CASON, RELATIVI AL PERIODO 2005-2007.....	2-54
FIGURA 2-43: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VERONA-VIA DOMINUTTI, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007.....	2-55

FIGURA 2-44: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI VERONA VIA DOMINUTTI, RELATIVI AL PERIODO 2004-2008.	2-55
FIGURA 2-45: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI VERONA VIA DOMINUTTI, RELATIVI AL PERIODO 2004-2008. ...	2-56
FIGURA 2-46: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VERONA-VIA DOMINUTTI, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007.	2-56
FIGURA 2-47: ROSE DEI VENTI ELABORATE.	2-58
FIGURA 2-48: ROSE DELLA STABILITÀ ELABORATE.	2-59
FIGURA 2-49: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.	2-60
FIGURA 2-50: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALLA PRIMAVERA.	2-61
FIGURA 2-51: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'ESTATE.	2-61
FIGURA 2-52: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'AUTUNNO.	2-62
FIGURA 2-53: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INVERNO.	2-62
FIGURA 2-54: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO PER LE DIVERSE STAGIONI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA.	2-63
FIGURA 2-55: CURVA DI DISTRIBUZIONE DI WEIBULL RELATIVA ALLA VELOCITÀ DEL VENTO DELLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA.	2-64
FIGURA 2-56: CURVA DI DISTRIBUZIONE DI WEIBULL RELATIVA ALLA VELOCITÀ DEL VENTO DELLA STAZIONE DI GREZZANA.	2-64
FIGURA 2-57: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA TEMPERATURA NELLE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.	2-65
FIGURA 2-58: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA RADIAZIONE SOLARE CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.	2-66
FIGURA 2-59: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA RADIAZIONE SOLARE PER LE DIVERSE STAGIONI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA.	2-67
FIGURA 2-60: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELL'UMIDITÀ RELATIVA NELLE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.	2-68
FIGURA 2-61: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELL'UMIDITÀ RELATIVA PER LE DIVERSE STAGIONI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA.	2-68
FIGURA 2-62: CONFRONTO TRA I CICLI ANNUALI DELLA PRECIPITAZIONE CUMULATA MENSILE NELLE DIVERSE STAZIONI.	2-69
FIGURA 2-63: CONFRONTO TRA I CICLI ANNUALI DEL NUMERO DI GIORNI MENSILI CON PRECIPITAZIONE SUPERIORE A 1 MM NELLE DIVERSE STAZIONI.	2-70
FIGURA 2-64: CONFRONTO TRA I CICLI MEDI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO PER I QUATTRO DIVERSI SCENARI METEOROLOGICI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA.	2-72
FIGURA 2-65: VARIAZIONE DELLA PRECIPITAZIONE TOTALE ANNUA P [MM] (MEDIA SUL QUINQUENNIO 2004-2008) IN FUNZIONE DELLA QUOTA h DELLA STAZIONE DI MISURA. LE BARRE TRATTEGGIATE RAPPRESENTANO L'INTERVALLO DI VARIABILITÀ COMPRESO FRA I VALORI MINIMO E MASSIMO REGISTRATI PRESSO LA STAZIONE NEL QUINQUENNIO. NEL GRAFICO È RIPORTATA ANCHE L'EQUAZIONE DELLA CURVA INTERPOLANTE CON IL RELATIVO VALORE DEL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE R	2-73

FIGURA 2-66: VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUA SUPERFICIALE T [°C] (MEDIATA SUL QUINQUENNIO 2004-2008) IN FUNZIONE DELLA QUOTA h DELLA STAZIONE DI MISURA. LE BARRE TRATTEGGIATE RAPPRESENTANO L'INTERVALLO DI VARIABILITÀ COMPRESO FRA I VALORI MINIMO E MASSIMO REGISTRATI PRESSO LA STAZIONE NEL QUINQUENNIO. NEL GRAFICO È RIPORTATA ANCHE L'EQUAZIONE DELLA RETTA INTERPOLANTE CON IL RELATIVO VALORE DEL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE R	2-74
FIGURA 2-67: SPAZIALIZZAZIONE DEL DATO DI PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA MEDIANTE KRIGING, UTILIZZANDO I DATI REGISTRATI PRESSO LE STAZIONI METEOROLOGICHE ARPAV MOSTRATE IN FIGURA.	2-75
FIGURA 2-68: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLA SUDDIVISIONE DELL'AREA IN ESAME IN DUE MACRO AREE CLIMATOLOGICAMENTE OMOGENEE: IN VERDE LE ZONE DI PIANURA, IN VIOLA LE ZONE COLLINARI.....	2-77
FIGURA 2-69: UN ESEMPIO DI PROFILO VERTICALE DI TEMPERATURA POTENZIALE RICAVATO MEDIANTE ANALISI DEI DATI DA RADIOMETRO HATPRO ALLE ORE 0:00, 6:00, 12:00 E 18:00 UTC (OSSIA RIFERITE AL FUSO ORARIO DI GREENWICH) DEL GIORNO 18/01/2008 (CONDIZIONE FORTEMENTE STABILI).	2-80
FIGURA 2-70: INDICE DI CRITICITÀ METEOROLOGICA PER LA STAZIONE DI VILLAFRANCA VALUTATO SULL'INTERO PERIODO 2004-2008 SULLA BASE DELLA CLASSE DI STABILITÀ ATMOSFERICA.....	2-82
FIGURA 2-71: INDICE DI CRITICITÀ METEOROLOGICA PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA VALUTATO SULL'INTERO PERIODO 2004-2008 SULLA BASE DELLA CLASSE DI STABILITÀ ATMOSFERICA.....	2-83
FIGURA 2-72: IMPRESE REGISTRATE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA (DATI 2009). PESO RELATIVO DEI DIVERSI SETTORI.	2-87
FIGURA 2-73: IMPRESE DEL SETTORE MANIFATTURIERO REGISTRATE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA (DATI 2007): PESO RELATIVO DEI DIVERSI SETTORI.	2-88
FIGURA 2-74: RETE VIARIA (DATI PTCP 2010).....	2-91
FIGURA 2-75: RETE FERROVIARIA, DELLE LINEE NAVIGABILI E DEGLI AEROPORTI (DATI PTCP 2010).....	2-92
FIGURA 2-76: SISTEMA DELLE AREE PRODUTTIVE (DATI PTCP VERONA 2010). LE AREE PRODUTTIVE COMPREDONO SIA QUELLE ESISTENTI SIA QUELLE IN COMPLETAMENTO.	2-93
FIGURA 2-77: DENSITÀ DI POPOLAZIONE RELATIVA AL CENSIMENTO 2001, IN AB/KM ²	2-94
FIGURA 2-78: MAPPA DELLE AREE INDUSTRIALI E COMMERCIALI (IN VIOLA) E DEGLI INSEDIAMENTI CIVILI (IN BLU).	2-95
FIGURA 2-79: FLUSSI DI TRAFFICO MEDIO ORARIO DEGLI ARCHI STRADALI EXTRAURBANI DEL PTCP NEI COMUNI IN OGGETTO.	2-98
FIGURA 2-80: FATTORE DI EMISSIONE PER GLI NO _x SEPARATO PER CLASSE DI VEICOLO (MEDIA SULLE CLASSI EURO).....	2-101
FIGURA 2-81: FATTORE DI EMISSIONE PER GLI NO _x , MEDIO PESATO SUL PARCO MACCHINE DELLA PROVINCIA DI VERONA.	2-102
FIGURA 2-82: FATTORE DI EMISSIONE PER IL PM ₁₀ SEPARATO PER CLASSE DI VEICOLO (MEDIA SULLE CLASSI EURO).....	2-102
FIGURA 2-83: FATTORE DI EMISSIONE PER IL PM ₁₀ , MEDIO PESATO SUL PARCO MACCHINE DELLA PROVINCIA DI VERONA.	2-103
FIGURA 2-84: EMISSIONI ANNUE DI NO _x [T/(KM · ANNO)] DA TRAFFICO LINEARE DELLA RETE EXTRAURBANA.	2-105
FIGURA 2-85: EMISSIONI ANNUE DI PM ₁₀ [T/(KM · ANNO)] DA TRAFFICO LINEARE DELLA RETE EXTRAURBANA.	2-106
FIGURA 2-86: VEICOLI IMMATRICOLATI E CIRCOLANTI NEI COMUNI IN OGGETTO. IL COEFFICIENTE V.I. È POSITIVO NEI COMUNI IN CUI IL NUMERO DI VEICOLI CIRCOLANTI È MAGGIORE DI QUELLO DEI VEICOLI IMMATRICOLATI E VICEVERSA.	2-108

FIGURA 2-87: CONFRONTO TRA LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE AZIENDE DI CUI SI HANNO DATI DI EMISSIONE (SOPRA) E DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE AZIENDE DEL SETTORE MANIFATTURIERO ISCRITTE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA NEL 2008 (SOTTO).....	2-112
FIGURA 2-88: LOCALIZZAZIONE DELLE SORGENTI PUNTUALI CONSIDERATE.....	2-113
FIGURA 2-89: MAPPA DELLA DISCARICA DI PESCANTINA TRATTA DALLA RELAZIONE DIVULGATIVA ANNO 2008 DI SICEA (HTTP://PORTALE.PROVINCIA.VR.IT/FILES/NEWWEB/AREA-SERVI/SETTORE-EC/REPORT-CON/U-O-RIFIU1/DISCARICA-/PESCANTINA_RDA_2008.PDF).	2-116
FIGURA 2-90: ANDAMENTO DEI VOLUMI DI BIOGAS CAPTATO, DISPERSO E TOTALE DAL 1989 AL 2007 NELLA DISCARICA DI PESCANTINA.....	2-117
FIGURA 2-91: MAPPA DELLE CAVE AUTORIZZATE (LAYER PTCP).	2-118
FIGURA 2-92: MAPPA DEI PRINCIPALI ATTRATTORI DI TRAFFICO: LA DIMENSIONE DEL SIMBOLO È PROPORZIONALE AL NUMERO DI VEICOLI/ANNO RIPORTATO IN TABELLA 2-35.....	2-120
FIGURA 2-93: CONFRONTO TRA LE EMISSIONI TOTALI ANNUE DERIVANTI DALL'AGRICOLTURA E DAGLI ALLEVAMENTI E LE EMISSIONI DEL MACROSETTORE 10 – DATO DELL'INVENTARIO ISPRA DISAGGREGATO (ESPRESSE IN T/ANNO).	2-145
FIGURA 2-94: MAPPA DEI 4 GRUPPI DI COMUNI INDIVIDUATI.	2-154
FIGURA 2-95: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 1.....	2-155
FIGURA 2-96: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 2.....	2-156
FIGURA 2-97: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 3.....	2-158
FIGURA 2-98: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 4.....	2-159
FIGURA 2-99: LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DELLA MONDADORI PRINTING.	2-163
FIGURA 2-100: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO _x (VALORI AUTORIZZATI).....	2-165
FIGURA 2-101: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PTS (VALORI AUTORIZZATI).	2-165
FIGURA 2-102: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI SO ₂ (VALORI AUTORIZZATI).	2-166
FIGURA 2-103: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CR ^(VI) IN CASO DI EMISSIONE CONTINUA (VALORI AUTORIZZATI).	2-166
FIGURA 2-104: LA SS11 A VAGO DI LAVAGNO.....	2-168
FIGURA 2-105: PLANIMETRIA DEL TRATTO DI STRADA IN ESAME E TGM.	2-170
FIGURA 2-106: DETTAGLIO DELLA ZONA A MAGGIORE INQUINAMENTO SECONDO LA SIMULAZIONE EFFETTUATA. 2-171	
FIGURA 2-107: SCHEMA INDICATIVO DELLA VARIAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE IN CORRISPONDENZA DI UN CANYON STRADALE. SI OSSERVA CHE, TIPICAMENTE, SI HA UN'ELEVATA CONCENTRAZIONE IN SEDE STRADALE ALL'INTERNO DEL VOLUME D'ARIA CONTENUTO TRA GLI EDIFICI, E UNA RAPIDA DECRESCITA VERSO L'ESTERNO O COMUNQUE SUBITO ALLE SPALLE DELLA PRIMA FILA DI EDIFICI.	2-172
FIGURA 2-108: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO _x	2-173
FIGURA 2-109: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PM ₁₀	2-173
FIGURA 2-110: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI SO ₂	2-174
FIGURA 2-111: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CO.....	2-174
FIGURA 2-112: CONCENTRAZIONI NORMALIZZATE DI NO (CERCHI) E NO ₂ (TRIANGOLI) PER LE AREE DI STUDIO PIÙ A SUD DELLA A22. LE BARRE VERTICALI INDIVIDUANO LA DEVIAZIONE STANDARD. (HEIMANN D. ET AL., 2007).....	2-181
FIGURA 2-113: DISTRIBUZIONI DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO ₂ E PM ₁₀ AL SUOLO DETERMinate DAL TRAFFICO SULL'AUTOSTRADA A22 NEL TRATTO COMPRESO TRA VERONA E BOLZANO COME RISULTATO DELLA MODELLAZIONE APPLICATA IN ALPNAP. (HEIMANN D. ET AL., 2007).....	2-182
FIGURA 2-114: DISTRIBUZIONE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE NEL TRATTO INFERIORE DI AUTOSTRADA A22 ANALIZZATO IN ALPNAP. (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-183

FIGURA 2-115: RAPPRESENTAZIONE GIS DELL'IMPATTO DA ESPOSIZIONE DA NO_2 (A SINISTRA) E PM_{10} (A DESTRA) NEL TRATTO INFERIORE DELL'A22 ANALIZZATO IN ALPNAP. (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-184
FIGURA 2-116: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'INVERNO 2008.....	2-186
FIGURA 2-117: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALLA PRIMAVERA 2008.....	2-186
FIGURA 2-118: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'ESTATE 2008.	2-187
FIGURA 2-119: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'AUTUNNO 2008.	2-187
FIGURA 2-120: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'INTERO ANNO 2008.	2-188
FIGURA 2-121: MAPPA DELLE STAZIONI DI MISURA DI QUALITÀ DELL'ARIA DI ARPAV.....	2-192
FIGURA 2-122: CONFRONTO TRA CICLI DIURNI DEL BISSIDO DI ZOLFO IN ALCUNE STAZIONI DI MISURA.	2-208
FIGURA 2-123: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DEL BISSIDO DI ZOLFO IN ALCUNE STAZIONI DI MISURA.....	2-208
FIGURA 2-124: CONFRONTO TRA ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 DEL 2008 E QUELLO DEL 2007 NELLA STAZIONE DI VERONA ZAI.	2-213
FIGURA 2-125: NUMERO PROGRESSIVO DI SUPERAMENTI DELLA SOGLIA MEDIA GIORNALIERA DI PM_{10} NELLA STAZIONE DI VERONA CASON PER L'ANNO 2008.....	2-215
FIGURA 2-126: SCATTER PLOT TRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE DI NO_2 RILEVATE NELLE STAZIONI DI CORSO MILANO E CASON FINO A MAGGIO 2007.....	2-216
FIGURA 2-127: SCATTER PLOT TRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE DI NO_2 RILEVATE NELLE STAZIONI DI CORSO MILANO E CASON DA GIUGNO 2007	2-216
FIGURA 2-128: SCATTER PLOT TRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE DI NO_2 RILEVATE NELLE STAZIONI DI CORSO MILANO E CASON PER L'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-217
FIGURA 2-129: CORRELAZIONI TRA LE CONCENTRAZIONI ORARIA DI NO_2 IN DIVERSE STAZIONI.....	2-217
FIGURA 2-130: CORRELAZIONI TRA LE CONCENTRAZIONI ORARIA DI NO_2 IN DIVERSE STAZIONI.....	2-218
FIGURA 2-131: CONFRONTO TRA CICLI DIURNI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 IN DIVERSE STAZIONI....	2-219
FIGURA 2-132: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 IN DIVERSE STAZIONI. 2-	219
FIGURA 2-133: CONFRONTO TRA CICLI DIURNI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI O_3 IN DIVERSE STAZIONI. 2-	220
FIGURA 2-134: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI O_3 IN DIVERSE STAZIONI. ..	2-221
FIGURA 2-135: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI PM_{10} IN DIVERSE STAZIONI.	2-222
FIGURA 2-136: CORRELAZIONE TRA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 E VELOCITÀ DEL VENTO NELLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA NELLA STAGIONE INVERNALE.	2-223
FIGURA 2-137: CORRELAZIONE TRA CONCENTRAZIONE ORARIA DI O_3 E TEMPERATURA NELLA STAZIONE DI VERONA CASON.	2-223
FIGURA 2-138: CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO_2 RILEVATE NELLA STAZIONE DI VERONA CORSO MILANO RELATIVE A TUTTO IL QUINQUENNIO E ISOLANDO LE SOLE CALME DI VENTO.	2-224
FIGURA 2-139: CORRELAZIONE TRA VALORI MEDI GIORNALIERI DI PM_{10} E NO_2 MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL QUINQUENNIO 2004-2008.....	2-226
FIGURA 2-140: CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM_{10} E NO_2 MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON.	2-227

FIGURA 2-141: CORRELAZIONE TRA VALORI MEDI GIORNALIERI DI PM_{10} E $PM_{2,5}$ MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL BIENNIO 2007-2008.	2-228
FIGURA 2-142: ANDAMENTO DEL RAPPORTO TRA $PM_{2,5}$ E PM_{10} MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL 2008 E VALORE MEDIO ANNUALE (LINEA ROSSA ORIZZONTALE).....	2-229
FIGURA 2-143: ANDAMENTO DEL MASSIMO GIORNALIERO DELLE MEDIE MOBILI SU 8 H DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO, RELATIVO ALLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL 2004.	2-231
FIGURA 2-144: LOCALIZZAZIONE DELLE POSTAZIONI IN CUI SONO STATE EFFETTUATE LE CAMPAGNE MOBILI NEL QUINQUENNIO 2004-2008.	2-233
FIGURA 2-145: CONFRONTO TRA LA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 DELLA CAMPAGNA MOBILE 10 A S. GIOVANNI LUPATOTO E LA CONCENTRAZIONE DELLA CENTRALINA FISSA DI CORSO MILANO.	2-234
FIGURA 2-146: CONFRONTO TRA LA CONCENTRAZIONE GIORNALIERA DI PM_{10} DELLA CAMPAGNA MOBILE 10 A S. GIOVANNI LUPATOTO E LA CONCENTRAZIONE DELLA CENTRALINA FISSA DI CORSO MILANO.	2-235
FIGURA 2-147: DEFINIZIONE DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI STAZIONE (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).	2-237
FIGURA 2-148: CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004). 2-237	
FIGURA 2-149: CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).....	2-238
FIGURA 2-150: CRITERI PER LA SCELTA DEL NUMERO DI CENTRALINE FISSE DA INSTALLARE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).	2-238
FIGURA 2-151: CRITERI PER LA SCELTA DEL NUMERO DI CENTRALINE FISSE DA INSTALLARE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA IN AREE ESTERNE DAGLI AGGLOMERATI (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).....	2-239
FIGURA 2-152: CRITERI PER LA SCELTA DEL NUMERO DI CENTRALINE FISSE DA INSTALLARE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE E DEGLI ECOSISTEMI (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).....	2-239
FIGURA 2-153: PUNTI DI MISURA DEI CAMPIONAMENTI PASSIVI DEL PROGETTO DI MAPPATURA DI AREE REMOTE DOCUP: GRIGLIA REGOLARE 18x18 KM.....	2-240
FIGURA 2-154: COMUNI INTERESSATI DAL PROGETTO DI MAPPATURA DI AREE REMOTE DOCUP: IN VERDE I COMUNI CHE HANNO BENEFICIATO DEL FINANZIAMENTO, IN ROSSO QUELLI MONITORATI AL DI FUORI DEL PROGETTO.	2-241
FIGURA 2-155: GIORNATE DI MISURA EFFETTUATE CON I MEZZI E LE STAZIONI MOBILI DURANTE IL QUINQUENNIO 2004-2008.....	2-242
FIGURA 2-156: ANDAMENTO DEL PM_{10} MISURATO A VILAFRANCA, IN VIA SOMMACAMPAGNA TRA IL 3.9.2004 E IL 12.10.2004 E QUELLO RILEVATO NELLO STESSO PERIODO NELLA CENTRALINA FISSA DI CORSO MILANO. 2-243	
FIGURA 2-157: VARIAZIONI DI TRAFFICO DEL GIORNO 8 FEBBRAIO 2008 IN CORRISPONDENZA DELLA CIRCONVALLAZIONE INTERNA DI VERONA RISPETTO ALLE ALTRE DOMENICHE DELL'ANNO (COMUNE DI VERONA, UFFICIO MOBILITÀ E TRAFFICO).....	2-246
FIGURA 2-158: VARIAZIONI DI TRAFFICO DEL GIORNO 8 FEBBRAIO 2008 IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI DI ACCESSO ALLA CITTÀ RISPETTO ALLE ALTRE DOMENICHE DELL'ANNO (COMUNE DI VERONA, UFFICIO MOBILITÀ E TRAFFICO).	2-246
FIGURA 2-159: ANDAMENTO DIURNO E STAGIONALE DELL'ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO A VERONA.....	2-249

FIGURA 2-160: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL' ANNO 2005 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO JUVARA.	2-252
FIGURA 2-161: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL' ANNO 2006 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO JUVARA.	2-252
FIGURA 2-162: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL' ANNO 2007 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.	2-253
FIGURA 2-163: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL' ANNO 2008 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.	2-253
FIGURA 2-164: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL' ANNO 2009 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.	2-253
FIGURA 2-165: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NEI MESI DI GENNAIO E FEBBRAIO DEL 2010 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.	2-254
FIGURA 2-166: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} IN UN CASO ACUTO DI INQUINAMENTO SU BACINO PADANO-ADRIATICO DA MODELLO NINFA (ARPA-ER).	2-254
FIGURA 2-167: SCHEMA CONCETTUALE DI CONTRIBUTI ALLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} IN DIVERSI PUNTI DI MONITORAGGIO.	2-255
FIGURA 2-168: SETTIMANA TIPO DI CONCENTRAZIONE DI PM_{10} CALCOLATA A E B.GO MILANO E CASON NEL 2009.	2-255
FIGURA 2-169: ANDAMENTO DELL' ALTEZZA DI MESCOLAMENTO H_{MIX} , DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM_{10} E DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 MISURATE NELLA STAZIONE DI VERONA CASON NEL PERIODO COMPRESO TRA IL 18.01.2008 E IL 07.02.2008.	2-257
FIGURA 2-170: ANDAMENTO DELL' ALTEZZA DI MESCOLAMENTO H_{MIX} , DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM_{10} E DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 MISURATE NELLA STAZIONE DI VERONA CASON NEL PERIODO COMPRESO TRA IL 08.02.2008 E IL 28.02.2008.	2-258
FIGURA 2-171: MORTALITÀ TOTALE PER GRUPPI DI CAUSE – PROVINCIA DI VERONA – ANNO 2006.	2-269
FIGURA 2-172: MORTALITÀ TOTALE PER GRUPPI DI CAUSE. FREQUENZA RELATIVA ULSS 20 ANNO 2007.	2-270
FIGURA 3-1: RISPARMIO PERCENTUALE NELLE EMISSIONI DI NO_x PER CIASCUNO SCENARIO ANALIZZATO RISPETTO ALLO SCENARIO 0 (NESSUN BLOCCO).	3-16
FIGURA 3-2: RISPARMIO PERCENTUALE NELLE EMISSIONI DI PM_{10} PER CIASCUNO SCENARIO ANALIZZATO RISPETTO ALLO SCENARIO 0 (NESSUN BLOCCO).	3-17
FIGURA 3-3: RISPARMIO PERCENTUALI NELLE EMISSIONI DI C_6H_6 PER CIASCUNO SCENARIO ANALIZZATO RISPETTO ALLO SCENARIO 0 (NESSUN BLOCCO).	3-17
FIGURA 3-4: PARCO DEI MEZZI PUBBLICI ATV: CARATTERISTICHE DEI MEZZI.	3-18
FIGURA 3-5: PERCENTUALI DI RIDUZIONE NELLE EMISSIONI DOVUTE AI SOLI MEZZI PUBBLICI DI PM_{10} E NO_x PER I QUATTRO SCENARI ANALIZZATI, NELLE TRATTE URBANE (SINISTRA) E EXTRAURBANE (DESTRA).	3-21
FIGURA 3-6: PERCENTUALI DI RIDUZIONE NELLE EMISSIONI DELLE PRINCIPALI SOSTANZE INQUINANTI PRODOTTE PER IL RISCALDAMENTO DI ABITAZIONE APPARTENENTI ALLE 7 CLASSI PROPOSTE DAL DISTRETTO DI TREVISO, NELL' IPOTESI CHE SIANO ALIMENTATE A GASOLIO E A METANO.	3-25
FIGURA 3-7: INDICI DI QUALITÀ DELL' ARIA RELATIVI AL PM_{10} , AL BISSIDO DI AZOTO (NO_2) E ALL' OZONO (O_3). 3-68	
FIGURA 3-8: CORRELAZIONE TRA VALORI MEDI GIORNALIERI DI NO_2 E PM_{10}	3-69
FIGURA 3-9: INDICI DI QUALITÀ DELL' ARIA RELATIVI AL PM_{10} , AL BISSIDO DI AZOTO (NO_2) SECONDO IL VALORE MEDIO GIORNALIERO E ALL' OZONO (O_3).	3-70
FIGURA 3-10: INDICE SINTETICO DI QUALITÀ DELL' ARIA PER L' ANNO 2008.	3-71
FIGURA 4-1: STRUTTURA CHIMICA DEL LEVOGLUCOSANO (1,6-ANHYDRO- β -D-GLUCOPYRANOSE).	4-28

FIGURA 4-2: CORRELAZIONE FRA CONCENTRAZIONI DI PM_{10} E LEVOGLUCOSANO RILEVATE NELLA ZONA URBANA DI UNA CITTÀ ALPINA.	4-30
FIGURA 4-3: CORRELAZIONE FRA CONCENTRAZIONI DI PM_{10} E LEVOGLUCOSANO RILEVATE IN ZONA MONTANA ALPINA.	4-30
FIGURA 4-4: CORRELAZIONE FRA CONCENTRAZIONI DI PM_{10} E LEVOGLUCOSANO.	4-30
FIGURA 4-5: CONCENTRAZIONI DI LEVOGLUCOSANO MISURATE NELLA ZONA URBANA DI UNA CITTÀ ALPINA. ...	4-31
FIGURA 4-6: RAPPORTO FRA LEVOGLUCOSANO E PM_{10} MISURATO NELLA ZONA URBANA DI UNA CITTÀ ALPINA. ...	4-31
FIGURA 4-7: STIMA PRELIMINARE DELLE EMISSIONI DI OSSIDI DI AZOTO DALL'IMPIANTO DI TERMOVALORIZZAZIONE DI CA' DEL BUE NEI CASI IN CUI QUESTO NON DISPONESSE DI UN TRATTAMENTO DI RIDUZIONE DI NO_x , CON SISTEMA SNCR E CON SCR (PATERNOSTER L., 2010).	4-33
FIGURA 4-8: CONFRONTO FRA LE EMISSIONI DELL'IMPIANTO A BIOMASSA LEGNOSA DI OSPITALE DI CADORE CON QUELLE DI UN INCENERITORE CON SISTEMA SCR E CAPACITÀ DI 196605 T/ANNO.	4-35
FIGURA 4-9: CONFRONTO FRA LE EMISSIONI DI UN IMPIANTO A BIOGAS DI 1 MWe CON QUELLE DI UN INCENERITORE CON SISTEMA SCR E CAPACITÀ DI 196605 T/ANNO.	4-36
FIGURA 4-10: CONCENTRAZIONE DI PARTICOLATO TOTALE TSP IN FUNZIONE DELLA DISTANZA DALLA STRADA. LE DIVERSE LINEE RAPPRESENTANO DIVERSE CONFIGURAZIONI DI SPECIE VEGETATIVE DIVERSE (YIN SHAN ET AL., 2007).	4-40
FIGURA 4-11: EFFICIENZE DI RIMOZIONE IN FUNZIONE DELLE DIVERSE CONFIGURAZIONI DI SPECIE (L1 -L6) E IN FUNZIONE DELLE DIVERSE STAGIONI (YIN SHAN ET AL., 2007).	4-41
FIGURA 4-12: GRAFICO DI SIMULAZIONE DELLE DIVERSE ZONE DI PRESSIONE DERIVANTI DAL TRANSITO DEI VEICOLI: IL CASO DEL MURO (SHARL ET AL., 2009) (SHARL & ISER, 2009).	4-43
FIGURA 4-13: GRAFICO DI SIMULAZIONE DELLE DIVERSE ZONE DI PRESSIONE DERIVANTI DAL TRANSITO DEI VEICOLI: IL CASO DEL TUNNEL (SHARL ET AL., 2009).	4-43
FIGURA 4-14: FOTO DELL'APPARECCHIATURA DI PROVA PER I TEST CONDOTTI SUI FILTRI: NEL TUBO VIENE FATTA TRANSITARE ARIA ESAUSTA CHE ATTRAVERSA IL FILTRO DA TESTARE (POSTO NELLA PARTE CENTRALE DELL'APPARECCHIATURA) (RODLER & HENN, 2009).	4-44
FIGURA 4-15: RISULTATI DI UNA PROVA CONDOTTA IN LABORATORIO (SI VEDA FIGURA PRECEDENTE) PER DETERMINARE LE EFFICIENZE DI RIMOZIONE DI UNO DEI FILTRI DA TESTARE (RODLER & HENN, 2009). ...	4-45
FIGURA 4-16: LOCALIZZAZIONE DEI TRE SITI SPERIMENTALI CON RIFERIMENTO ALLA CITTÀ DI KLAGENFURT (HADOLT H., 2009).	4-46
FIGURA 4-17: FOTO DEL MURO CON FILTRI SPAS A VIKTRING (HADOLT H., 2009).	4-47
FIGURA 4-18: FOTO DEL MURO CON FILTRI SPAS A WÖLFNITZ (HADOLT H., 2009).	4-48
FIGURA 4-19: FOTO DEL SOTTOPASSO LENDORF CON FILTRI SPAS (HADOLT H., 2009).	4-49
FIGURA 4-20: RISULTATI DI MISURE DI CONCENTRAZIONE DAVANTI E DIETRO AI FILTRI PER IL SITO DI VIKTING: SI NOTA UNA MEDIA DI 44 MG/M ³ NEL CASO SENZA BARRIERE SPAS E UNA DIMINUIZIONE DELLE CONCENTRAZIONI DI PM_{10} DIETRO LE BARRIERE DEL 15-20% (RODLER & HENN, 2009).	4-50
FIGURA 4-21: FOTO DI ALCUNI PUNTI DI MISURA PER LE PROVE ACUSTICHE SU CAMPO (HADOLT H., 2009).	4-51
FIGURA 4-22: SCHEMA DI FUNZIONAMENTO DEL RIVESTIMENTO FOTOCATALITICO (GLOBAL ENGINEERING AND TRADE, 2004).	4-52
FIGURA 4-23: VIA MORANDI, SEGRATE (MI).	4-55
FIGURA 4-24: PIAZZALE DELLA CEMENTERIA DI CALUSCO (BG).	4-55
FIGURA 4-25: FOTO DI VIA BORGO PALAZZO SOGGETTA A SPERIMENTAZIONE (WWW.ITALCEMENTI.IT).	4-57
FIGURA 4-26: SCHEMA DELLA SPERIMENTAZIONE (ITALCEMENTI, 2009).	4-57
FIGURA 4-27: SISTEMA DI SPAZZAMENTO E LAVAGGIO STRADALE IMPLEMENTATO IN GIAPPONE E TESTATO DA UN GRUPPO DI RICERCATORI (CHANG T-M. ET AL., 2005).	4-62

FIGURA 4-28: CONFIGURAZIONE DI SPAZZAMENTO E LAVAGGIO DELLA STRADA SOGGETTA A SPERIMENTAZIONE IN GIAPPONE (CHANG T-M. ET AL., 2005).....	4-63
FIGURA 4-29: ANDAMENTO DELLE CONCENTRAZIONI DI PM_{10} RILEVATE DURANTE LO SPAZZAMENTO E LAVAGGIO (GRAFICO SOPRA) CON CONFRONTO DELLE CONCENTRAZIONI NELLE ZONE ADIACENTI NON SOGGETTE A TRATTAMENTO (PARTE SOTTOSTANTE DEL GRAFICO). LE CONDIZIONI DI PROVA SI RIFERISCONO A UN VOLUME DI TRAFFICO MEDIO DI 68 PCU/MIN E INTENSITÀ MEDIA DEL VENTO DI 0.7 M/S (CHOU, C-M. ET AL., 2007).....	4-64
FIGURA 4-30: CORRELAZIONE SPERIMENTALE FRA EFFICIENZA DI RACCOLTA DELLA FRAZIONE SABBIOSA PER MEZZO DEL SISTEMA RAVS (HS) E L'EFFICIENZA DI RIDUZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} IN ARIA AMBIENTE (HR). LE CONDIZIONI DI PROVA SI RIFERISCONO A UN VOLUME DI TRAFFICO COMPRESO FRA 15 E 156 PCU/MIN, INTENSITÀ DEL VENTO TRA 0.1 E 3.2 M/S E CARICO DI SABBIA COMPRESO FRA 0.63 E 8.0 G/M ² . (CHOU, C-M. ET AL., 2007)	4-65
FIGURA 4-31: CONFIGURAZIONE DI SPAZZAMENTO E LAVAGGIO DELLA STRADA SOGGETTA A SPERIMENTAZIONE IN SPAGNA (AMATO ET AL., 2009B).....	4-66
FIGURA 4-32: MEZZI DI SPAZZAMENTO (A SINISTRA) E LAVAGGIO DELLA STRADA (DESTRA) SOGGETTA A SPERIMENTAZIONE IN SPAGNA (AMATO ET AL., 2009B).	4-66
FIGURA 4-33: SISTEMA DI VENTILAZIONE NATURALE (EL-FADEL AND HASHISHO, 2001).	4-69
FIGURA 4-34: SISTEMA DI VENTILAZIONE LONGITUDINALE: A) TIPOLOGIA A ESPULSIONE MEDIANTE POZZO CENTRALE, B) TIPOLOGIA A ESCLUSIONE ED IMMISSIONE ATTRAVERSO POZZI VERTICALI, C) TIPOLOGIA AD IMMISSIONE CON BOCCAGLIO, D) TIPOLOGIA ASSIALE (EL-FADEL AND HASHISHO, 2001).....	4-69
FIGURA 4-35: SISTEMI DI VENTILAZIONE: A) SEMI-TRASVERSALE, B) COMPLETAMENTE TRASVERSALE, C) COMBINATO SEMI-PIENAMENTE TRASVERSALE (MÜLLER AND STELTSMANN, 2005).	4-70
FIGURA 4-36: CONCENTRAZIONI RILEVATE ALL'INTERNO DI UN TUNNEL SOGGETTO A TRANSITI DI AUTOBUS A DIVERSA ALIMENTAZIONE: CONFRONTO CON LE MISURE DIRETTE (IN BIANCO) CON I RISULTATI DELLA SIMULAZIONE (GRIGIO) (ZANINI ET AL., 2006).	4-72
FIGURA 4-37: CONCENTRAZIONI DI CO ED NO ₂ RILEVATE ALL'INTERNO DI UN TUNNEL OGGETTO DI UNA SPERIMENTAZIONE AD HONG KONG: IN BLU LA REGRESSIONE LINEARE DEI TRE PUNTI DI CAMPIONAMENTO FISSI ALL'INTERNO DEL TUNNEL (RECCETTORE 1, 2 E 3), IN VERDE PUNTINATO IL VALORE STIMATO MEDIANTE APPOSITO MODELLO PREVISIONALE, IN ROSSO LE MISURE SU CAMPO ATTRAVERSO LA METODOLOGIA "CAR CHASING" (MAK AND HUNG, 2008) (1 PPM NO ₂ = 1880 µG/M ³ ; 1 PPM CO = 1165MG/M ³).....	4-73
FIGURA 4-38: CONCENTRAZIONI DI NO, NO ₂ E CO RILEVATE ALL'INGRESSO E ALL'USCITA DI UN TUNNEL (CHANG AND CHUNG, 2003).	4-74
FIGURA 4-39: ZONA DELL'INTERVENTO TUNNEL (ITALCEMENTI, 2009).	4-75
FIGURA 4-40: FOTO DEL TUNNEL "UMBERTO I" A ROMA, SOGGETTO AD INTERVENTO (WWW.ITALCEMENTI.IT).4-77	
FIGURA 4-41: GRAFICO DEI RISULTATI DELLA CAMPAGNA SUL TUNNEL "UMBERTO I" A ROMA (ITALCEMENTI, 2009).....	4-78
FIGURA 4-42: COSTO PER GRAMMO DI PM_{10} RIMOSSO CON LE DUE SOLUZIONI: ELETTROFILTRO E FILTRO ANTIPARTICOLATO.	4-87
FIGURA 4-43: CONFRONTO FINALE TRA IPOTETICHE OPZIONI DI PROVVEDIMENTI PER LA RIDUZIONE DEL PARTICOLATO PM_{10} , A DISPOSIZIONE DEL CITTADINO.	4-88
FIGURA 4-44: DINAMICA DEL PARTICOLATO DURANTE LA NOTTE (CASO DI STUDIO).	4-90
FIGURA 4-45: DINAMICA DEL PARTICOLATO DURANTE LA PREPARAZIONE DELLA COLAZIONE (CASO DI STUDIO). . 4-91	
FIGURA 4-46: DINAMICA DEL PARTICOLATO DURANTE LA PREPARAZIONE DEL PRANZO (CASO DI STUDIO).	4-91
FIGURA 4-47: DINAMICA DEL PARTICOLATO DURANTE LA PREPARAZIONE DELLA CENA (CASO DI STUDIO).	4-92
FIGURA 4-48: DINAMICA DEL PARTICOLATO DURANTE IL PERIODO DOPO CENA (CASO DI STUDIO).	4-92

FIGURA 4-49: DINAMICA DEL PARTICOLATO DURANTE IL PERIODO DI LAVORO IN UFFICIO (MATTINA).....	4-93
FIGURA 4-50: DINAMICA DEL PARTICOLATO DURANTE IL PERIODO DI LAVORO IN UFFICIO (POMERIGGIO).	4-93
FIGURA 4-51: PERCENTUALI DI ESPOSIZIONE.	4-94
FIGURA 5-1: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI BUSSOLENGO.....	5-10
FIGURA 5-2: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI BUTTAPIETRA.	5-14
FIGURA 5-3: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI CASTEL D'AZZANO.	5-18
FIGURA 5-4: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI CASTELNUOVO DEL GARDA.....	5-22
FIGURA 5-5: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI GREZZANA.....	5-26
FIGURA 5-6: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI LAVAGNO.	5-30
FIGURA 5-7: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI NEGRAR.....	5-34
FIGURA 5-8: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI PESCANTINA.	5-38
FIGURA 5-9: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SAN GIOVANNI LUPATOTO.	5-42
FIGURA 5-10: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SAN MARTINO BUON ALBERGO.....	5-46
FIGURA 5-11: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SAN PIETRO IN CARIANO.	5-50
FIGURA 5-12: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SANT'AMBROGIO DI VALPOLICELLA.....	5-54
FIGURA 5-13: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SOMMACAMPAGNA.....	5-58
FIGURA 5-14: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SONA.	5-62
FIGURA 5-15: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI VALEGGIO SUL MINCIO.	5-66
FIGURA 5-16: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI VERONA.....	5-70
FIGURA 5-17: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI VILAFRANCA DI VERONA.....	5-74
FIGURA 5-18: EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI ZEVIO.	5-78

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1-1: LIMITI DI LEGGE RELATIVI ALL'ESPOSIZIONE ACUTA.....	1-8
TABELLA 1-2: LIMITI DI LEGGE RELATIVI ALL'ESPOSIZIONE CRONICA.	1-8
TABELLA 1-3: LIMITI DI LEGGE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI.	1-9
TABELLA 2-1: ELENCO DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE DELLA RETE DI TELERILEVAMENTO GESTITA DA ARPAV – CMT UTILIZZATA PER IL PRESENTE STUDIO.	2-24
TABELLA 2-2: ELENCO DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE ARPAV PRESE IN ESAME, INTERVALLO TEMPORALE DI DATI ANALIZZATO E CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE.....	2-25
TABELLA 2-3: ELENCO DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE ARPAV PRESE IN ESAME E DEI PARAMETRI ANALIZZATI PER CIASCUNA STAZIONE.	2-25
TABELLA 2-4: ELENCO DELLE STAZIONI DI QUALITÀ DELL'ARIA ARPAV DI CUI SONO STATI ANALIZZATI I DATI METEOROLOGICI.	2-26
TABELLA 2-5: DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI STABILITÀ DI PASQUILL NELLE ORE DIURNE.	2-28
TABELLA 2-6: DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI STABILITÀ DI PASQUILL NELLE ORE NOTTURNE.	2-28
TABELLA 2-7: DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI STABILITÀ DI PASQUILL NELLE ORE NOTTURNE: SCHEMA BASATO SULLE CAMPAGNE DI MISURA DEL PROGETTO ALPNAP.	2-28
TABELLA 2-8: PERCENTUALE DI DATI VALIDI PER CIASCUN PARAMETRO METEOROLOGICO, RELATIVO AL QUINQUENNIO 2004-2008, NELLE STAZIONI ESAMINATE.	2-29
TABELLA 2-9: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI BARDOLINO.....	2-32
TABELLA 2-10: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA.	2-34
TABELLA 2-11: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI BUTTAPIETRA.....	2-37
TABELLA 2-12: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA.	2-39
TABELLA 2-13: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI GREZZANA.	2-42
TABELLA 2-14: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI ILLASI.2- 44	
TABELLA 2-15: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA.....	2-47
TABELLA 2-16: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN PIETRO IN CARIANO.	2-47
TABELLA 2-17: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO.	2-50
TABELLA 2-18: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VILAFRANCA VERONESE.	2-52
TABELLA 2-19: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CASON.	2-54
TABELLA 2-20: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-VIA DOMINUTTI.....	2-57

TABELLA 2-21: ELENCO DELLE PERCENTUALI DI GIORNI DEL QUINQUENNIO 2004-2008 APPARTENENTI AI QUATTRO SCENARI METEOROLOGICI INDIVIDUATI PER TUTTE LE STAZIONI.	2-71
TABELLA 2-22: NUMERO DI IMPRESE REGistrate ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA NEGLI ANNI 2007 E 2009, SUDDIVISE PER SETTORE.	2-86
TABELLA 2-23: IMPRESE DEL SETTORE MANIFATTURIERO REGISTRATE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA.	2-87
TABELLA 2-24: LUNGHEZZA TOTALE DELLE STRADE ESISTENTI E IN PROGETTO (KM) NEL TERRITORIO DEI 18 COMUNI ADERENTI AL PIANO. AREA TOTALE DEGLI INSEDIAMENTI PRODUTTIVI E DELLE AREE TURISTICHE ESISTENTI E IN PROGETTO (KM ²) NEL TERRITORIO DEI 18 COMUNI ADERENTI AL PIANO.	2-90
TABELLA 2-25: VARIAZIONE DELLA POPOLAZIONE TRA IL 2008 E IL 2009 NEI DIVERSI COMUNI (DATO ISTAT)....	2-93
TABELLA 2-26: FATTORI DI EMISSIONE MEDI DA TRAFFICO IN LOMBARDIA NEL 2005 PER TIPO DI VEICOLO E TIPO STRADA - DATI FINALI (PARTE I).....	2-99
TABELLA 2-27: FATTORI DI EMISSIONE MEDI DA TRAFFICO IN LOMBARDIA NEL 2005 PER TIPO DI VEICOLO E TIPO STRADA - DATI FINALI (PARTE II).....	2-100
TABELLA 2-28: EMISSIONI TOTALI ANNUE DA TRAFFICO LINEARE SUL TERRITORIO DI CIASCUN COMUNE - PARTE I.	2-103
TABELLA 2-29: EMISSIONI TOTALI ANNUE DA TRAFFICO LINEARE SUL TERRITORIO DI CIASCUN COMUNE - PARTE II.	2-104
TABELLA 2-30: ESTENSIONE DELLA RETE EXTRAURBANA E AUTOSTRADALE NEI COMUNI IN OGGETTO.	2-106
TABELLA 2-31: CHILOMETRI PERCORSI LUNGO STRADE EXTRAURBANE E AUTOSTRADE NELL' AREA IN ESAME.	2-107
TABELLA 2-32: NUMERO DI IMPRESE PER CIASCUN COMUNE DI CUI SI HANNO A DISPOSIZIONE DEI DATI DI EMISSIONE O PRODUZIONE.	2-111
TABELLA 2-33: EMISSIONI TOTALI ANNUE, ESPRESSE IN T/ANNO, DOVUTE ALLE SORGENTI PUNTUALI.	2-114
TABELLA 2-34: EMISSIONI TOTALI ANNUE DERIVANTI DALLA DISCARICA DI PESCONTINA.	2-117
TABELLA 2-35: IMPATTO DEI PRINCIPALI ATTRATTORI DI TRAFFICO CONSIDERATI.	2-119
TABELLA 2-36: DATI DEI MOVIMENTI AEREI ALL' AEROPORTO VALERIO CATULLO NELL' ANNO 2007 E RELATIVE EMISSIONI.	2-121
TABELLA 2-37: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI DI CO E NO _x DOVUTE ALLA PRESENZA DELL' AEROPORTO. ...	2-122
TABELLA 2-38: STIME PER IL CONSUMO MEDIO DI GAS METANO PRO CAPITE.....	2-124
TABELLA 2-39: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE CALDAIE A METANO CON POTENZA INFERIORE AI 50 MW.	2-124
TABELLA 2-40: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSIDO DI ZOLFO (SO ₂), BISSIDO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A METANO.	2-125
TABELLA 2-41: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPENSE (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A METANO.....	2-125
TABELLA 2-42: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE CALDAIE A GPL CON POTENZA INFERIORE AI 50 MW.....	2-126
TABELLA 2-43: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE CALDAIE A METANO CON POTENZA INFERIORE AI 50 MW.	2-126
TABELLA 2-44: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSIDO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GPL.	2-127

TABELLA 2-45: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPESI (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GPL.....	2-127
TABELLA 2-46: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSO DI ZOLFO (SO ₂), BISSO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GASOLIO.....	2-128
TABELLA 2-47: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPESI (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GASOLIO.....	2-129
TABELLA 2-48: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSO DI ZOLFO (SO ₂), BISSO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE MACROSETTORE DEL RISCALDAMENTO DOMESTICO.....	2-129
TABELLA 2-49: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPESI (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE ALL'INTERO SETTORE DEL MACROSETTORE DEL RISCALDAMENTO DOMESTICO.....	2-130
TABELLA 2-50: CONFRONTO DEI RISULTATI PER IL SETTORE DEL RISCALDAMENTO DOMESTICO CON I DATI DELL'INVENTARIO ISPRA DISAGGREGATO SU BASE COMUNALE.....	2-131
TABELLA 2-51: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE COLTIVAZIONI CON FERTILIZZANTI.....	2-132
TABELLA 2-52: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE COLTIVAZIONI SENZA FERTILIZZANTI.....	2-132
TABELLA 2-53: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI OSSIDI DI AZOTO (NO _x), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E AMMONIACA (NH ₃), ESPRESSE IN T/ANNO DOVUTE AL SETTORE DELL'AGRICOLTURA.....	2-133
TABELLA 2-54: CONSISTENZA DEGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI – PARTE I.....	2-134
TABELLA 2-55: CONSISTENZA DEGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI – PARTE II.....	2-134
TABELLA 2-56: FATTORI DI EMISSIONE DI INEMAR PER GLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI.....	2-135
TABELLA 2-57: EMISSIONE DI METANO (CH ₄) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE I.....	2-135
TABELLA 2-58: EMISSIONE DI METANO (CH ₄) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE II.....	2-136
TABELLA 2-59: EMISSIONE DI AMMONIACA (NH ₃) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE I.....	2-136
TABELLA 2-60: EMISSIONE DI AMMONIACA (NH ₃) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE II.....	2-137
TABELLA 2-61: EMISSIONE DI PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE I.....	2-138
TABELLA 2-62: EMISSIONE DI PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE II.....	2-138
TABELLA 2-63: EMISSIONE DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO.....	2-139
TABELLA 2-64: EMISSIONE DI PM ₁₀ DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE I.....	2-139
TABELLA 2-65: EMISSIONE DI PM ₁₀ DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE II.....	2-140
TABELLA 2-66: EMISSIONE DI PM _{2,5} DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE I.....	2-140
TABELLA 2-67: EMISSIONE DI PM _{2,5} DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE II.....	2-141

TABELLA 2-68: EMISSIONE DI POLVERI TOTALI SOSPESI (PTS) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE I.	2-142
TABELLA 2-69: EMISSIONE DI POLVERI TOTALI SOSPESI (PTS) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE II.	2-142
TABELLA 2-70: EMISSIONE DERIVANTI DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER CIASCUN COMUNE, ESPRESSE IN T/ANNO.	2-143
TABELLA 2-71: EMISSIONE TOTALI ANNUE DERIVANTI DAL MACROSETTORE 10, ESPRESSE IN T/ANNO.	2-143
TABELLA 2-72: EMISSIONE TOTALI ANNUE DERIVANTI DAL MACROSETTORE 10, ESPRESSE IN T/ANNO: DATO DELL'INVENTARIO ISPRA DISAGGREGATO.	2-144
TABELLA 2-73: CLASSIFICAZIONE DEI MACROSETTORI SNAP E AGGREGAZIONE UTILIZZATA.	2-146
TABELLA 2-74: EMISSIONI DI SO ₂ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-147
TABELLA 2-75: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI SO ₂ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-147
TABELLA 2-76: EMISSIONI DI NO _x , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-148
TABELLA 2-77: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI NO _x NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-148
TABELLA 2-78: EMISSIONI DI CO, ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-149
TABELLA 2-79: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI CO NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-149
TABELLA 2-80: EMISSIONI DI CH ₄ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-150
TABELLA 2-81: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI CH ₄ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-151
TABELLA 2-82: EMISSIONI DI NH ₃ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-151
TABELLA 2-83: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI NH ₃ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-152
TABELLA 2-84: EMISSIONI DI PM ₁₀ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-152
TABELLA 2-85: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI PM ₁₀ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-153
TABELLA 2-86: EMISSIONI TOTALI AUTORIZZATE: IMPIANTO PRODUTTIVO MONDADORI PRINTING S.P.A.	2-164
TABELLA 2-87: FATTORI DI EMISSIONE UTILIZZATI NELLA SIMULAZIONE.	2-170
TABELLA 2-88: VALORE MEDIO ANNUO, MASSIMO E MINIMO ORARIO DI NO _x NEI PUNTI INDICATI IN FIGURA 2-106, IN CORRISPONDENZA DELL'INCROCIO PIÙ TRAFFICATO.	2-171
TABELLA 2-89: VALORE MEDIO ANNUO, MASSIMO E MINIMO GIORNALIERO DI PM ₁₀ NEI PUNTI INDICATI IN FIGURA 2-106 IN CORRISPONDENZA DELL'INCROCIO PIÙ TRAFFICATO.	2-172
TABELLA 2-90: DATI UTILIZZATI PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO A LIVELLO LOCALE, A SCALA INTERMEDIA E A GRANDE SCALA (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-177
TABELLA 2-91: DATI UTILIZZATI PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO A LIVELLO LOCALE, A SCALA INTERMEDIA E A GRANDE SCALA (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-178
TABELLA 2-92: ELENCO DELLE STAZIONI DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA ARPAV ANALIZZATE. ...	2-191
TABELLA 2-93: ELENCO DELLE STAZIONI DI QUALITÀ DELL'ARIA ARPAV PRESE IN ESAME E DEI PARAMETRI ANALIZZATI PER CIASCUNA STAZIONE.	2-192
TABELLA 2-94: PERCENTUALE DI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA VALIDI NEL QUINQUENNIO 2004-2008 (PARTE I). ...	2-193
TABELLA 2-95: PERCENTUALE DI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA VALIDI NEL QUINQUENNIO 2004-2008 (PARTE II). ...	2-194
TABELLA 2-96: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA.	2-195
TABELLA 2-97: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA.	2-195
TABELLA 2-98: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOVOLONE. ...	2-195

TABELLA 2-99: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOVOLONE.	2-196
TABELLA 2-100: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI LEGNAGO. 2-196	
TABELLA 2-101: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI LEGNAGO.	2-196
TABELLA 2-102: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN BONIFACIO.	2-197
TABELLA 2-103: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN BONIFACIO.	2-197
TABELLA 2-104: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN MARTINO B.A.	2-197
TABELLA 2-105: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN MARTINO B.A.	2-197
TABELLA 2-106: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VILAFRANCA DI VERONA.	2-198
TABELLA 2-107: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VILAFRANCA DI VERONA.	2-198
TABELLA 2-108: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CASON.	2-198
TABELLA 2-109: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CASON.	2-199
TABELLA 2-110: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CORSO MILANO.	2-199
TABELLA 2-111: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CORSO MILANO.	2-199
TABELLA 2-112: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-PIAZZA BERNARDI.	2-200
TABELLA 2-113: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CORSO MILANO.	2-200
TABELLA 2-114: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-SAN GIACOMO.	2-200
TABELLA 2-115: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-SAN GIACOMO.	2-200
TABELLA 2-116: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-ZAI.	2-201
TABELLA 2-117: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-ZAI.	2-201
TABELLA 2-118: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-TORRICELLE.	2-201
TABELLA 2-119: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-TORRICELLE.	2-202
TABELLA 2-120: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI CA' DEL BUE.	2-202
TABELLA 2-121: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-TORRICELLE.	2-202

TABELLA 2-122 - VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI MATOZZE.	2-203
TABELLA 2-123: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI MATOZZE.	2-203
TABELLA 2-124: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN GIOVANNI LUPATOTO.	2-203
TABELLA 2-125: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN GIOVANNI LUPATOTO.	2-204
TABELLA 2-126: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2004.	2-204
TABELLA 2-127: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2005.	2-205
TABELLA 2-128: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2006.	2-206
TABELLA 2-129: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2007.	2-206
TABELLA 2-130: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2008.	2-207
TABELLA 2-131: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2004.	2-209
TABELLA 2-132: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2005.	2-210
TABELLA 2-133: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2006.	2-210
TABELLA 2-134: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2007.	2-211
TABELLA 2-135: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BISSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2008.	2-211
TABELLA 2-136: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2004.	2-213
TABELLA 2-137: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2005.	2-213
TABELLA 2-138: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2006.	2-214
TABELLA 2-139: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2007.	2-214
TABELLA 2-140: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2008.	2-214
TABELLA 2-141: EPISODI ACUTI SELEZIONATI.	2-225
TABELLA 2-142: VALORI MEDI ANNUI PM _{2,5} - VERONA CASON.	2-229
TABELLA 2-143: VALORI LIMITE PER L'OZONO (DA D.LGS. 183/2004).	2-229
TABELLA 2-144: LIMITI DI SUPERAMENTO PER L'OZONO.	2-230
TABELLA 2-145: ELENCO DELLE CAMPAGNE DI MISURA EFFETTUATE CON MEZZI MOBILI NEL QUINQUENNIO 2004-2008 E VERIFICATE IN CONCOMITANZA DI EPISODI ACUTI DI INQUINAMENTO.	2-231
TABELLA 2-146: MEDIA DELLE CONCENTRAZIONI DI NO ₂ MISURATE NELLE CAMPAGNE MOBILI E NELLE CENTRALINE FISSE E PERCENTUALE DI DATI VALIDI.	2-233
TABELLA 2-147: MEDIA DELLE CONCENTRAZIONI DI PM ₁₀ MISURATE NELLE CAMPAGNE MOBILI E NELLE CENTRALINE FISSE E PERCENTUALE DI DATI VALIDI.	2-234
TABELLA 2-148: PERIODI ACUTI DI INQUINAMENTO DA PM ₁₀ DA FINE 2002 AD INIZIO 2010.	2-250
TABELLA 2-149: PERIODI ACUTI DI INQUINAMENTO DA PM ₁₀ DA FINE 2002 AD INIZIO 2010.	2-250

TABELLA 2-150: CORRELAZIONE TRA LE CONCENTRAZIONI MISURATE A BORGO MILANO (VR) E JUVARA, VERZIERE (MI).....	2-252
TABELLA 3-1: COMPOSIZIONE PERCENTUALE DEL PARCO MACCHINE DELLA PROVINCIA DI VERONA DELL'ANNO 2008.....	3-10
TABELLA 3-2: FATTORI DI EMISSIONE MEDI DI NO _x [G/(KM VEICOLO)] PER CIASCUNA CATEGORIA DI VEICOLI (FONTE DEFRA).....	3-10
TABELLA 3-3: FATTORI DI EMISSIONE MEDI DI PM ₁₀ [G/(KM VEICOLO)] PER CIASCUNA CATEGORIA DI VEICOLI (FONTE DEFRA).....	3-10
TABELLA 3-4: FATTORI DI EMISSIONE MEDI DI BENZENE [G/(KM VEIC.)] PER CIASCUNA CATEGORIA DI VEICOLI (FONTE DEFRA).....	3-10
TABELLA 3-5: DESCRIZIONE DEGLI SCENARI ANALIZZATI.....	3-11
TABELLA 3-6: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI NO _x DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 0.....	3-11
TABELLA 3-7: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI NO _x DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 1.....	3-12
TABELLA 3-8 CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI NO _x DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 2.....	3-12
TABELLA 3-9: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI NO _x DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 3.....	3-12
TABELLA 3-10: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI NO _x DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 4.....	3-12
TABELLA 3-11: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI NO _x DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 5.....	3-12
TABELLA 3-12: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI NO _x DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 6.....	3-13
TABELLA 3-13: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI PM ₁₀ DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 0.....	3-13
TABELLA 3-14: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI PM ₁₀ DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 1.....	3-13
TABELLA 3-15: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI PM ₁₀ DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 2.....	3-13
TABELLA 3-16: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI PM ₁₀ DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 3.....	3-14
TABELLA 3-17: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI PM ₁₀ DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 4.....	3-14
TABELLA 3-18: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI PM ₁₀ DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 5.....	3-14
TABELLA 3-19: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI PM ₁₀ DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 6.....	3-14
TABELLA 3-20: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI BENZENE DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 0.....	3-14
TABELLA 3-21: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI BENZENE DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 1.....	3-15
TABELLA 3-22: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI BENZENE DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 2.....	3-15

TABELLA 3-23: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI BENZENE DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 3.	3-15
TABELLA 3-24: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI BENZENE DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 4.	3-15
TABELLA 3-25: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI BENZENE DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 5.	3-16
TABELLA 3-26: CONTRIBUTO PERCENTUALE ALLE EMISSIONI DI BENZENE DI CIASCUNA CLASSE DI VEICOLI NEL CASO DI SCENARIO 6.	3-16
TABELLA 3-27: CLASSI DI INQUINAMENTO DEGLI AUTOBUS UTILIZZATI DAL SERVIZIO PUBBLICO SU TRATTE URBANE E EXTRAURBANE.	3-18
TABELLA 3-28: TIPOLOGIA DI ALIMENTAZIONE DEGLI AUTOBUS UTILIZZATI DAL SERVIZIO PUBBLICO SU TRATTE URBANE ED EXTRAURBANE.	3-18
TABELLA 3-29: DATI ATV.	3-19
TABELLA 3-30: FATTORI DI EMISSIONI MEDI DI PM_{10} E NO_x PER CLASSE DI VEICOLO.	3-19
TABELLA 3-31: EMISSIONI SPECIFICHE PER KM PERCORSO E TOTALI ANNUE DI PM_{10} E NO_x DEGLI AUTOBUS URBANI.	3-20
TABELLA 3-32: EMISSIONI SPECIFICHE PER KM PERCORSO E TOTALI ANNUE DI PM_{10} E NO_x DEGLI AUTOBUS EXTRAURBANI.	3-20
TABELLA 3-33: DESCRIZIONE DEGLI SCENARI DI MIGLIORAMENTO DEL PARCO VEICOLI DELL'ATV.	3-20
TABELLA 3-34: EMISSIONI SPECIFICHE PER KM PERCORSO E TOTALI ANNUE DI PM_{10} E NO_x DEGLI AUTOBUS URBANI NEI DIVERSI SCENARI.	3-21
TABELLA 3-35: EMISSIONI SPECIFICHE PER KM PERCORSO E TOTALI ANNUE DI PM_{10} E NO_x DEGLI AUTOBUS EXTRAURBANI NEI DIVERSI SCENARI.	3-21
TABELLA 3-36: CALORE RICHIESTO, CONSUMO DI GASOLIO E METANO E COSTO AGGIUNTIVO DI COSTRUZIONE PER UN'ABITAZIONE CARATTERIZZATA DAI PUNTEGGI ENERGETICI PREVISTI DAL DISTRETTO DELLA BIOEDILIZIA DI TREVISO.	3-25
TABELLA 3-37: TEMPERATURE MEDIE AUTUNNALI E INVERNALI NELLE STAZIONI METEOROLOGICHE.	3-26
TABELLA 3-38: RISPARMIO ENERGETICO DOVUTO ALL'ABBASSAMENTO DELLA TEMPERATURA INTERNA DEGLI EDIFICI.	3-26
TABELLA 3-39: ELENCO DELLE AZIONI A BREVE TERMINE E INDICATORE DA UTILIZZARE PER VALUTARNE L'EFFICACIA.	3-27
TABELLA 3-40: PRINCIPALI NUOVI ATTRATTORI DI TRAFFICO.	3-59
TABELLA 3-41: PRINCIPALI NUOVE INFRASTRUTTURE.	3-60
TABELLA 3-42: PRINCIPALI FONTI ESAMINATE PER ANALIZZARE LE PROSPETTIVE DI SVILUPPO DEL TERRITORIO. ...	3-60
TABELLA 3-43: RIDUZIONE DELLE EMISSIONI ASSOCIATE AI DUE SCENARI IDENTIFICATI NELL'AMBITO DEL PROGETTO CAFE CLE2010 E CLE2020 (DA INDIVIDUAZIONE DEGLI OBIETTIVI MINIMI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI REGIONALI PER IL RISPETTO DEI LIMITI DI QUALITÀ DELL'ARIA PER GLI INQUINANTI OZONO, BISSIDO DI AZOTO, PM_{10} DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA, 2007).	3-62
TABELLA 3-44: VALORI LIMITE PER GLI INDICI GIORNALIERI DEGLI INQUINANTI SELEZIONATI.	3-67
TABELLA 3-45: CLASSI EQUISPAZIATE PER LA DEFINIZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.	3-68
TABELLA 4-1: DATI DI LETTERATURA RELATIVI A MISURE DI LEVOGLUCOSANO IN ARIA AMBIENTE.	4-29
TABELLA 4-2: LIMITI DI CONCENTRAZIONE MEDIE GIORNALIERE E ANNUALI PER NO_x PER IMPIANTI REALIZZATI RECENTEMENTE O IN PROGETTO (AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI FORLÌ-CESENA, 2004), (PROVINCIA DI FERRARA, 2007), (PROVINCIA DI FERRARA, 2008), (INNOCENTI M. C., 2008-2009).	4-34

TABELLA 4-3: CLASSI DI SPECIE SOGGETTE A STUDIO CORRISPONDENTI ALLE EFFICIENZE INDICATE NELLA FIGURA 4-10 (YIN SHAN ET AL., 2007).....	4-40
TABELLA 4-4: CARATTERISTICHE DELLE BARRIERE SPAS IMPLEMENTATE IN SITO (HADOLT H., 2009).	4-49
TABELLA 4-5: COSTO SPECIFICO DELLE APPLICAZIONI DI SISTEMI FOTO CATALITICI AL M ² , CON RIFERIMENTO ALLE APPLICAZIONI VERTICALI ED ORIZZONTALI (ITALCEMENTI, 2009).....	4-56
TABELLA 4-6: CONCENTRAZIONE MEDIA DI NO _x REGISTRATA PER 5 GIORNI CON CENTRALINE POSTE A DIVERSE ALTEZZE DAL SUOLO. (ITALCEMENTI, 2009 MOD.)	4-58
TABELLA 4-7: TEMPO MEDIO DI ESPOSIZIONE AD UNA CERTA CONCENTRAZIONE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), NEI TUNNELS (1 PPM CO = 1.165 MG/M ³) (EL-FADEL AND HASHISHO, 2001).....	4-68
TABELLA 4-8: CLASSIFICAZIONE DEI TUNNEL E TIPOLOGIA DI VENTILAZIONE IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA (EL-FADEL AND HASHISHO, 2001).	4-68
TABELLA 4-9: SOMMARIO DI ALCUNE MISURE DI CONTROLLO DEI LIVELLI DI INQUINANTE ALL'INTERNO DI TUNNEL (EL-FADEL AND HASHISHO, 2001).	4-74
TABELLA 4-10: VALORE LIMITE PER QUANTO RIGUARDA LA CONCENTRAZIONE DI PM IN AMBIENTE INDOOR. ..	4-89
TABELLA 4-11: CONCENTRAZIONI MEDIE (μG/M ³) PER IL PERIODO DI RIFERIMENTO OGGETTO DI STUDIO.	4-94
TABELLA 5-1: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI BUSSOLENGO.	5-9
TABELLA 5-2: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI BUSSOLENGO.	5-11
TABELLA 5-3: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI BUTTAPIETRA.	5-13
TABELLA 5-4: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI BUTTAPIETRA.	5-15
TABELLA 5-5: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI CASTEL D'AZZANO.	5-17
TABELLA 5-6: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI CASTEL D'AZZANO.	5-19
TABELLA 5-7: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI CASTELNUOVO DEL GARDA.	5-21
TABELLA 5-8: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI CASTELNUOVO DEL GARDA.	5-23
TABELLA 5-9: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI GREZZANA.	5-25
TABELLA 5-10: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI GREZZANA.	5-27
TABELLA 5-11: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI LAVAGNO.	5-29
TABELLA 5-12: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI LAVAGNO.	5-31
TABELLA 5-13: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI NEGRAR.	5-33
TABELLA 5-14: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI NEGRAR.	5-35
TABELLA 5-15: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI PESCANTINA.	5-37
TABELLA 5-16: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI PESCANTINA.	5-39
TABELLA 5-17: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SAN GIOVANNI LUPATOTO.	5-41
TABELLA 5-18: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI SAN GIOVANNI LUPATOTO.	5-43
TABELLA 5-19: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SAN MARTINO BUON ALBERGO.	5-45
TABELLA 5-20: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI SAN MARTINO BUON ALBERGO.	5-47

TABELLA 5-21: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SAN PIETRO IN CARIANO.	5-49
TABELLA 5-22: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI SAN PIETRO IN CARIANO.	5-51
TABELLA 5-23 - EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SANT'AMBROGIO DI VALPOLICELLA.	5-53
TABELLA 5-24: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI SANT'AMBROGIO DI VALPOLICELLA.	5-55
TABELLA 5-25: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SOMMACAMPAGNA.	5-57
TABELLA 5-26: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI SOMMACAMPAGNA.	5-59
TABELLA 5-27: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI SONA.	5-61
TABELLA 5-28: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI SONA.	5-63
TABELLA 5-29: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI VALEGGIO SUL MINCIO.	5-65
TABELLA 5-30: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI VALEGGIO SUL MINCIO.	5-67
TABELLA 5-31: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI VERONA.	5-69
TABELLA 5-32: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI VERONA.	5-71
TABELLA 5-33: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI VILLAGRANCA DI VERONA.	5-73
TABELLA 5-34: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI VILLAGRANCA DI VERONA.	5-75
TABELLA 5-35: EMISSIONI TOTALI ANNUE, RIPARTIZIONE PERCENTUALE TRA I DIVERSI SETTORI E EMISSIONI PRO CAPITE PER IL COMUNE DI ZEVIO.	5-77
TABELLA 5-36: AZIONI POSSIBILI PER IL COMUNE DI ZEVIO.	5-79

ELENCO DELLE ABBREVIAZIONI

A.N.P.A.	Agenzia nazionale per la Protezione dell’Ambiente
ACI	Automobile Club d’Italia
AGSM	Azienda Generale Servizi Municipalizzati
AIA	Autorizzazione Integrata Ambientale
AICC	Associazione Italiana Comuni Ciclabili
ALPNAP	Progetto europeo di monitoraggio e minimizzazione dell’inquinamento acustico ed atmosferico causato dal traffico veicolare lungo le principali vie di comunicazione alpine
AMEP	Enviromental Monitoring Europaen Program
ANCMA	Associazione Nazionale Ciclo – Motociclo Accessori
APAT	Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i servizi Tecnici
APHEA	Progetto europeo “Air Pollution and Health”
ARPA - E. R.	Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente - Emilia Romagna
ARPA Lombardia	Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente - Lombardia
ARPAV	Agenzia Regionale la Protezione dell’Ambiente - Veneto
ASHRAE	American Society Of Heating, Refrigerating and Air-Conditionig
ASIA (archivio)	Archivio Statico delle Imprese Attive
ASL	Azienda Sanitaria Locale
ATV	Azienda Trasporti Verona
BPCO	Broncopneumopatia Cronica ostruttiva
BREF	Best available techniques REference
BURV	Bollettino Ufficiale della Regione Veneto
C ₆ H ₆	benzene
CAFE	Clean Air For Europe
CCIAA	Camera di Commercio per l’Industria, l’Artigianato e l’Agricoltura
CH ₄	metano
CMB	Chemical Mass models
CMCC	Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici
CMT – ARPAV	Centro Meteorologico di Teolo
CNR	Centro Nazionale Ricerche
CO	monossido di carbonio
CO ₂	anidride carbonica
COPERT	Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport
CORINAIR	COordination Information AIR
COV	Composti organici volatili

Cr	cromo
Cr ^(VI)	cromo esavalente
D. Lgs.	decreto legislativo
D. M.	decreto ministeriale
D. P. R.	Decreto del Presidente della Repubblica
DAP – ARPAV	Dipartimento Provinciale ARPAV
DEFRA	Department for Enviromental, Food and Rural Affairs
DICA	Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università Degli Studi di Trento
DOCUP	Documento Unico di Programmazione
D. P. C. M.	Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri
EEA	European Enviroment Agency
EMEP	Co-operative programme for monitoring and evalutation of the long range transmission of air Pollutants in Europe
EPIC	European Prospective Investigation on cancer and Nutrition
FESR	Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale
GDAS	Global Data Assimilation System
GIS	Geographic Information System
GPL	Gas di Petrolio Liquefatto
HATPRO	Humidity And Temperature Profiler
HDV	Heavy Duty Vehicle
Hg	mercurio
Hg ^(VI)	mercurio esavalente
IATA	International Air Transport Association
ICAO	Organizzazione Internazionale dell'Aviazione Civile
IIASA	Intrnational Institute for Applied Systems Analysis
INEMAR	INventario EMissioni Aria
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
ISC (modello)	Industrial Source Complex
ISPRA	Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
ISTAT	Istituto nazionale di Statistica
ITC	Istituto per le Tecnologie della Costruzione
LAMI	Limited Area Model Italy
LDV	Light Duty Vehicle
LTO	Landing/Take Off
MONITRAF	Monitoring of Road-Traffic Related effects and Common Measures
N ₂ O	protossido di azoto
NH ₃	ammoniaca

NINFA	Network del'Italia del Nord per le previsioni di smog Fotochimico e Aerosol
NIR	National Inventory Report
NMMAPS	National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study
NMVOC	composti organici volatili non metanici
NO ₂	biossido di azoto
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NO _x	ossidi di azoto
O ₂	ossigeno
O ₃	ozono
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OMS	Organizzazione Mondiale della sanità
ORAR	Osservatorio Regionale Aria – Regione Veneto
PAN	Perossiacetil nitrato
PAQE	Piano d'Area Quadrante Europa
PAT	Piano di Assetto del Territorio
PBN	Perossibenzoil nitrato
PCU	private car unit
PGTU	Piano Generale del Traffico Urbano
PI	Piani degli Interventi
PICADA (progetto)	Photocatalytic Innovative Covering Application for De-pollution Assessment
PM ₁	particolato atmosferico con dimensione inferiore a 1 µm
PM _{2.5}	particolato atmosferico con dimensione inferiore a 2.5 µm
PM ₁₀	particolato atmosferico con dimensione inferiore a 10 µm
PQA	Piano di Qualità dell'Aria
PRG	Piano Regolatore Generale
PRTRA	Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera
PTCP	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale
PTRC	Piano Territoriale Regionale di Coordinamento
PTS	polveri totali sospese
RAVS	mezzi ad aspirazione ad aria rigenerativi
S.A.U.	Superficie Agraria Utilizzabile
S.F.M.R.	Sistema Ferroviario Metropolitano Regionale
SC	strada comunale
SCR	Selective Catalytic Reduction
SDO	Schede di Dimissioni Ospedaliere
SIDRIA	Studi Italiani sui Disturbi Respiratori e l'Ambiente
SNAP	Selected Nomenclature for sources of Air Pollution

SNCR	Selective Non-Catalytic Reduction
SO ₂	biossido di zolfo
SODAR	SONic Detection And Ranging
SO _x	ossidi di zolfo
SP	strada provinciale
SPAS	Sound and Particle Absorbing System (UE-LIFE Enviroment Project)
SR	strada regionale
SS	strada statale
TGM	Traffico Giornaliero Medio
TSP	concentrazione totale delle polveri
TTZ	Tavolo Tecnico Zonale
U.S. EPA	United States Enviromental Protection Agency
UFORE	Urban Forest Effects
UK – NAEI	United Kingdom National Atmospheric Emission Inventory
ULSS	Unità Locale Socio Sanitaria
USDA	Servizio Forestale del Dipartimento di Agricoltura
V.I.	Vehicle Index
WMO	World Meteorological Organization
ZAI	Zona Agricola e Industriale

ELENCO DELLE UNITÀ DI MISURA

°C	grado Celsius
°F	grado Fahrenheit
°K	grado Kelvin
ab/km ²	abitanti per chilometro quadrato
g	grammo
g/(km veicolo)	grammi di emissione al chilometro per veicolo
ha	ettaro
hPa	ettopascal
kg	chilogrammo
kg/(a · ab)	chilogrammi all'anno per abitante
km	chilometro
km/h	chilometri orari
kW	chilowatt
m	metro
m/s	metri al secondo
mg/m ³	milligrammi al metro cubo
MJ	megajoule
mm	millimetro
MW	megawatt
pcu/min	private car unit al minuto
ppm	parti per milione
s.l.m.	altezza sul livello del medio mare
t	tonnellata
t/ha	tonnellata per ettaro
W	Watt
µg	microgrammo

PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto in adempimento dell'accordo fra pubbliche amministrazioni¹ stipulato in data 28 Gennaio 2009 fra i Comuni di Bussolengo, Buttapietra, Castel d'Azzano, Castelnuovo del Garda, Grezzana, Lavagno, Negrar, Pescantina, San Giovanni Lupatoto, San Martino Buon Albergo, San Pietro in Cariano, Sant'Ambrogio di Valpolicella, Sommacampagna, Sona, Valeggio sul Mincio, Verona, Villafranca di Verona e Zevio, la Provincia di Verona, l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Regione del Veneto – Dipartimento Provinciale di Verona, l'Università degli studi di Trento – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, l'Unità Locale Socio Sanitaria n. 20 della Regione del Veneto per lo svolgimento dell'attività di supporto all'adozione del Piano di Azione e Risanamento della Qualità dell'Aria da parte dei citati Comuni. L'adozione di tale Piano è prevista dalla normativa vigente², a seguito dell'inserimento di detti Comuni in zone di fascia A nell'ambito della zonizzazione approvata con delibera della Giunta Regionale del Veneto n. 3195 del 17.10.2006.

In adempimento dell'accordo di cui sopra si è attuata una collaborazione fra pubbliche amministrazioni, nei termini e con i ruoli definiti nell'ambito del citato accordo, nonché delle successive determinazioni adottate nelle varie sedute del Comitato Tecnico³. Tale Comitato, costituito ai sensi dell'art. 2 dell'accordo, ha costituito il principale organo di raccordo fra i soggetti coinvolti nella collaborazione e di condivisione delle azioni condotte dagli stessi. In particolare è stato costantemente informato dell'avanzamento dell'acquisizione dei dati⁴ e delle relative elaborazioni da parte dell'Università degli studi di Trento – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, e ha adottato le linee di indirizzo per la redazione da parte della stessa del presente elaborato finale. Oltre alle sedute del Comitato Tecnico, le attività connesse allo svolgimento della collaborazione hanno compreso diversi incontri tecnici conoscitivi⁵.

¹ Il testo originale dell'accordo è riportato integralmente nell'Allegato 1.

² In particolare dal D. Lgs. 351/1999, dal D. M. 261/2002, nonché dal Piano Regionale di Tutela e di Risanamento dell'Atmosfera approvato con delibera del Consiglio Regionale del Veneto n.57 dell'11 Novembre 2004 e pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione del Veneto n. 130 del 21 Dicembre 2004.

³ I verbali delle sedute del Comitato Tecnico sono riportati nell'allegato 4.

⁴ L'elenco dei vari file di dati resi disponibili per l'elaborazione del Piano è riportato nell'allegato 5.

⁵ L'elenco degli incontri tecnici è riportato nell'Allegato 2, mentre nell'allegato 3 è riportato l'elenco dei partecipanti agli incontri svoltisi presso i Comuni aderenti al Piano.

Il presente elaborato è strutturato secondo l'indice definitivo approvato dal Comitato Tecnico nella seduta del 14 gennaio 2010

Nel Capitolo 0 si richiamano brevemente gli elementi costitutivi e gli scopi di un Piano di Qualità dell'Aria. Nel Capitolo 1 si traccia una sintesi del quadro normativo di riferimento. Nel Capitolo 2 si presentano i risultati dell'analisi della situazione attuale: caratteristiche del territorio, con particolare riferimento alla caratterizzazione meteo-climatologica, alle attività produttive e alle infrastrutture, agli insediamenti civili e alla distribuzione sul territorio delle sorgenti di inquinanti atmosferici. Si esamina quindi la situazione della qualità dell'aria sulla base del monitoraggio effettuato da ARPAV negli anni recenti, analizzando gli eventi di superamento dei limiti di legge, le politiche adottate per il miglioramento della qualità dell'aria e una valutazione della correlazione fra situazioni meteorologiche e livelli di inquinamento atmosferico. Seguono alcune valutazioni epidemiologiche sugli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana.

Nel Capitolo 3 si esaminano le possibili azioni intese a migliorare la qualità dell'aria, organizzate in una serie di azioni a breve termine, in un'analisi delle prospettive attualmente individuabili e delle azioni di pianificazione per la tutela della qualità dell'aria, in azioni informative e in accordi.

Nel Capitolo 4 si presentano le procedure per il monitoraggio e l'adeguamento del Piano, a partire dalla determinazione di indicatori e modalità di monitoraggio delle fasi del piano e dei relativi risultati, di indicatori per la valutazione dell'efficacia delle azioni proposte, dalle azioni conoscitive per l'approfondimento di alcuni aspetti cruciali, alla valutazione dell'inquinamento proveniente da aree esterne provinciali.

Nel Capitolo 5 sono riportate le schede riassuntive dei singoli Comuni, riportanti per ciascuno le emissioni, le azioni possibili per la loro riduzione nei vari comparti.

Nel Capitolo 6 sono riportate le conclusioni.

I contenuti del presente elaborato sono stati principalmente prodotti dall'Università degli studi di Trento – Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, attraverso i responsabili dello studio prof. ing. Marco Ragazzi e prof. Dino Zardi, e la collaborazione dell'ing. Marina Venturi, nonché della società di ingegneria CISMA s.r.l., nelle persone dell'ing. Ilaria Todeschini e dell'ing. Gianluca Antonacci.

Specifici contributi sono stati forniti da ARPAV (Capitolo 1, §2.1.1, §2.1.3, §2.2.6, §3.2.2,

§3.2.5, §4.2), dall'ULSS20 (§2.3) e dai Comuni aderenti all'accordo (§3.3 e §3.4), come altresì specificato nei titoli dei rispettivi paragrafi.

Ulteriori contributi specialistici su alcuni approfondimenti sono stati curati dai collaboratori del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Trento, ing. Elisa Mallocci (§4.3.1), ing. Loris Paternoster (§4.3.2 e §4.3.7), ing. Elena Cristina Rada (§4.3.8) e ing. Marina Venturi (§4.3.4).

Capitolo 0

Introduzione

0 INTRODUZIONE

Che cos'è un Piano di Azione e Risanamento della Qualità dell'Aria?

Il Piano di Azione e Risanamento della Qualità dell'Aria (PQA) è uno strumento di valutazione e indirizzo volto a garantire, nell'area di applicazione, il mantenimento della qualità dell'aria ambiente o il suo risanamento nei casi in cui si riscontrino elementi di criticità, secondo quanto previsto dalla normativa vigente (si veda il Capitolo 1 per i riferimenti normativi).

Il Piano costituisce, assieme a tutti gli altri strumenti previsti dalla normativa per la pianificazione territoriale, uno dei documenti di riferimento per lo sviluppo delle linee strategiche delle politiche nei settori connessi alla qualità dell'aria. In tal senso presuppone la necessaria armonizzazione dei differenti atti di programmazione e pianificazione, con particolare riferimento all'uso del territorio, ai trasporti e alla produzione di energia. Il PQA si inserisce pertanto fra gli strumenti di pianificazione previsti dalla normativa vigente, non solo di competenza dei Comuni, ma anche di competenza di enti gerarchicamente sovraordinati (Provincia, Regione, Stato, Unione Europea). Fra questi il PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, il PAT – Piano di Assetto del Territorio, il PGTU – Piano Generale del Traffico Urbano. La tutela della qualità dell'aria necessita infatti di strumenti trasversali, richiedendo il coinvolgimento attivo degli enti pubblici, e in particolare delle amministrazioni locali, ma anche dei soggetti privati, come le imprese e i cittadini, sia singolarmente sia nelle organizzazioni collettive come, ad esempio, i comitati, i sindacati e le associazioni.

Per raggiungere gli obiettivi prefissati, quattro sono le azioni fondamentali che sintetizzano la strategia del piano:

- conoscere;
- intervenire;
- monitorare;
- adeguare.

Conoscere

Al fine di identificare e pianificare interventi adeguati ed efficaci che portino ad un miglioramento della qualità dell'aria è necessario disporre anzitutto di un approfondito e dettagliato quadro conoscitivo di tutti i fattori, naturali e antropici, che, in concreto, concorrono a determinare la qualità dell'aria nell'area di indagine. Solo così si potrà avere una visione adeguata della situazione attuale e dei comparti su cui è possibile e strategico intervenire ai fini di un miglioramento della qualità dell'aria.

Per conseguire tale obiettivo nel presente Piano è stato analizzato l'andamento storico dei dati rilevati dalla rete di monitoraggio degli inquinanti presente sul territorio e dalla rete di

rilevamento meteorologico. L'elaborazione dei dati relativi alle sorgenti di emissione, sviluppata in maniera originale non essendo ancora disponibile un catasto definitivo e completo delle emissioni, ha inoltre permesso di individuare le principali fonti locali responsabili dell'inquinamento nell'area di Verona e comuni limitrofi. Da questa analisi deriva l'individuazione delle zone a maggiore criticità dove è prioritario intervenire per diminuire i superamenti dei limiti normativi e ridurre l'impatto sulla salute umana e sull'ambiente degli inquinanti più problematici.

Per ottenere più precise informazioni sulle condizioni di inquinamento del territorio sono inoltre necessari ulteriori approfondimenti in relazione ad alcuni aspetti rilevanti come ad esempio il contributo dell'inquinamento proveniente da altre aree esterne confinanti e generato da fattori naturali, la composizione chimica del particolato atmosferico, con la conseguente identificazione delle possibili sorgenti, la valutazione dell'esposizione agli inquinanti.

Intervenire

Il quadro conoscitivo così elaborato fornisce gli elementi a supporto della adozione, da parte delle Amministrazioni Comunali, dei provvedimenti utili ad un miglioramento della qualità dell'aria. Tali provvedimenti operativi dovranno essere definiti nell'ambito di un vero e proprio "piano degli interventi" mirati ad ottenere una riduzione delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera nelle rispettive aree di competenza, e ad orientare le successive procedure di monitoraggio ed eventuale adeguamento.

Nel presente elaborato, sulla base dell'analisi dei dati di qualità dell'aria e delle emissioni si sono individuate alcune priorità di intervento, sia per quanto riguarda gli inquinanti maggiormente problematici, sia per quanto riguarda i settori di attività responsabili delle emissioni. Si sono così proposti i possibili provvedimenti da intraprendere per ottenere un miglioramento della qualità dell'aria. La conseguente pianificazione di interventi di breve e lungo termine, di competenza delle Amministrazioni Comunali, dovrà puntare da una parte ad ottenere risultati significativi che permettano di rientrare permanentemente nei limiti normativi e migliorare generalmente la qualità dell'aria, dall'altra ad evitare i casi di inquinamento acuto e scongiurare la necessità di misure d'urgenza.

Monitorare

La fase successiva all'individuazione e all'attuazione di una serie di azioni volte a migliorare la qualità dell'aria è il monitoraggio degli effetti che esse hanno prodotto. A questo scopo si devono utilizzare e valorizzare tutte le risorse già disponibili (strumenti e reti di monitoraggio, basi di dati, strumenti modellistici e, ancor più importanti, risorse umane con le relative competenze e professionalità, molto spesso sottoutilizzate). Ciò serve a conseguire una continua verifica dell'effettiva riduzione delle emissioni rispetto a quella prevista e della sua efficacia sui livelli di concentrazione degli inquinanti in atmosfera. Per una più immediata

valutazione dell'efficacia dei provvedimenti proposti si dovrà raccogliere ed elaborare il maggior numero possibile di informazioni relativamente agli indicatori di controllo proposti per le singole azioni. In tal senso, le risorse di cui sopra andranno eventualmente integrate ed ampliate, a seconda delle necessità che, sulla base dei risultati del presente elaborato, si potranno evidenziare. Naturalmente, si dovranno inoltre considerare le conoscenze che si renderanno via via disponibili successivamente alla predisposizione del piano sul fronte della ricerca e della sperimentazione. Al fine di garantire uno svolgimento efficace di questo monitoraggio continuativo, si dovrà anche valutare la revisione dei ruoli di organismi esistenti e l'eventuale implementazione di nuove forme organizzative.

Adeguare

L'istituzione di un organo di controllo oppure l'individuazione di un soggetto esistente che svolga tale funzione, è di fondamentale importanza affinché vengano forniti i suggerimenti appropriati per l'attuazione e la correzione delle misure di piano. È importante che in questo contesto si favoriscano le sinergie tra i diversi enti interessati, affinché le competenze interdisciplinari di tutti i soggetti coinvolti nell'attuazione delle azioni previste dal piano possano essere massimamente valorizzate. Il coinvolgimento di più enti garantisce infatti non solo di poter effettuare una migliore valutazione sull'efficacia e sulla fattibilità delle azioni stesse, ma anche di facilitarne successivamente il recepimento all'interno della pianificazione a scala locale da parte degli enti che si occupano del governo del territorio.

Che cosa non è un Piano di Azione e Risanamento della Qualità dell'Aria?

- Il Piano di Qualità dell'Aria è un documento tecnico, non divulgativo.

La gestione della qualità dell'aria è un compito che richiede il concorso di diverse competenze tecnico-scientifiche, giuridiche e amministrative che travalicano le competenze di singole professionalità e ancor più le conoscenze di base del cittadino medio. I destinatari, quindi, sono tecnici e professionisti dotati della capacità di interagire con colleghi di professionalità e competenze complementari e sinergiche.

- Il PQA non è il Piano degli Interventi.

Il PQA costituisce la base di partenza tecnico-scientifica per la elaborazione di un piano organico e dettagliato di interventi da parte di ogni singola Amministrazione comunale; ciò tenuto conto delle competenze, della compatibilità con altri provvedimenti e atti di indirizzo o di programmazione adottati dalla stessa, o da altre Amministrazioni, ma con effetto sulla qualità dell'aria nell'area di competenza della stessa. Il PQA è in definitiva un documento di pianificazione di area vasta (in questo caso sovracomunale) che non va confuso neanche con un Piano degli Interventi, in cui le singole amministrazioni competenti inseriranno la lista degli interventi singoli, inclusi gli impegni di spesa, sulla base delle valutazioni economiche e politiche. Si

noti infatti che il PQA ha un carattere prevalentemente tecnico e la fattibilità degli interventi è considerata da un punto di vista tecnico e in subordine economico, senza entrare nel merito dei singoli capitoli di spesa. Si tenga anche presente che il PQA deve interagire con altri documenti di Piano di medesimo rango, ma non può sostituirli. Non si troverà dunque in questo documento un surrogato dei piani della mobilità, del commercio o delle infrastrutture, per quanto sono contenute indicazioni che dovrebbero essere tenute in conto nella stesura o aggiornamento futuro dei citati documenti.

- Il POA non è una raccolta di casi isolati

Il PQA consiste in una elaborazione complessiva ed organica delle problematiche connesse alla gestione della qualità dell'aria. In tal senso non è un assemblaggio di analisi isolate di singoli casi, né di soluzioni "pronte all'uso", e decontestualizzate, per tamponare singole situazioni critiche.

- Il POA non è uno Studio di Impatto Ambientale (SIA)

Lo Studio di Impatto Ambientale è un documento che fornisce gli elementi atti a giustificare l'interesse per la realizzazione di una specifica opera nel contesto territoriale pertinente e la sua compatibilità con le programmazioni di settore e generali. Fornisce un quadro delle condizioni dell'ambiente, con riferimento ad ogni dimensione pertinente in quanto coinvolta o coinvolgibile (anche presuntivamente) negli effetti diretti ed indiretti del progetto. Esso quindi contiene anche una stima tecnica di dettaglio sull'emissione di inquinanti in atmosfera, sulla dispersione degli stessi, nonché sull'impatto per la salute. I dati quantitativi sono successivamente usati in sede di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) da parte degli organi competenti. In quanto tale un SIA non è un documento di pianificazione, bensì è strettamente connesso ad uno specifico intervento, è funzionale alla valutazione del suo impatto e per questi motivi deve affrontare con adeguato dettaglio gli effetti di tale intervento. Un PQA invece deve avere una visione complessiva e garantire un dettaglio adeguato e omogeneo per tutte le fonti emissive e i fattori responsabili della qualità dell'aria. Anche una "sommatoria" di tanti SIA non può costituire un PQA. In tal senso, i vari casi di studio presentati all'interno di questo documento non sono in alcun modo assimilabili a degli studi di impatto e non vogliono sostituirli; sono invece presentati con l'intento di mostrare una metodologia auspicabilmente utilizzabile proprio in sede di future stesure di SIA.

- Il PQA non è una Valutazione Ambientale Strategica

La Valutazione Ambientale Strategica è una procedura sistematica intesa a valutare le conseguenze sul piano ambientale di azioni proposte (politiche, piani o iniziative nell'ambito di programmi nazionali, regionali e locali) in modo che queste siano incluse e affrontate, alla pari delle considerazioni di ordine economico e sociale, fin

dalle prime fasi (strategiche) di un processo decisionale. In altre parole, la Valutazione Ambientale Strategica assolve al compito di verificare la coerenza delle proposte programmatiche e pianificatorie con gli obiettivi di sostenibilità, a differenza della Valutazione di Impatto Ambientale, che ha nel SIA un passaggio fondamentale e che si applica a singoli progetti di opere.

- Il POA non è un adempimento formale senza impatto sul territorio

Benché la elaborazione e l'adozione del POA siano atti dovuti da parte delle Amministrazioni comunali sulla base della normativa vigente, sarebbe riduttivo il vederli come meri adempimenti amministrativi anziché una opportunità di pianificazione territoriale integrata a tutela dell'ambiente e della salute.

- Il POA non è una sommatoria di casi di studio

La scelta dei casi studi è stata eseguita, in questa sede, sulla base dei dati disponibili e della significatività del caso, e non per eseguire una valutazione di dettaglio sul caso in esame. D'altra parte un POA non è neppure una raccolta di casi studio e questi hanno, quindi, in definitiva uno scopo dimostrativo.

- Il POA non è la sede in cui costituire un Inventario delle Emissioni.

L'inventario delle emissioni è costituito da una serie organizzata di dati relativi alla quantità degli inquinanti introdotti in atmosfera da attività antropiche e da sorgenti naturali. Tali dati sono localizzati sul territorio attraverso opportune tecniche di georeferenziazione. Il POA vede come presupposto (e non dovrebbe sostituire) la presenza di un inventario delle emissioni, necessario sia per valutare lo status quo, che per effettuare valutazione sugli scenari futuri di emissione. Nel caso in oggetto l'inventario delle emissioni, dato come disponibile in sede di predisposizione del piano di lavoro preliminare alla sigla dell'accordo tra pubbliche amministrazioni per il POA, in corso d'opera è stato dichiarato indisponibile nei tempi di consegna del presente elaborato. Per surrogare a questa lacuna, è stata sviluppata una base di dati funzionale allo scopo immediato.

Capitolo 1

Quadro normativo

1 INDICE CAPITOLO 1

1	INDICE CAPITOLO 1	1-3
	INDICE DELLE TABELLE.....	1-4
1	QUADRO NORMATIVO (CAPITOLO A CURA DI ARPA VENETO)	1-5
1.1	QUADRO DELLE NORME VIGENTI	1-5
1.2	IDENTIFICAZIONE DEGLI INQUINANTI DI INTERESSE DEL PQA	1-10

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1-1: LIMITI DI LEGGE RELATIVI ALL'ESPOSIZIONE ACUTA.....	1-8
TABELLA 1-2: LIMITI DI LEGGE RELATIVI ALL'ESPOSIZIONE CRONICA.	1-8
TABELLA 1-3: LIMITI DI LEGGE PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI.	1-9

1 QUADRO NORMATIVO (CAPITOLO A CURA DI ARPA VENETO)

1.1 QUADRO DELLE NORME VIGENTI

I principali riferimenti normativi relativi agli inquinanti che concorrono a definire la qualità dell'aria a livello locale sono costituiti da direttive europee e conseguenti recepimenti a livello nazionale.

La normativa ha individuato nel corso degli anni una serie di composti inquinanti e su questi ha stabilito degli standard di qualità, generalmente sotto forma di soglie di superamento o livelli massimi, relativi sia al lungo periodo sia ad episodi critici, in alcuni casi distinti per popolazione umana ed ecosistemi.

La Direttiva Quadro, in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, è la Direttiva 1996/62/CE (Gazzetta ufficiale della Comunità Europea del 21 Novembre 1996, n. 296, serie L). Tale Direttiva ha prodotto un profondo mutamento del quadro normativo relativo al controllo e al contenimento dei valori di concentrazione degli inquinanti in aria. Essa dispone la progressiva abrogazione di tutte le precedenti normative con le quali erano stati fissati, per gli specifici inquinanti, i valori di riferimento per il controllo della qualità dell'aria, demandando alla successiva emanazione delle cosiddette "direttive figlie" la fissazione di valori limite, valori di allarme e valori obiettivo. La Direttiva Quadro fissa inoltre i criteri di base per valutare la qualità dell'aria e per impostare le azioni atte a mantenere la qualità dell'aria laddove essa è buona e migliorarla negli altri casi. Per tale valutazione, essa prevede la possibilità di fare ricorso, a seconda dei livelli di inquinamento riscontrati, non solo alla misura diretta, ma anche a tecniche di modellazione ed a stime obiettive.

Nel contesto nazionale la Direttiva Quadro è stata recepita dal D. Lgs. 4 agosto 1999, n. 351 recante "Attuazione della direttiva 96/62/CE, del Consiglio, del 27 settembre 1996, in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente" (Gazzetta Ufficiale n. 241 del 13 ottobre 1999), con l'obiettivo di definire i principi base per il mantenimento e miglioramento della qualità dell'aria, fissando al contempo i criteri per l'elaborazione dei piani e dei programmi nel settore in argomento. Tale decreto introduce le definizioni di valore limite, valore obiettivo, soglia di allarme e individua le Regioni quali autorità competenti per effettuare la valutazione della qualità dell'aria. Esso stabilisce che per le aree nelle quali sono superati i valori limite siano redatti, a cura delle Regioni, piani finalizzati al risanamento della qualità dell'aria. Individua inoltre l'elenco degli inquinanti per i quali è obbligatorio il monitoraggio (NO₂, NO_x, SO₂, CO, O₃, PM₁₀, Benzene, Benzo(a)pirene, Piombo, Arsenico, Cadmio, Nichel, Mercurio) e stabilisce le modalità della trasmissione e i contenuti delle informazioni sullo stato della qualità dell'aria da inviare al Ministero dell'Ambiente. La Direttiva Quadro è stata poi regolata dal D.M. 1 ottobre 2002, n. 261 recante "Regolamento

recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell'aria ambiente, i criteri per l'elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351" (Gazzetta Ufficiale n. 272 del 20 novembre 2002). Tale decreto ministeriale contiene le direttive tecniche per effettuare la valutazione preliminare della qualità dell'aria e i criteri per l'elaborazione dei Piani di Risanamento della qualità dell'aria.

Successivamente alla Direttiva Quadro sono state emanate le seguenti ulteriori direttive "figlie":

- Direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999, concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle di piombo, il PM, e le soglie di allarme per il biossido di zolfo e il biossido di azoto (Gazzetta ufficiale della Comunità Europea del 29 giugno 1999, n.163, serie L).
- Direttiva 2000/69/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 16 novembre 2000, concernente i valori limite per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente (Gazzetta ufficiale della Comunità Europea del 13 dicembre 2000 n. 313, serie L).

Tali direttive sono state recepite a livello nazionale dal D.M. 2 Aprile 2002, n. 60, "Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori per il benzene ed il monossido di carbonio nell'aria ambiente" (Supplemento ordinario n. 77 alla Gazzetta Ufficiale n. 87 del 13 aprile 2002), il quale contiene i valori limite e le soglie di allarme per gli inquinanti: NO₂, NO_x, SO₂, CO, PM₁₀, Benzene, Piombo, le informazioni di dettaglio da inviare al Ministero dell'Ambiente in riferimento agli inquinanti citati e le soglie di valutazione superiore e inferiore per ciascuno, da utilizzare al fine dell'individuazione delle aree nelle quali il monitoraggio della qualità dell'aria è obbligatorio.

- Direttiva 2002/3/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2002 relativa all'ozono nell'aria ambiente (Gazzetta ufficiale della Comunità Europea del 9 marzo 2002 n. 67, serie L), relativa ai valori bersaglio, obiettivi a lungo termine, soglie di informazione per l'ozono nell'aria. Tale direttiva è stata recepita a livello nazionale dal D.Lgs. 21 Maggio 2004 , n. 183 "Attuazione della direttiva 2002/3/CE relativa all'ozono nell'aria" (Supplemento ordinario n. 127 alla Gazzetta Ufficiale n. 181 del 23 luglio 2004). Esso, parallelamente al D.M. 60/02, individua i valori bersaglio e gli obiettivi a lungo termine da rispettare per la protezione della popolazione e della vegetazione dall'ozono e inoltre stabilisce il contenuto delle informazioni da inviare al Ministero dell'Ambiente in riferimento a questo inquinante.
- Direttiva 2004/107/CE, concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel, gli idrocarburi policiclici aromatici e il benzo(a)pirene nell'aria ambiente. Tale direttiva è stata recepita a livello nazionale dal D. Lgs. 3 agosto 2007, n. 152, "Attuazione della

direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente", e successive modifiche e integrazioni.

A livello nazionale vanno anche menzionati:

- D.P.R. 15 febbraio 2006, n.147 "Regolamento concernente modalità per il controllo ed il recupero delle fughe di sostanze lesive della fascia di ozono stratosferico da apparecchiature di refrigerazione e di condizionamento d'aria e pompe di calore, di cui al regolamento (CE) n. 2037/2000."
- D. Lgs del 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" e successive modifiche e integrazioni.

Le direttive 1996/62/CE, 1999/30/CE, 2000/69/CE, 2002/3/CE e la decisione del Consiglio 1997/101/CE che instaura uno scambio reciproco di informazioni e di dati provenienti dalle reti e dalle singole stazioni di misurazione dell'inquinamento atmosferico negli Stati membri sono state aggiornate e modificate per incorporarvi gli ultimi sviluppi in campo scientifico e sanitario nella più recente Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

A livello regionale, la legislazione in materia di controllo dell'inquinamento atmosferico che recepisce le basi per la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente fornite a livello nazionale, è costituita da:

- Legge Regionale 16 aprile 1985, n. 33 "Norme per la tutela dell'ambiente";
- Deliberazione Consiglio Comunale 11 novembre 2004, n. 57 "Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera" (BURV del 21 dicembre 2004 n. 130);
- Deliberazione della Giunta Regionale 17 ottobre 2006, n. 3195 "Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera. Comitato di Indirizzo e Sorveglianza sui problemi di tutela dell'atmosfera. Approvazione della nuova zonizzazione del territorio regionale";
- Legge Regionale 1 giugno 2006, n. 6 "Interventi regionali per la promozione del protocollo di Kyoto e della direttiva 2003/87/CE";
- Deliberazione della Giunta Regionale 16 maggio 2006, n.1408 Attuazione del "Piano Regionale di Tutela e Risanamento dell'Atmosfera" - Approvazione del "Piano Progressivo di Rientro relativo alle polveri PM10".

Si riporta di seguito il quadro riassuntivo dei valori limite per ciascun tipo di inquinante, per tipologia d'esposizione (acuta o cronica) e in base all'oggetto della tutela, a seconda che si tratti della protezione della salute umana, della vegetazione o degli ecosistemi (Tabella 1-1, Tabella 1-2, Tabella 1-3):

Proposta di Piano d'Azione e Risanamento della Qualità dell'Aria

Tabella 1-1: limiti di legge relativi all'esposizione acuta.

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo
SO ₂	Soglia di allarme*	500 µg/m ³	DM 60/02
SO ₂	Limite orario da non superare più di 24 volte per anno civile	350 µg/m ³	DM 60/02
SO ₂	Limite di 24 h da non superare più di 3 volte per anno civile	125 µg/m ³	DM 60/02
NO ₂	Soglia di allarme*	400 µg/m ³	DM 60/02
NO ₂	Limite orario da non superare più di 18 volte per anno civile	1 gennaio 2005: 250 µg/m ³ 1 gennaio 2006: 240 µg/m ³ 1 gennaio 2007: 230 µg/m ³ 1 gennaio 2008: 220 µg/m ³ 1 gennaio 2009: 210 µg/m ³ 1 gennaio 2010: 200 µg/m ³	DM 60/02
PM ₁₀ Fase 1	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	1 gennaio 2005: 50 µg/m ³	DM 60/02
CO	Massimo giornaliero della media mobile di 8 h	1 gennaio 2005: 10 mg/m ³	DM 60/02
O ₃	Soglia di informazione Media 1 h	180 µg/m ³	D.lgs. 183/03
O ₃	Soglia di allarme Media 1 h	240 µg/m ³	D.lgs. 183/03
Fluoro	Media 24 h	20 µg/m ³	DPCM 28/03/83
NMHC	Concentrazione media di 3 h consecutive (in un periodo del giorno da specificarsi secondo le zone, a cura delle autorità regionali competenti)	200 µg/m ³	DPCM 28/03/83

*misurato per 3 ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria in un'area di almeno 100 km², oppure in un'intera zona o agglomerato nel caso siano meno estesi.

Tabella 1-2: limiti di legge relativi all'esposizione cronica.

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo	Note
NO ₂	98° percentile delle concentrazioni medie di 1h rilevate durante l'anno civile	200 µg/m ³	DPCM 28/03/83 e succ.mod.	In vigore fino al 31/12/2009
NO ₂	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2005: 50 µg/m ³ 1 gennaio 2006: 48 µg/m ³ 1 gennaio 2007: 46 µg/m ³ 1 gennaio 2008: 44 µg/m ³ 1 gennaio 2009: 42 µg/m ³ 1 gennaio 2010: 40 µg/m ³	DM 60/02	
O ₃	Valore bersaglio per la protezione della salute da	120 µg/m ³	D. Lgs. 183/03	In vigore dal 2010

	non superare per più di 25 giorni all'anno come media su 3 anni (altrimenti su 1 anno) Media su 8 h massima giornaliera			Prima verifica nel 2013
O ₃	Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute Media su 8 h massima giornaliera	120 µg/m ³	D.lgs. 183/03	
PM ₁₀ Fase 1	Valore limite annuale Anno civile	1 gennaio 2005: 40 µg/m ³	DM 60/02	
Piombo	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2005: 0.5 µg/m ³	DM 60/02	
Fluoro	Media delle medie di 24 h rilevate in 1 mese	10 µg/m ³	DPCM 28/03/83	
Benzene	Valore limite annuale per la protezione della salute umana Anno civile	1 gennaio 2005: 10 µg/m ³ 1 gennaio 2006: 9 µg/m ³ 1 gennaio 2007: 8 µg/m ³ 1 gennaio 2008: 7 µg/m ³ 1 gennaio 2009: 6 µg/m ³ 1 gennaio 2010: 5 µg/m ³	DM 60/02	
B(a)pirene	Obiettivo di qualità Media mobile annuale	1 ng/m ³	D.lgs. 152/07	

Tabella 1-3: limiti di legge per la protezione degli ecosistemi.

Inquinante	Tipologia	Valore	Riferimento legislativo	Note
SO ₂	Limite protezione ecosistemi Anno civile e inverno (01/10 – 31/03)	20 µg/m ³	DM 60/02	
NO ₂	Limite protezione ecosistemi Anno civile	30 µg/m ³	DM 60/02	
O ₃	Valore bersaglio per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio Da calcolare come media su 5 anni (altrimenti su 3 anni)	18000 µg/m ³ h	D.lgs. 183/03	In vigore dal 2010. Prima verifica nel 2015
O ₃	Obiettivo a lungo termine	6000 µg/m ³ h	D.lgs. 183/03	

	per la protezione della vegetazione AOT40 su medie di 1 h da maggio a luglio			
--	---------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--

1.2 IDENTIFICAZIONE DEGLI INQUINANTI DI INTERESSE DEL PQA

Le sostanze inquinanti tradizionalmente vengono suddivise in due categorie in base alle modalità di formazione: inquinanti primari ed inquinanti secondari.

Gli inquinanti primari sono emessi direttamente in atmosfera da sorgenti identificabili, antropiche e naturali; sono presenti in fase sia gassosa che particellare e inquinano l'aria a partire dall'istante della loro emissione (SO₂, NO, CO, polveri sospese totali, idrocarburi volatili, metalli, ecc...).

Gli inquinanti secondari sono derivati da reazioni chimiche e fotochimiche che coinvolgono gli inquinanti primari e i costituenti dell'atmosfera (O₃, NO₂, acido nitrico e nitroso, nitrati, acido solforico e solfati, ecc...).

Si illustrano di seguito alcune caratteristiche dei principali inquinanti atmosferici.

Polveri sottili (PM₁₀)

con il termine polveri sottili o PM₁₀ si indica la componente del particolato aerodisperso con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm. Si tratta di un insieme alquanto eterogeneo di composti che in parte derivano dall'emissione diretta causata dalle attività antropiche quali traffico, industria, riscaldamento; in parte (si stima per più dell'80%) è prodotto da reazioni chimico-fisiche che avvengono in atmosfera e coinvolgono i composti organici volatili, ammoniaca, gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo. Inoltre, grazie alle ridotte dimensioni, le particelle di PM₁₀ possono rimanere in atmosfera per periodi di tempo anche relativamente lunghi prima di subire il processo di dilavamento o sedimentazione. Non è quindi possibile legare la concentrazione di PM₁₀ misurata localmente con una o più precise fonti emissive poiché essa è il risultato di un complesso insieme di fenomeni che implicano l'emissione di sostanze inquinanti, il loro ricombinarsi e coagularsi in atmosfera, il trasporto dovute alle dinamiche dei bassi strati dell'atmosfera. Questo spiega la diffusione pressoché omogenea del PM₁₀ sul nostro territorio.

Biossido di azoto (NO₂)

Con il termine ossidi di azoto si indica una famiglia di composti i più caratteristici dei quali sono il monossido (NO) ed il biossido di azoto (NO₂). Il monossido di azoto (NO) è un gas

incolore e inodore che si forma in tutti i processi di combustione, indipendentemente dalla composizione chimica del combustibile, poiché l'azoto e l'ossigeno che lo costituiscono sono naturalmente presenti nell'atmosfera e si combinano in tutti i processi in cui si raggiungono temperature sufficientemente elevate ($>1210^{\circ}$). Tali valori sono normalmente raggiunti nei motori a combustione interna. Nei processi di combustione si forma anche una piccola quantità di biossido (circa il 5%). Quest'ultimo è considerato un inquinante secondario perché deriva principalmente dall'ossidazione dell'ossido di azoto (NO), favorita dalla presenza di ossidanti quali l'ozono. Gli ossidi di azoto permangono in atmosfera per pochi giorni (4-5) e sono rimossi in seguito a reazioni chimiche che portano alla formazione di acidi e di sostanze organiche.

Gli effetti negativi sull'ambiente dovuti ad alte concentrazioni di NO_2 sono legati alla formazione di smog fotochimico in presenza di irraggiamento solare, alla acidificazione delle piogge ed alla riduzione dell'ozono stratosferico.

Biossido di zolfo (SO_2)

Il biossido di zolfo è un gas incolore dall'odore acre e pungente a temperatura ambiente derivante sia da fonti antropiche che da fonti naturali. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche.

A causa dell'elevata solubilità in acqua l' SO_2 viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio; quindi solo le piccolissime quantità raggiungono la parte più profonda del polmone.

Gli ossidi di zolfo svolgono un'azione indiretta nei confronti della fascia di ozono stratosferico in quanto fungono da substrato per i clorofluorocarburi, principali responsabili del "buco" dell'ozono.

Nel contempo si oppongono al fenomeno dell'effetto serra in quanto hanno la capacità di riflettere le radiazioni solari producendo un raffreddamento del pianeta.

La crescente diffusione del metano, combustibile con tenore di zolfo quasi nullo, ha contribuito ad abbassare notevolmente i livelli di questo inquinante nell'aria ambiente.

Monossido di carbonio (CO)

Qualsiasi processo di combustione incompleta determina la produzione di monossido di carbonio (CO), un gas incolore ed inodore che a concentrazioni molto elevate, normalmente non riscontrabili nell'aria ambiente, è fortemente dannoso per la salute.

Una quota notevole di CO deriva da processi naturali connessi all'ossidazione atmosferica di metano e di altri idrocarburi normalmente emessi nell'atmosfera, dalle emissioni degli oceani e paludi, da incendi forestali, da acqua piovana e tempeste elettriche.

Le fonti antropiche di monossido di carbonio sono rappresentate da tutte le attività che comportano l'utilizzo di combustibili fossili, in particolare il traffico stradale (motori a benzina) è la sorgente principale, seguito dall'industria metallurgica e dall'uso domestico e commerciale.

Il CO è un inquinante primario che solo lentamente viene ossidato a CO₂: il tempo di permanenza in atmosfera può arrivare a sei mesi.

I livelli di questo inquinante nell'aria ambiente sono fortemente legati alla presenza di flusso veicolare.

Ozono (O₃)

L'ozono è un inquinante di tipo secondario, prodotto da reazioni fotochimiche di trasformazione degli inquinanti primari, quali composti organici volatili e ossidi di azoto. Anche in questo caso, le condizioni meteorologiche hanno un'enorme influenza sull'andamento delle concentrazioni. In particolare il verificarsi di intensa radiazione solare, temperatura mite o calda e venti moderati favorisce la formazione di smog fotochimico e l'aumento delle concentrazioni troposferiche di ozono; nell'arco della giornata, i livelli sono bassi al mattino (fase di innesco del processo fotochimico) raggiungono il massimo nel primo pomeriggio e si riducono progressivamente nelle ore serali con il diminuire della radiazione solare. Precursori sono i composti idrocarburici e gli ossidi di azoto presenti nell'aria, anche relativamente distanti dal punto di formazione dell'O₃. L'ozono a livello del suolo è tossico per l'uomo anche a concentrazioni relativamente basse essendo un potente agente ossidante, tanto che rappresenta, insieme al particolato, uno degli inquinanti più rilevanti dal punto di vista della salute.

I valori più elevati di ozono si registrano normalmente nel periodo primaverile ed estivo.

Benzene (C₆H₆)

Il benzene è il più semplice dei composti organici aromatici: è un liquido incolore dal caratteristico odore pungente che diventa irritante a concentrazioni elevate e che volatilizza facilmente a temperatura ambiente.

Il benzene presente nell'aria ambiente è prevalentemente di origine antropica e deriva principalmente da processi di combustione incompleta (emissioni industriali, veicoli a motore, incendi). La maggiore fonte emissiva è rappresentata dai veicoli a motore alimentati a benzina, i quali emettono benzene, oltre che dal tubo di scappamento, dal serbatoio e dal

carburatore. In questi ultimi due casi si tratta di perdite dovute all'evaporazione, legate cioè alla volatilità del combustibile ed ai fenomeni fisici che la favoriscono.

Metano (CH₄)

E' un idrocarburo semplice che, in natura, si trova in forma gassosa. Esso si ottiene dalla decomposizione di alcune sostanze organiche, in assenza di ossigeno, ed è pertanto classificabile come biogas. La principale fonte di questo gas in atmosfera è l'agricoltura, ma in misura minore esso proviene anche da estrazione di gas naturale, l'incenerimento di rifiuti, decomposizione di rifiuti solidi urbani nelle discariche. Esso è un gas serra e contribuisce al buco dell'ozono.

Ammoniaca (NH₃)

L'ammoniaca è un gas incolore, caratterizzato da un odore particolare e tossico.

Le emissioni di ammoniaca provengono principalmente da agricoltura e in misura inferiore dai processi produttivi e dal trattamento e smaltimento dei rifiuti. Esse determinano acidificazione del suolo, riduzione della biodiversità e formazione del particolato atmosferico, fenomeni associati a problemi per la salute umana. Inoltre, l'ammoniaca si combina con inquinanti acidi come l'acido nitrico e l'acido solforico, producendo un aerosol che si ritiene possa influenzare il clima.

Capitolo 2

Analisi della situazione attuale

2 INDICE CAPITOLO 2

2	INDICE CAPITOLO 2	2-3
	INDICE DELLE FIGURE	2-6
	INDICE DELLE TABELLE	2-14
2	ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE	2-20
2.1	CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO	2-20
2.1.1	Caratteristiche morfologiche (paragrafo a cura di ARPA Veneto).....	2-20
2.1.2	Caratterizzazione meteo-climatologica per la qualità dell'aria	2-22
2.1.2.1	La rete di monitoraggio meteorologico ARPAV	2-23
2.1.2.2	Basi di dati utilizzate	2-23
2.1.2.3	Analisi dei dati.....	2-26
2.1.2.3.1	Stazione di Bardolino.....	2-29
2.1.2.3.2	Stazione di Bosco Chiesanuova	2-32
2.1.2.3.3	Stazione di Buttapietra.....	2-34
2.1.2.3.4	Stazione di Castelnuovo del Garda	2-37
2.1.2.3.5	Stazione di Grezzana	2-39
2.1.2.3.6	Stazione di Illasi	2-42
2.1.2.3.7	Stazione di Marano di Valpolicella.....	2-44
2.1.2.3.8	Stazione di San Pietro in Cariano	2-47
2.1.2.3.9	Stazione di Valeggio sul Mincio.....	2-47
2.1.2.3.10	Stazione di Villafranca di Verona.....	2-50
2.1.2.3.11	Stazione di Verona-Cason	2-52
2.1.2.3.12	Stazione di Verona-via Dominutti	2-55
2.1.2.4	Mappe globali delle rose dei venti e della stabilità.....	2-57
2.1.2.5	Cicli giornalieri, annuali e stagionali	2-60
2.1.2.5.1	Velocità del vento	2-60
2.1.2.5.2	Temperatura.....	2-65
2.1.2.5.3	Radiazione solare.....	2-65
2.1.2.5.4	Umidità relativa	2-67
2.1.2.5.5	Precipitazione	2-69
2.1.2.6	Scenari meteorologici.....	2-70
2.1.2.7	Spazializzazione dei dati	2-72
2.1.2.7.1	Quantità scalari: precipitazioni e temperatura.....	2-73
2.1.2.7.2	Quantità vettoriali: vento	2-75
2.1.2.8	Individuazione di aree climatologicamente omogenee.....	2-76
2.1.2.9	Profili verticali di temperatura e di vento	2-77
2.1.2.10	Indice di criticità meteorologica.....	2-80
2.1.3	Attività produttive e infrastrutture (paragrafo a cura di ARPA Veneto)	2-84
2.1.3.1	Evoluzione del sistema produttivo e infrastrutturale della Provincia di Verona.....	2-84
2.1.3.2	Analisi dei settori produttivi nella Provincia di Verona	2-85
2.1.3.3	Sistema delle infrastrutture	2-89
2.1.4	Insedimenti civili.....	2-93
2.1.5	Distribuzione delle fonti emissive.....	2-95
2.1.5.1	La situazione attuale	2-96

2.1.5.2	Fonti emissive locali.....	2-97
2.1.5.3	Emissioni lineari.....	2-98
2.1.5.4	Emissioni puntuali.....	2-109
2.1.5.4.1	Dati disponibili.....	2-110
2.1.5.4.2	Emissioni dalle attività di gestione dei rifiuti.....	2-116
2.1.5.4.3	Emissioni da attività di cava.....	2-118
2.1.5.4.4	Emissioni da attrattori di traffico.....	2-119
2.1.5.4.5	Emissioni dall'aeroporto.....	2-120
2.1.5.5	Emissioni diffuse.....	2-122
2.1.5.5.1	Il riscaldamento domestico.....	2-122
2.1.5.5.1.1	Metano.....	2-123
2.1.5.5.1.2	Gasolio e GPL.....	2-126
2.1.5.5.2	Le attività agricole.....	2-131
2.1.5.5.2.1	L'agricoltura.....	2-131
2.1.5.5.2.2	Gli allevamenti.....	2-133
2.1.5.5.2.3	Confronto con i dati dell'inventario ISPRA disaggregato.....	2-143
2.1.5.6	Analisi della ripartizione delle emissioni.....	2-145
2.1.5.6.1	Il biossido di zolfo: SO ₂	2-147
2.1.5.6.2	Gli ossidi di azoto: NO _x	2-148
2.1.5.6.3	Il monossido di carbonio: CO.....	2-149
2.1.5.6.4	Il metano: CH ₄	2-150
2.1.5.6.5	L'ammoniaca: NH ₃	2-151
2.1.5.6.6	Le polveri sottili: PM ₁₀	2-152
2.1.5.7	Inquinamento di fondo diffuso nel bacino della Pianura Padana.....	2-159
2.1.6	Approfondimenti: analisi di alcuni casi pilota selezionati.....	2-161
2.1.6.1	Impianto produttivo.....	2-163
2.1.6.2	Traffico urbano.....	2-168
2.1.6.3	Traffico extraurbano.....	2-175
2.1.6.3.1	Indice di qualità dell'aria.....	2-179
2.1.6.3.2	Inquinamento e salute.....	2-179
2.1.6.3.3	Risultati dell'analisi.....	2-180
2.2	SITUAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	2-184
2.2.1	Introduzione.....	2-184
2.2.1.1	Richiami alla zonizzazione del territorio.....	2-184
2.2.1.2	Individuazione e caratterizzazione delle condizioni meteorologiche tipiche favorevoli alla formazione di inquinanti secondari.....	2-185
2.2.1.3	Situazione della qualità dell'aria.....	2-188
2.2.2	La rete di monitoraggio gestita da ARPAV.....	2-190
2.2.3	Andamento storico dei dati di qualità dell'aria.....	2-193
2.2.3.1	Stazione di Bosco Chiesanuova.....	2-194
2.2.3.2	Stazione di Bovolone.....	2-195
2.2.3.3	Stazione di Legnago.....	2-196
2.2.3.4	Stazione di San Bonifacio.....	2-196
2.2.3.5	Stazione di San Martino Buon Albergo.....	2-197
2.2.3.6	Stazione di Villafranca di Verona.....	2-198
2.2.3.7	Stazione di Verona-Cason.....	2-198

2.2.3.8	Stazione di Verona-Corso Milano	2-199
2.2.3.9	Stazione di Verona-Piazza Bernardi	2-200
2.2.3.10	Stazione di Verona-San Giacomo	2-200
2.2.3.11	Stazione di Verona-ZAI	2-201
2.2.3.12	Stazione di Verona-Torricelle	2-201
2.2.3.13	Stazione di Ca' del Bue	2-202
2.2.3.14	Stazione di Matozze	2-203
2.2.3.15	Stazione di San Giovanni Lupatoto	2-203
2.2.4	Superamenti dei limiti di legge	2-204
2.2.4.1	SO ₂	2-204
2.2.4.2	NO _x	2-209
2.2.4.3	PM ₁₀	2-213
2.2.4.4	Correlazione spaziale tra diverse stazioni	2-215
2.2.4.5	Correlazioni tra parametri meteorologici e di qualità dell'aria	2-222
2.2.4.6	Episodi di inquinamento acuto	2-224
2.2.4.7	PM _{2,5}	2-227
2.2.4.8	Ozono	2-229
2.2.4.9	Le campagne di misura mobili	2-231
2.2.5	Politiche adottate	2-235
2.2.5.1	Analisi dei dati della rete di monitoraggio e individuazione di aree non adeguatamente coperte da campagne	2-235
2.2.5.2	Analisi dell'efficacia di precedenti provvedimenti per la tutela della qualità dell'aria	2-245
2.2.6	Valutazione delle correlazioni fra situazioni meteorologiche e inquinamento (paragrafo a cura di ARPA Veneto)	2-247
2.2.6.1	Risultati	2-248
2.2.6.1.1	Numero giorni di durata dell'evento	2-248
2.2.6.1.2	Concentrazione PM ₁₀ e crescita giornaliera	2-248
2.2.6.1.3	Parametri meteorologici	2-248
2.2.6.1.4	Parametri dello stato limite atmosferico	2-249
2.2.6.1.5	Ubiquitarietà degli eventi acuti	2-251
2.2.6.1.6	Esempio di distribuzione spaziale del PM ₁₀ in un caso acuto	2-254
2.2.6.1.7	Contributi del PM ₁₀	2-254
2.2.6.2	Conclusioni	2-259
2.3	VALUTAZIONI EPIDEMIOLOGICHE SULLA BASE DEL FLUSSO CORRENTE DEI DATI SANITARI DISPONIBILI (PARAGRAFO A CURA DI ULSS 20)	2-260
2.3.1	Qualità dell'aria e salute	2-260
2.3.2	Meccanismi d'azione degli inquinanti atmosferici	2-262
2.3.3	Effetti sulla salute	2-263
2.3.3.1	Effetti a breve termine	2-264
2.3.3.2	Effetti a lungo termine	2-265
2.3.3.2.1	Inquinamento atmosferico fattore di rischio per le malattie cardiovascolari	2-266
2.3.3.2.2	Effetti su malati e anziani	2-267
2.3.3.2.3	Effetti sui bambini	2-267
2.3.4	Effetti sullo sviluppo polmonare	2-268

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 2-1: AMBITI TERRITORIALI DELLA PROVINCIA DI VERONA (TRATTA DAL PTCV, PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE): IN EVIDENZA I COMUNI INTERESSATI DAL PRESENTE STUDIO.	2-21
FIGURA 2-2: MAPPA DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO METEOROLOGICO DI ARPAV.....	2-24
FIGURA 2-3: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008. ..	2-30
FIGURA 2-4: BOXPLOT DELL'INTENSITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-30
FIGURA 2-5: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-31
FIGURA 2-6: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI BARDOLINO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-31
FIGURA 2-7: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-32
FIGURA 2-8: BOXPLOT DELL'INTENSITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-33
FIGURA 2-9: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-33
FIGURA 2-10: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-34
FIGURA 2-11: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008... 2-35	35
FIGURA 2-12: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-35
FIGURA 2-13: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008..	2-36
FIGURA 2-14: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI BUTTAPIETRA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-36
FIGURA 2-15: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-37
FIGURA 2-16: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-38
FIGURA 2-17: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-38
FIGURA 2-18: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-39
FIGURA 2-19: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008... 2-40	2-40
FIGURA 2-20: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-40
FIGURA 2-21: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-41
FIGURA 2-22: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI GREZZANA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-41
FIGURA 2-23: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-42

FIGURA 2-24: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-43
FIGURA 2-25: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-43
FIGURA 2-26 - ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI ILLASI, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008. 2-44	
FIGURA 2-27: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-45
FIGURA 2-28: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-45
FIGURA 2-29: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE DEL VENTO PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-46
FIGURA 2-30: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-46
FIGURA 2-31: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-48
FIGURA 2-32: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-48
FIGURA 2-33: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-49
FIGURA 2-34: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-49
FIGURA 2-35: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI VILLAGRANCA VERONESE, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-50
FIGURA 2-36: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI VILLAGRANCA DI VERONA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-51
FIGURA 2-37: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI VILLAGRANCA DI VERONA, RELATIVI ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-51
FIGURA 2-38: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VILLAGRANCA VERONESE, RELATIVA ALL'INTERO PERIODO 2004-2008.	2-52
FIGURA 2-39: ROSA DEI VENTI PER LA STAZIONE DI VERONA-CASON, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007.	2-53
FIGURA 2-40: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VERONA-CASON, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007. 2-53	
FIGURA 2-41: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI QUALITÀ DELL'ARIA DI VERONA CASON, RELATIVI AL PERIODO 2005-2007.....	2-54
FIGURA 2-42: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI QUALITÀ DELL'ARIA DI VERONA CASON, RELATIVI AL PERIODO 2005-2007.....	2-54
FIGURA 2-43: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VERONA-VIA DOMINUTTI, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007.....	2-55
FIGURA 2-44: BOXPLOT DELLA VELOCITÀ DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E DEL MESE DELL'ANNO PER LA STAZIONE DI VERONA VIA DOMINUTTI, RELATIVI AL PERIODO 2004-2008.	2-55

FIGURA 2-45: BOXPLOT DELLA DIREZIONE DEL VENTO IN FUNZIONE DELL'ORA DEL GIORNO E CORRELAZIONE TRA VELOCITÀ E DIREZIONE PER LA STAZIONE DI VERONA VIA DOMINUTTI, RELATIVI AL PERIODO 2004-2008. ...	2-56
FIGURA 2-46: ROSA DELLA STABILITÀ PER LA STAZIONE DI VERONA-VIA DOMINUTTI, RELATIVA AL PERIODO 2005-2007.....	2-56
FIGURA 2-47: ROSE DEI VENTI ELABORATE.	2-58
FIGURA 2-48: ROSE DELLA STABILITÀ ELABORATE.	2-59
FIGURA 2-49: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.	2-60
FIGURA 2-50: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALLA PRIMAVERA.	2-61
FIGURA 2-51: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'ESTATE.....	2-61
FIGURA 2-52: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'AUTUNNO.	2-62
FIGURA 2-53: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INVERNO.	2-62
FIGURA 2-54: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO PER LE DIVERSE STAGIONI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILAFRANCA DI VERONA.	2-63
FIGURA 2-55: CURVA DI DISTRIBUZIONE DI WEIBULL RELATIVA ALLA VELOCITÀ DEL VENTO DELLA STAZIONE DI VILAFRANCA DI VERONA.	2-64
FIGURA 2-56: CURVA DI DISTRIBUZIONE DI WEIBULL RELATIVA ALLA VELOCITÀ DEL VENTO DELLA STAZIONE DI GREZZANA.	2-64
FIGURA 2-57: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA TEMPERATURA NELLE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.....	2-65
FIGURA 2-58: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA RADIAZIONE SOLARE CALCOLATI PER LE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.	2-66
FIGURA 2-59: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELLA RADIAZIONE SOLARE PER LE DIVERSE STAGIONI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILAFRANCA DI VERONA.	2-67
FIGURA 2-60: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELL'UMIDITÀ RELATIVA NELLE DIVERSE STAZIONI RELATIVI ALL'INTERO ANNO.....	2-68
FIGURA 2-61: CONFRONTO TRA I CICLI GIORNALIERI DELL'UMIDITÀ RELATIVA PER LE DIVERSE STAGIONI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILAFRANCA DI VERONA.	2-68
FIGURA 2-62: CONFRONTO TRA I CICLI ANNUALI DELLA PRECIPITAZIONE CUMULATA MENSILE NELLE DIVERSE STAZIONI.	2-69
FIGURA 2-63: CONFRONTO TRA I CICLI ANNUALI DEL NUMERO DI GIORNI MENSILI CON PRECIPITAZIONE SUPERIORE A 1 MM NELLE DIVERSE STAZIONI.	2-70
FIGURA 2-64: CONFRONTO TRA I CICLI MEDI GIORNALIERI DELLA VELOCITÀ DEL VENTO PER I QUATTRO DIVERSI SCENARI METEOROLOGICI RELATIVI ALLA STAZIONE DI VILAFRANCA DI VERONA.....	2-72
FIGURA 2-65: VARIAZIONE DELLA PRECIPITAZIONE TOTALE ANNUA P [MM] (MEDIA SUL QUINQUENNIO 2004-2008) IN FUNZIONE DELLA QUOTA h DELLA STAZIONE DI MISURA. LE BARRE TRATTEGGIATE RAPPRESENTANO L'INTERVALLO DI VARIABILITÀ COMPRESO FRA I VALORI MINIMO E MASSIMO REGISTRATI PRESSO LA STAZIONE NEL QUINQUENNIO. NEL GRAFICO È RIPORTATA ANCHE L'EQUAZIONE DELLA CURVA INTERPOLANTE CON IL RELATIVO VALORE DEL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE R	2-73
FIGURA 2-66: VARIAZIONE DELLA TEMPERATURA MEDIA ANNUA SUPERFICIALE T [°C] (MEDIATA SUL QUINQUENNIO 2004-2008) IN FUNZIONE DELLA QUOTA h DELLA STAZIONE DI MISURA. LE BARRE	

TRATTEGGIATE RAPPRESENTANO L'INTERVALLO DI VARIABILITÀ COMPRESO FRA I VALORI MINIMO E MASSIMO REGISTRATI PRESSO LA STAZIONE NEL QUINQUENNIO. NEL GRAFICO È RIPORTATA ANCHE L'EQUAZIONE DELLA RETTA INTERPOLANTE CON IL RELATIVO VALORE DEL COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE LINEARE R.....	2-74
FIGURA 2-67: SPAZIALIZZAZIONE DEL DATO DI PRECIPITAZIONE MEDIA ANNUA MEDIANTE KRIGING, UTILIZZANDO I DATI REGISTRATI PRESSO LE STAZIONI METEOROLOGICHE ARPAV MOSTRATE IN FIGURA.	2-75
FIGURA 2-68: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLA SUDDIVISIONE DELL'AREA IN ESAME IN DUE MACRO AREE CLIMATOLOGICAMENTE OMOGENEE: IN VERDE LE ZONE DI PIANURA, IN VIOLA LE ZONE COLLINARI.....	2-77
FIGURA 2-69: UN ESEMPIO DI PROFILO VERTICALE DI TEMPERATURA POTENZIALE RICAVATO MEDIANTE ANALISI DEI DATI DA RADIOMETRO HATPRO ALLE ORE 0:00, 6:00, 12:00 E 18:00 UTC (OSSIA RIFERITE AL FUSO ORARIO DI GREENWICH) DEL GIORNO 18/01/2008 (CONDIZIONE FORTEMENTE STABILI).	2-80
FIGURA 2-70: INDICE DI CRITICITÀ METEOROLOGICA PER LA STAZIONE DI VILLAFRANCA VALUTATO SULL'INTERO PERIODO 2004-2008 SULLA BASE DELLA CLASSE DI STABILITÀ ATMOSFERICA.....	2-82
FIGURA 2-71: INDICE DI CRITICITÀ METEOROLOGICA PER LA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA VALUTATO SULL'INTERO PERIODO 2004-2008 SULLA BASE DELLA CLASSE DI STABILITÀ ATMOSFERICA	2-83
FIGURA 2-72: IMPRESE REGISTRATE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA (DATI 2009). PESO RELATIVO DEI DIVERSI SETTORI.	2-87
FIGURA 2-73: IMPRESE DEL SETTORE MANIFATTURIERO REGISTRATE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA (DATI 2007): PESO RELATIVO DEI DIVERSI SETTORI.	2-88
FIGURA 2-74: RETE VIARIA (DATI PTCP 2010).....	2-91
FIGURA 2-75: RETE FERROVIARIA, DELLE LINEE NAVIGABILI E DEGLI AEROPORTI (DATI PTCP 2010).....	2-92
FIGURA 2-76: SISTEMA DELLE AREE PRODUTTIVE (DATI PTCP VERONA 2010). LE AREE PRODUTTIVE COMPREDONO SIA QUELLE ESISTENTI SIA QUELLE IN COMPLETAMENTO.	2-93
FIGURA 2-77: DENSITÀ DI POPOLAZIONE RELATIVA AL CENSIMENTO 2001, IN AB/KM ²	2-94
FIGURA 2-78: MAPPA DELLE AREE INDUSTRIALI E COMMERCIALI (IN VIOLA) E DEGLI INSEDIAMENTI CIVILI (IN BLU).	2-95
FIGURA 2-79: FLUSSI DI TRAFFICO MEDIO ORARIO DEGLI ARCHI STRADALI EXTRAURBANI DEL PTCP NEI COMUNI IN OGGETTO.	2-98
FIGURA 2-80: FATTORE DI EMISSIONE PER GLI NO _x SEPARATO PER CLASSE DI VEICOLO (MEDIA SULLE CLASSI EURO).....	2-101
FIGURA 2-81: FATTORE DI EMISSIONE PER GLI NO _x , MEDIO PESATO SUL PARCO MACCHINE DELLA PROVINCIA DI VERONA.	2-102
FIGURA 2-82: FATTORE DI EMISSIONE PER IL PM ₁₀ SEPARATO PER CLASSE DI VEICOLO (MEDIA SULLE CLASSI EURO).....	2-102
FIGURA 2-83: FATTORE DI EMISSIONE PER IL PM ₁₀ , MEDIO PESATO SUL PARCO MACCHINE DELLA PROVINCIA DI VERONA.	2-103
FIGURA 2-84: EMISSIONI ANNUE DI NO _x [T/(KM · ANNO)] DA TRAFFICO LINEARE DELLA RETE EXTRAURBANA.	2-105
FIGURA 2-85: EMISSIONI ANNUE DI PM ₁₀ [T/(KM · ANNO)] DA TRAFFICO LINEARE DELLA RETE EXTRAURBANA.	2-106
FIGURA 2-86: VEICOLI IMMATRICOLATI E CIRCOLANTI NEI COMUNI IN OGGETTO. IL COEFFICIENTE V.I. È POSITIVO NEI COMUNI IN CUI IL NUMERO DI VEICOLI CIRCOLANTI È MAGGIORE DI QUELLO DEI VEICOLI IMMATRICOLATI E VICEVERSA.	2-108
FIGURA 2-87: CONFRONTO TRA LA DISTRIBUZIONE SPAZIALE DELLE AZIENDE DI CUI SI HANNO DATI DI EMISSIONE (SOPRA) E DISTRIBUZIONE PERCENTUALE DELLE AZIENDE DEL SETTORE MANIFATTURIERO ISCRITTE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA NEL 2008 (SOTTO).....	2-112
FIGURA 2-88: LOCALIZZAZIONE DELLE SORGENTI PUNTUALI CONSIDERATE.....	2-113

FIGURA 2-89: MAPPA DELLA DISCARICA DI PESCANTINA TRATTA DALLA RELAZIONE DIVULGATIVA ANNO 2008 DI SICEA (HTTP://PORTALE.PROVINCIA.VR.IT/FILES/NEWWEB/AREA-SERVI/SETTORE-EC/REPORT-CON/U-O-RIFIU1/DISCARICA-/PESCANTINA_RDA_2008.PDF).	2-116
FIGURA 2-90: ANDAMENTO DEI VOLUMI DI BIOGAS CAPTATO, DISPERSO E TOTALE DAL 1989 AL 2007 NELLA DISCARICA DI PESCANTINA.....	2-117
FIGURA 2-91: MAPPA DELLE CAVE AUTORIZZATE (LAYER PTCP).....	2-118
FIGURA 2-92: MAPPA DEI PRINCIPALI ATTRATTORI DI TRAFFICO: LA DIMENSIONE DEL SIMBOLO È PROPORZIONALE AL NUMERO DI VEICOLI/ANNO RIPORTATO IN TABELLA 2-35.....	2-120
FIGURA 2-93: CONFRONTO TRA LE EMISSIONI TOTALI ANNUE DERIVANTI DALL'AGRICOLTURA E DAGLI ALLEVAMENTI E LE EMISSIONI DEL MACROSETTORE 10 – DATO DELL'INVENTARIO ISPRA DISAGGREGATO (ESPRESSE IN T/ANNO).	2-145
FIGURA 2-94: MAPPA DEI 4 GRUPPI DI COMUNI INDIVIDUATI.	2-154
FIGURA 2-95: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 1.....	2-155
FIGURA 2-96: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 2.....	2-156
FIGURA 2-97: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 3.....	2-158
FIGURA 2-98: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI NEI DIVERSI MACROSETTORI PER IL GRUPPO 4.....	2-159
FIGURA 2-99: LOCALIZZAZIONE DELL'IMPIANTO DELLA MONDADORI PRINTING.	2-163
FIGURA 2-100: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO _x (VALORI AUTORIZZATI).....	2-165
FIGURA 2-101: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PTS (VALORI AUTORIZZATI).....	2-165
FIGURA 2-102: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI SO ₂ (VALORI AUTORIZZATI).	2-166
FIGURA 2-103: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI Cr ^(VI) IN CASO DI EMISSIONE CONTINUA (VALORI AUTORIZZATI).	2-166
FIGURA 2-104: LA SS11 A VAGO DI LAVAGNO.....	2-168
FIGURA 2-105: PLANIMETRIA DEL TRATTO DI STRADA IN ESAME E TGM.	2-170
FIGURA 2-106: DETTAGLIO DELLA ZONA A MAGGIORE INQUINAMENTO SECONDO LA SIMULAZIONE EFFETTUATA. 2-171	
FIGURA 2-107: SCHEMA INDICATIVO DELLA VARIAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE IN CORRISPONDENZA DI UN CANYON STRADALE. SI OSSERVA CHE, TIPICAMENTE, SI HA UN'ELEVATA CONCENTRAZIONE IN SEDE STRADALE ALL'INTERNO DEL VOLUME D'ARIA CONTENUTO TRA GLI EDIFICI, E UNA RAPIDA DECRESCITA VERSO L'ESTERNO O COMUNQUE SUBITO ALLE SPALLE DELLA PRIMA FILA DI EDIFICI.	2-172
FIGURA 2-108: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO _x	2-173
FIGURA 2-109: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI PM ₁₀	2-173
FIGURA 2-110: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI SO ₂	2-174
FIGURA 2-111: MAPPA DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI CO.....	2-174
FIGURA 2-112: CONCENTRAZIONI NORMALIZZATE DI NO (CERCHI) E NO ₂ (TRIANGOLI) PER LE AREE DI STUDIO PIÙ A SUD DELLA A22. LE BARRE VERTICALI INDIVIDUANO LA DEVIAZIONE STANDARD. (HEIMANN D. ET AL., 2007).....	2-181
FIGURA 2-113: DISTRIBUZIONI DELLE CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO ₂ E PM ₁₀ AL SUOLO DETERMinate DAL TRAFFICO SULL'AUTOSTRADA A22 NEL TRATTO COMPRESO TRA VERONA E BOLZANO COME RISULTATO DELLA MODELLAZIONE APPLICATA IN ALPNAP. (HEIMANN D. ET AL., 2007).....	2-182
FIGURA 2-114: DISTRIBUZIONE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE NEL TRATTO INFERIORE DI AUTOSTRADA A22 ANALIZZATO IN ALPNAP. (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-183
FIGURA 2-115: RAPPRESENTAZIONE GIS DELL'IMPATTO DA ESPOSIZIONE DA NO ₂ (A SINISTRA) E PM ₁₀ (A DESTRA) NEL TRATTO INFERIORE DELL'A22 ANALIZZATO IN ALPNAP. (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-184
FIGURA 2-116: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'INVERNO 2008.....	2-186

FIGURA 2-117: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALLA PRIMAVERA 2008.....	2-186
FIGURA 2-118: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'ESTATE 2008.	2-187
FIGURA 2-119: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'AUTUNNO 2008.	2-187
FIGURA 2-120: CICLO GIORNALIERO DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO NELLA STAZIONE DI VERONA CASON, RELATIVO ALL'INTERO ANNO 2008.	2-188
FIGURA 2-121: MAPPA DELLE STAZIONI DI MISURA DI QUALITÀ DELL'ARIA DI ARPAV.....	2-192
FIGURA 2-122: CONFRONTO TRA CICLI DIURNI DEL BISSIDO DI ZOLFO IN ALCUNE STAZIONI DI MISURA.	2-208
FIGURA 2-123: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DEL BISSIDO DI ZOLFO IN ALCUNE STAZIONI DI MISURA.....	2-208
FIGURA 2-124: CONFRONTO TRA ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO ₂ DEL 2008 E QUELLO DEL 2007 NELLA STAZIONE DI VERONA ZAI.	2-213
FIGURA 2-125: NUMERO PROGRESSIVO DI SUPERAMENTI DELLA SOGLIA MEDIA GIORNALIERA DI PM ₁₀ NELLA STAZIONE DI VERONA CASON PER L'ANNO 2008.....	2-215
FIGURA 2-126: SCATTER PLOT TRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE DI NO ₂ RILEVATE NELLE STAZIONI DI CORSO MILANO E CASON FINO A MAGGIO 2007.....	2-216
FIGURA 2-127: SCATTER PLOT TRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE DI NO ₂ RILEVATE NELLE STAZIONI DI CORSO MILANO E CASON DA GIUGNO 2007.	2-216
FIGURA 2-128: SCATTER PLOT TRA LE CONCENTRAZIONI MEDIE ORARIE DI NO ₂ RILEVATE NELLE STAZIONI DI CORSO MILANO E CASON PER L'INTERO PERIODO 2004-2008.....	2-217
FIGURA 2-129: CORRELAZIONI TRA LE CONCENTRAZIONI ORARIA DI NO ₂ IN DIVERSE STAZIONI.....	2-217
FIGURA 2-130: CORRELAZIONI TRA LE CONCENTRAZIONI ORARIA DI NO ₂ IN DIVERSE STAZIONI.....	2-218
FIGURA 2-131: CONFRONTO TRA CICLI DIURNI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO ₂ IN DIVERSE STAZIONI....	2-219
FIGURA 2-132: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO ₂ IN DIVERSE STAZIONI. 2-	219
FIGURA 2-133: CONFRONTO TRA CICLI DIURNI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI O ₃ IN DIVERSE STAZIONI. 2-	220
FIGURA 2-134: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI O ₃ IN DIVERSE STAZIONI. ...	2-221
FIGURA 2-135: CONFRONTO TRA CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI PM ₁₀ IN DIVERSE STAZIONI.	2-222
FIGURA 2-136: CORRELAZIONE TRA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO ₂ E VELOCITÀ DEL VENTO NELLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA NELLA STAGIONE INVERNALE.	2-223
FIGURA 2-137: CORRELAZIONE TRA CONCENTRAZIONE ORARIA DI O ₃ E TEMPERATURA NELLA STAZIONE DI VERONA CASON.	2-223
FIGURA 2-138: CONCENTRAZIONI MEDIE ANNUE DI NO ₂ RILEVATE NELLA STAZIONE DI VERONA CORSO MILANO RELATIVE A TUTTO IL QUINQUENNIO E ISOLANDO LE SOLE CALME DI VENTO.	2-224
FIGURA 2-139: CORRELAZIONE TRA VALORI MEDI GIORNALIERI DI PM ₁₀ E NO ₂ MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL QUINQUENNIO 2004-2008.....	2-226
FIGURA 2-140: CICLI ANNUALI DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM ₁₀ E NO ₂ MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON.	2-227
FIGURA 2-141: CORRELAZIONE TRA VALORI MEDI GIORNALIERI DI PM ₁₀ E PM _{2,5} MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL BIENNIO 2007-2008.	2-228
FIGURA 2-142: ANDAMENTO DEL RAPPORTO TRA PM _{2,5} E PM ₁₀ MISURATI NELLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL 2008 E VALORE MEDIO ANNUALE (LINEA ROSSA ORIZZONTALE).....	2-229

FIGURA 2-143: ANDAMENTO DEL MASSIMO GIORNALIERO DELLE MEDIE MOBILI SU 8 H DELLA CONCENTRAZIONE DI OZONO, RELATIVO ALLA STAZIONE DI VR-CASON DURANTE IL 2004.	2-231
FIGURA 2-144: LOCALIZZAZIONE DELLE POSTAZIONI IN CUI SONO STATE EFFETTUATE LE CAMPAGNE MOBILI NEL QUINQUENNIO 2004-2008.	2-233
FIGURA 2-145: CONFRONTO TRA LA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO ₂ DELLA CAMPAGNA MOBILE 10 A S. GIOVANNI LUPATOTO E LA CONCENTRAZIONE DELLA CENTRALINA FISSA DI CORSO MILANO.	2-234
FIGURA 2-146: CONFRONTO TRA LA CONCENTRAZIONE GIORNALIERA DI PM ₁₀ DELLA CAMPAGNA MOBILE 10 A S. GIOVANNI LUPATOTO E LA CONCENTRAZIONE DELLA CENTRALINA FISSA DI CORSO MILANO.	2-235
FIGURA 2-147: DEFINIZIONE DELLE DIVERSE TIPOLOGIE DI STAZIONE (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).	2-237
FIGURA 2-148: CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI PER LA PROTEZIONE DEGLI ECOSISTEMI (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004). 2-237	
FIGURA 2-149: CARATTERISTICHE DELLE STAZIONI PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).....	2-238
FIGURA 2-150: CRITERI PER LA SCELTA DEL NUMERO DI CENTRALINE FISSE DA INSTALLARE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).	2-238
FIGURA 2-151: CRITERI PER LA SCELTA DEL NUMERO DI CENTRALINE FISSE DA INSTALLARE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA IN AREE ESTERNE DAGLI AGGLOMERATI (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).....	2-239
FIGURA 2-152: CRITERI PER LA SCELTA DEL NUMERO DI CENTRALINE FISSE DA INSTALLARE PER LA PROTEZIONE DELLA VEGETAZIONE E DEGLI ECOSISTEMI (DA LINEE GUIDA PER LA PREDISPOSIZIONE DELLE RETI DI MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA IN ITALIA, APAT, 2004).....	2-239
FIGURA 2-153: PUNTI DI MISURA DEI CAMPIONAMENTI PASSIVI DEL PROGETTO DI MAPPATURA DI AREE REMOTE DOCUP: GRIGLIA REGOLARE 18X18 KM.....	2-240
FIGURA 2-154: COMUNI INTERESSATI DAL PROGETTO DI MAPPATURA DI AREE REMOTE DOCUP: IN VERDE I COMUNI CHE HANNO BENEFICIATO DEL FINANZIAMENTO, IN ROSSO QUELLI MONITORATI AL DI FUORI DEL PROGETTO.	2-241
FIGURA 2-155: GIORNATE DI MISURA EFFETTUATE CON I MEZZI E LE STAZIONI MOBILI DURANTE IL QUINQUENNIO 2004-2008.....	2-242
FIGURA 2-156: ANDAMENTO DEL PM ₁₀ MISURATO A VILAFRANCA, IN VIA SOMMACAMPAGNA TRA IL 3.9.2004 E IL 12.10.2004 E QUELLO RILEVATO NELLO STESSO PERIODO NELLA CENTRALINA FISSA DI CORSO MILANO. 2-243	
FIGURA 2-157: VARIAZIONI DI TRAFFICO DEL GIORNO 8 FEBBRAIO 2008 IN CORRISPONDENZA DELLA CIRCONVALLAZIONE INTERNA DI VERONA RISPETTO ALLE ALTRE DOMENICHE DELL'ANNO (COMUNE DI VERONA, UFFICIO MOBILITÀ E TRAFFICO).....	2-246
FIGURA 2-158: VARIAZIONI DI TRAFFICO DEL GIORNO 8 FEBBRAIO 2008 IN CORRISPONDENZA DEI VARCHI DI ACCESSO ALLA CITTÀ RISPETTO ALLE ALTRE DOMENICHE DELL'ANNO (COMUNE DI VERONA, UFFICIO MOBILITÀ E TRAFFICO).	2-246
FIGURA 2-159: ANDAMENTO DIURNO E STAGIONALE DELL'ALTEZZA DI RIMESCOLAMENTO A VERONA.....	2-249
FIGURA 2-160: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM ₁₀ NELL'ANNO 2005 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO JUVARA.	2-252
FIGURA 2-161: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM ₁₀ NELL'ANNO 2006 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO JUVARA.	2-252

FIGURA 2-162: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL'ANNO 2007 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.....	2-253
FIGURA 2-163: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL'ANNO 2008 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.....	2-253
FIGURA 2-164: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NELL'ANNO 2009 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.....	2-253
FIGURA 2-165: ANDAMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} NEI MESI DI GENNAIO E FEBBRAIO DEL 2010 TRA LE STAZIONI DI B.GO MILANO E MILANO VERZIERE.....	2-254
FIGURA 2-166: ANALISI DELLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} IN UN CASO ACUTO DI INQUINAMENTO SU BACINO PADANO-ADRIATICO DA MODELLO NINFA (ARPA-ER).....	2-254
FIGURA 2-167: SCHEMA CONCETTUALE DI CONTRIBUTI ALLA CONCENTRAZIONE DI PM_{10} IN DIVERSI PUNTI DI MONITORAGGIO.....	2-255
FIGURA 2-168: SETTIMANA TIPO DI CONCENTRAZIONE DI PM_{10} CALCOLATA A E B.GO MILANO E CASON NEL 2009.	2-255
FIGURA 2-169: ANDAMENTO DELL'ALTEZZA DI MESCOLAMENTO H_{MIX} , DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM_{10} E DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 MISURATE NELLA STAZIONE DI VERONA CASON NEL PERIODO COMPRESO TRA IL 18.01.2008 E IL 07.02.2008.....	2-257
FIGURA 2-170: ANDAMENTO DELL'ALTEZZA DI MESCOLAMENTO H_{MIX} , DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA GIORNALIERA DI PM_{10} E DELLA CONCENTRAZIONE ORARIA DI NO_2 MISURATE NELLA STAZIONE DI VERONA CASON NEL PERIODO COMPRESO TRA IL 08.02.2008 E IL 28.02.2008.	2-258
FIGURA 2-171: MORTALITÀ TOTALE PER GRUPPI DI CAUSE – PROVINCIA DI VERONA – ANNO 2006.	2-269
FIGURA 2-172: MORTALITÀ TOTALE PER GRUPPI DI CAUSE. FREQUENZA RELATIVA ULSS 20 ANNO 2007.	2-270

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 2-1: ELENCO DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE DELLA RETE DI TELERILEVAMENTO GESTITA DA ARPAV – CMT UTILIZZATA PER IL PRESENTE STUDIO.	2-24
TABELLA 2-2: ELENCO DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE ARPAV PRESE IN ESAME, INTERVALLO TEMPORALE DI DATI ANALIZZATO E CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE.....	2-25
TABELLA 2-3: ELENCO DELLE STAZIONI METEOROLOGICHE ARPAV PRESE IN ESAME E DEI PARAMETRI ANALIZZATI PER CIASCUNA STAZIONE.	2-25
TABELLA 2-4: ELENCO DELLE STAZIONI DI QUALITÀ DELL'ARIA ARPAV DI CUI SONO STATI ANALIZZATI I DATI METEOROLOGICI.	2-26
TABELLA 2-5: DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI STABILITÀ DI PASQUILL NELLE ORE DIURNE.	2-28
TABELLA 2-6: DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI STABILITÀ DI PASQUILL NELLE ORE NOTTURNE.	2-28
TABELLA 2-7: DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI STABILITÀ DI PASQUILL NELLE ORE NOTTURNE: SCHEMA BASATO SULLE CAMPAGNE DI MISURA DEL PROGETTO ALPNAP.	2-28
TABELLA 2-8: PERCENTUALE DI DATI VALIDI PER CIASCUN PARAMETRO METEOROLOGICO, RELATIVO AL QUINQUENNIO 2004-2008, NELLE STAZIONI ESAMINATE.	2-29
TABELLA 2-9: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI BARDOLINO.....	2-32
TABELLA 2-10: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA.	2-34
TABELLA 2-11: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI BUTTAPIETRA.....	2-37
TABELLA 2-12: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI CASTELNUOVO DEL GARDA.	2-39
TABELLA 2-13: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI GREZZANA.	2-42
TABELLA 2-14: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI ILLASI.2-44	
TABELLA 2-15: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI MARANO DI VALPOLICELLA.....	2-47
TABELLA 2-16: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN PIETRO IN CARIANO.	2-47
TABELLA 2-17: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VALEGGIO SUL MINCIO.....	2-50
TABELLA 2-18: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VILLAFRANCA VERONESE.	2-52
TABELLA 2-19: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CASON.	2-54
TABELLA 2-20: VALORI MEDI DEI PRINCIPALI PARAMETRI METEOROLOGICI MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-VIA DOMINUTTI.....	2-57
TABELLA 2-21: ELENCO DELLE PERCENTUALI DI GIORNI DEL QUINQUENNIO 2004-2008 APPARTENENTI AI QUATTRO SCENARI METEOROLOGICI INDIVIDUATI PER TUTTE LE STAZIONI.	2-71
TABELLA 2-22: NUMERO DI IMPRESE REGistrate ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA NEGLI ANNI 2007 E 2009, SUDDIVISE PER SETTORE.	2-86
TABELLA 2-23: IMPRESE DEL SETTORE MANIFATTURIERO REGISTRATE ALLA CAMERA DI COMMERCIO DI VERONA.	2-87

TABELLA 2-24: LUNGHEZZA TOTALE DELLE STRADE ESISTENTI E IN PROGETTO (KM) NEL TERRITORIO DEI 18 COMUNI ADERENTI AL PIANO. AREA TOTALE DEGLI INSEDIAMENTI PRODUTTIVI E DELLE AREE TURISTICHE ESISTENTI E IN PROGETTO (KM ²) NEL TERRITORIO DEI 18 COMUNI ADERENTI AL PIANO.	2-90
TABELLA 2-25: VARIAZIONE DELLA POPOLAZIONE TRA IL 2008 E IL 2009 NEI DIVERSI COMUNI (DATO ISTAT)....	2-93
TABELLA 2-26: FATTORI DI EMISSIONE MEDI DA TRAFFICO IN LOMBARDIA NEL 2005 PER TIPO DI VEICOLO E TIPO STRADA - DATI FINALI (PARTE I).....	2-99
TABELLA 2-27: FATTORI DI EMISSIONE MEDI DA TRAFFICO IN LOMBARDIA NEL 2005 PER TIPO DI VEICOLO E TIPO STRADA - DATI FINALI (PARTE II).....	2-100
TABELLA 2-28: EMISSIONI TOTALI ANNUE DA TRAFFICO LINEARE SUL TERRITORIO DI CIASCUN COMUNE - PARTE I.	2-103
TABELLA 2-29: EMISSIONI TOTALI ANNUE DA TRAFFICO LINEARE SUL TERRITORIO DI CIASCUN COMUNE - PARTE II.	2-104
TABELLA 2-30: ESTENSIONE DELLA RETE EXTRAURBANA E AUTOSTRADALE NEI COMUNI IN OGGETTO.	2-106
TABELLA 2-31: CHILOMETRI PERCORSI LUNGO STRADE EXTRAURBANE E AUTOSTRADE NELL' AREA IN ESAME.	2-107
TABELLA 2-32: NUMERO DI IMPRESE PER CIASCUN COMUNE DI CUI SI HANNO A DISPOSIZIONE DEI DATI DI EMISSIONE O PRODUZIONE.	2-111
TABELLA 2-33: EMISSIONI TOTALI ANNUE, ESPRESSE IN T/ANNO, DOVUTE ALLE SORGENTI PUNTUALI.	2-114
TABELLA 2-34: EMISSIONI TOTALI ANNUE DERIVANTI DALLA DISCARICA DI PESCANTINA.	2-117
TABELLA 2-35: IMPATTO DEI PRINCIPALI ATTRATTORI DI TRAFFICO CONSIDERATI.	2-119
TABELLA 2-36: DATI DEI MOVIMENTI AEREI ALL' AEROPORTO VALERIO CATULLO NELL' ANNO 2007 E RELATIVE EMISSIONI.	2-121
TABELLA 2-37: RIPARTIZIONE DELLE EMISSIONI DI CO E NO _x DOVUTE ALLA PRESENZA DELL' AEROPORTO. ...	2-122
TABELLA 2-38: STIME PER IL CONSUMO MEDIO DI GAS METANO PRO CAPITE.	2-124
TABELLA 2-39: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE CALDAIE A METANO CON POTENZA INFERIORE AI 50 MW.	2-124
TABELLA 2-40: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSIDO DI ZOLFO (SO ₂), BISSIDO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A METANO.	2-125
TABELLA 2-41: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPENSE (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A METANO.	2-125
TABELLA 2-42: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE CALDAIE A GPL CON POTENZA INFERIORE AI 50 MW.	2-126
TABELLA 2-43: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE CALDAIE A METANO CON POTENZA INFERIORE AI 50 MW.	2-126
TABELLA 2-44: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSIDO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GPL.	2-127
TABELLA 2-45: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPENSE (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GPL.	2-127
TABELLA 2-46: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSIDO DI ZOLFO (SO ₂), BISSIDO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GASOLIO.	2-128

TABELLA 2-47: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPESSE (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE AGLI IMPIANTI CIVILI DI RISCALDAMENTO A GASOLIO.	2-129
TABELLA 2-48: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI BISSO DI ZOLFO (SO ₂), BISSO DI AZOTO (NO ₂), COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) E METANO (CH ₄), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE MACROSETTORE DEL RISCALDAMENTO DOMESTICO.	2-129
TABELLA 2-49: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI MONOSSIDO DI CARBONIO (CO), ANIDRIDE CARBONICA (CO ₂), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E POLVERI TOTALI SOSPESSE (PTS), ESPRESSE IN T/ANNO E DOVUTE ALL'INTERO SETTORE DEL MACROSETTORE DEL RISCALDAMENTO DOMESTICO.	2-130
TABELLA 2-50: CONFRONTO DEI RISULTATI PER IL SETTORE DEL RISCALDAMENTO DOMESTICO CON I DATI DELL'INVENTARIO ISPRA DISAGGREGATO SU BASE COMUNALE.....	2-131
TABELLA 2-51: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE COLTIVAZIONI CON FERTILIZZANTI. ..	2-132
TABELLA 2-52: FATTORI DI EMISSIONI UTILIZZATI DA INEMAR PER LE COLTIVAZIONI SENZA FERTILIZZANTI.	2-132
TABELLA 2-53: EMISSIONI TOTALI ANNUE DI OSSIDI DI AZOTO (NO _x), PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) E AMMONIACA (NH ₃), ESPRESSE IN T/ANNO DOVUTE AL SETTORE DELL'AGRICOLTURA.....	2-133
TABELLA 2-54: CONSISTENZA DEGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI – PARTE I.....	2-134
TABELLA 2-55: CONSISTENZA DEGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI – PARTE II.....	2-134
TABELLA 2-56: FATTORI DI EMISSIONE DI INEMAR PER GLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI.	2-135
TABELLA 2-57: EMISSIONE DI METANO (CH ₄) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE I.....	2-135
TABELLA 2-58: EMISSIONE DI METANO (CH ₄) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE II.	2-136
TABELLA 2-59: EMISSIONE DI AMMONIACA (NH ₃) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE I.	2-136
TABELLA 2-60: EMISSIONE DI AMMONIACA (NH ₃) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE II.....	2-137
TABELLA 2-61: EMISSIONE DI PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE I.....	2-138
TABELLA 2-62: EMISSIONE DI PROTOSSIDO DI AZOTO (N ₂ O) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO - PARTE II.	2-138
TABELLA 2-63: EMISSIONE DI COMPOSTI ORGANICI VOLATILI (COV) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO.....	2-139
TABELLA 2-64: EMISSIONE DI PM ₁₀ DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE I.....	2-139
TABELLA 2-65: EMISSIONE DI PM ₁₀ DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE II.	2-140
TABELLA 2-66: EMISSIONE DI PM _{2,5} DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE I.....	2-140
TABELLA 2-67: EMISSIONE DI PM _{2,5} DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE II.	2-141
TABELLA 2-68: EMISSIONE DI POLVERI TOTALI SOSPESSE (PTS) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE I.	2-142
TABELLA 2-69: EMISSIONE DI POLVERI TOTALI SOSPESSE (PTS) DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER LE DIVERSE SPECIE ANIMALI ESPRESSE IN T/ANNO – PARTE II.....	2-142
TABELLA 2-70: EMISSIONE DERIVANTI DAGLI ALLEVAMENTI ZOOTECNICI PER CIASCUN COMUNE, ESPRESSE IN T/ANNO.....	2-143

TABELLA 2-71: EMISSIONE TOTALI ANNUE DERIVANTI DAL MACROSETTORE 10, ESPRESSE IN T/ANNO.	2-143
TABELLA 2-72: EMISSIONE TOTALI ANNUE DERIVANTI DAL MACROSETTORE 10, ESPRESSE IN T/ANNO: DATO DELL'INVENTARIO ISPRA DISAGGREGATO.	2-144
TABELLA 2-73: CLASSIFICAZIONE DEI MACROSETTORI SNAP E AGGREGAZIONE UTILIZZATA.....	2-146
TABELLA 2-74: EMISSIONI DI SO ₂ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.....	2-147
TABELLA 2-75: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI SO ₂ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.....	2-147
TABELLA 2-76: EMISSIONI DI NO _x , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-148
TABELLA 2-77: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI NO _x NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-148
TABELLA 2-78: EMISSIONI DI CO, ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.....	2-149
TABELLA 2-79: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI CO NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.....	2-149
TABELLA 2-80: EMISSIONI DI CH ₄ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-150
TABELLA 2-81: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI CH ₄ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-151
TABELLA 2-82: EMISSIONI DI NH ₃ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-151
TABELLA 2-83: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI NH ₃ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-152
TABELLA 2-84: EMISSIONI DI PM ₁₀ , ESPRESSE IN T/ANNO, RIPARTITE NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-152
TABELLA 2-85: EMISSIONE PERCENTUALE DELLE EMISSIONI DI PM ₁₀ NEI MACRO-COMPARTI INDIVIDUATI.	2-153
TABELLA 2-86: EMISSIONI TOTALI AUTORIZZATE: IMPIANTO PRODUTTIVO MONDADORI PRINTING S.P.A.	2-164
TABELLA 2-87: FATTORI DI EMISSIONE UTILIZZATI NELLA SIMULAZIONE.....	2-170
TABELLA 2-88: VALORE MEDIO ANNUO, MASSIMO E MINIMO ORARIO DI NO _x NEI PUNTI INDICATI IN FIGURA 2-106, IN CORRISPONDENZA DELL'INCROCIO PIÙ TRAFFICATO.	2-171
TABELLA 2-89: VALORE MEDIO ANNUO, MASSIMO E MINIMO GIORNALIERO DI PM ₁₀ NEI PUNTI INDICATI IN FIGURA 2-106 IN CORRISPONDENZA DELL'INCROCIO PIÙ TRAFFICATO.	2-172
TABELLA 2-90: DATI UTILIZZATI PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO A LIVELLO LOCALE, A SCALA INTERMEDIA E A GRANDE SCALA (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-177
TABELLA 2-91: DATI UTILIZZATI PER LA VALUTAZIONE DELL'IMPATTO A LIVELLO LOCALE, A SCALA INTERMEDIA E A GRANDE SCALA (HEIMANN D. ET AL., 2007).	2-178
TABELLA 2-92: ELENCO DELLE STAZIONI DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA ARPAV ANALIZZATE. ...	2-191
TABELLA 2-93: ELENCO DELLE STAZIONI DI QUALITÀ DELL'ARIA ARPAV PRESE IN ESAME E DEI PARAMETRI ANALIZZATI PER CIASCUNA STAZIONE.	2-192
TABELLA 2-94: PERCENTUALE DI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA VALIDI NEL QUINQUENNIO 2004-2008 (PARTE I). .	2-193
TABELLA 2-95: PERCENTUALE DI DATI DI QUALITÀ DELL'ARIA VALIDI NEL QUINQUENNIO 2004-2008 (PARTE II). 2-	194
TABELLA 2-96: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA.	2-195
TABELLA 2-97: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOSCO CHIESANUOVA.	2-195
TABELLA 2-98: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOVOLONE.2-	195
TABELLA 2-99: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI BOVOLONE.	2-196
TABELLA 2-100: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI LEGNAGO.2-	196
TABELLA 2-101: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI LEGNAGO.....	2-196

TABELLA 2-102: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN BONIFACIO.	2-197
TABELLA 2-103: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN BONIFACIO.	2-197
TABELLA 2-104: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN MARTINO B.A.	2-197
TABELLA 2-105: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN MARTINO B.A.	2-197
TABELLA 2-106: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA.	2-198
TABELLA 2-107: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VILLAFRANCA DI VERONA.	2-198
TABELLA 2-108: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CASON.	2-198
TABELLA 2-109: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CASON.	2-199
TABELLA 2-110: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CORSO MILANO.	2-199
TABELLA 2-111: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CORSO MILANO.	2-199
TABELLA 2-112: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-PIAZZA BERNARDI.	2-200
TABELLA 2-113: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-CORSO MILANO.	2-200
TABELLA 2-114: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-SAN GIACOMO.	2-200
TABELLA 2-115: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-SAN GIACOMO.	2-200
TABELLA 2-116: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-ZAI.	2-201
TABELLA 2-117: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-ZAI.	2-201
TABELLA 2-118: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-TORRICELLE.	2-201
TABELLA 2-119: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-TORRICELLE.	2-202
TABELLA 2-120: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI CA' DEL BUE.	2-202
TABELLA 2-121: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI VERONA-TORRICELLE.	2-202
TABELLA 2-122 - VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI MATOZZE.	2-203
TABELLA 2-123: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI MATOZZE.	2-203
TABELLA 2-124: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN GIOVANNI LUPATOTO.	2-203

TABELLA 2-125: COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE TRA PARAMETRI DI QUALITÀ DELL'ARIA MISURATI NELLA STAZIONE DI SAN GIOVANNI LUPATOTO.	2-204
TABELLA 2-126: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2004.	2-204
TABELLA 2-127: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2005.	2-205
TABELLA 2-128: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2006.	2-206
TABELLA 2-129: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2007.	2-206
TABELLA 2-130: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI ZOLFO PER L'ANNO 2008.	2-207
TABELLA 2-131: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2004.	2-209
TABELLA 2-132: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2005.	2-210
TABELLA 2-133: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2006.	2-210
TABELLA 2-134: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2007.	2-211
TABELLA 2-135: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL BIOSSIDO DI AZOTO PER L'ANNO 2008.	2-211
TABELLA 2-136: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2004.	2-213
TABELLA 2-137: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2005.	2-213
TABELLA 2-138: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2006.	2-214
TABELLA 2-139: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2007.	2-214
TABELLA 2-140: SUPERAMENTI DEI LIMITI DI LEGGE (D.M. 60/2002) PER IL PM ₁₀ PER L'ANNO 2008.	2-214
TABELLA 2-141: EPISODI ACUTI SELEZIONATI.	2-225
TABELLA 2-142: VALORI MEDI ANNUI PM _{2,5} – VERONA CASON.	2-229
TABELLA 2-143: VALORI LIMITE PER L'OZONO (DA D.LGS. 183/2004).....	2-229
TABELLA 2-144: LIMITI DI SUPERAMENTO PER L'OZONO.	2-230
TABELLA 2-145: ELENCO DELLE CAMPAGNE DI MISURA EFFETTUATE CON MEZZI MOBILI NEL QUINQUENNIO 2004-2008 E VERIFICATE IN CONCOMITANZA DI EPISODI ACUTI DI INQUINAMENTO.	2-231
TABELLA 2-146: MEDIA DELLE CONCENTRAZIONI DI NO ₂ MISURATE NELLE CAMPAGNE MOBILI E NELLE CENTRALINE FISSE E PERCENTUALE DI DATI VALIDI.	2-233
TABELLA 2-147: MEDIA DELLE CONCENTRAZIONI DI PM ₁₀ MISURATE NELLE CAMPAGNE MOBILI E NELLE CENTRALINE FISSE E PERCENTUALE DI DATI VALIDI.	2-234
TABELLA 2-148: PERIODI ACUTI DI INQUINAMENTO DA PM ₁₀ DA FINE 2002 AD INIZIO 2010.	2-250
TABELLA 2-149: PERIODI ACUTI DI INQUINAMENTO DA PM ₁₀ DA FINE 2002 AD INIZIO 2010.	2-250
TABELLA 2-150: CORRELAZIONE TRA LE CONCENTRAZIONI MISURATE A BORGO MILANO (VR) E JUVARA, VERZIERE (MI).....	2-252

2 ANALISI DELLA SITUAZIONE ATTUALE

2.1 CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO

Gli elementi fondamentali del territorio e dell'ambiente della Provincia di Verona sono reperibili in varie fonti di letteratura, a partire dalla ben nota monografia comprensiva di Sormani-Moretti (1904). Informazioni più aggiornate si trovano in alcune pubblicazioni, come i rapporti sullo stato dell'Ambiente pubblicati annualmente da ARPAV. Di seguito si richiameranno i fattori meteo-climatologici che più direttamente incidono sui processi di diffusione, dispersione e trasformazione degli inquinanti in atmosfera.

Il clima della Provincia di Verona, pur rientrando nella tipologia continentale dell'area mediterranea, presenta proprie peculiarità, trovandosi in una zona di transizione tra la costa adriatica e la catena alpina, che separa questo territorio dall'area continentale centro-europea. Ad una analisi più di dettaglio, il territorio della provincia di Verona può esser suddiviso in più zone che, per la loro morfologia, presentano caratteristiche climatiche distinte:

- zone di bassa pianura (le aree più meridionali del territorio provinciale);
- zone di alta pianura;
- zone di alta montagna (Monte Baldo e Lessinia);
- zone vallive, che possono a loro volta presentare caratteri diversi a seconda che si tratti di valli profonde (Val d'Adige) o valli più basse (come Valle di Fumane, Valpantena, Val d'Illasi, Val d'Alpone);
- zone lacustri (aree costiere del lago di Garda).

L'area di pertinenza del presente Piano è un sottoinsieme del territorio provinciale e include, come si vedrà al paragrafo seguente, solo alcune delle tipologie di zone sopra descritte.

2.1.1 Caratteristiche morfologiche (paragrafo a cura di ARPA Veneto)

L'area presa in esame per il presente studio include sostanzialmente due delle tipologie sopra indicate, ossia zone pianeggianti e zone collinari. Queste ultime comprendono parte dell'Alta Valpolicella e parte delle zone pedemontane delle prealpi veronesi prospicienti la pianura. L'unica zona costiera è costituita da una modesta porzione del Comune di Castelnuovo del Garda e non vi sono elementi sufficienti a giustificare un'analisi distinta.

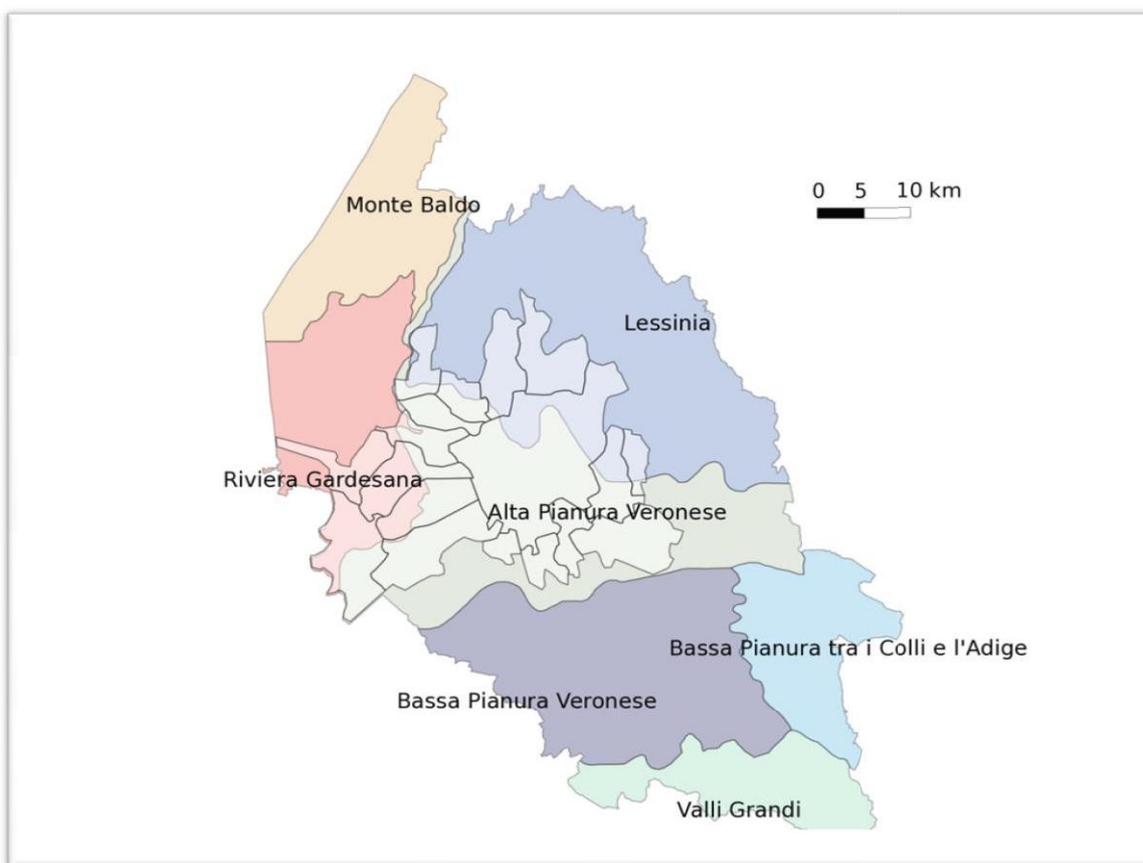


Figura 2-1: Ambiti territoriali della provincia di Verona (tratta dal PTCP, Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale); in evidenza i omuni interessati dal presente studio.

Nelle zone pianeggianti si realizzano condizioni climatiche caratteristiche del clima continentale con inverni rigidi ed estati calde ed afose. L'elemento determinante è la scarsa circolazione aerea tipica del clima padano, con frequente ristagno delle masse d'aria specialmente nel periodo invernale. Nel campo termico si realizzano forti escursioni termiche giornaliere, molto accentuate in estate con valori fino a 20°C. In inverno, l'escursione termica giornaliera può ridursi anche a valori prossimi a 1°C, come conseguenza delle inversioni termiche e della presenza di formazioni nebbiose che interessano prevalentemente le zone pianeggianti rispetto a quelle collinari.

L'umidità relativa presenta valori frequentemente elevati durante la stagione che va dal tardo autunno fino all'inizio della primavera; ciò è conseguente sia del maggior transito dei sistemi perturbati e sia, in condizioni anticicloniche, dei processi di saturazione e successiva condensazione del vapore acqueo presente nei bassi strati. Questi ultimi determinano la frequente formazione di foschie o di nebbie. L'andamento anemometrico evidenzia due direzioni principali di provenienza del vento: la prima e più significativa compresa tra ENE e SE e la seconda direzione tra W e WNW. I venti sono deboli e vi è una predominanza della calma di vento. La temperatura non è governata solo dalla normale diminuzione con la quota. Infatti a questa si associa anche il fenomeno dell'inversione termica, per cui l'aria più fredda,

e quindi più pesante, tende a raccogliersi nei fondovalle e negli avvallamenti, specialmente durante l'inverno.

2.1.2 Caratterizzazione meteo-climatologica per la qualità dell'aria

La determinazione dell'inquinamento atmosferico – cioè della distribuzione, nello spazio e nel tempo, della concentrazione di sostanze inquinanti in atmosfera che possano determinare un danno potenziale per la salute umana e per quella dell'ecosistema in generale – è il risultato dell'interazione di due fattori fondamentali:

- la quantità di inquinanti effettivamente emessi in atmosfera;
- la loro ridistribuzione a seguito di fenomeni di dispersione, trasformazione o accumulo determinati da fattori meteorologici.

Il presente inquadramento meteo-climatologico ha lo scopo di mettere in luce come tali fattori si presentano nel caso in esame e quali criticità possono derivare dalle specifiche caratteristiche meteo-climatologiche dell'area in esame. Esso consiste in una analisi statistica di serie temporali di osservazioni meteorologiche locali, in grado di evidenziare le caratteristiche della zona dal punto di vista della ventosità, della radiazione solare, della stabilità atmosferica, ed in generale delle caratteristiche dispersive dell'atmosfera.

Lo scopo è quello di riuscire a caratterizzare in maniera più dettagliata le peculiarità del territorio dal punto di vista meteorologico, con l'intento finale di pervenire a una definizione il più accurata possibile di un indice di criticità meteorologica.

Tale caratterizzazione prevede due aspetti:

1. Una valutazione complessiva delle caratteristiche meteo-climatologiche del territorio e delle sue parti sulla base delle caratteristiche geomorfologiche e dell'analisi comparata dei risultati delle elaborazioni di dati da misure di parametri meteo-climatologici.
2. La creazione di una base di dati che costituisca un supporto alla successiva simulazione, mediante modelli numerici, di processi di dispersione degli inquinanti al fine di valutare le concentrazioni che si determinano nelle varie situazioni.

L'analisi dei parametri meteorologici, come l'intensità e la direzione del vento o l'intensità di precipitazione, è fondamentale per poter valutare la capacità dell'atmosfera di disperdere gli inquinanti. Inoltre consente di stabilire se esistono direzioni preferenziali per il vento dovute alla morfologia e all'orografia del terreno, che possano determinare dispersione preferenziale in una determinata direzione. L'analisi della temperatura dell'aria, invece, consente di poter fare una stima delle reazioni chimiche che avvengono in atmosfera e che sono alla base della formazione degli inquinanti secondari. Inoltre essa consente di valutare la struttura termica verticale, determinante per l'altezza dello strato di atmosfera nel quale gli inquinanti si ridistribuiscono. Il punto di partenza del lavoro è rappresentato dai dati registrati nelle stazioni meteorologiche automatiche presenti nei territori indicati e facenti capo alla rete di misura del Centro Meteorologico di Teolo (ARPAV). L'elaborazione delle informazioni fornite dalle

stazioni ha permesso di individuare gli scenari meteorologici più ricorrenti e di costruire i cicli diurni dei parametri presi in considerazione, arrivando in tal modo a identificare le caratteristiche meteoroclimatiche peculiari delle zone oggetto di analisi.

Inoltre, la costituzione di una base di dati completa e rappresentativa delle variabili meteorologiche è la premessa indispensabile per la ricostruzione di campi tridimensionali di tali variabili (ed in particolare di campi di vento e di temperatura) che costituiscono il dato di ingresso necessario, unitamente alle informazioni sulle emissioni (inventario delle emissioni), per la simulazione mediante modelli matematici numerici, dei processi di trasporto degli inquinanti nelle diverse condizioni meteorologiche e climatologiche. Questo è l'unico modo per poter definire degli scenari non solo meteorologici, ma anche di trasporto degli inquinati e quindi delle concentrazioni al suolo attese nelle diverse situazioni. Incrociando questi dati con la distribuzione della densità di popolazione sul territorio è possibile infine conseguire su basi oggettive una valutazione rigorosa e quantitativa dell'esposizione della popolazione a rischi per la salute.

2.1.2.1 La rete di monitoraggio meteorologico ARPAV

L'Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV), tramite il Centro Meteorologico di Teolo, gestisce una rete di telerilevamento dei parametri meteorologici costituita da un sistema di circa duecento stazioni automatiche ubicate sull'intero territorio regionale. Le stazioni sono collegate via radio alla centrale di acquisizione, alla quale trasmettono in tempo reale i dati misurati.

2.1.2.2 Basi di dati utilizzate

Tra tutte le stazioni meteorologiche ubicate all'interno del territorio della Provincia di Verona, si sono selezionate quelle situate all'interno dell'area di risanamento, nonché alcune collocate all'esterno, ma limitrofe (Bardolino, Marano di Valpolicella, Illasi e Bosco Chiesanuova) in quanto utili a meglio caratterizzare l'area in esame. In particolare a Bosco Chiesanuova è ubicata (come si vedrà più avanti) anche una stazione di qualità dell'aria, l'unica del territorio provinciale ad essere definita da ARPAV come "rurale di background", cioè adottata come riferimento per la stima delle concentrazioni di fondo nelle valutazioni sull'inquinamento atmosferico. La mappa delle stazioni meteorologiche utilizzate è rappresentata in Figura 2-2.

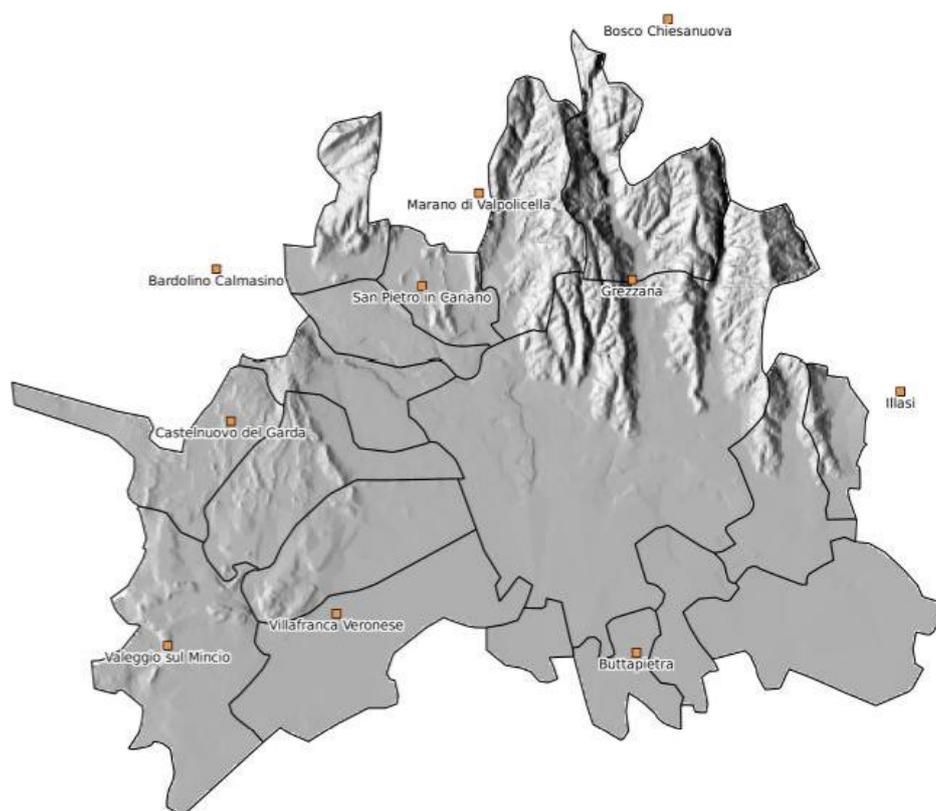


Figura 2-2: Mappa delle stazioni di monitoraggio meteorologico di ARPAV.

Tabella 2-1: Elenco delle stazioni meteorologiche della rete di telerilevamento gestita da ARPAV – CMT utilizzata per il presente studio.

Stazione	Data di inizio della serie di dati
Bardolino Calmasino	1991
Buttapietra	1991
Castelnovo del Garda	1991
Grezzana	1992
Illasi	1991
Marano di Valpolicella	1991
San Pietro in Cariano	1991
Valeggio sul Mincio	2001
Villafranca di Verona	1990
Bosco Chiesanuova	1999

Per l'analisi delle caratteristiche meteorologiche e climatologiche della zona in esame, si sono selezionati e analizzati i dati relativi al quinquennio 2004-2008. Questa scelta riflette la valutazione che un intervallo temporale pari a cinque anni interi sia da un lato sufficientemente esteso da ridurre effetti, che potrebbero alterare la significatività dell'analisi statistica (come ad esempio la presenza di eventuali lacune della base di dati), dall'altro

sufficientemente aggiornato da riflettere la situazione meteo-climatologica recente per un più diretto confronto con l'analisi dei dati di qualità dell'aria sullo stesso periodo (come si vedrà più avanti).

Tabella 2-2: Elenco delle stazioni meteorologiche ARPAV prese in esame, intervallo temporale di dati analizzato e caratteristiche geografiche.

Stazione	Periodo dati	Quota [m]	Coordinata E UTM [m]	Coordinata N UTM [m]
Bardolino Calmasino	2004-2008	165	637900.8	5042053.4
Bosco Chiesanuova	2004-2008	1050	658942.3	5053779.9
Buttapietra	2004-2008	39	657474.1	5024128.7
Castelnuovo del Garda	2004-2008	120	638578.7	5034985.3
Grezzana	2004-2008	156	657278.3	5041560.2
Ilasi	2004-2008	146	669773.9	5036369.3
Marano di Valpolicella	2004-2008	296	650139.5	5045625.2
San Pietro in Cariano	2004-2008	130	647485.5	5041265.4
Valeggio sul Mincio	2004-2008	115	635631.7	5024460
Villafranca di Verona	2004-2008	66	643500.5	5025956.8

Per ciascuna stazione si sono analizzati i valori medi orari relativi alle grandezze meteorologiche prescritte dalla WMO (World Meteorological Organization) come parametri standard. Le stesse sono riassunte in Tabella 2-3.

Tabella 2-3: Elenco delle stazioni meteorologiche ARPAV prese in esame e dei parametri analizzati per ciascuna stazione.

Stazione	Direzione e velocità del vento			Radiazione solare	Temperatura a 2 m	Umidità relativa	Precipitazione
	2 m	5 m	10 m				
Bardolino Calmasino			x	x	x	x	x
Bosco Chiesanuova		x		x	x	x	x
Buttapietra	x			x	x	x	x
Castelnuovo del Garda	x			x	x	x	x
Grezzana	x			x	x	x	x
Ilasi	x			x	x	x	x
Marano di Valpolicella	x			x	x	x	x
San Pietro in Cariano				x	x	x	x
Valeggio sul Mincio		x		x	x	x	x
Villafranca di Verona	x			x	x	x	x

Come si può notare i parametri misurati non sono gli stessi per le diverse stazioni. Le differenze maggiori si riscontrano nelle misure della velocità e della direzione del vento, che

sono effettuate in alcune stazioni ad una quota pari a 2 m dal suolo, in altre a 10 m (questa è la quota raccomandata dagli standard del WMO) e in altre a 5 m. Di questo si dovrà tenere conto nell'analisi e nel confronto dei dati di velocità del vento nelle diverse stazioni.

Osservando la localizzazione delle stazioni esistenti, si può notare come non sia presente alcuna stazione meteorologica all'interno del territorio del Comune di Verona, ad eccezione di una stazione installata in località Chievo solo nel 2009. Per questa non è dunque disponibile un numero statisticamente significativo di dati. Per compensare questa carenza, sono stati utilizzati anche i dati meteorologici raccolti presso la stazione di misura della qualità dell'aria di Verona Cason e presso la stazione meteorologica installata sopra l'edificio che ospita la sede del Dipartimento Provinciale di Verona dell'ARPAV in via Dominutti (Basso Acquar).

Tabella 2-4: Elenco delle stazioni di qualità dell'aria ARPAV di cui sono stati analizzati i dati meteorologici.

Stazione	Periodo dati	Quota s.l.m. [m]	Coordinata E UTM [m]	Coordinata N UTM [m]
Verona - Cason	2004-2008	91	649428.9	5035994.5
Verona – via Dominutti	2004-2008	57	655871.1	5032293.3

Anche per queste stazioni si sono analizzati i dati di velocità e direzione del vento, temperatura, radiazione solare, umidità relativa e precipitazione.

2.1.2.3 Analisi dei dati

La base di dati meteorologici a disposizione è stata analizzata statisticamente e si sono calcolati i parametri statistici normalmente utilizzati come indici di posizione, quali la media aritmetica e la mediana e indici di dispersione come ad esempio lo scarto quadratico medio. I primi forniscono un'espressione sintetica del fenomeno osservato, i secondi una misura della variabilità e della dispersione dei dati rispetto al valore medio. Inoltre si sono analizzati i valori massimi e minimi delle serie temporali per avere informazioni sull'intervallo di variazione della grandezza misurata.

Nel caso della direzione del vento, si è calcolato il valore medio con il metodo "weighted vector", che consiste nello scomporre dapprima il vettore velocità nelle due componenti, quindi nel calcolare la media aritmetica di ciascuna componente e infine la direzione del vettore medio risultante.

Questi indicatori statistici sono riassunti in tabelle e riportati in grafici denominati *boxplot*. In questo tipo di grafico si rappresenta con una barra colorata il range esistente tra il quartile inferiore e quello superiore, con una linea orizzontale nera il valore della mediana, con un punto blu il valore della media aritmetica e con linee tratteggiate che si allungano dai bordi della barra il minimo e il massimo della serie storica.

Le stesse quantità statistiche sono state calcolate per ogni singolo anno allo scopo di mettere in luce possibili differenze tra le diverse annate. Inoltre si sono calcolati eventuali cicli

stagionali, tipici ad esempio di grandezze fisiche come la temperatura e la radiazione solare, e mensili per ottenere informazioni ad esempio sui mesi più piovosi o quelli più ventosi. I cicli settimanali sono stati evidenziati per accertarsi della correttezza dei dati, dal momento che non ci si aspetta alcuna correlazione con il giorno della settimana da parte dei dati meteorologici. Alcune grandezze meteorologiche, come ad esempio temperatura e radiazione solare, mostrano un ciclo giornaliero molto netto, essendo caratterizzate da valori maggiori durante le ore centrali della giornata, mentre l'andamento è opposto per quanto riguarda l'umidità relativa.

Si sono quindi ricercate le correlazioni tra le diverse grandezze misurate in ciascuna stazione allo scopo di individuare possibili legami tra i diversi parametri meteorologici. La stessa cosa è stata fatta analizzando il comportamento della stessa grandezza meteorologica in diverse stazioni per mettere in luce le omogeneità o le disuniformità dal punto di vista climatologico tra le varie zone del territorio provinciale esaminato.

Una rappresentazione grafica e schematica dei valori di intensità e direzione del vento in una determinata stazione è costituita dalla rosa dei venti. Per l'intensità del vento sono state utilizzate sette differenti classi inclusa la cosiddetta "calma di vento", classe caratterizzata da velocità molto basse per cui non risulta possibile misurare una direzione di provenienza; per la direzione invece sono state utilizzate sedici classi, ciascuna pari a un settore circolare di ampiezza pari a 22.5° (ossia $1/16$ di angolo giro). In quasi tutte le stazioni analizzate, specialmente in quelle ubicate in pianura, il vento è risultato essere di intensità abbastanza modesta; per questa ragione si è deciso di adottare come soglia di definizione della calma di vento un valore relativamente basso e pari a 0.1 m/s, in modo da evitare che una percentuale di dati molto elevata ricada all'interno di questa classe.

La stabilità atmosferica è un parametro importante per il calcolo della dispersione degli inquinanti in atmosfera. Essa viene solitamente valutata facendo riferimento alla definizione di classi di stabilità di Pasquill, che sono indicatori qualitativi dell'intensità della turbolenza atmosferica. Il calcolo della stabilità atmosferica dipende dall'intensità del vento e dalla radiazione solare. Convenzionalmente la classificazione fa riferimento alle prime 6 lettere dell'alfabeto, con il seguente significato: A, B instabile; C, D neutra; E, F stabile. Per instabile si intende turbolenza sviluppata e di conseguenza atmosfera ben miscelata. Al contrario per atmosfera stabile si intende una massa d'aria stratificata in cui i moti verticali sono molto limitati. L'algoritmo utilizzato per il calcolo delle classi di Pasquill nelle ore diurne si basa sui valori di radiazione solare e velocità del vento ed è riportato in Tabella 2-5 (si veda ad esempio Sozzi et al., 2002). Per le ore notturne, gli algoritmi comunemente utilizzati fanno riferimento alla radiazione solare netta (Tabella 2-6, Sozzi et al., 2002) o alla copertura nuvolosa. Non avendo a disposizione nessuno di questi dati, si è utilizzato un algoritmo ricavato nel corso delle campagne di misura del progetto europeo ALPNAP (www.alpnap.org), adattato alle nostre latitudini, e riportato in Tabella 2-7.

Tabella 2-5: Determinazione della classe di stabilità di Pasquill nelle ore diurne.

Vento [m/s]	Radiazione solare globale [W/m ²]					
	>700	700-540	540-400	400-270	270-140	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2-3	A	B	B	B	C	D
3-4	B	B	B	C	C	D
4-5	B	B	C	C	D	D
5-6	C	C	C	C	D	D
>6	C	C	D	D	D	D

Tabella 2-6: Determinazione della classe di stabilità di Pasquill nelle ore notturne.

Vento [m/s]	Radiazione solare netta [W/m ²]		
	>-20	-20 -40	< -40
<2	D	F	F
2-3	D	E	F
3-5	D	D	E
5-6	D	D	D
>6	D	D	D

Tabella 2-7: Determinazione della classe di stabilità di Pasquill nelle ore notturne: schema basato sulle campagne di misura del progetto ALPNAP.

Vento [m/s]	Mese dell'anno [W/m ²]	
	Gennaio-Marzo e Settembre-Dicembre	Aprile-Agosto
<1	DF	E
1-3	DE	D
>3	D	D

Anche per le classi di stabilità si è prodotta una rosa, che graficamente mette in evidenza quali direzioni di vento si riscontrino prevalentemente in concomitanza con quali condizioni di stabilità atmosferica e quindi più o meno favorevoli al ristagno degli inquinanti.

In generale la qualità dei dati delle stazioni meteorologiche analizzate risulta molto buona, con percentuali di dati validi molto alte. I dati meteorologici provenienti dalle stazioni di qualità dell'aria sono risultati in generali di qualità inferiore e con una percentuale di dati mancanti decisamente maggiore.

Tabella 2-8: Percentuale di dati validi per ciascun parametro meteorologico, relativo al quinquennio 2004-2008, nelle stazioni esaminate.

Stazione	Direzione	Velocità	Precipitazione	Radiazione solare	Temperatura	Umidità relativa
Bardolino Calmasino	98.3%	99.0%	99.3%	99.5%	98.5%	99.1%
Bosco Chiesanuova	97.1%	99.2%	98.7%	98.9%	99.6%	97.6%
Buttapietra	93.6%	98.7%	99.1%	99.4%	99.3%	99.4%
Castelnuovo del Garda	95.2%	100.0%	99.4%	99.9%	100.0%	100.0%
Grezzana	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
Illasi	98.8%	99.6%	99.8%	99.9%	99.9%	99.6%
Marano di Valpolicella	97.0%	99.8%	100.0%	99.9%	99.9%	99.9%
San Pietro in Cariano			99.5%	99.8%	99.9%	99.4%
Valeggio sul Mincio	93.8%	98.4%	99.2%	99.2%	100.0%	100.0%
Villafranca di Verona	95.4%	99.3%	99.8%	100.0%	99.7%	99.3%
Verona- Cason	98.7%	95.3%	98.4%	98.7%	98.2%	84.3%
Verona- via Dominutti	75.4%	86.9%	92.2%	92.1%	92.1%	92.1%

2.1.2.3.1 Stazione di Bardolino

La stazione meteorologica è ubicata a circa 10 km di distanza dalla sponda sud-orientale del lago di Garda, sulla sommità di una collinetta isolata. Si tratta di una stazione abbastanza ventosa, caratterizzata dalla prevalenza di venti da N-NE in tutte le stagioni, come si può osservare dalla rosa dei venti riportata in Figura 2-3. La direzione NNE è quella dell'asse principale del lago e della pendenza locale del terreno nel sito della stazione.

L'andamento della velocità e della direzione del vento durante il giorno e durante l'anno è evidenziato nei boxplot riportati in Figura 2-4 e Figura 2-5. Si osserva che la velocità media assume valori maggiori nelle ore notturne e mattutine con direzione prevalente NNE.

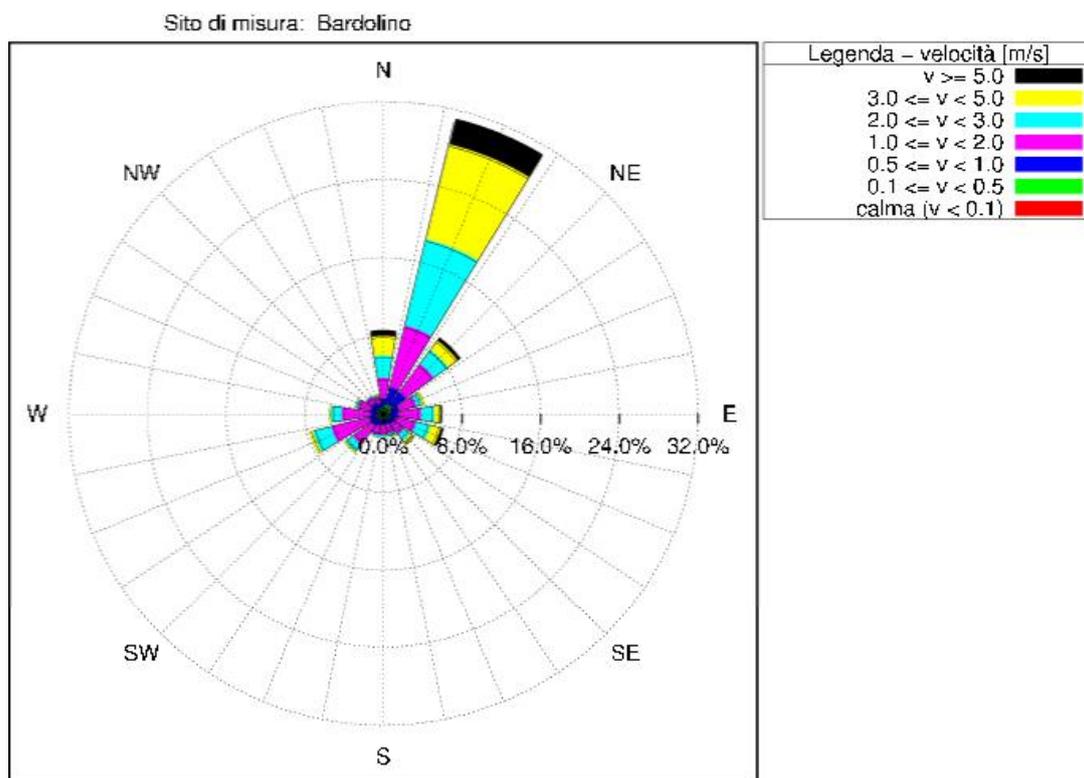


Figura 2-3: Rosa dei venti per la stazione di Bardolino, relativa all'intero periodo 2004-2008.

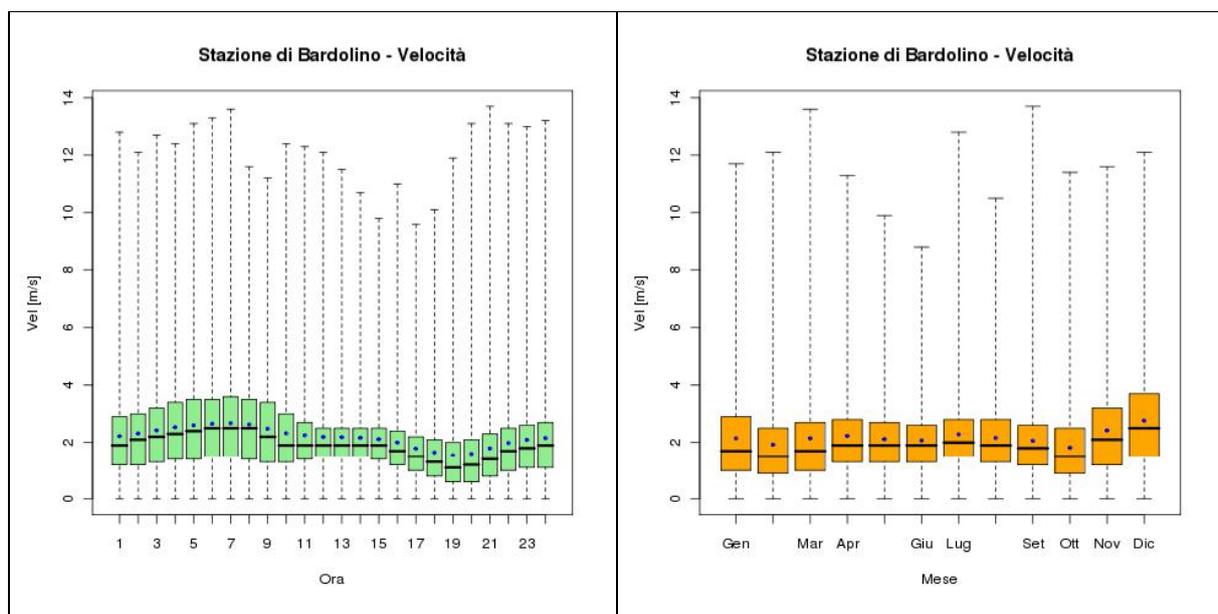


Figura 2-4: Boxplot dell'intensità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Bardolino, relativa all'intero periodo 2004-2008.

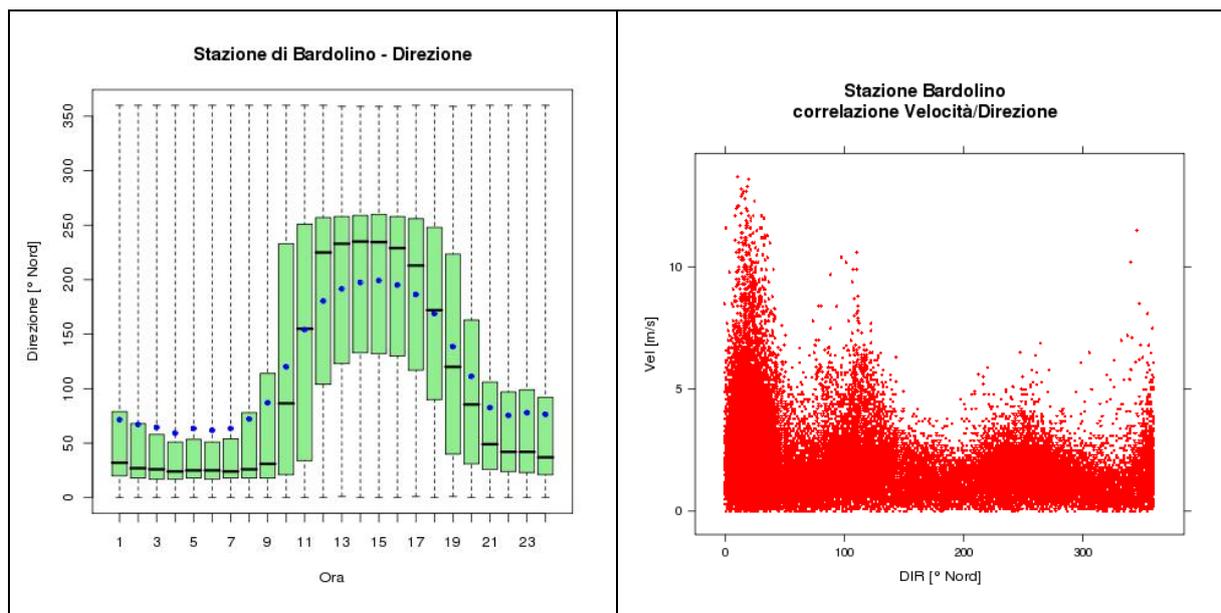


Figura 2-5: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di Bardolino, relativi all'intero periodo 2004-2008.

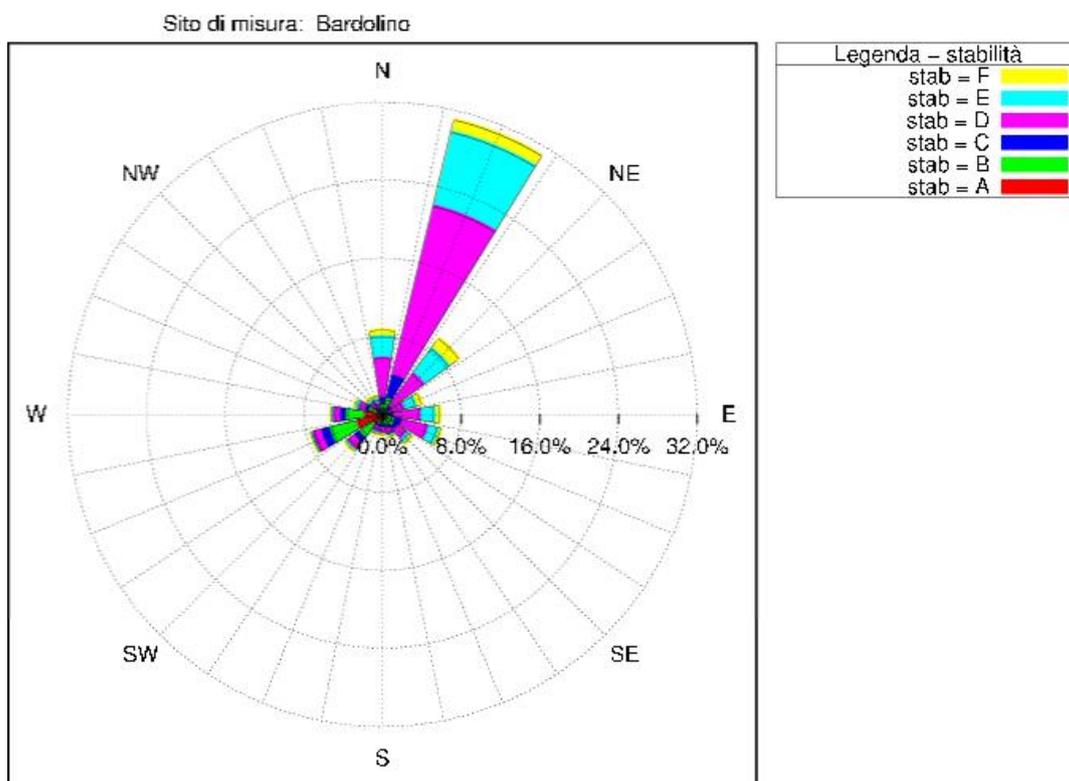


Figura 2-6: Rosa della stabilità per la stazione di Bardolino, relativa all'intero periodo 2004-2008.

A questi venti dominanti da NNE è associata prevalentemente la classe di stabilità D. Durante le ore centrali della giornata invece si registrano brezze di lago provenienti da SWW associate alle classi instabili.

Per quanto riguarda gli altri parametri meteorologici, le principali caratteristiche medie sono riassunte in Tabella 2-9.

Tabella 2-9: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Bardolino.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	2.0	2.0	2.1	2.4	2.4	2.2
Temperatura [°C]	13.7	12.9	13.6	14.6	14	13.8
Radiazione [W/m2]	145.5	150.7	150.5	156.8	153.7	151.4
Pioggia [mm/anno]	929	873	704	738	1035	856
Umidità relativa [%]	67.86	66.76	64.92	63.71	69.22	66.49

2.1.2.3.2 Stazione di Bosco Chiesanuova

La stazione è, tra tutte quelle del territorio provinciale, quella ubicata alla quota maggiore, pari a 1050 m. Essa assume quindi caratteristiche tipicamente montane, con venti prevalenti in direzione Nord-Sud. In particolare nelle ore diurne si registrano venti di intensità maggiore provenienti da Sud associati alle classi instabili e neutre, mentre nelle ore notturne la direzione prevalente di provenienza è il Nord in condizioni di stratificazione maggiormente stabili.

Le rose dei venti e della stabilità per l'intero periodo 2004-2008 sono riportate in Figura 2-7 e Figura 2-10.

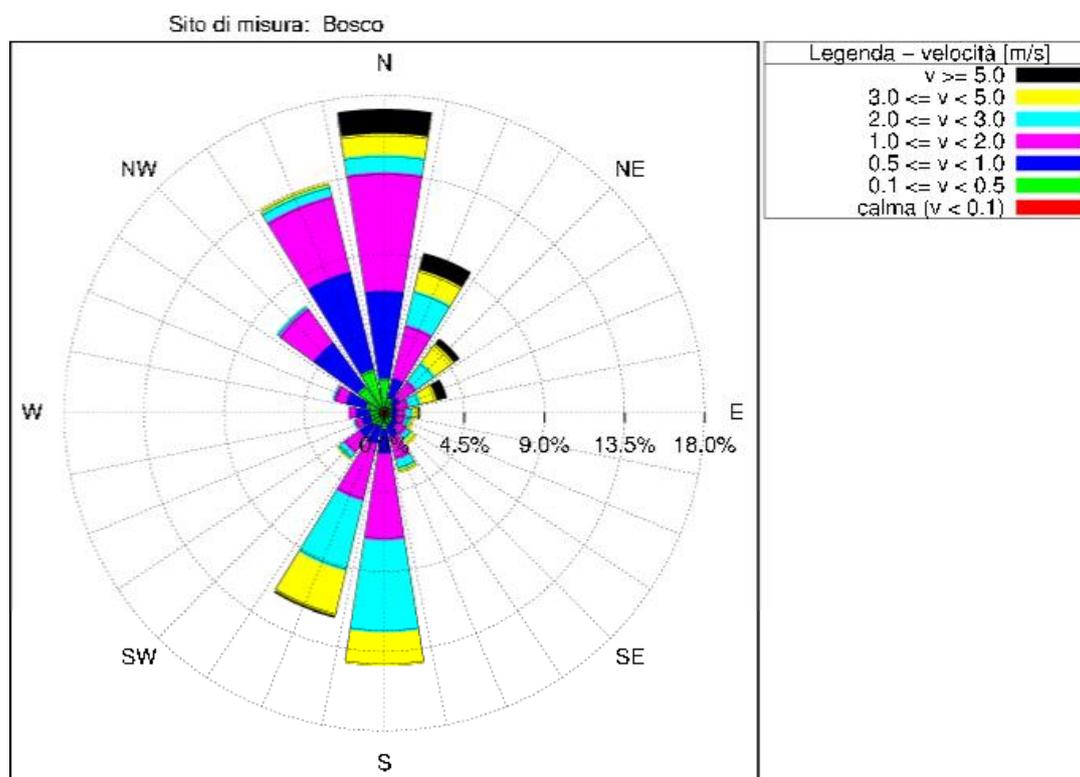


Figura 2-7: Rosa dei venti per la stazione di Bosco Chiesanuova, relativa all'intero periodo 2004-2008.

La ciclicità diurna e stagionale della velocità e direzione del vento sono evidenziate dai boxplot riportati in Figura 2-8 e Figura 2-9.

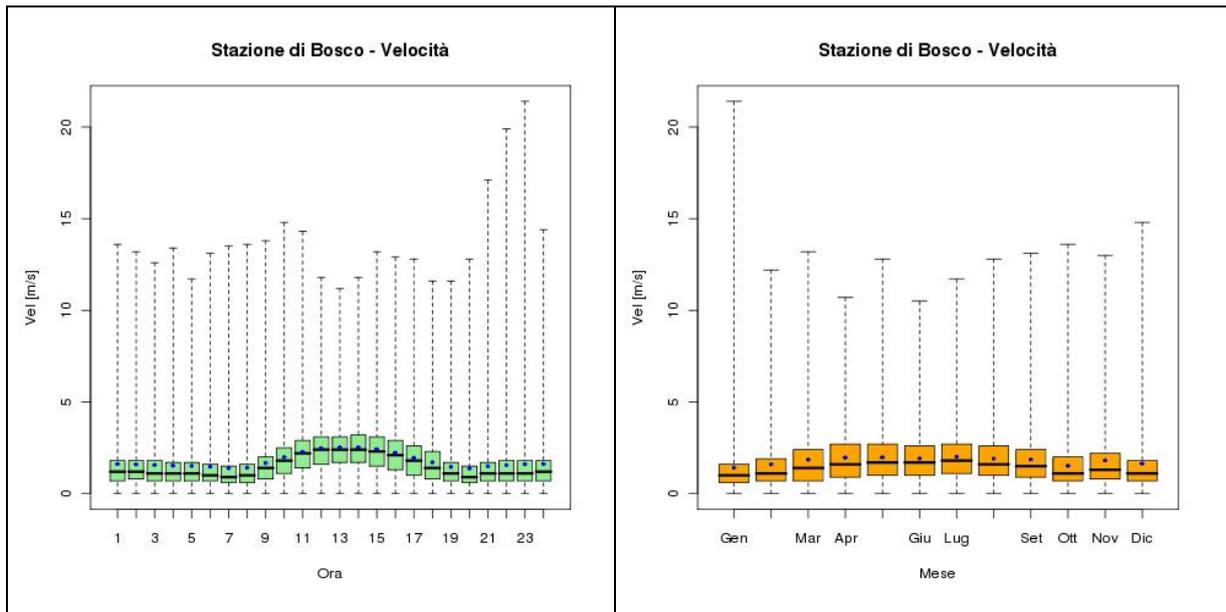


Figura 2-8: Boxplot dell'intensità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Bosco Chiesanuova, relativa all'intero periodo 2004-2008.

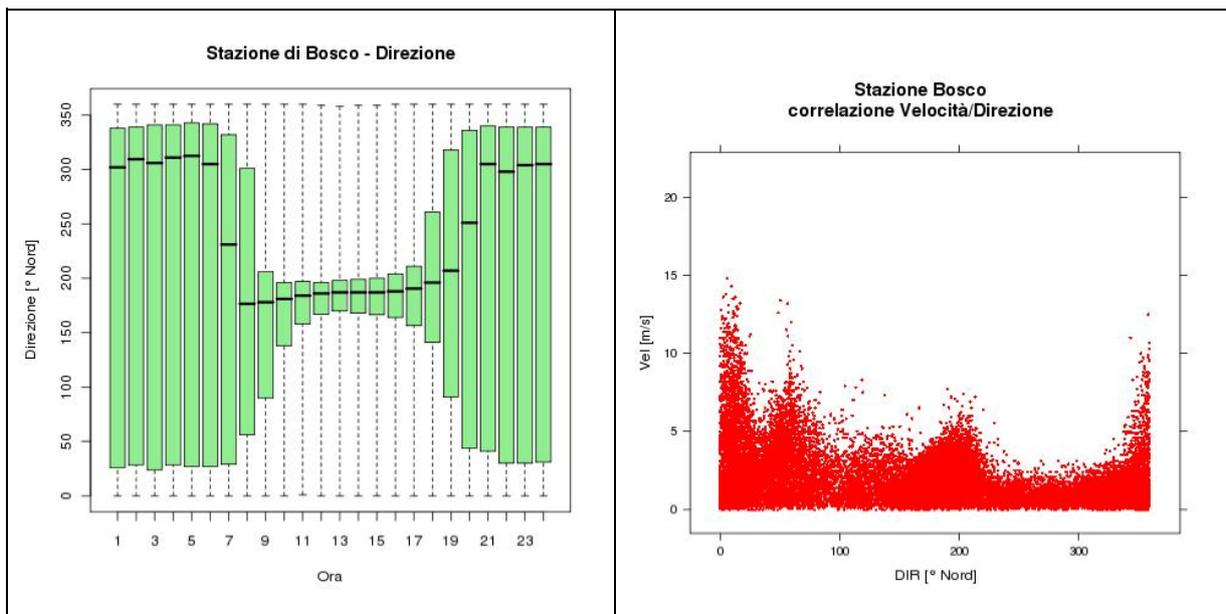


Figura 2-9: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Bosco Chiesanuova, relativi all'intero periodo 2004-2008.

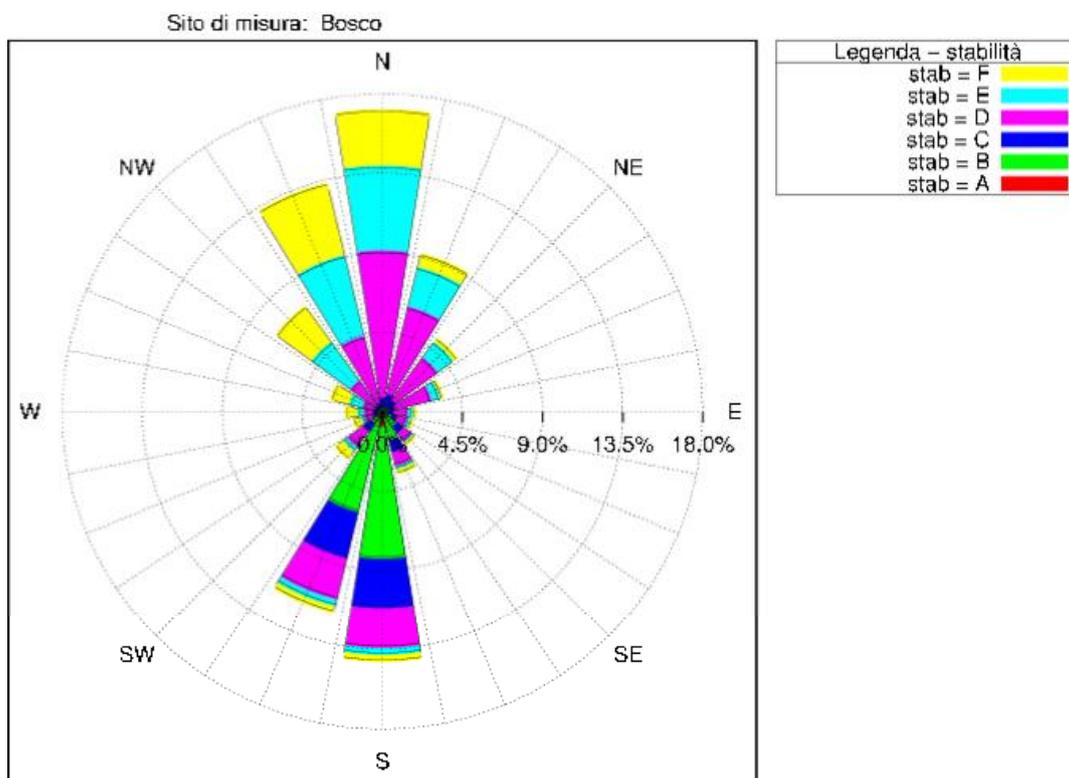


Figura 2-10: Rosa della stabilità per la stazione di Bosco Chiesanuova, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-10: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Bosco Chiesanuova.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	1.58	1.60	1.63	2.06	2.09	1.79
Temperatura [°C]	8.82	8.10	9.11	9.49	9.32	8.97
Radiazione [W/m ²]	126.73	130.20	129.89	153.80	132.15	134.55
Pioggia [mm/anno]	1156	1124	996	1077	1349	1141
Umidità relativa [%]	71.42	69.49	68.95	66.33	71.21	69.48

2.1.2.3.3 Stazione di Buttapietra

La stazione di Buttapietra si trova sul territorio del Comune di Buttapietra, a sud del Comune di Verona, nell'alta pianura veronese. È caratterizzata da intensità del vento piuttosto modeste, con direzione prevalente E-O che è tipica della bassa pianura padana. Le intensità maggiori si registrano nelle ore diurne e nella stagione primaverile. Le classi di stabilità più diffuse sono quelle stabili.

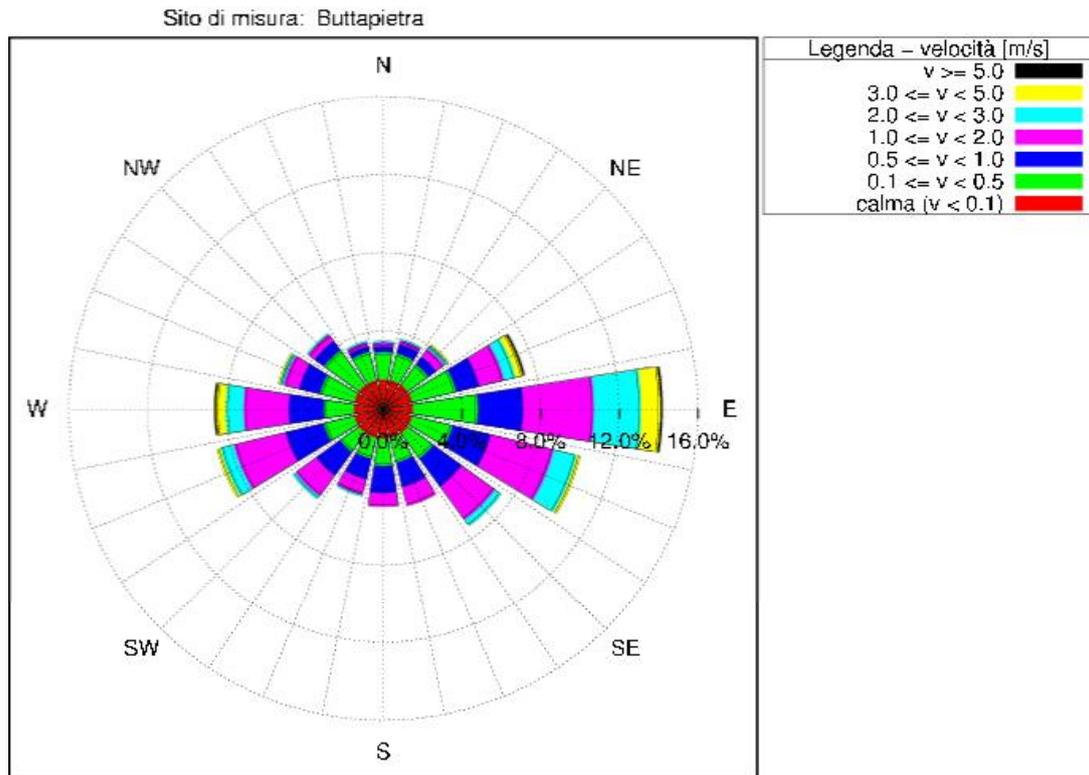


Figura 2-11: Rosa dei venti per la stazione di Buttapietra, relativa all'intero periodo 2004-2008.

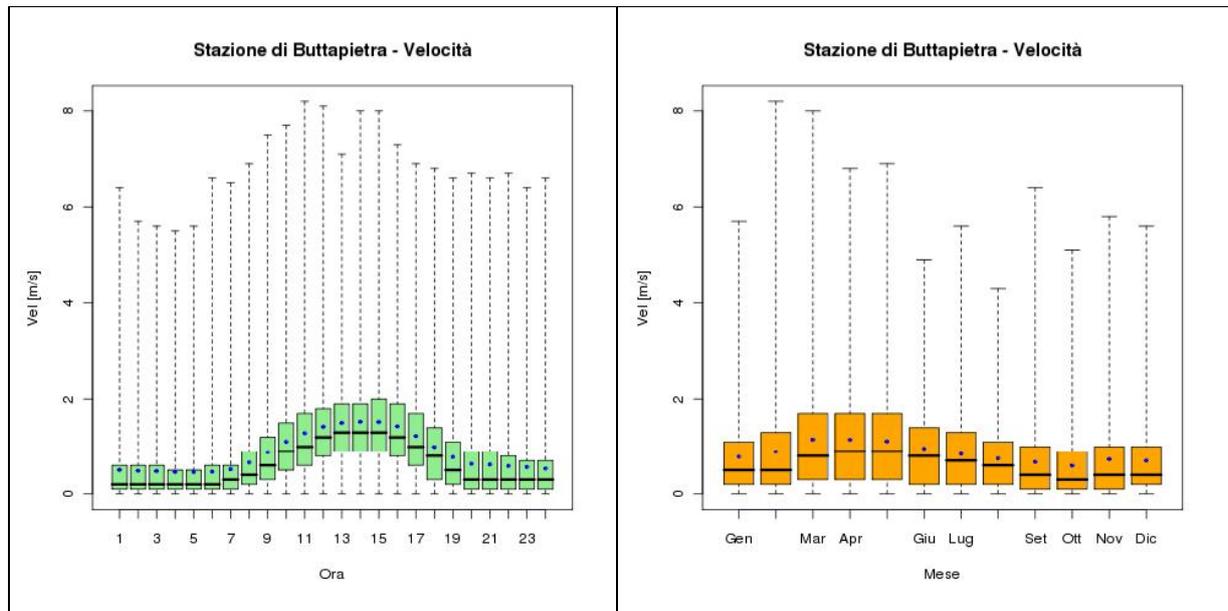


Figura 2-12: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Buttapietra, relativa all'intero periodo 2004-2008.

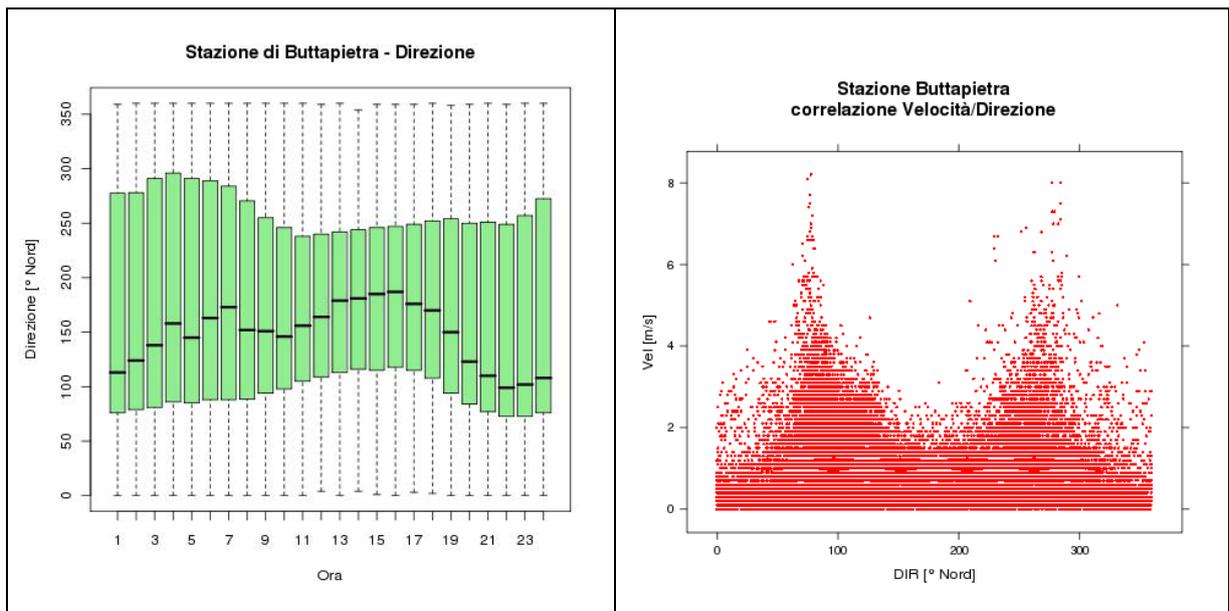


Figura 2-13: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di Buttapietra, relativi all'intero periodo 2004-2008.

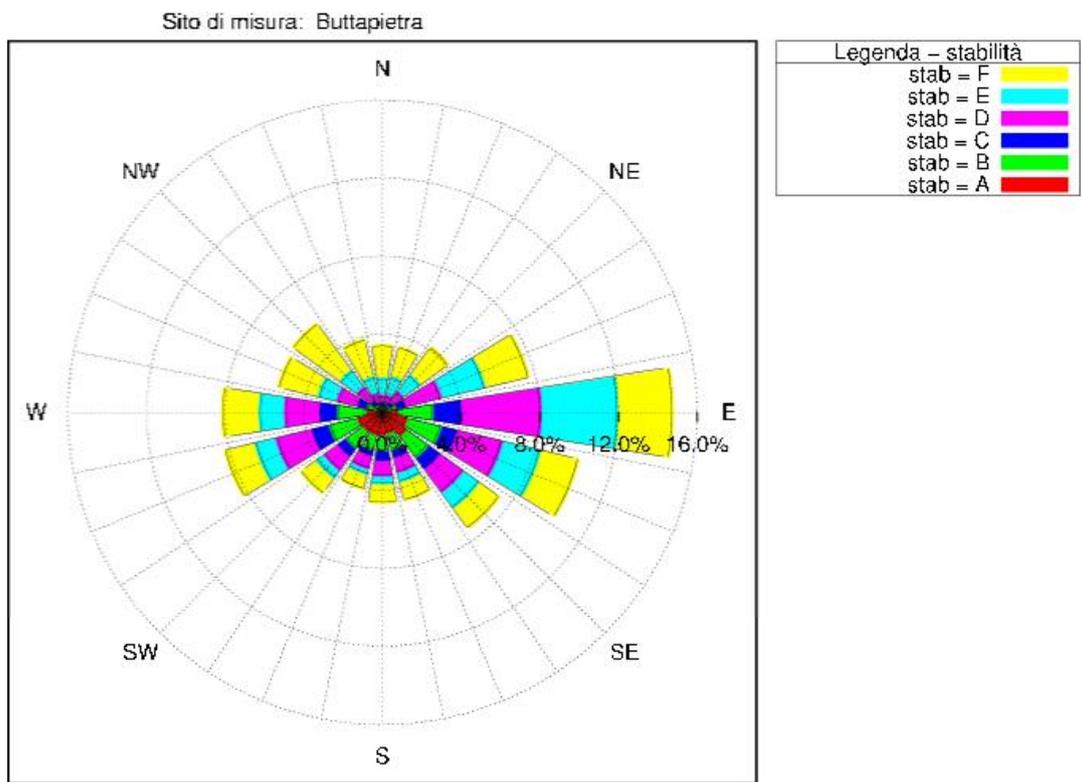


Figura 2-14: Rosa della stabilità per la stazione di Buttapietra, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-11: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Buttapietra.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	0.95	0.83	0.77	0.91	0.84	0.86
Temperatura [°C]	13.05	12.69	13.42	13.77	13.93	13.37
Radiazione [W/m ²]	157.86	161.66	162.93	158.42	151.12	158.40
Pioggia [mm/anno]	954	912	621	538	859	777
Umidità relativa [%]	76.77	74.31	74.16	74.18	76.94	75.27

2.1.2.3.4 Stazione di Castelnuovo del Garda

La stazione di Castelnuovo del Garda è ubicata a 120 m sul livello del mare, in una zona leggermente collinare. Le intensità dei venti misurate sono in generale molto basse, con valori maggiori nelle ore centrali della giornata e nella stagione primaverile. Non è possibile definire in modo netto una direzione del vento prevalente. Le classi stabili risultano dominanti.

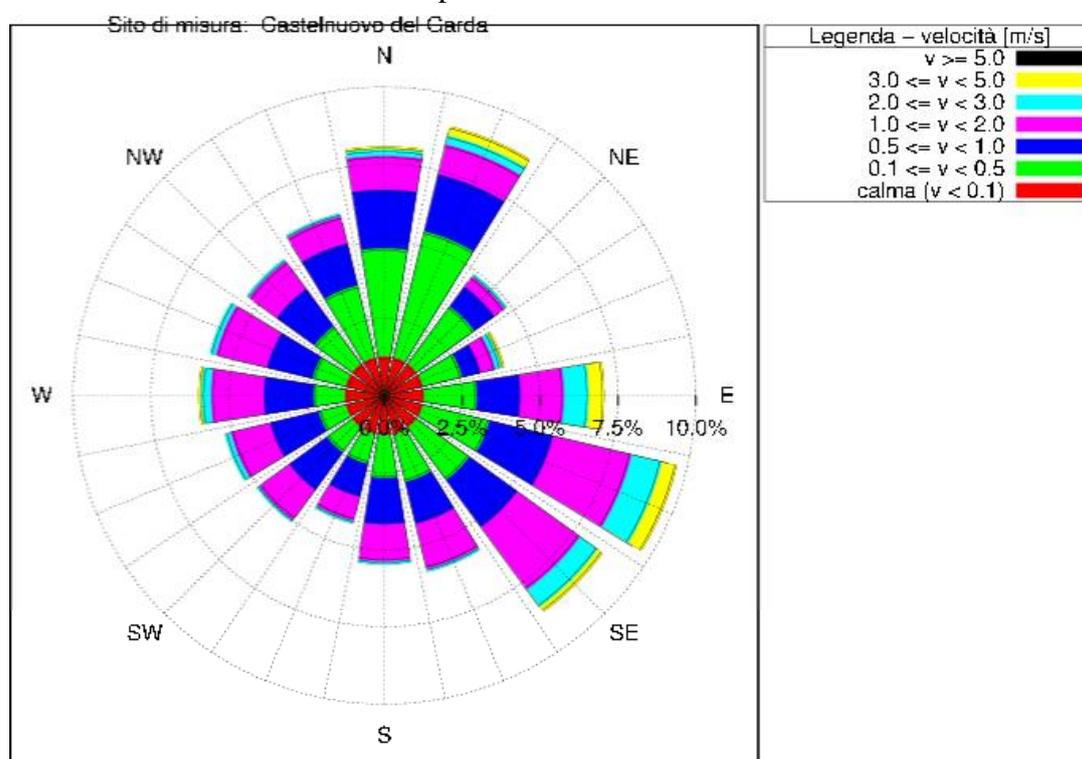


Figura 2-15: Rosa dei venti per la stazione di Castelnuovo del Garda, relativa all'intero periodo 2004-2008.

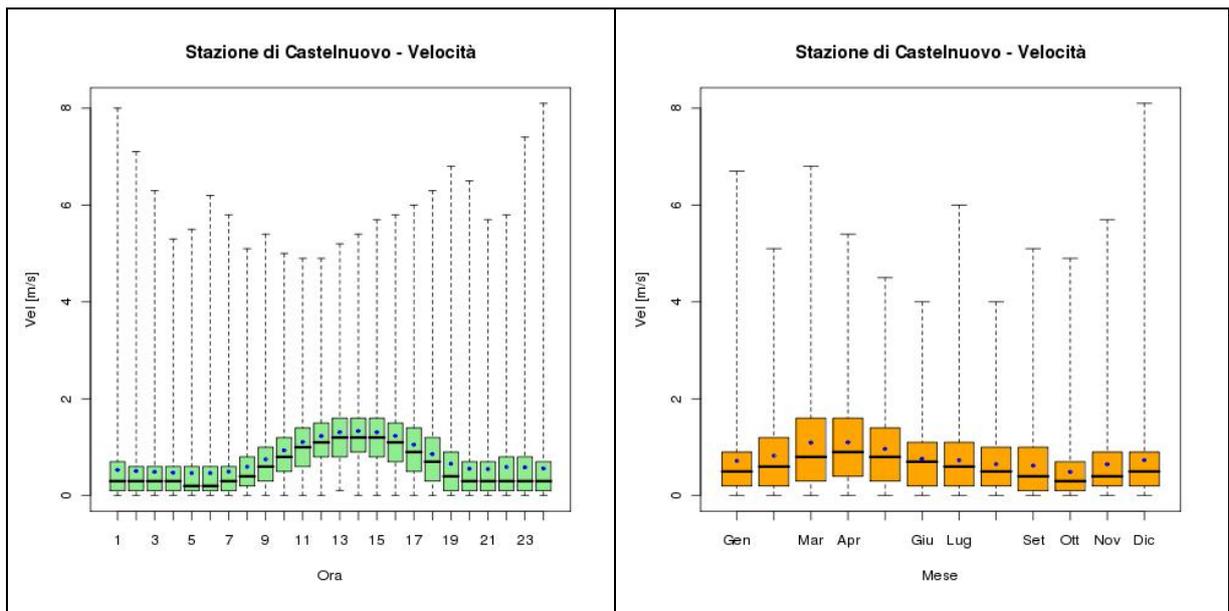


Figura 2-16: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Castelnuovo del Garda, relativa all'intero periodo 2004-2008.

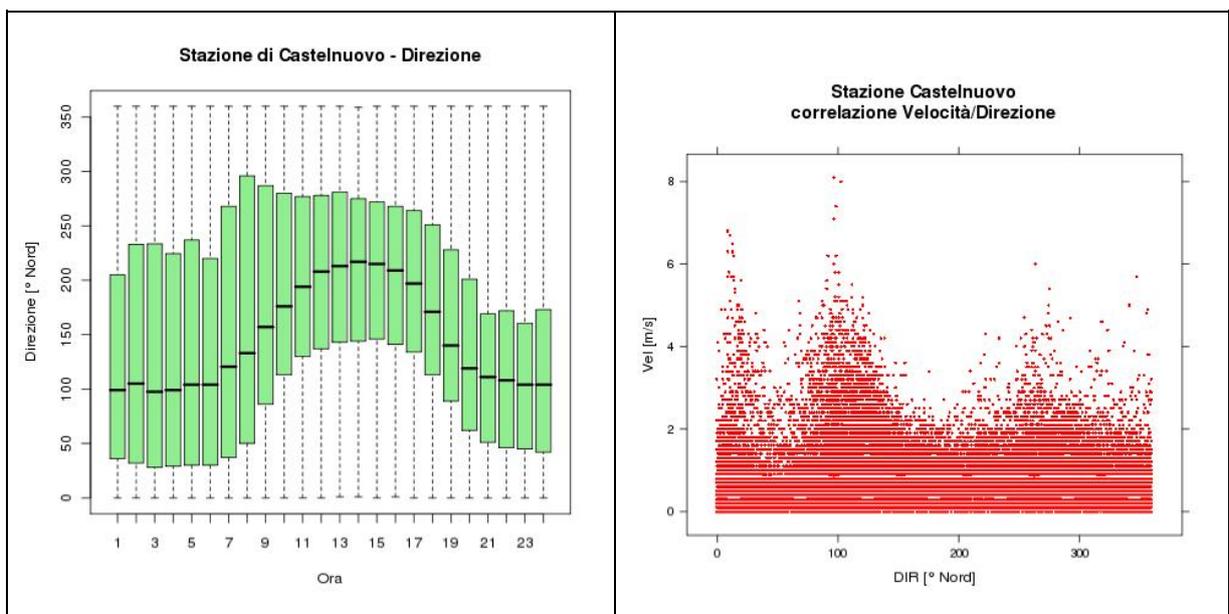


Figura 2-17: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di Castelnuovo del Garda, relativi all'intero periodo 2004-2008.

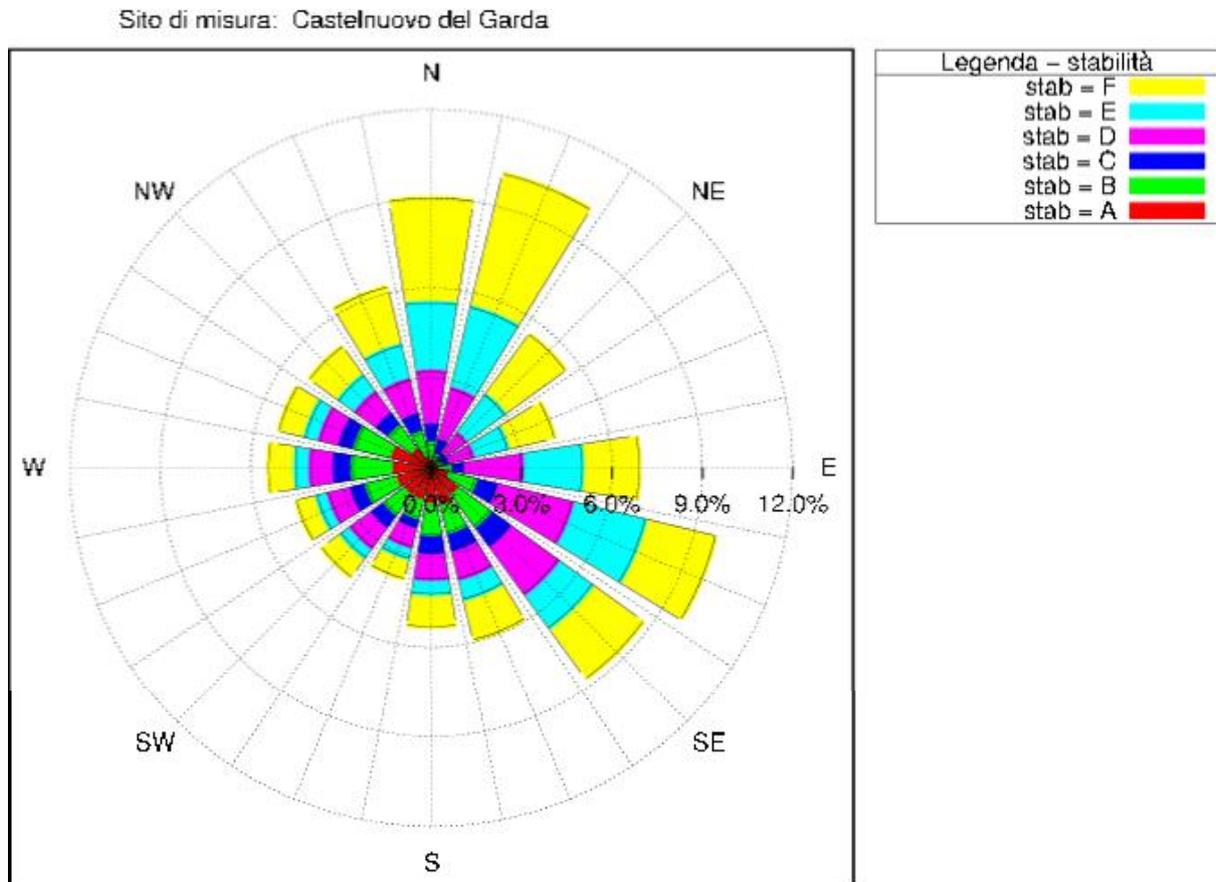


Figura 2-18: Rosa della stabilità per la stazione di Castelnuovo del Garda, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-12: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Castelnuovo del Garda.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	0.77	0.73	0.67	0.82	0.90	0.78
Temperatura [°C]	13.00	12.47	13.10	13.65	13.47	13.14
Radiazione [W/m ²]	163.28	168.41	170.26	161.19	147.97	162.22
Pioggia [mm/anno]	1043	957	708	745	1035	898
Umidità relativa [%]	77.26	71.12	71.66	71.60	76.12	73.55

2.1.2.3.5 Stazione di Grezzana

La stazione è situata a nord-est di Verona, nel fondovalle della Valpantena. Il vento delle ore diurne risulta essere di maggior intensità (seppure complessivamente inferiore a 2 m/s) e proveniente da S-SE; ad esso sono associate prevalentemente condizioni atmosferiche di instabilità. Nelle ore serali e notturne i venti risultano provenienti prevalentemente da NO e sono maggiormente stabili.

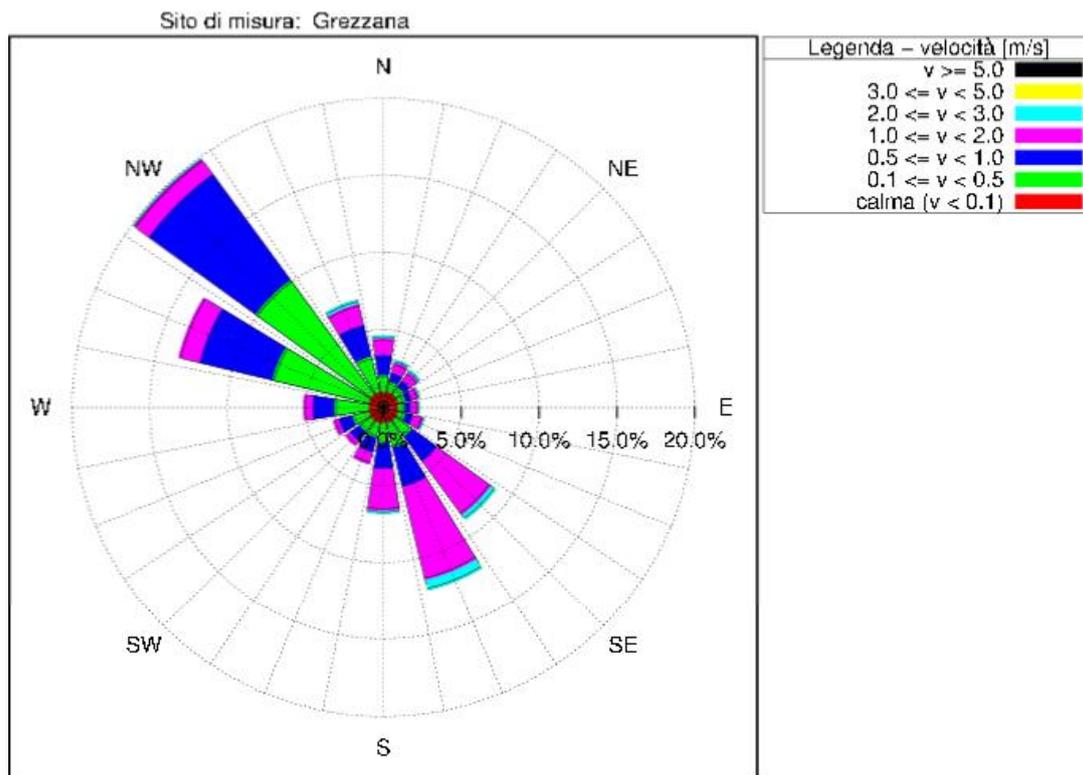


Figura 2-19: Rosa dei venti per la stazione di Grezzana, relativa all'intero periodo 2004-2008.

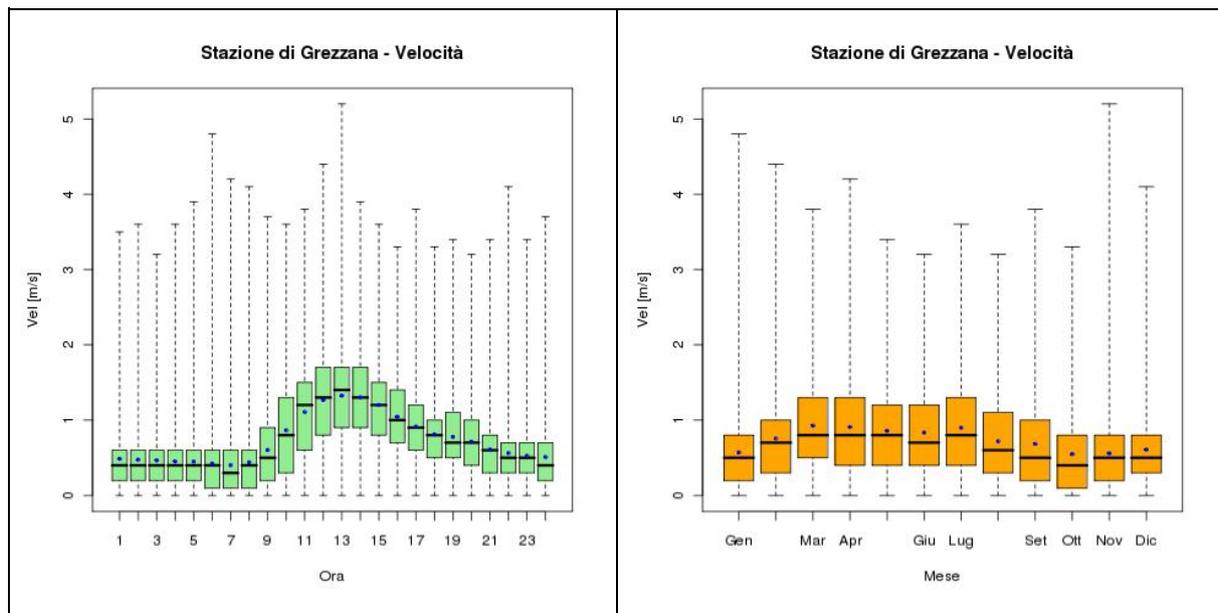


Figura 2-20: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Grezzana, relativa all'intero periodo 2004-2008.

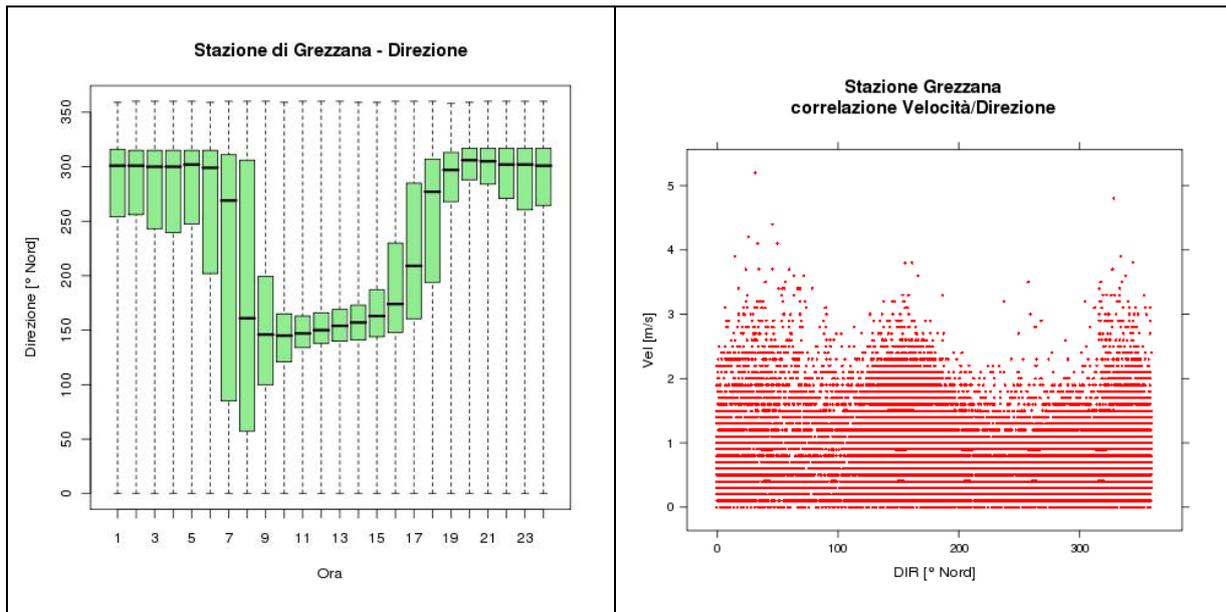


Figura 2-21: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Grezzana, relativi all'intero periodo 2004-2008.

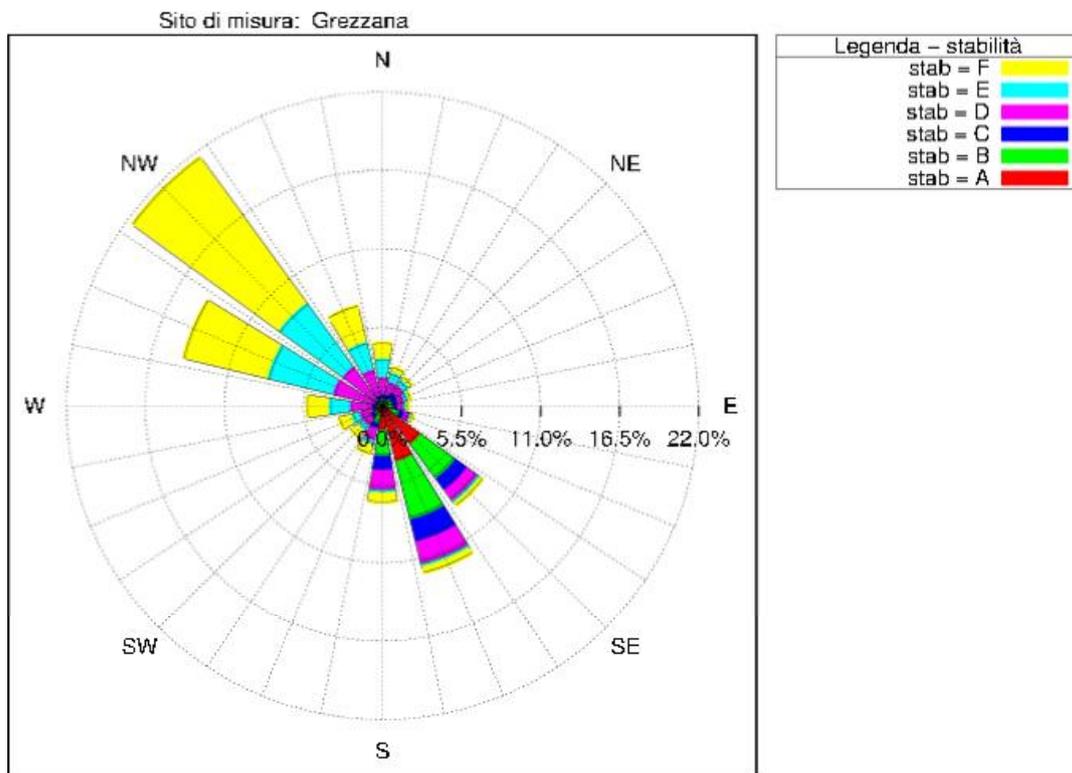


Figura 2-22: Rosa della stabilità per la stazione di Grezzana, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-13: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Grezzana.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	0.67	0.70	0.73	0.84	0.75	0.74
Temperatura [°C]	12.61	12.42	12.90	13.86	13.63	13.08
Radiazione [W/m ²]	153.37	160.40	154.93	152.45	141.93	152.62
Pioggia [mm/anno]	893	881	703	752	936	833
Umidità relativa [%]	71.38	70.35	67.47	67.79	72.55	69.91

2.1.2.3.6 Stazione di Illasi

La stazione è collocata all'interno della Val d'Illasi in un contesto collinare. La direzione di vento prevalente è quella Nord-Sud che caratterizza l'andamento geografico della valle, i venti più intensi tuttavia sono quelli provenienti da NE. Nelle ore centrali della giornata si osservano prevalentemente venti provenienti da Sud associati a instabilità atmosferica, mentre nel resto della giornata il Nord risulta essere la direzione di provenienza dominante a cui corrispondono condizioni di atmosfera mediamente neutra o stabile.

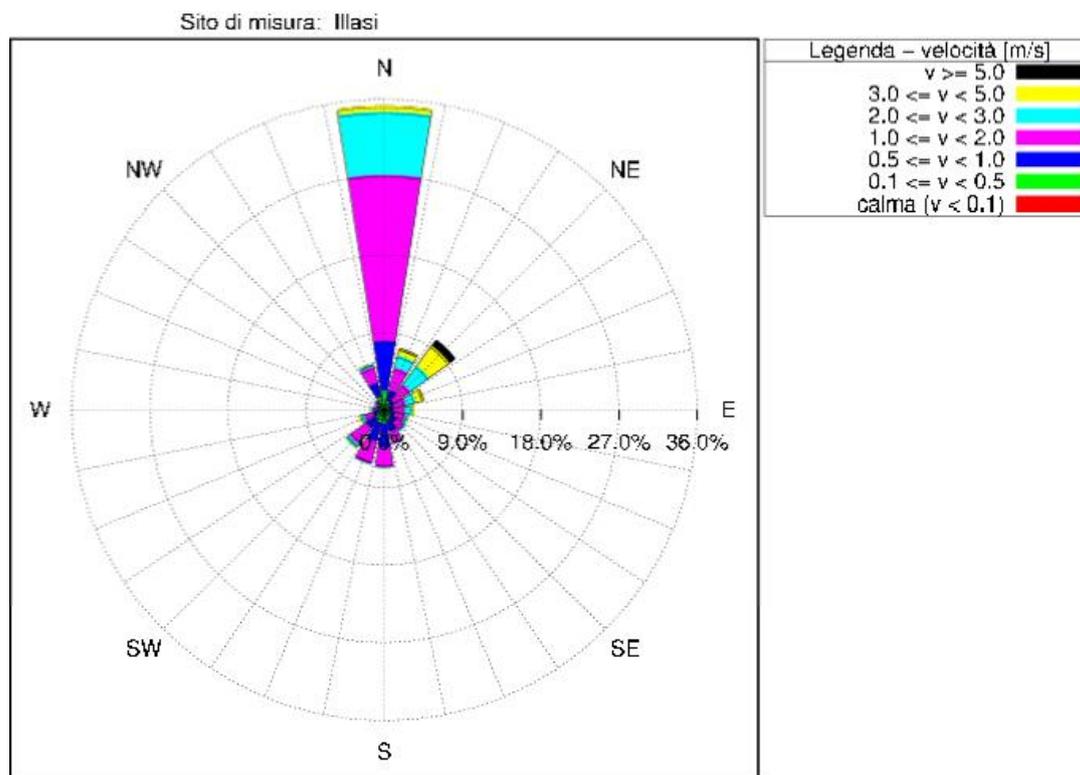


Figura 2-23: Rosa dei venti per la stazione di Illasi, relativa all'intero periodo 2004-2008.

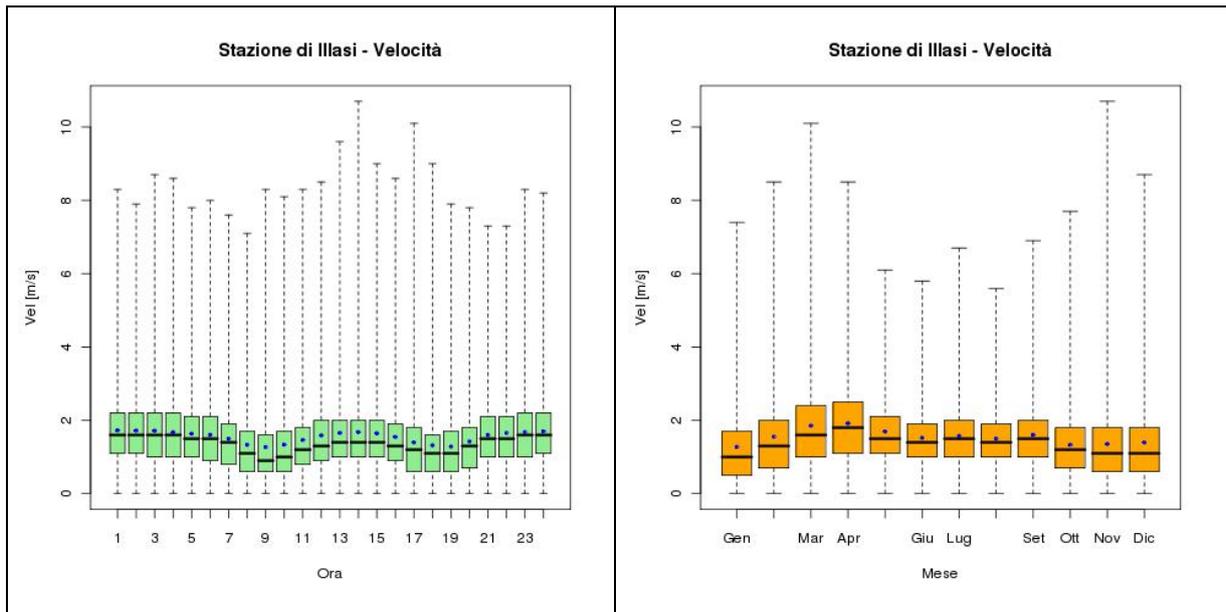


Figura 2-24: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Illasi, relativa all'intero periodo 2004-2008.

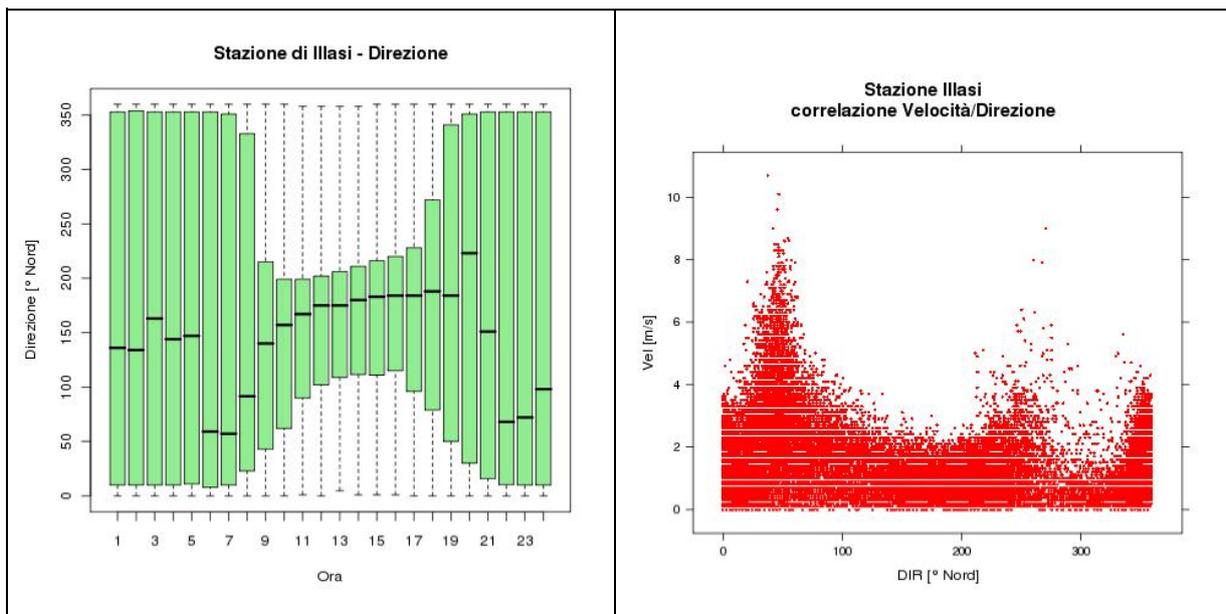


Figura 2-25: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di Illasi, relativi all'intero periodo 2004-2008.

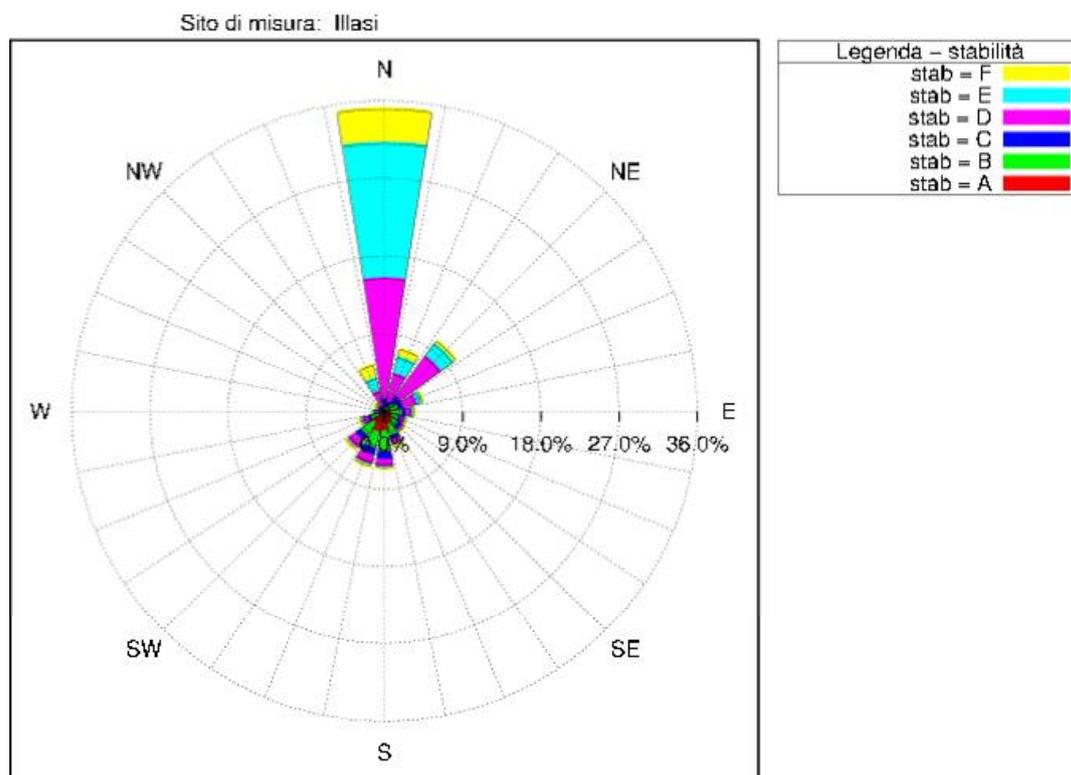


Figura 2-26 - Rosa della stabilità per la stazione di Illasi, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-14: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Illasi.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	1.35	1.24	1.49	1.77	1.89	1.55
Temperatura [°C]	12.79	12.62	13.52	14.17	13.81	13.38
Radiazione [W/m ²]	156.34	161.99	163.01	152.17	144.58	155.62
Pioggia [mm/anno]	1056	1107	838	582	1023	921
Umidità relativa [%]	70.70	67.43	66.22	64.47	69.93	67.75

2.1.2.3.7 Stazione di Marano di Valpolicella

La stazione è ubicata all'interno di una valle nel cuore della Valpolicella. La direzione prevalente dei venti è quella NE-SO che caratterizza anche l'andamento geografico della valle. Nelle ore centrali della giornata si osservano prevalentemente venti da S-SO, associati a condizioni di instabilità atmosferica. Durante le altre ore della giornata si registrano venti meno intensi provenienti da NE con condizioni di atmosfera neutra e stabile. I venti più intensi sono quelli provenienti da Nord che si realizzano principalmente durante le ore notturne.

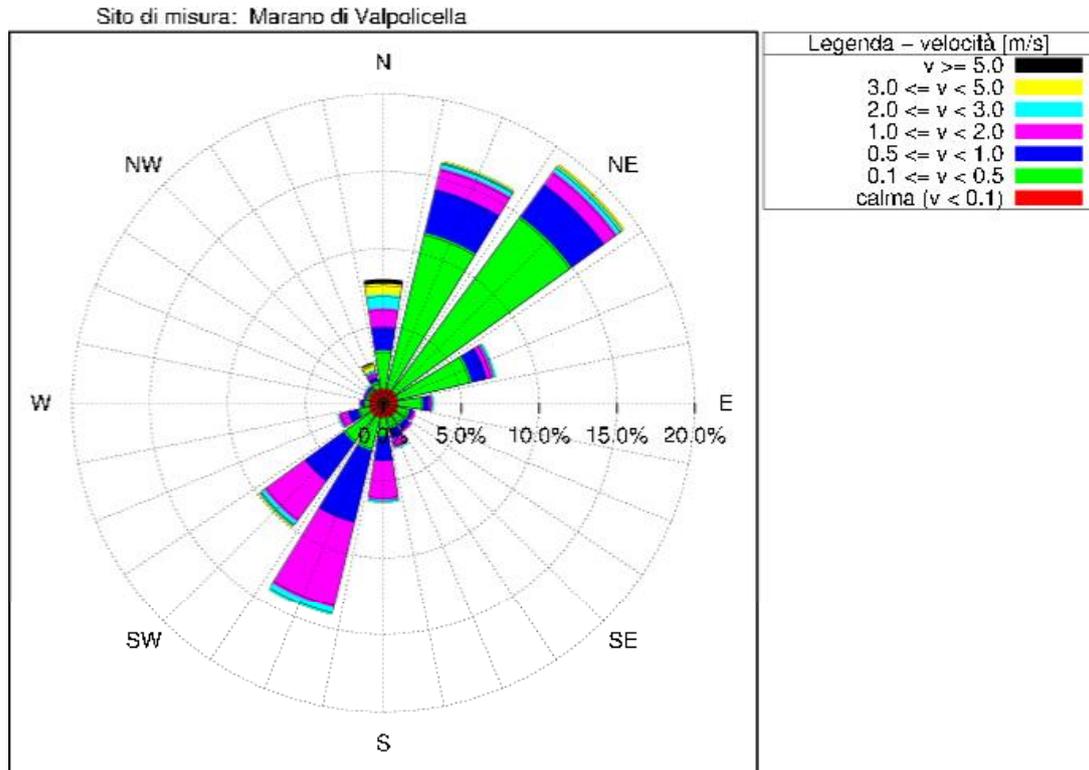


Figura 2-27: Rosa dei venti per la stazione di Marano di Valpolicella, relativa all'intero periodo 2004-2008.

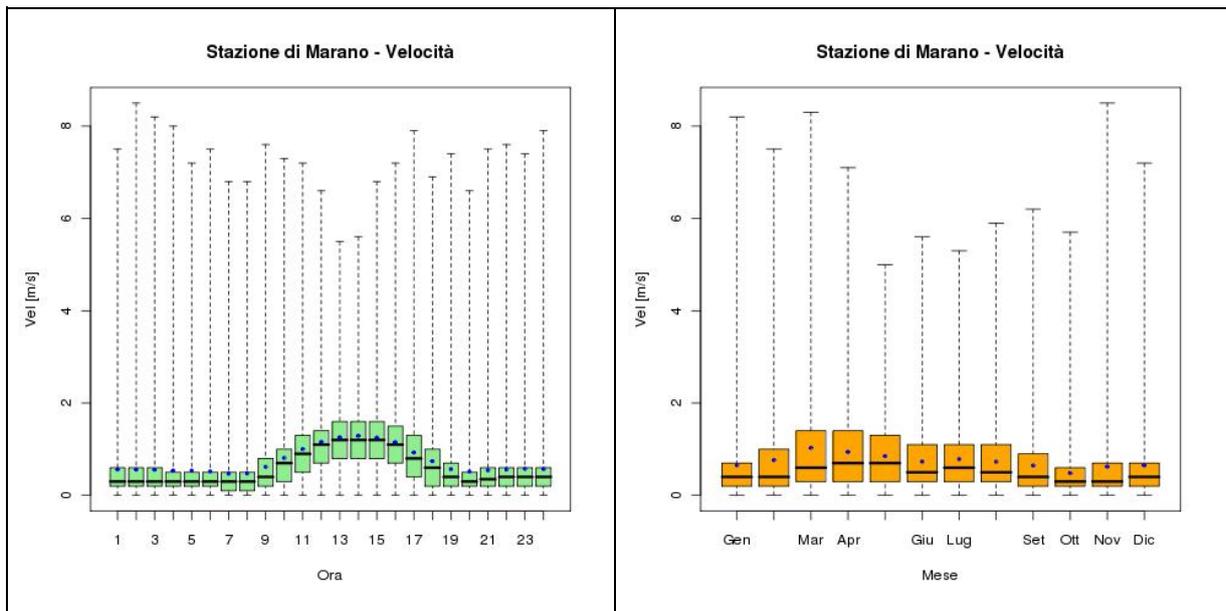


Figura 2-28: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Marano di Valpolicella, relativa all'intero periodo 2004-2008.

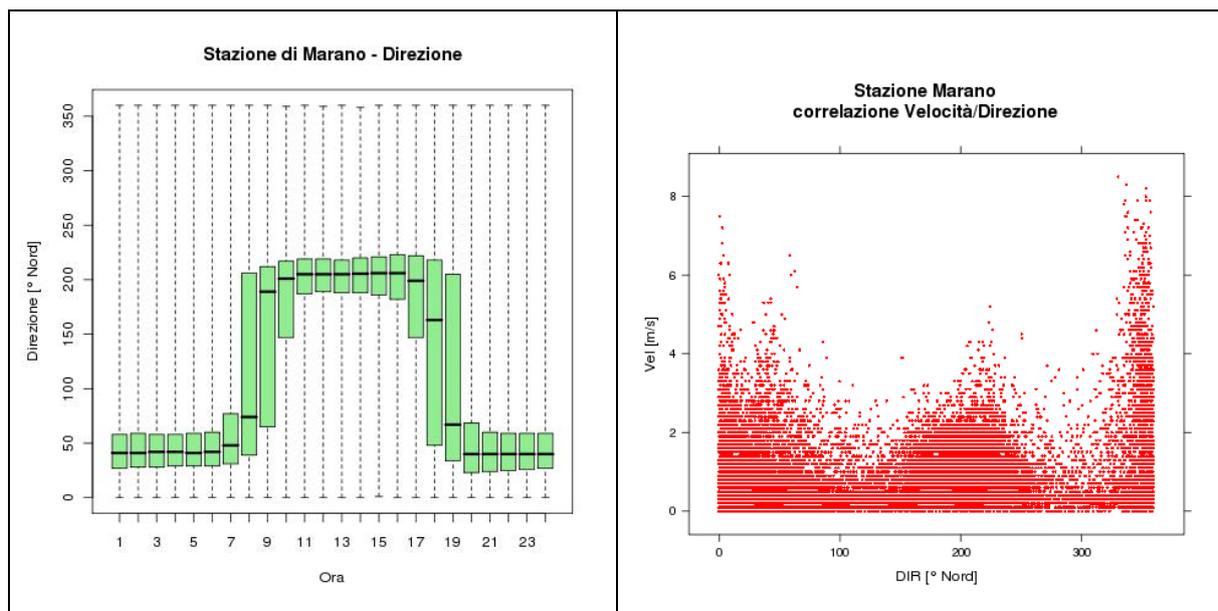


Figura 2-29: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione del vento per la stazione di Marano di Valpolicella, relativi all'intero periodo 2004-2008.

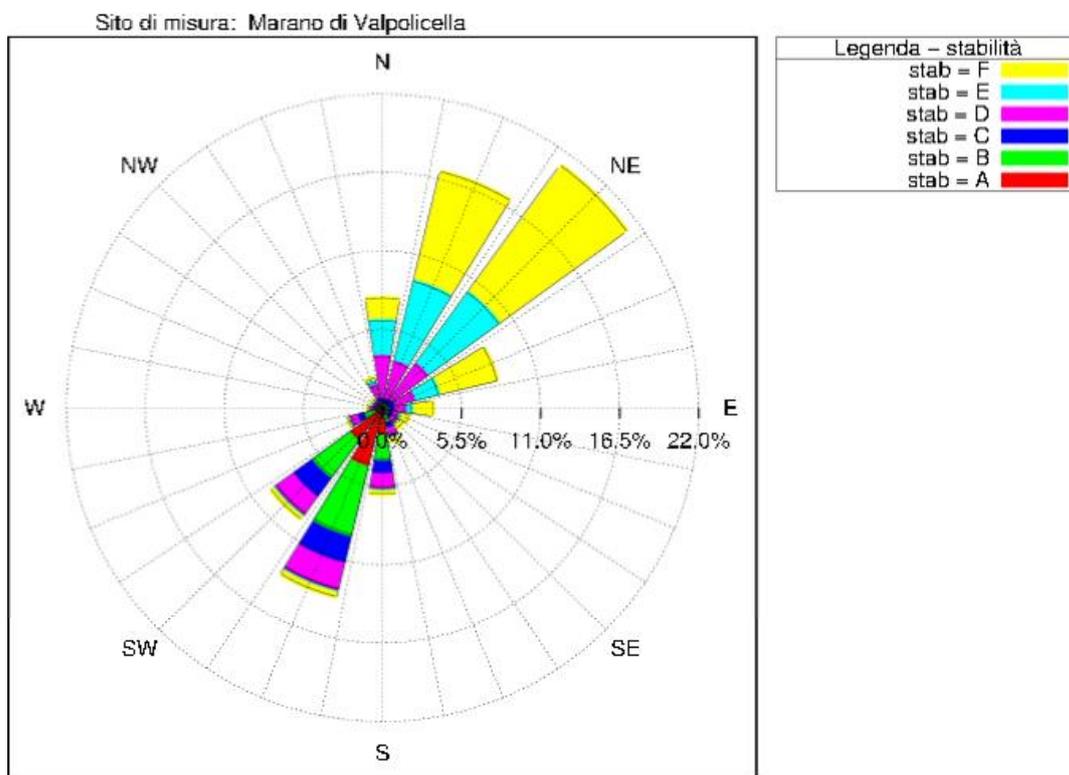


Figura 2-30: Rosa della stabilità per la stazione di Marano di Valpolicella, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-15: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Marano di Valpolicella.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	0.71	0.72	0.69	0.79	0.79	0.74
Temperatura [°C]	12.59	12.29	13.29	13.77	13.32	13.05
Radiazione [W/m ²]	147.00	153.39	153.94	150.99	142.87	149.64
Pioggia [mm/anno]	1101	873	774	815	1153	943
Umidità relativa [%]	65.73	66.78	65.97	63.99	69.21	66.34

2.1.2.3.8 Stazione di San Pietro in Cariano

La stazione di San Pietro in Cariano è situata a nord-ovest di Verona, nel territorio della Valpolicella, allo sbocco delle vallate di Fumane e di Marano, in una zona che, pur essendo prevalentemente pianeggiante, presenta alcuni rilievi collinari. In questa stazione non sono presenti sensori per la misura della velocità e direzione del vento, ma sono misurati solo gli altri parametri meteorologici i cui valori medi registrati sono riportati in Tabella 2-16.

Tabella 2-16: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di San Pietro in Cariano.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Temperatura [°C]	13.07	12.45	13.39	13.95	13.68	13.31
Radiazione [W/m ²]	156.97	162.48	163.74	152.10	143.95	155.85
Pioggia [mm/anno]	877	833	663	638	893	781
Umidità relativa [%]	71.82	70.57	70.99	70.64	75.43	71.89

2.1.2.3.9 Stazione di Valeggio sul Mincio

La stazione di Valeggio sul Mincio, ubicata nel parco-giardino Sigurtà a sud-ovest rispetto a Verona, è caratterizzata da venti poco intensi; non è facilmente identificabile una direzione principale anche se risulta una leggera prevalenza dell'asse E-O.

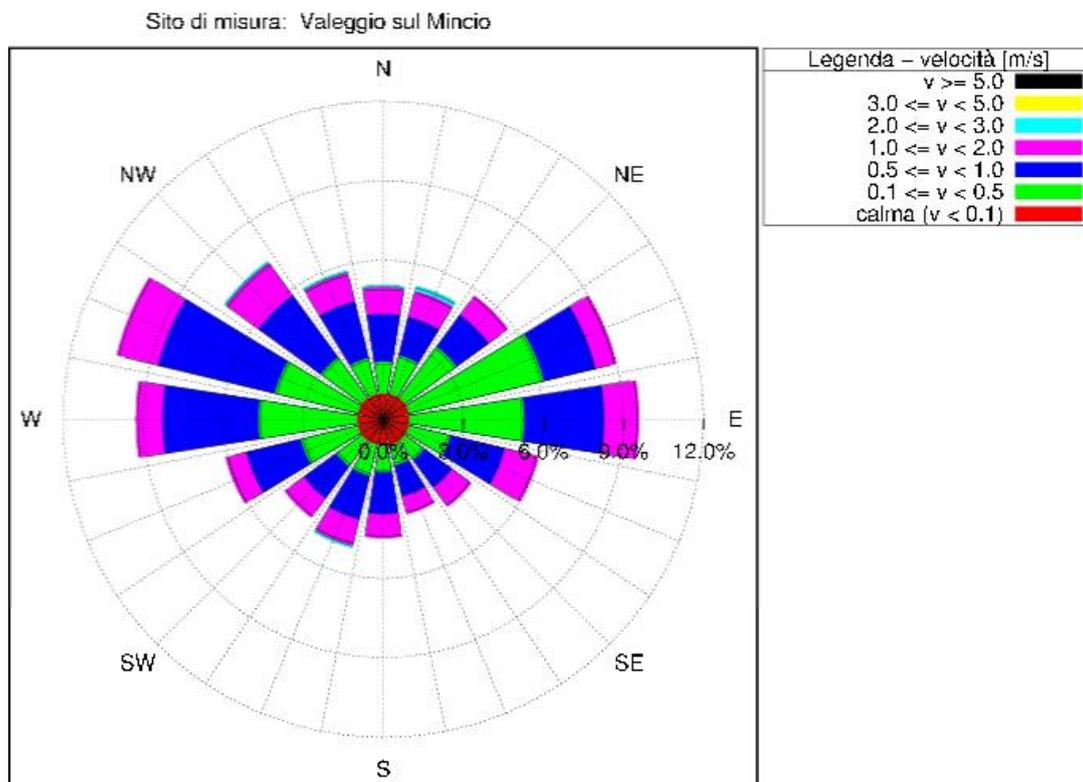


Figura 2-31: Rosa dei venti per la stazione di Valeggio sul Mincio, relativa all'intero periodo 2004-2008.

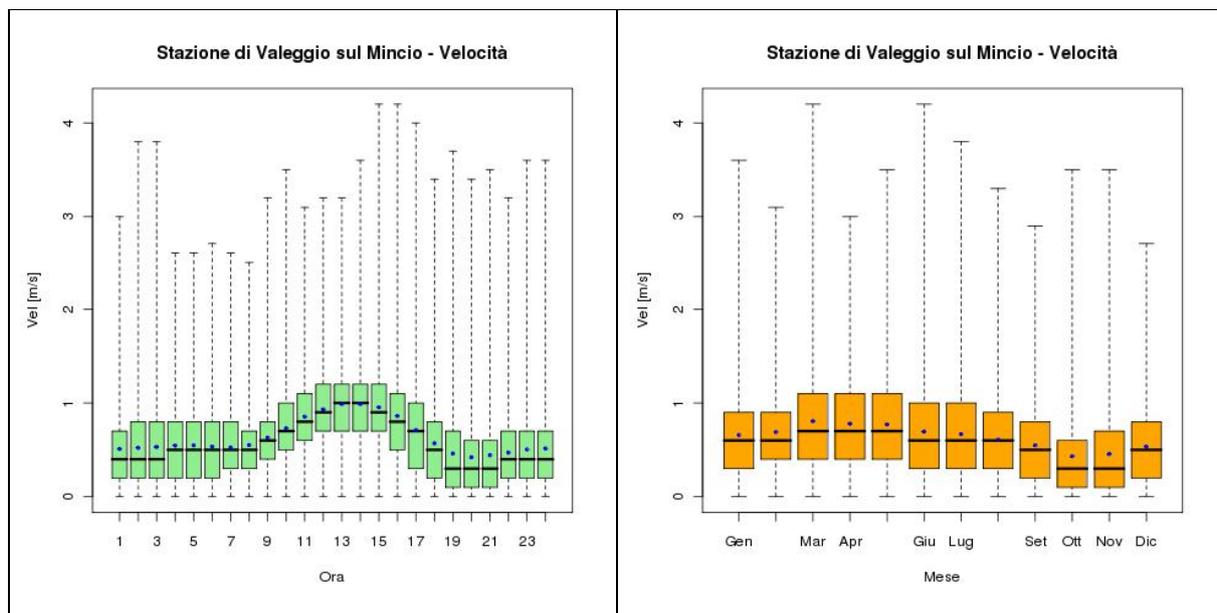


Figura 2-32: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Valeggio sul Mincio, relativi all'intero periodo 2004-2008.

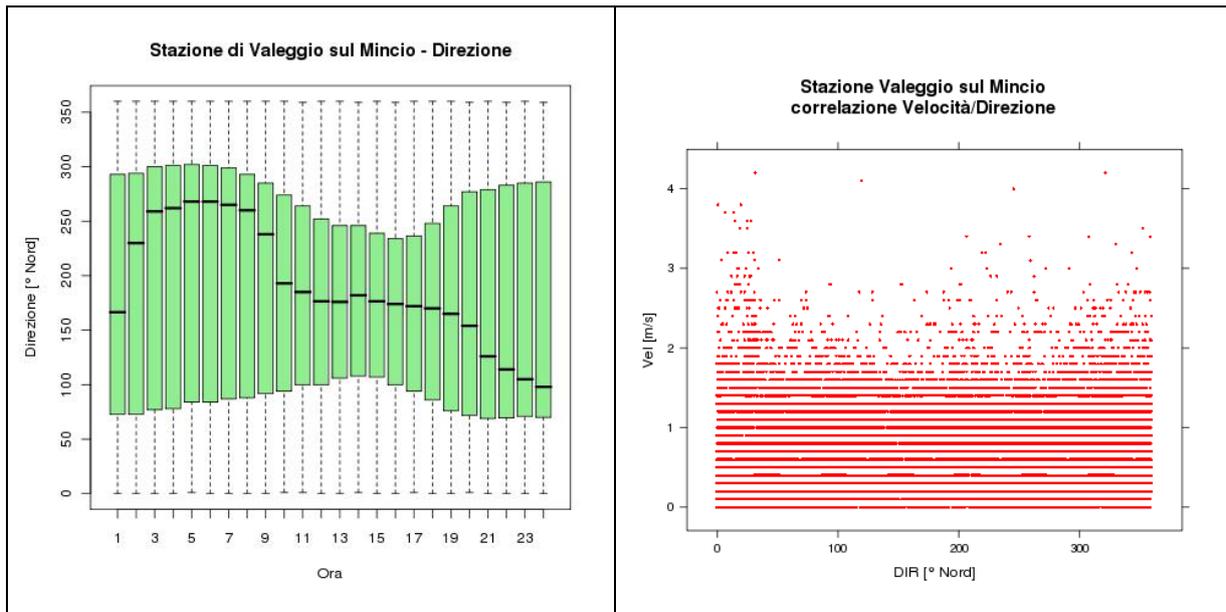


Figura 2-33: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di Valeggio sul Mincio, relativi all'intero periodo 2004-2008.

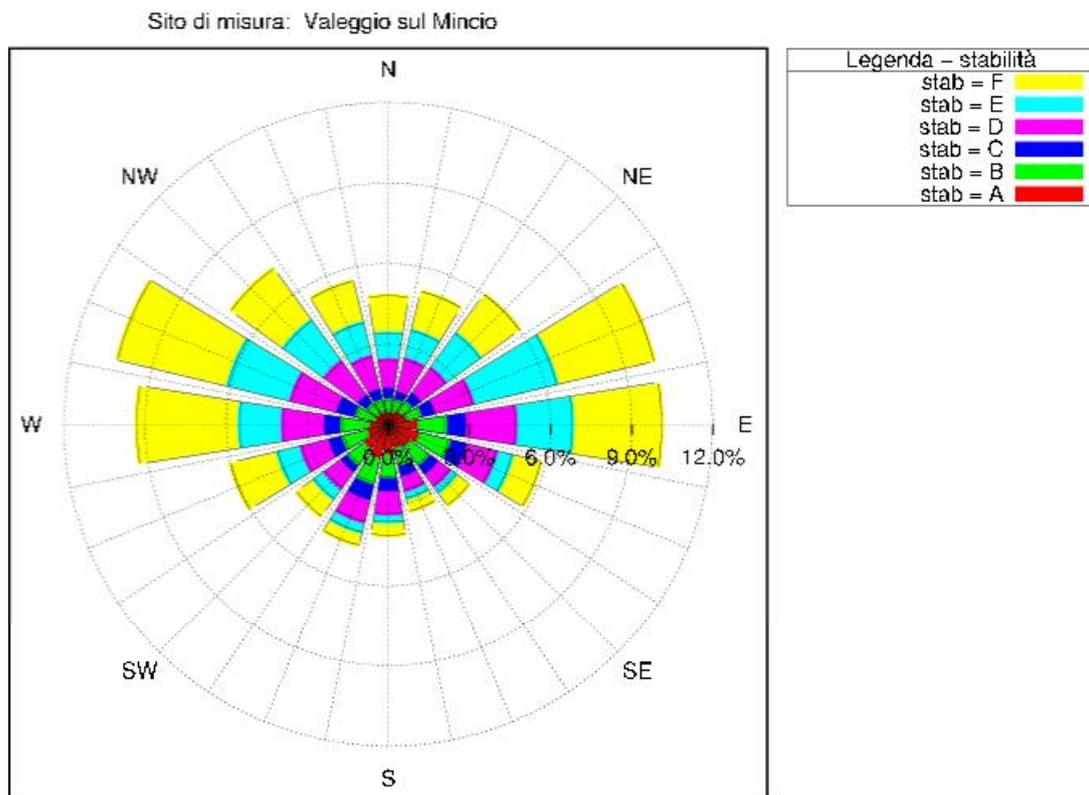


Figura 2-34: Rosa della stabilità per la stazione di Valeggio sul Mincio, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-17: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Valeggio sul Mincio.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	0.63	0.66	0.55	0.7	0.65	0.64
Temperatura [°C]	13.65	13.16	14	14.44	14.04	13.86
Radiazione [W/m ²]	162.88	166.13	168.46	156.42	145.92	159.96
Pioggia [mm/anno]	1051	1179	675	694	1042	928
Umidità relativa [%]	76.63	73.94	74.02	74.69	76.51	75.16

2.1.2.3.10 Stazione di Villafranca di Verona

La stazione di Villafranca si trova a sud-ovest di Verona nell'alta pianura veronese; essa è situata al di fuori del centro abitato, in una zona a destinazione agricola e ben esposta. I venti sono modesti e con una certa variabilità nella provenienza, con una prevalenza da N.

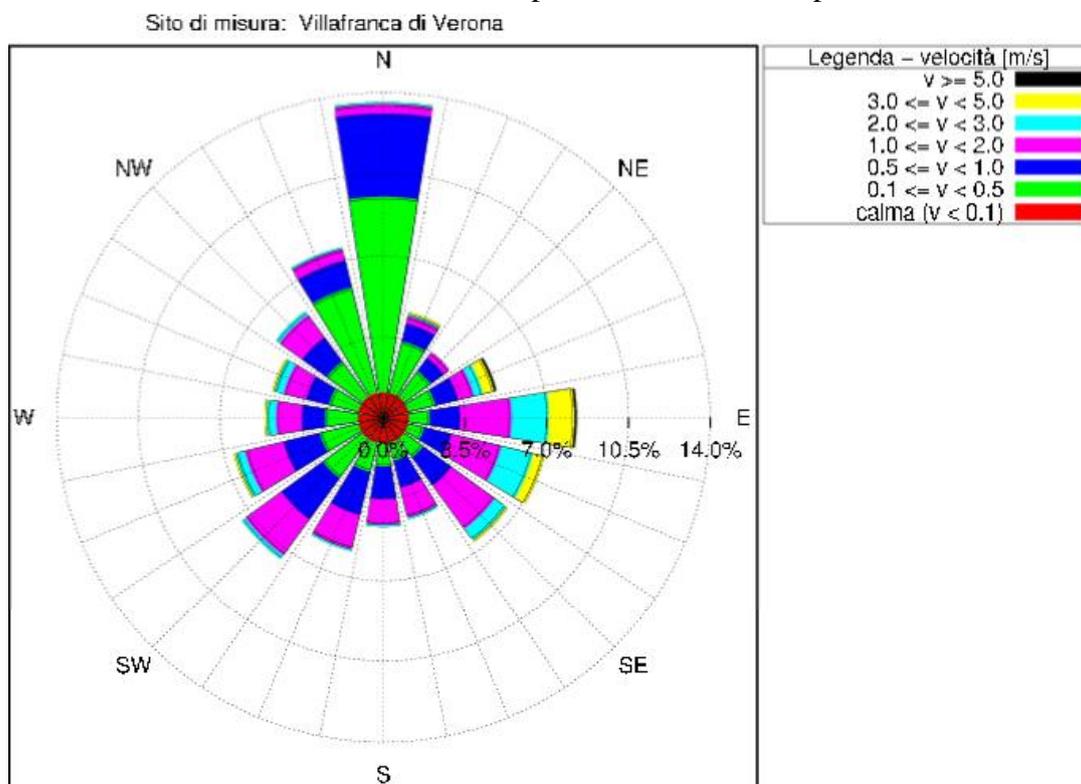


Figura 2-35: Rosa dei venti per la stazione di Villafranca Veronese, relativa all'intero periodo 2004-2008.

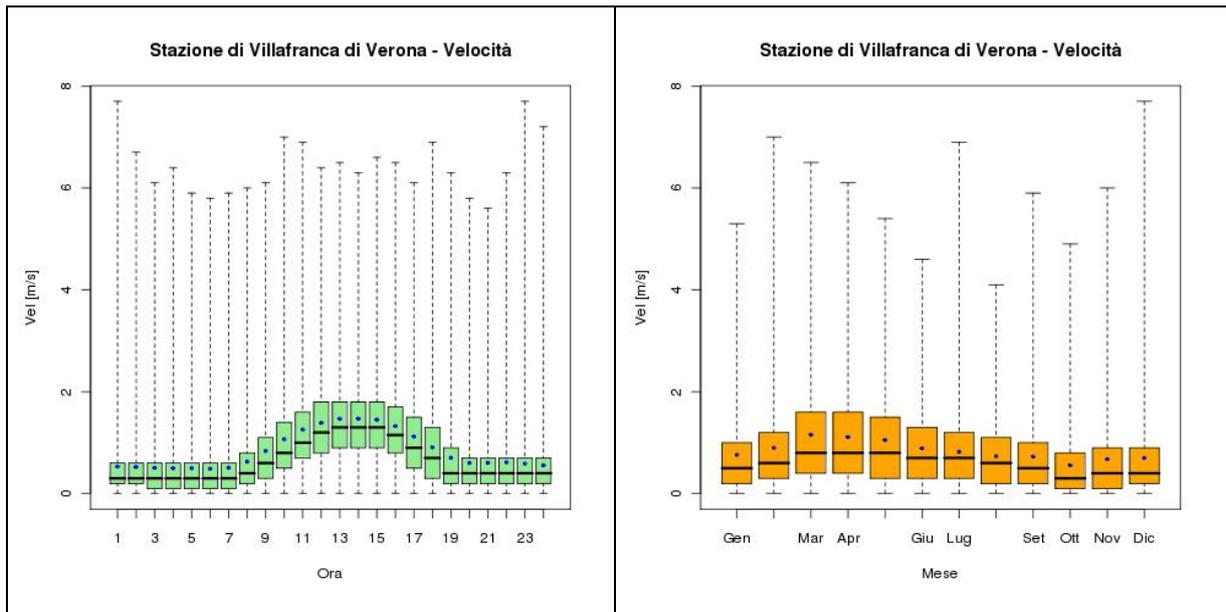


Figura 2-36: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Villafranca di Verona, relativi all'intero periodo 2004-2008.

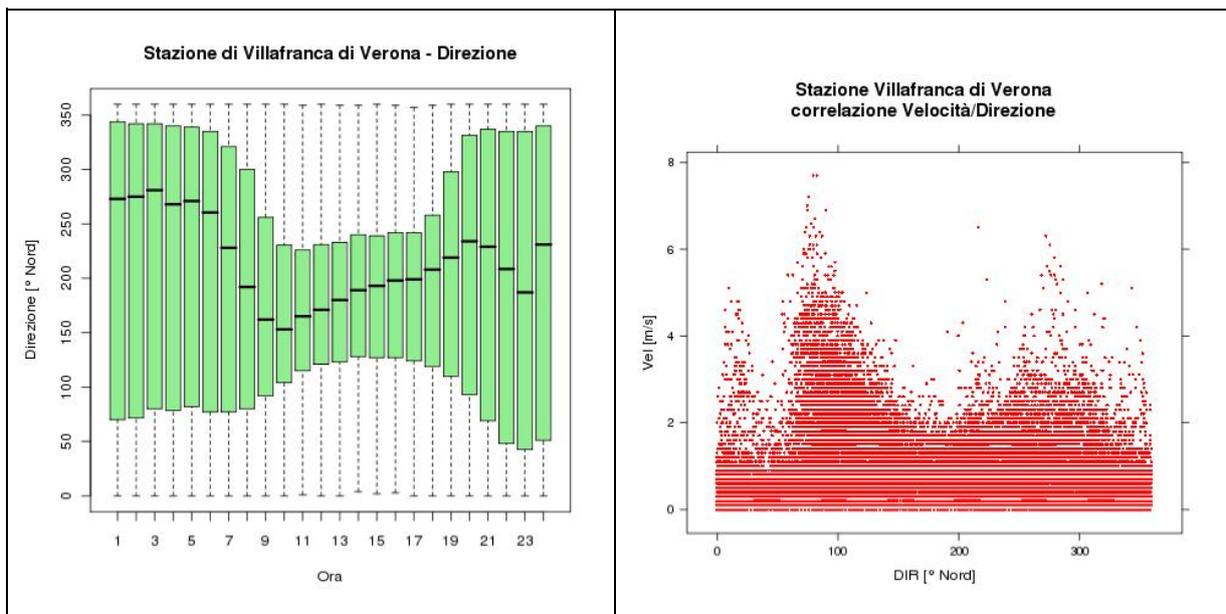


Figura 2-37: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di Villafranca di Verona, relativi all'intero periodo 2004-2008.

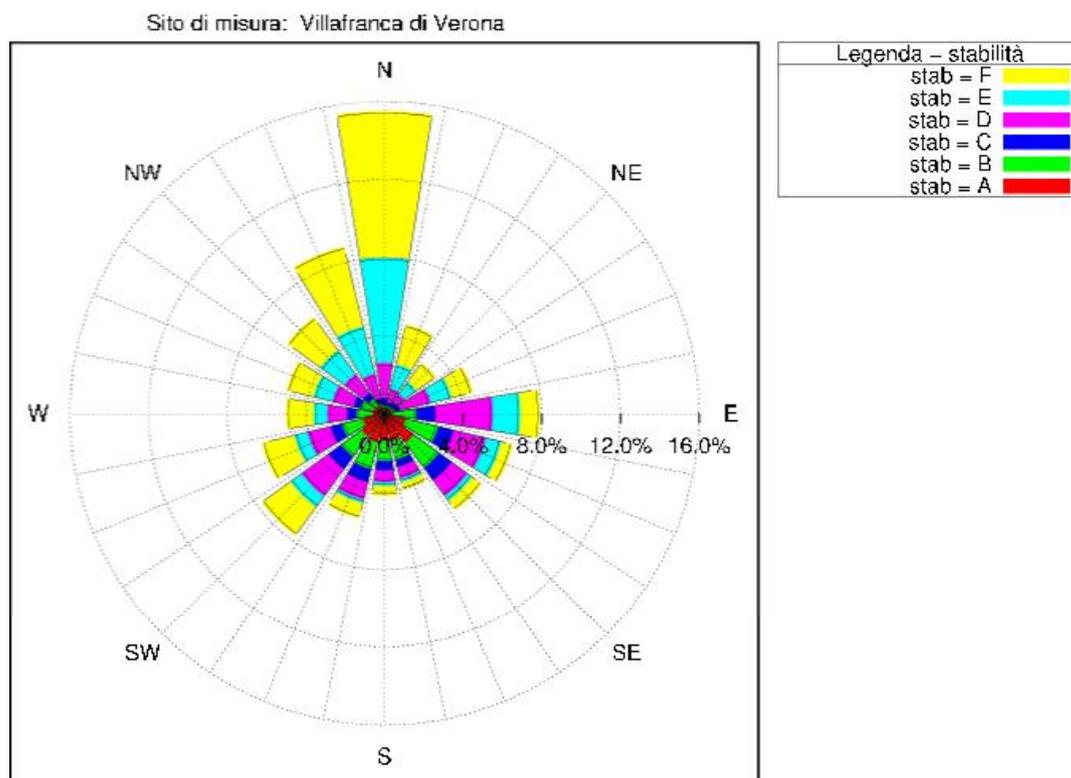


Figura 2-38: Rosa della stabilità per la stazione di Villafranca Veronese, relativa all'intero periodo 2004-2008.

Tabella 2-18: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Villafranca Veronese.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	0.82	0.73	0.78	0.92	0.96	0.84
Temperatura [°C]	13.22	12.60	13.30	13.92	13.81	13.37
Radiazione [W/m ²]	165.55	169.14	171.21	161.97	152.34	164.04
Pioggia [mm/anno]	963	951	655	602	1041	842
Umidità relativa [%]	77.40	74.67	74.92	74.84	78.40	76.05

2.1.2.3.11 Stazione di Verona-Cason

La stazione di qualità dell'aria di Verona Cason (della stazione e relativa analisi dei dati misurati relativi alla qualità dell'aria si parlerà nel dettaglio nel § 2.2.3.7) rileva anche alcuni parametri meteorologici. I dati sono stati analizzati per cercare di avere una descrizione climatologica anche per la zona del Comune di Verona, che non contiene al suo interno stazioni meteorologiche della rete ufficiale di ARPAV. Nell'analisi sono stati considerati solo i dati relativi al triennio 2005-2007, perché si è valutato che la qualità del dato a disposizione per gli anni 2004 e 2008 non fosse sufficiente. La stazione è caratterizzata da venti più intensi nelle ore diurne e in primavera ed estate. Le direzioni associate ai venti più intensi sono N e NEE ed E. I venti più frequenti invece provengono da NO.

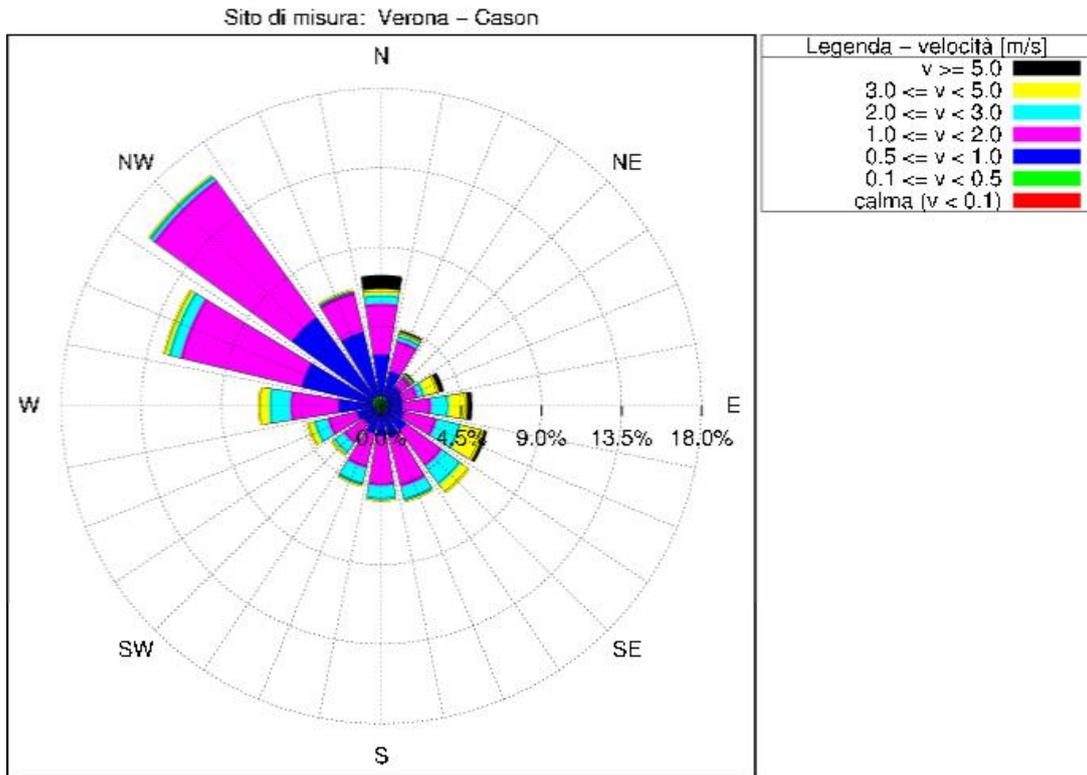


Figura 2-39: Rosa dei venti per la stazione di Verona-Cason, relativa al periodo 2005-2007.

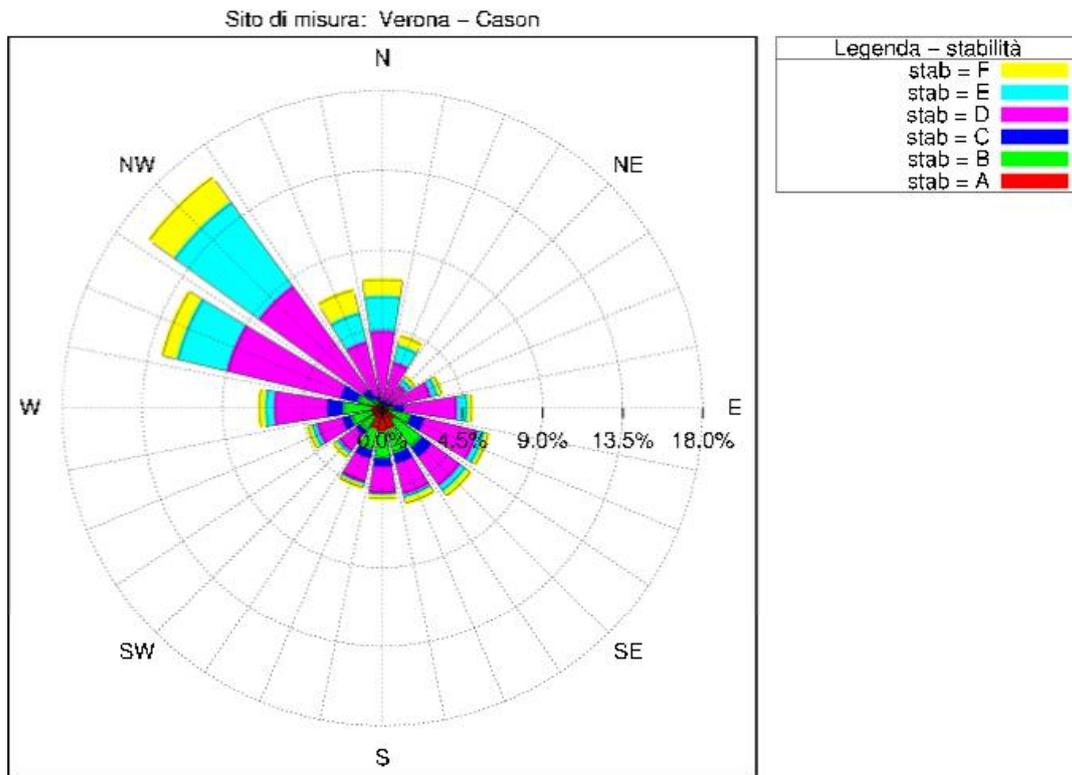


Figura 2-40: Rosa della stabilità per la stazione di Verona-Cason, relativa al periodo 2005-2007.

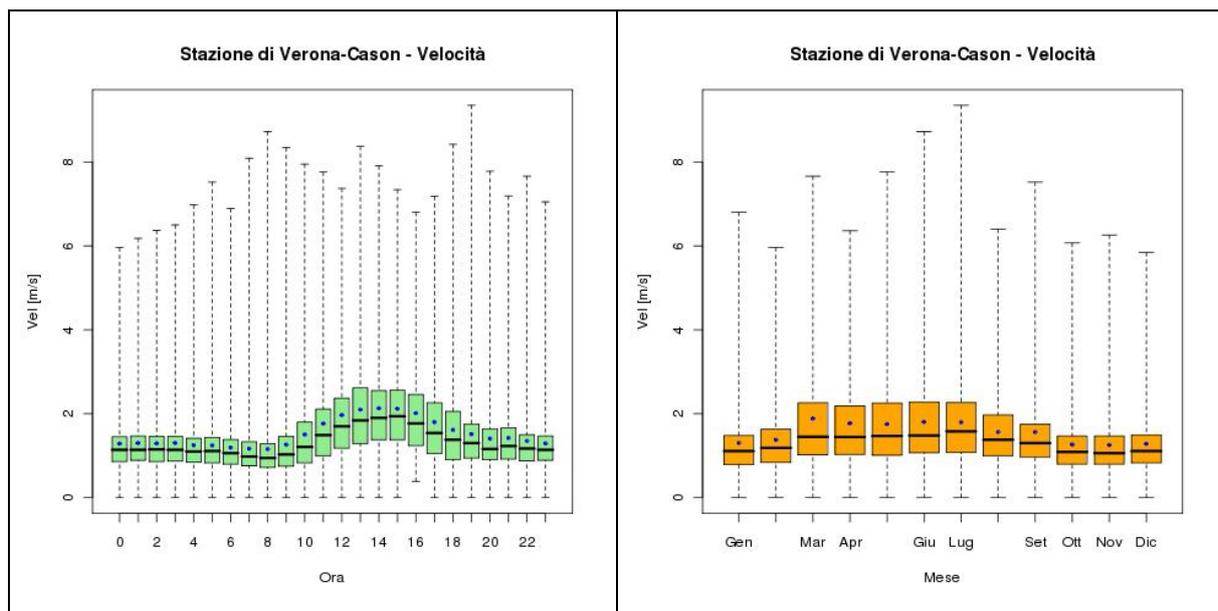


Figura 2-41: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di qualità dell'aria di Verona Cason, relativi al periodo 2005-2007.

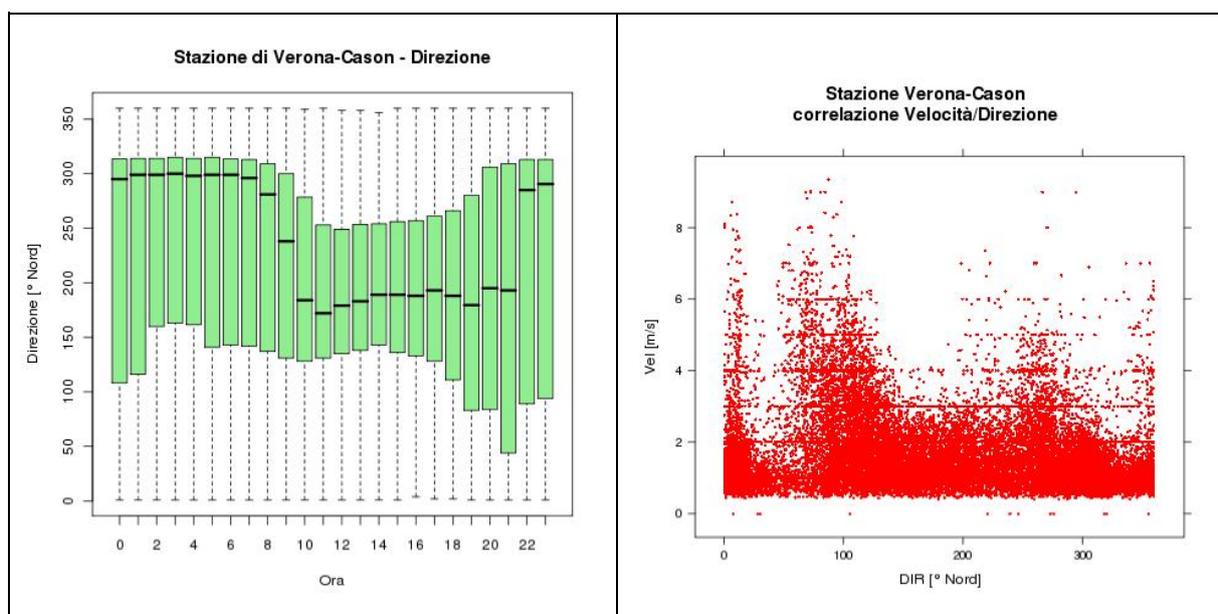


Figura 2-42: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di qualità dell'aria di Verona Cason, relativi al periodo 2005-2007.

Tabella 2-19: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Verona-Cason.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]		1.27	1.55	1.55		1.46
Temperatura [°C]		8.45	13.39	14.35		12.06
Radiazione [W/m ²]		74.83	157.88	152.66		128.46
Pioggia [mm/anno]		251	530	429		403

2.1.2.3.12 Stazione di Verona-via Dominutti

La stazione di via Dominutti è ubicata sul tetto del palazzo sede del Dipartimento di Verona di ARPAV; in questa stazione risulta che la direzione dominante è quella Est-Ovest. I venti più intensi sono quelli provenienti da NE-E.

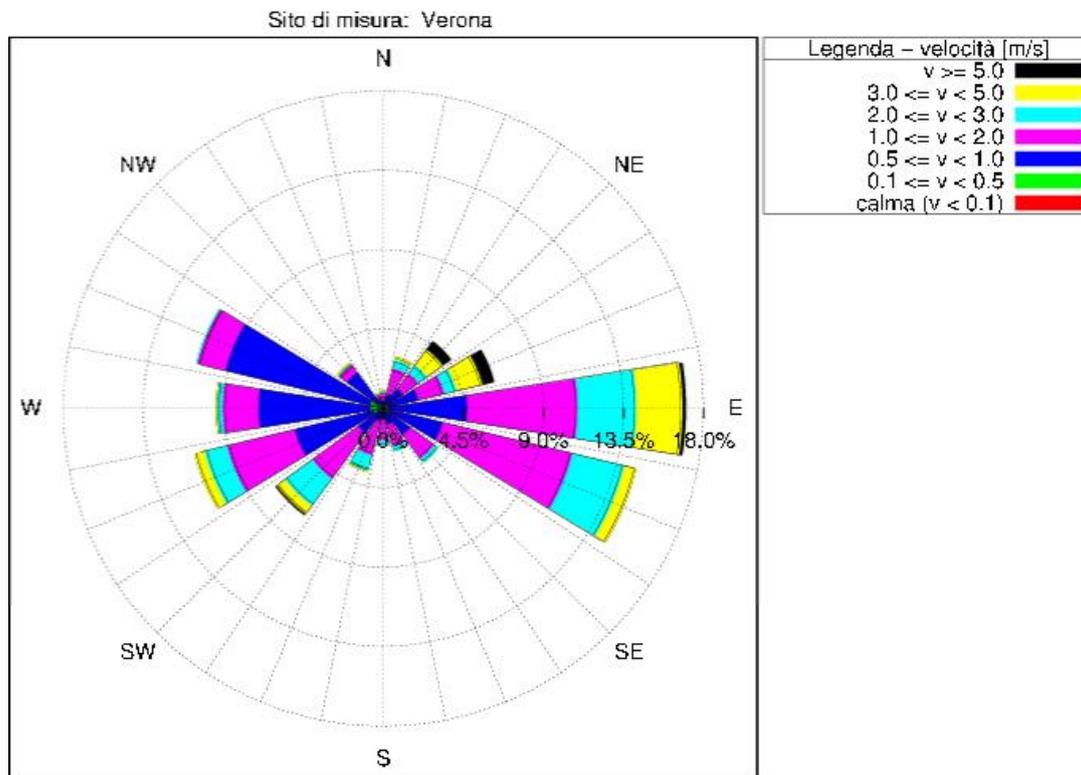


Figura 2-43: Rosa della stabilità per la stazione di Verona-via Dominutti, relativa al periodo 2005-2007.

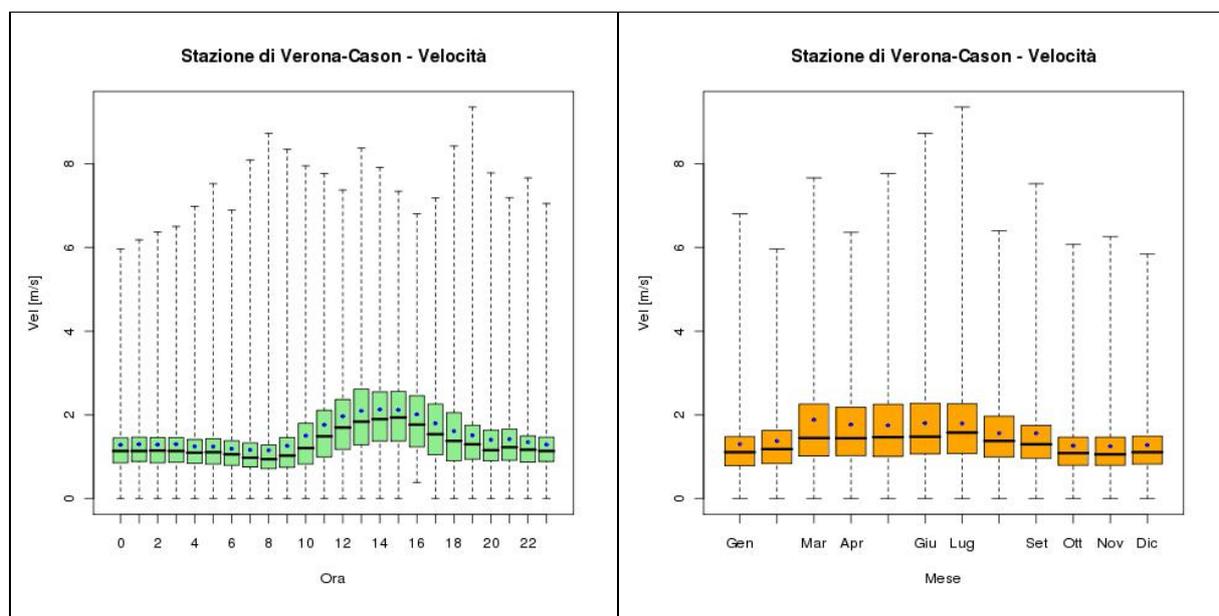


Figura 2-44: Boxplot della velocità del vento in funzione dell'ora del giorno e del mese dell'anno per la stazione di Verona via Dominutti, relativi al periodo 2004-2008.

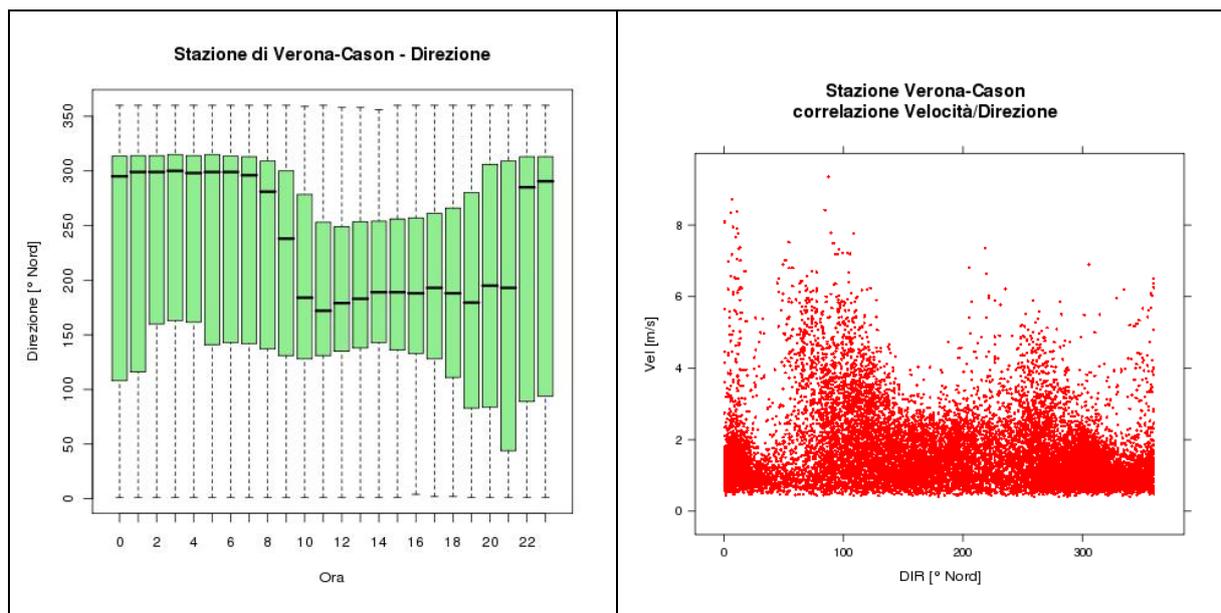


Figura 2-45: Boxplot della direzione del vento in funzione dell'ora del giorno e correlazione tra velocità e direzione per la stazione di Verona via Dominutti, relativi al periodo 2004-2008.

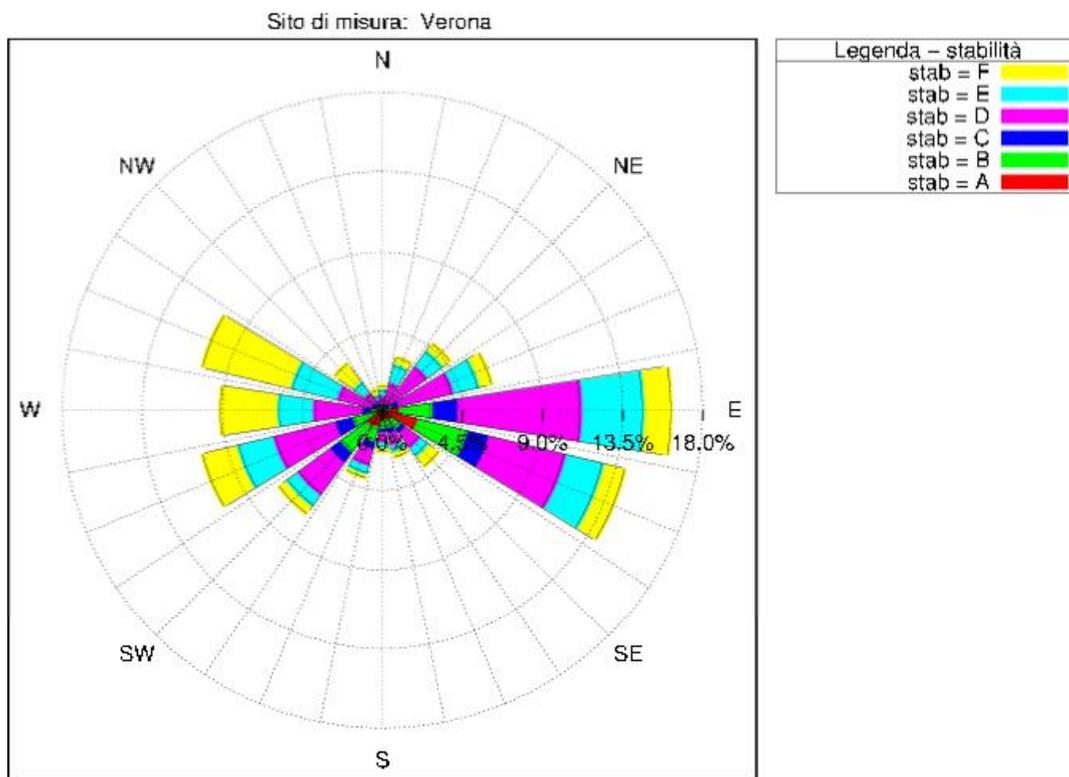


Figura 2-46: Rosa della stabilità per la stazione di Verona-via Dominutti, relativa al periodo 2005-2007.

Tabella 2-20: Valori medi dei principali parametri meteorologici misurati nella stazione di Verona-via Dominutti.

Grandezza	2004	2005	2006	2007	2008	TOTALE
Velocità [m/s]	1.33	1.4	1.39	1.42	1.49	1.41
Temperatura [°C]	18.8	14.62	16.13	16.61	16.27	16.48
Radiazione [W/m ²]	246.41	214.86	208.28	214.56	203.63	217.55
Pioggia [mm/anno]	358	614	534	433	713	531
Umidità relativa [%]	83.78	79.06	70.84	65.59	69.4	73.73

2.1.2.4 Mappe globali delle rose dei venti e della stabilità

Le rose dei venti e della stabilità sono state raggruppate in un'unica mappa per visualizzare in modo più immediato e comparativo le caratteristiche delle diverse stazioni in cui sono misurate l'intensità e la direzione del vento.

2.1.2.5 Cicli giornalieri, annuali e stagionali

Per ciascuna grandezza meteorologica analizzata, sono stati ricostruiti i cicli giornalieri e annuali; i cicli delle diverse stazioni sono stati confrontati tra di loro per mettere in luce differenze e analogie dei parametri meteoroclimatici che caratterizzano il territorio in esame.

2.1.2.5.1 Velocità del vento

I cicli diurni di velocità del vento in ciascuna stazione sono stati calcolati dapprima tenendo conto della totalità dei dati, quindi isolando i dati relativi alle diverse stagioni.

Osservando i cicli calcolati sulla base dell'intero anno, si può notare come la maggior parte delle stazioni mostri valori più intensi della velocità del vento nelle ore centrali della giornata. La stazione che più si discosta da questo comportamento è Bardolino, in cui le velocità più elevate si verificano durante le prime ore del mattino. Inoltre in questa stazione, che risente dell'influsso del lago di Garda, i venti sono mediamente più intensi. Una maggiore ventosità si riscontra anche nella stazione di Bosco Chiesanuova, che è l'unica stazione di montagna ubicata ad una quota di circa 1000 m. La stazione di Illasi è caratterizzata invece da un ciclo diurno meno pronunciato e da valori abbastanza elevati durante l'intera giornata.

Le altre stazioni presentano valori di velocità del vento decisamente più bassi, specialmente nelle ore notturne dove si registrano velocità di circa 0.5 m/s. La stazione di Verona rappresenta un'eccezione, dovuta probabilmente al fatto che essendo posizionata sul tetto di un edificio risulta meglio esposta.

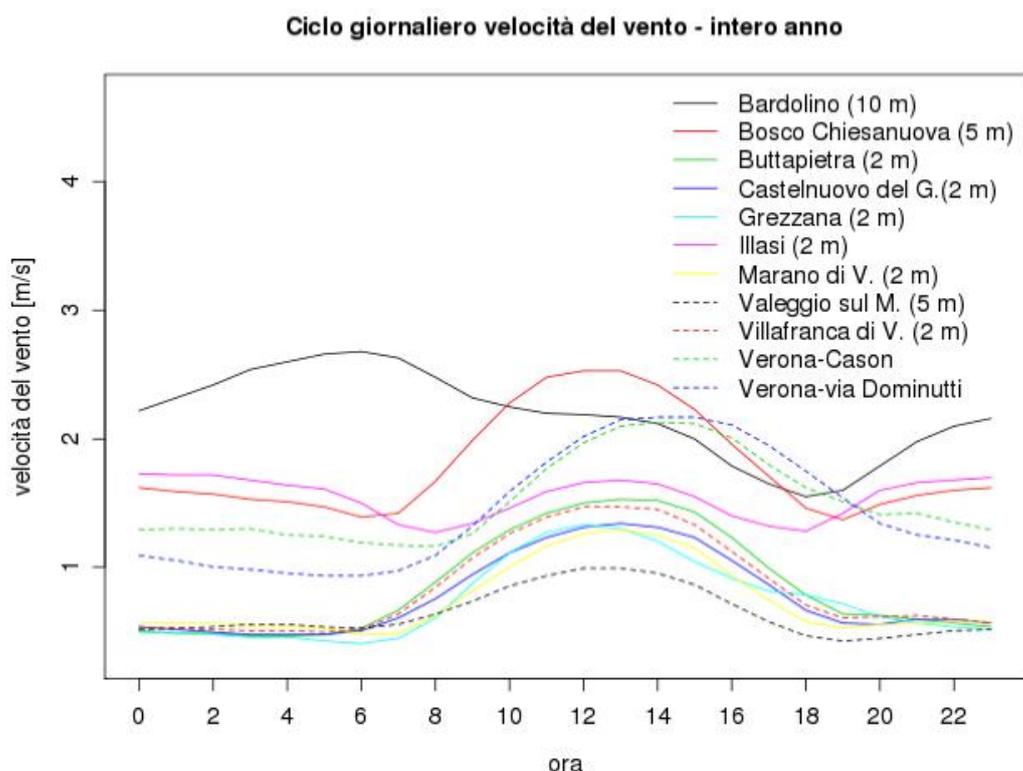


Figura 2-49: Confronto tra i cicli giornalieri della velocità del vento calcolati per le diverse stazioni relativi all'intero anno.

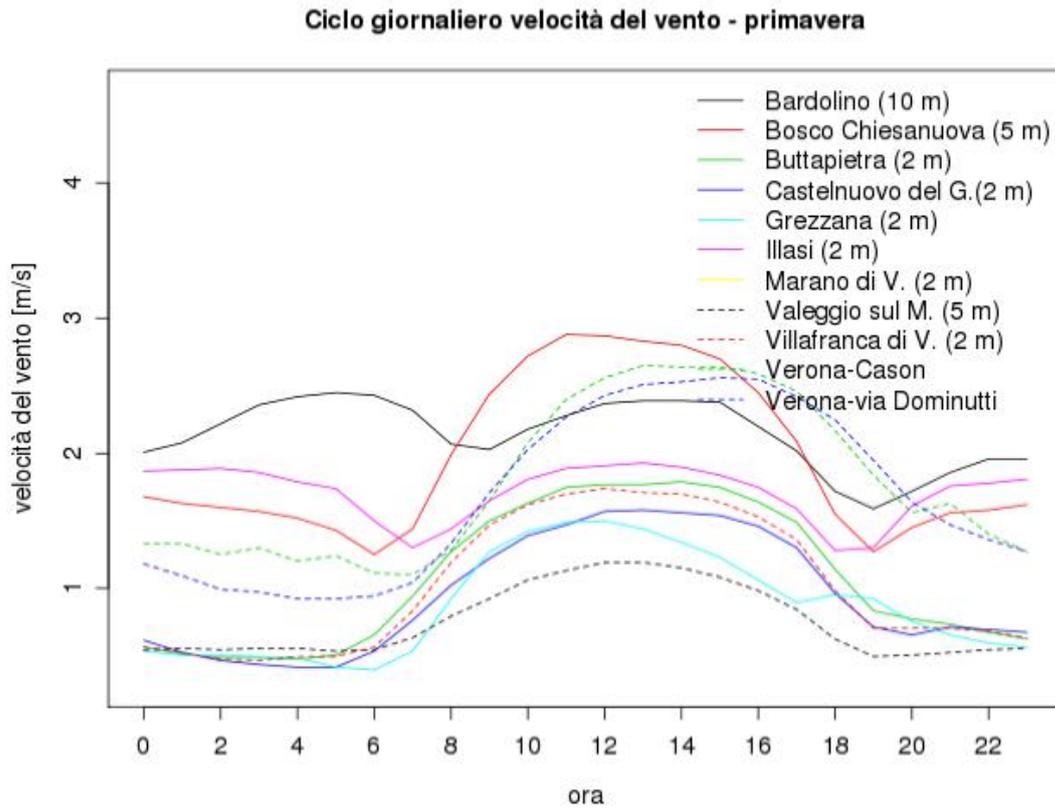


Figura 2-50: Confronto tra i cicli giornalieri della velocità del vento calcolati per le diverse stazioni relativi alla primavera.

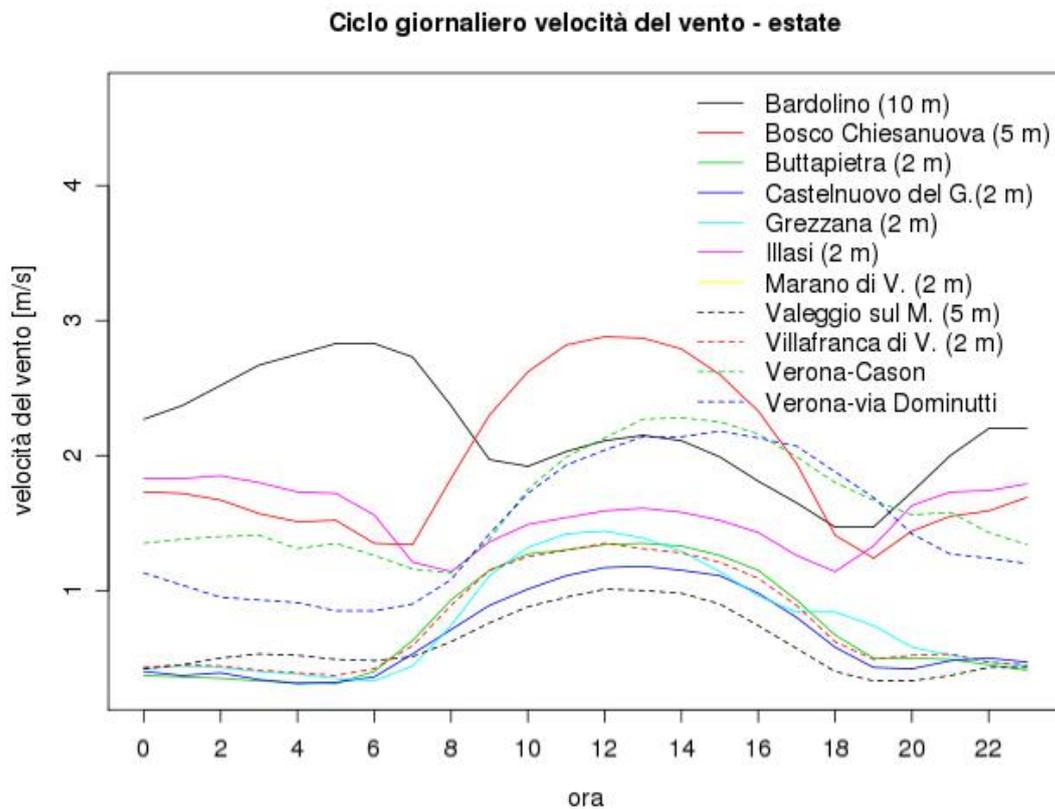


Figura 2-51: Confronto tra i cicli giornalieri della velocità del vento calcolati per le diverse stazioni relativi all'estate.

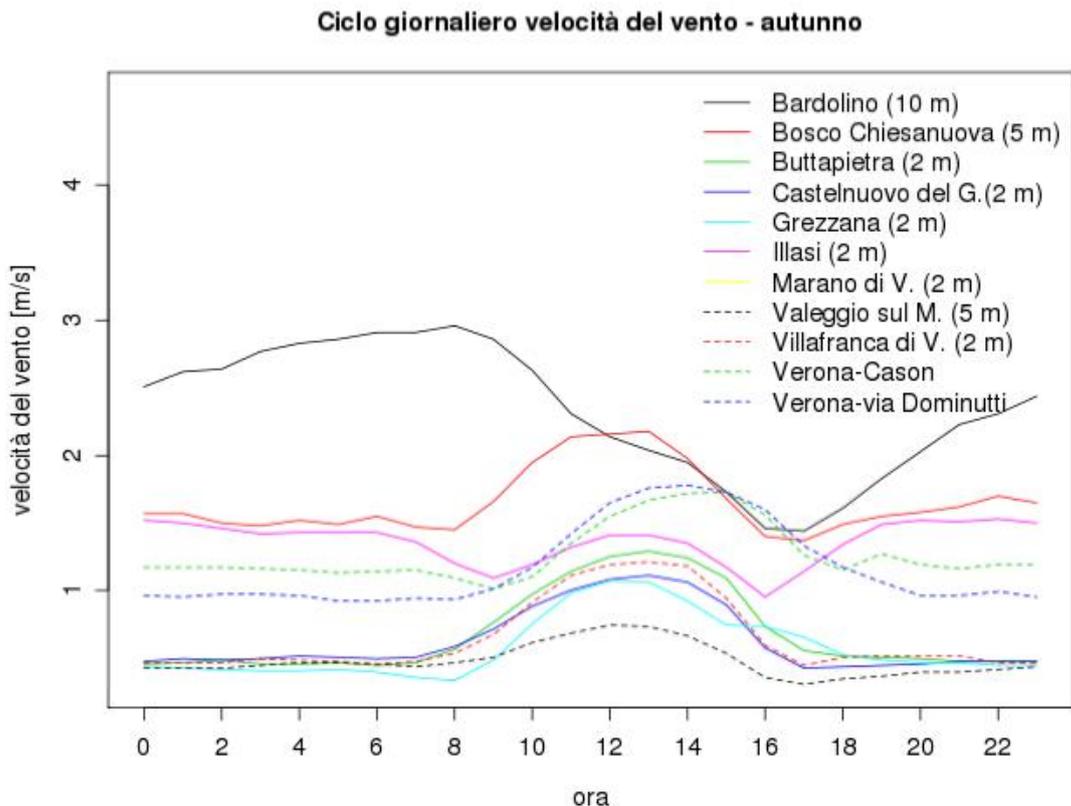


Figura 2-52: Confronto tra i cicli giornalieri della velocità del vento calcolati per le diverse stazioni relativi all'autunno.

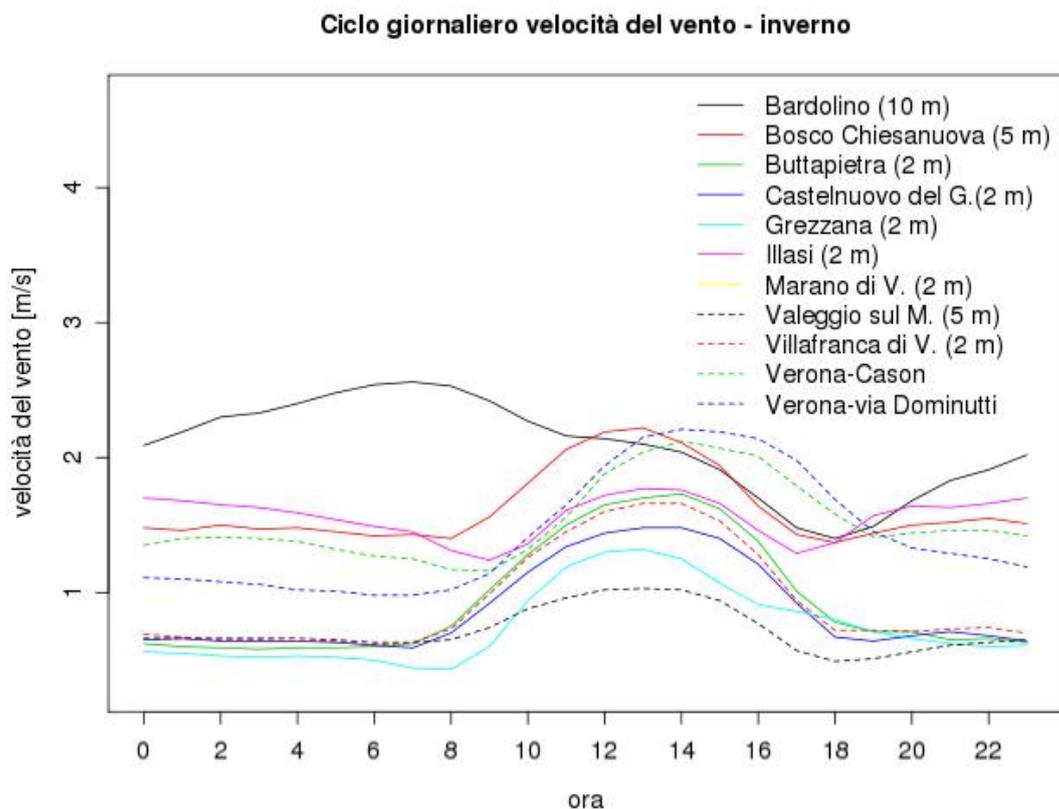


Figura 2-53: Confronto tra i cicli giornalieri della velocità del vento calcolati per le diverse stazioni relativi all'inverno.

Mediamente, in primavera le intensità del vento sono maggiori in quasi tutte le stazioni; tale fenomeno risulta essere evidente prendendo visione della rappresentazione dell'andamento dei cicli diurni nelle quattro stagioni e durante tutto l'anno in una stessa stazione. Si è scelta, ad esempio, la stazione di Villafranca di Verona.

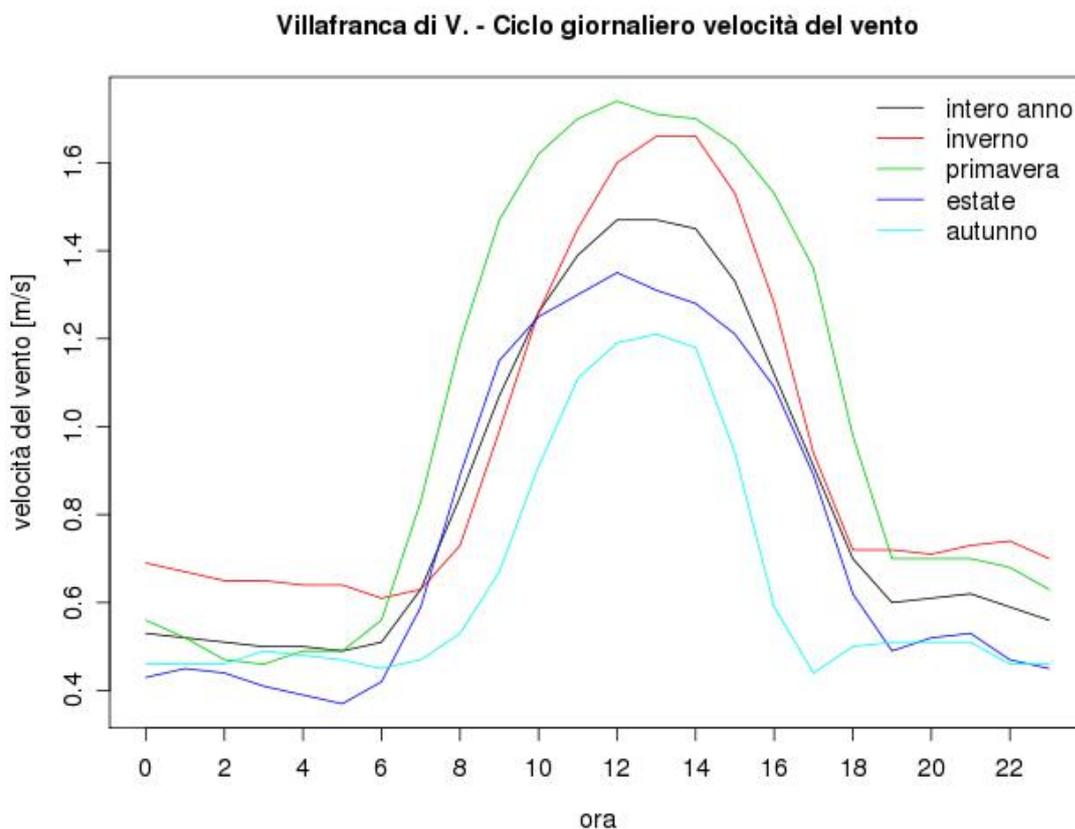


Figura 2-54: Confronto tra i cicli giornalieri della velocità del vento per le diverse stagioni relativi alla stazione di Villafranca di Verona.

Al di là di cicli dei valori medi, è importante anche apprezzare la frequenza di accadimento dei diversi valori di intensità del vento, indipendentemente dalla direzione di provenienza.

Questo si può vedere calcolando la distribuzione di probabilità dell'intensità del vento, che in genere è ben riprodotta dalla curva corrispondente alla cosiddetta distribuzione di Weibull. A titolo di esempio si riportano le curve di Weibull che meglio approssimano la distribuzione dei dati di intensità del vento della stazione di Villafranca di Verona, localizzata nella zona pianeggiante della provincia, e di Grezzana, che sono localizzate l'una a sud in una zona pianeggiante, l'altra a nord alle pendici dei monti Lessini. La coda della curva che corrisponde a velocità superiori ai 2 m/s è molto piccola per entrambe le stazioni, a testimoniare che l'intensità del vento è mediamente molto modesta su tutta la zona esaminata.

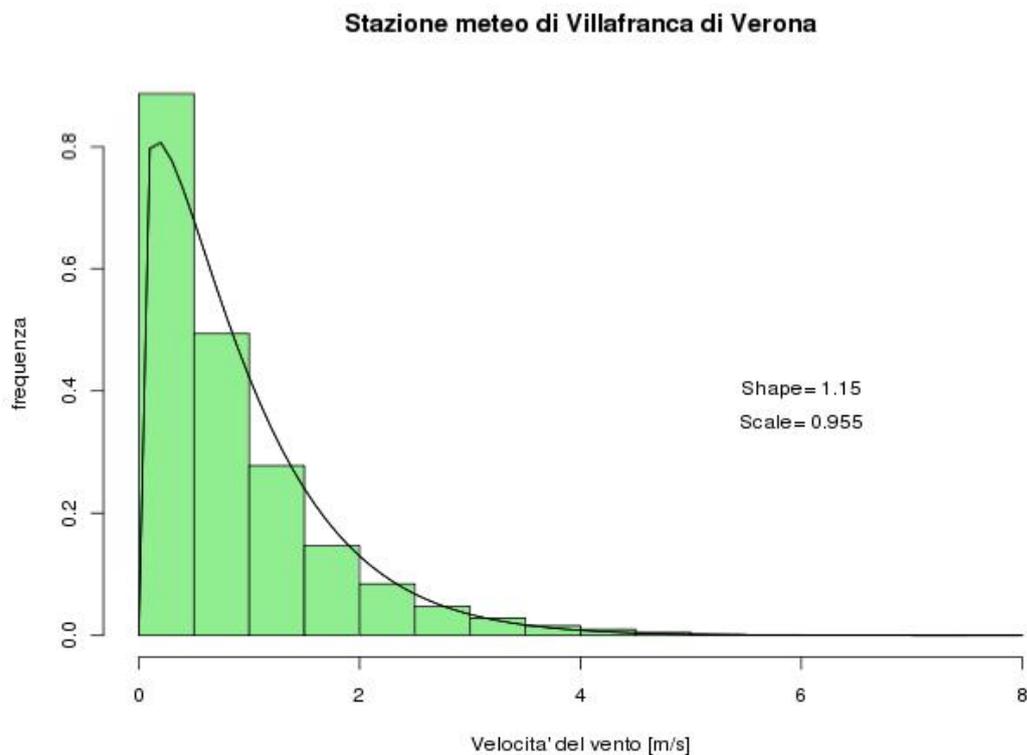


Figura 2-55: Curva di distribuzione di Weibull relativa alla velocità del vento della stazione di Villafranca di Verona.

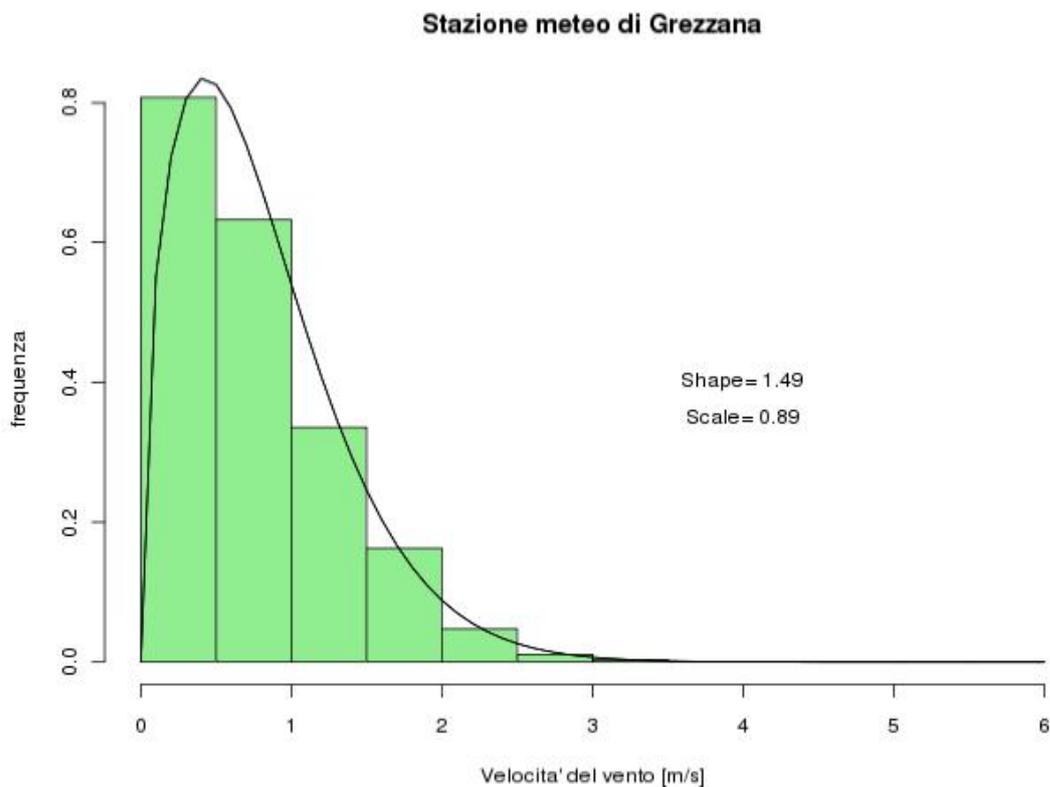


Figura 2-56: Curva di distribuzione di Weibull relativa alla velocità del vento della stazione di Grezzana.

2.1.2.5.2 Temperatura

I cicli diurni della temperatura assumono tutti un andamento piuttosto simile, con l'eccezione delle stazioni di Bosco Chiesanuova che essendo una stazione in quota è caratterizzata da temperature molto più basse e Verona, via Dominutti, in cui invece le temperature sono mediamente sempre maggiori di 2.5-3 gradi centigradi, cosa che potrebbe essere causata dal fenomeno dell'isola di calore.

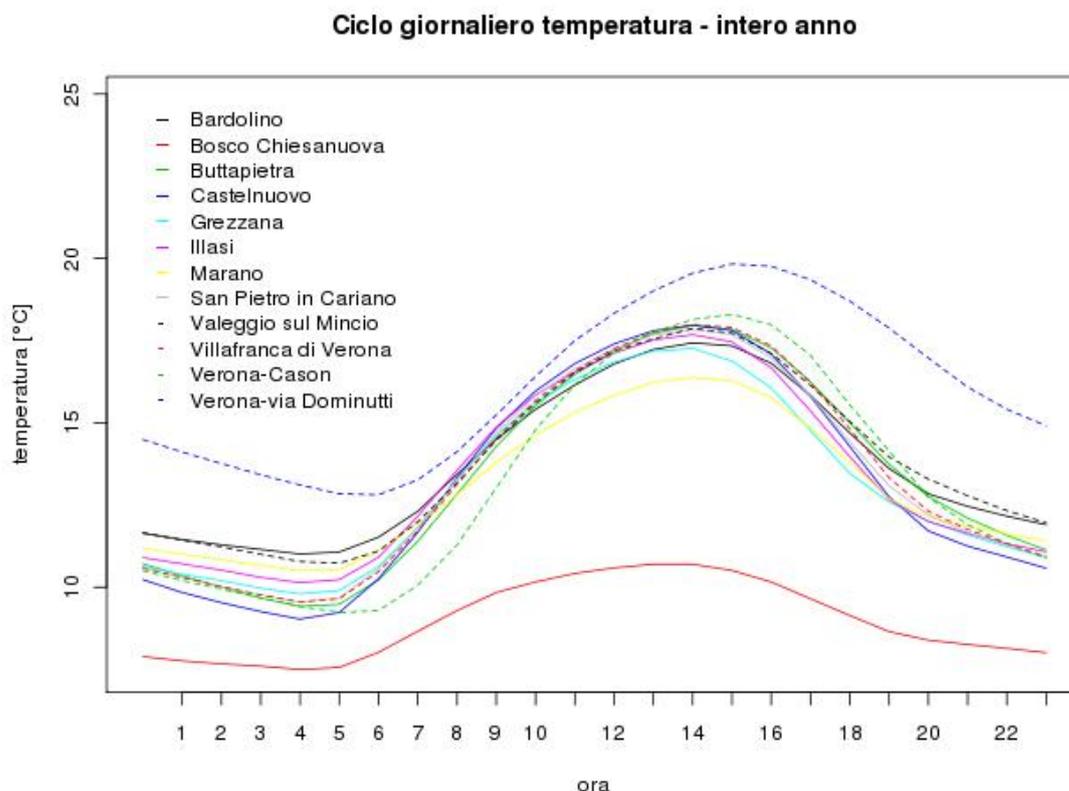


Figura 2-57: Confronto tra i cicli giornalieri della temperatura nelle diverse stazioni relativi all'intero anno.

2.1.2.5.3 Radiazione solare

Il ciclo giornaliero della radiazione solare è piuttosto simile per tutte le stazioni meteorologiche, con due eccezioni. La radiazione della stazione ARPAV di Verona via Dominutti risulta molto maggiore rispetto a quella delle altre stazioni; alcuni valori risultano essere addirittura superiori alla costante solare (che è il valore del flusso di potenza termica radiante massimo proveniente dal sole al top dell'atmosfera, ossia prima di qualsiasi assorbimento da parte di quest'ultima). La causa potrebbe essere la riflessione quasi a specchio di un tetto posto a quasi 500 metri e/o la possibile mancanza dello schermo orizzontale del sensore. Per questa ragione, per Verona si sono utilizzati i dati di radiazione riportati dal radiometro installato presso la stazione ARPAV di qualità dell'aria di Verona Cason. Anche il ciclo diurno della stazione di Bosco Chiesanuova risulta abbastanza differente da quello delle altre stazioni: il picco è più basso nonostante in quota si verifichi un minore assorbimento atmosferico che dovrebbe comportare una radiazione maggiore; inoltre

l'andamento sembra essere in anticipo rispetto agli altri. Questo si spiega probabilmente con la posizione della stazione, che risulta in parte coperta in direzione Nord-Ovest.

Il ciclo medio che si realizza nelle diverse stazioni è riportato in Figura 2-58. Analizzando l'andamento dei cicli diurni nelle quattro stagioni nella stazione di Villafranca di Verona, si osservano valori minori di radiazione solare durante i mesi autunnali (da ottobre a dicembre) rispetto a quelli invernali (da gennaio a marzo). Questo può essere spiegato tenendo conto che si tratta di valori di radiazione misurati e non teorici; se i mesi autunnali sono maggiormente caratterizzati da tempo perturbato, questo comporta una minore radiazione solare misurata.

Ciclo giornaliero radiazione solare - intero anno

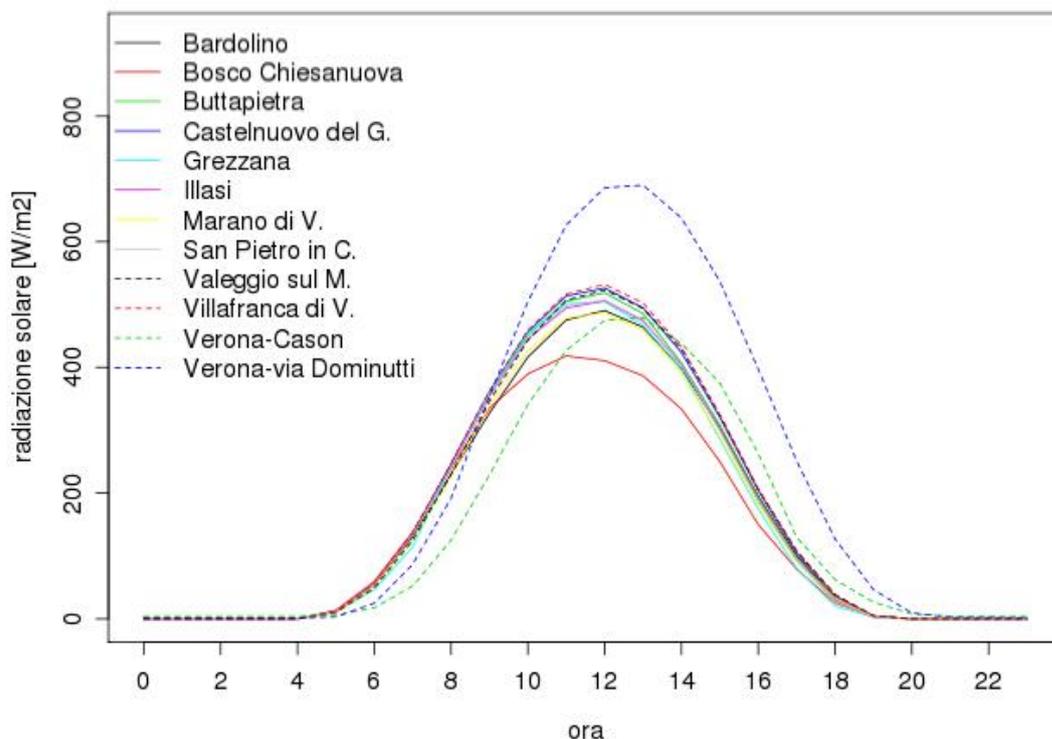


Figura 2-58: Confronto tra i cicli giornalieri della radiazione solare calcolati per le diverse stazioni relativi all'intero anno.

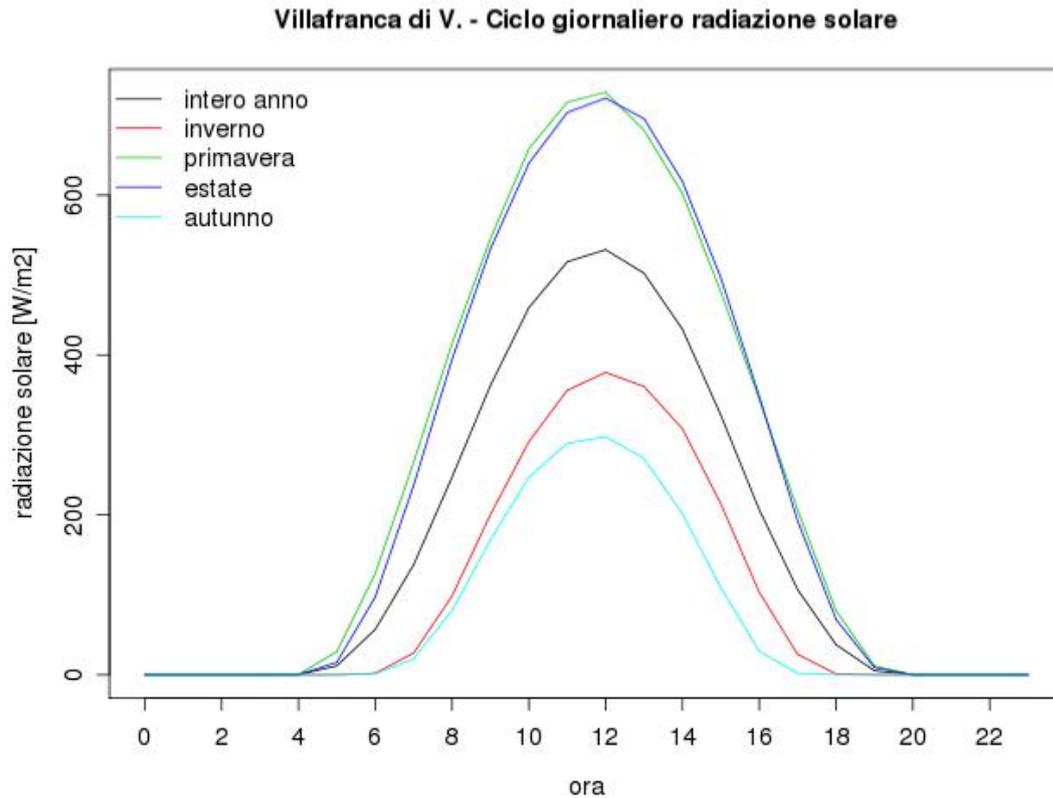


Figura 2-59: Confronto tra i cicli giornalieri della radiazione solare per le diverse stagioni relativi alla stazione di Villafranca di Verona.

2.1.2.5.4 Umidità relativa

Il ciclo giornaliero di umidità è caratterizzato da valori elevati nelle ore notturne e più bassi nelle ore centrali del giorno. La stazione di Bosco Chiesanuova è caratterizzata da un ciclo meno pronunciato. Le stazioni di pianura come Villafranca, Buttapietra, Valeggio sul Mincio sono caratterizzate da valori più alti dell'umidità relativa.

Analizzando invece l'andamento nelle diverse stagioni si osserva che le stagione autunnale è quella caratterizzata da valori più intensi di umidità.

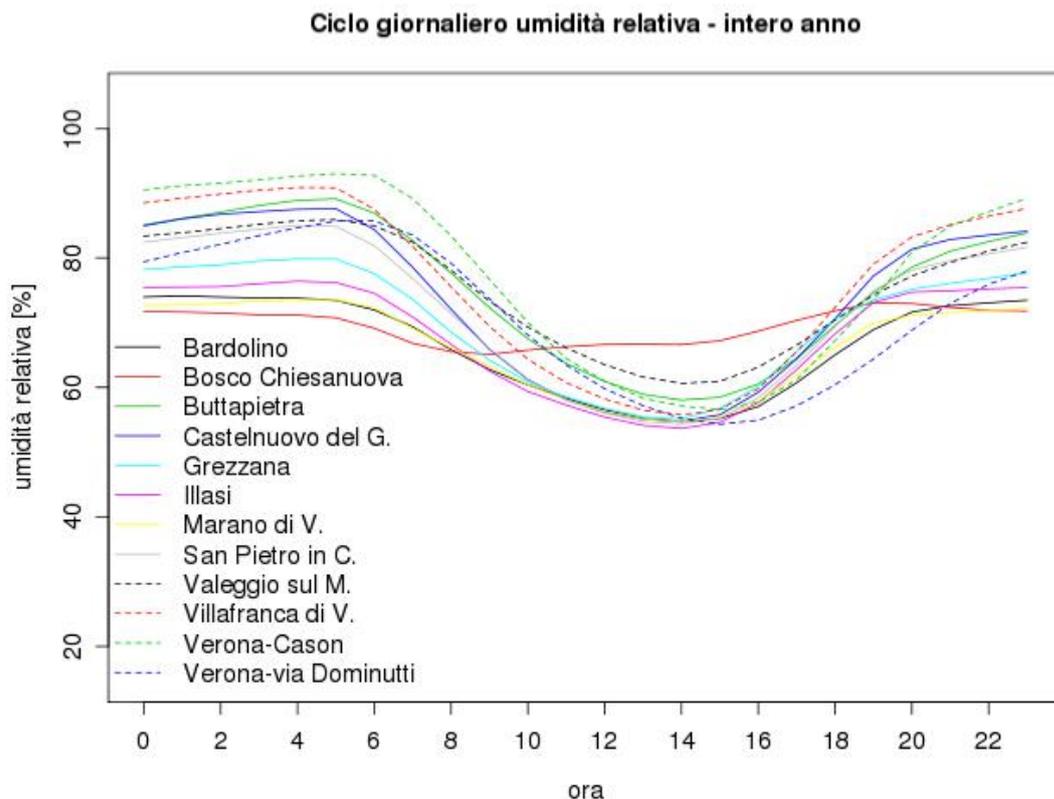


Figura 2-60: Confronto tra i cicli giornalieri dell'umidità relativa nelle diverse stazioni relativi all'intero anno.

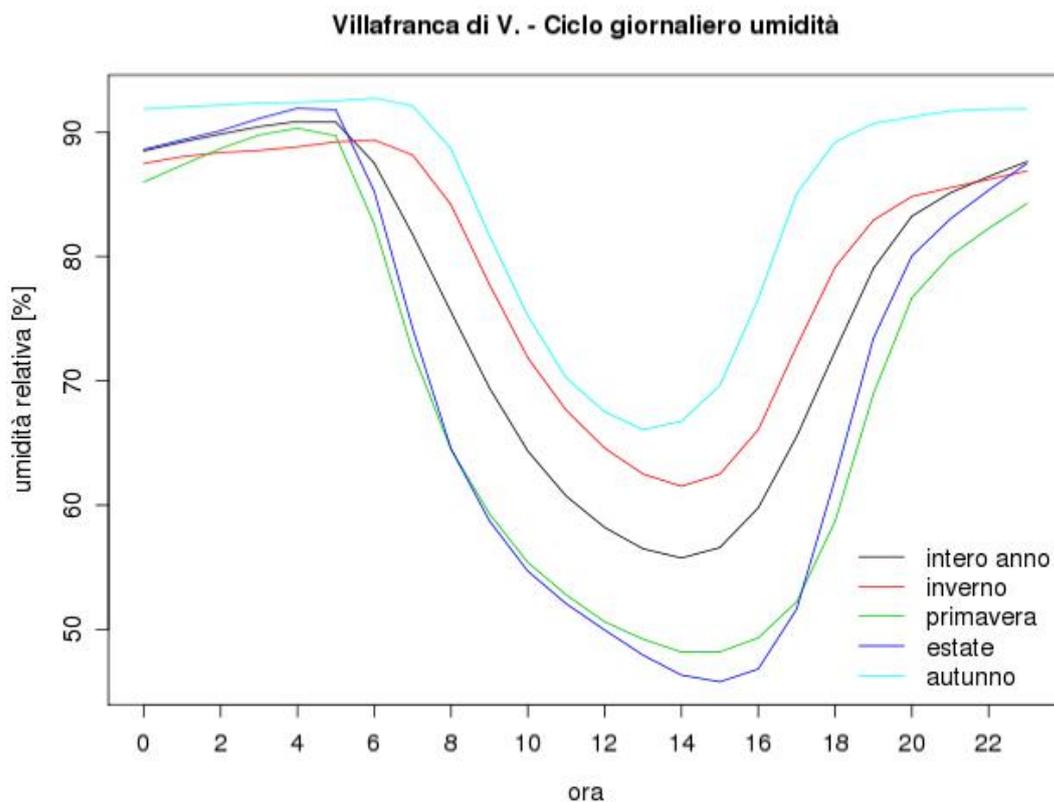


Figura 2-61: Confronto tra i cicli giornalieri dell'umidità relativa per le diverse stagioni relativi alla stazione di Villafranca di Verona.

2.1.2.5.5 Precipitazione

Per quanto riguarda la precipitazione, sono stati calcolati i valori cumulati giornalieri e mensili e di questi sono stati eseguiti i cicli medi annuali.

Si nota come Bosco Chiesanuova sia caratterizzata dalla piovosità maggiore, come era logico aspettarsi, e che mediamente i giorni più piovosi si realizzano in aprile, in agosto e in novembre. Questi sono anche i mesi più piovosi per quasi tutte le stazioni considerate.

Si è calcolato inoltre il numero di giorni con precipitazione superiore a 1 mm per ciascun mese e se ne è poi calcolato il ciclo annuale, mostrato in Figura 2-62.

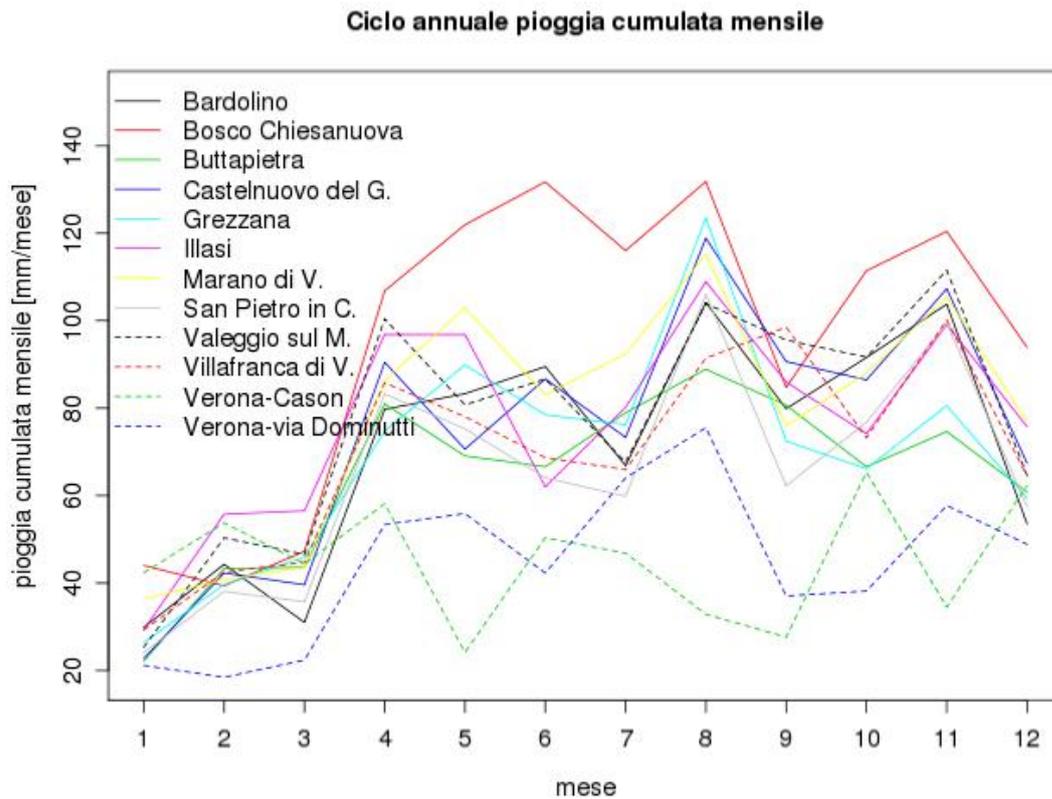


Figura 2-62: Confronto tra i cicli annuali della precipitazione cumulata mensile nelle diverse stazioni.

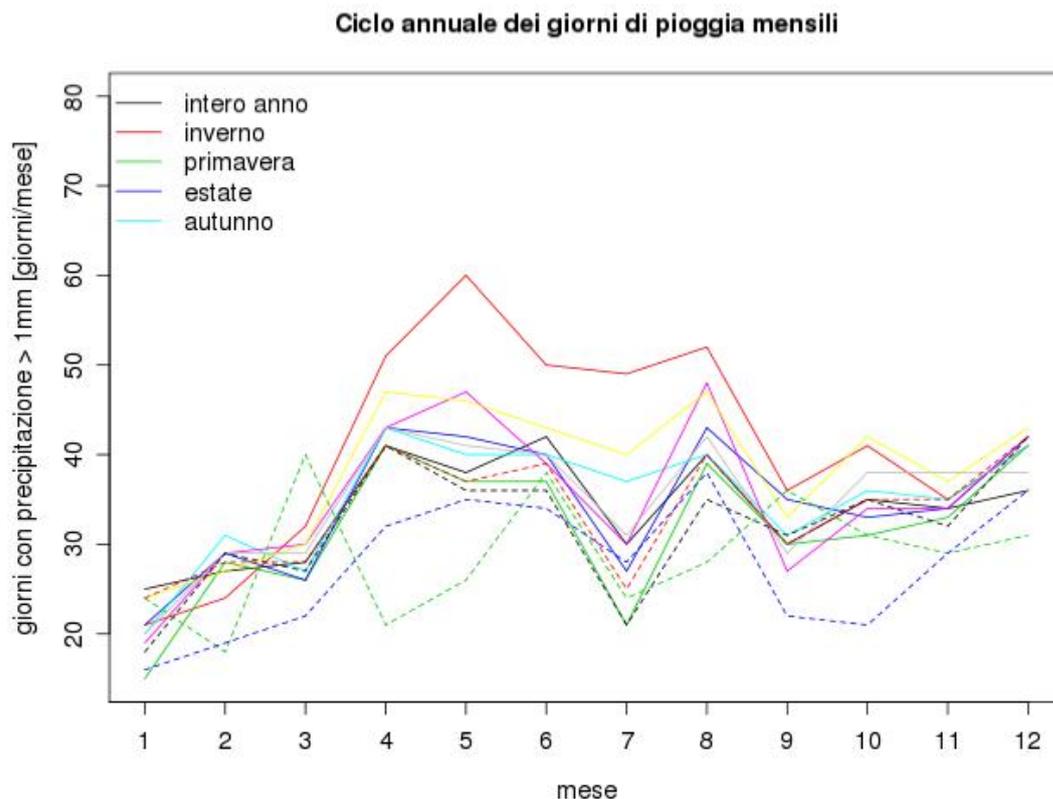


Figura 2-63: Confronto tra i cicli annuali del numero di giorni mensili con precipitazione superiore a 1 mm nelle diverse stazioni.

2.1.2.6 Scenari meteorologici

Sono stati individuati quattro possibili scenari meteorologici:

1. (I) bel tempo, cielo sereno
2. (II) tempo variabile, cielo parzialmente coperto
3. (III) tempo perturbato, cielo coperto senza precipitazioni
4. (IV) precipitazione.

Si è calcolata la massima radiazione incidente in ogni stazione sulla base dell'algoritmo di Bird e Hulstrom (1991) per ciascuna ora dell'anno. Per ciascun giorno dell'anno è stata calcolata la somma della radiazione incidente giornaliera ed è stata confrontata con la somma giornaliera della radiazione massima incidente. Ciascun giorno di dati a disposizione è stato classificato in uno dei quattro scenari sulla base dei seguenti criteri:

1. giorno di bel tempo in assenza di pioggia e con radiazione incidente giornaliera maggiore del 70% della massima incidente giornaliera;
2. giorno di tempo variabile se la radiazione incidente giornaliera è compresa tra il 30 e il 70% della massima incidente giornaliera e c'è assenza di precipitazione;
3. giorno di tempo perturbato se la radiazione incidente giornaliera è minore del 30% della massima incidente giornaliera e c'è assenza di precipitazione;

4. giorno di precipitazione se la pioggia cumulata in un giorno è maggiore di 1 mm (WMO, 2006).

Le statistiche per le diverse stazioni sono state riportate in Tabella 2-21.

Tabella 2-21: Elenco delle percentuali di giorni del quinquennio 2004-2008 appartenenti ai quattro scenari meteorologici individuati per tutte le stazioni.

Stazione	% giorni di bel tempo	% giorni di tempo variabile	% giorni di tempo perturbato	% giorni di precipitazione
Bardolino Calmasino	44.6	28.4	5.0	22.1
Bosco Chiesanuova	35.7	31.5	6.2	26.7
Buttapietra	43.8	28.0	7.6	20.6
Castelnuovo del Garda	45.6	26.9	4.9	22.6
Grezzana	36.8	33.8	6.5	22.9
Llasi	42.4	29.3	5.1	23.1
Marano di Valpolicella	42.6	27.0	5.3	25.1
San Pietro in Cariano	36.9	34.5	6.0	22.7
Valeggio sul Mincio	39.4	32.8	7.1	20.7
Villafranca di Verona	43.0	29.1	5.8	22.1
Verona Cason	46.6	27.3	4.7	21.4
Verona via Dominutti	47.1	28.8	6.5	17.6

Come si può notare, circa i due terzi dei giorni esaminati sono caratterizzati da tempo bello o variabile, mentre i giorni piovosi rappresentano poco più del 20% del totale. Questo dato ha un'influenza diretta sulla qualità dell'aria, dal momento che le precipitazioni hanno un ruolo importante nella rimozione degli inquinanti dall'atmosfera, fermo restando che le precipitazioni sono solo uno dei fenomeni meteorologici che concorrono a diminuire la concentrazione degli inquinanti e che l'efficacia di questo meccanismo di dilavamento dell'atmosfera dipende dalla quantità di precipitazione caduta, dalla tipologia (pioggia o neve), e la durata del fenomeno.

Per ciascuno scenario meteorologico, sono stati ricalcolati i cicli diurni medi di tutte le grandezze meteorologiche considerate, sia sull'intero anno che nelle singole stagioni.

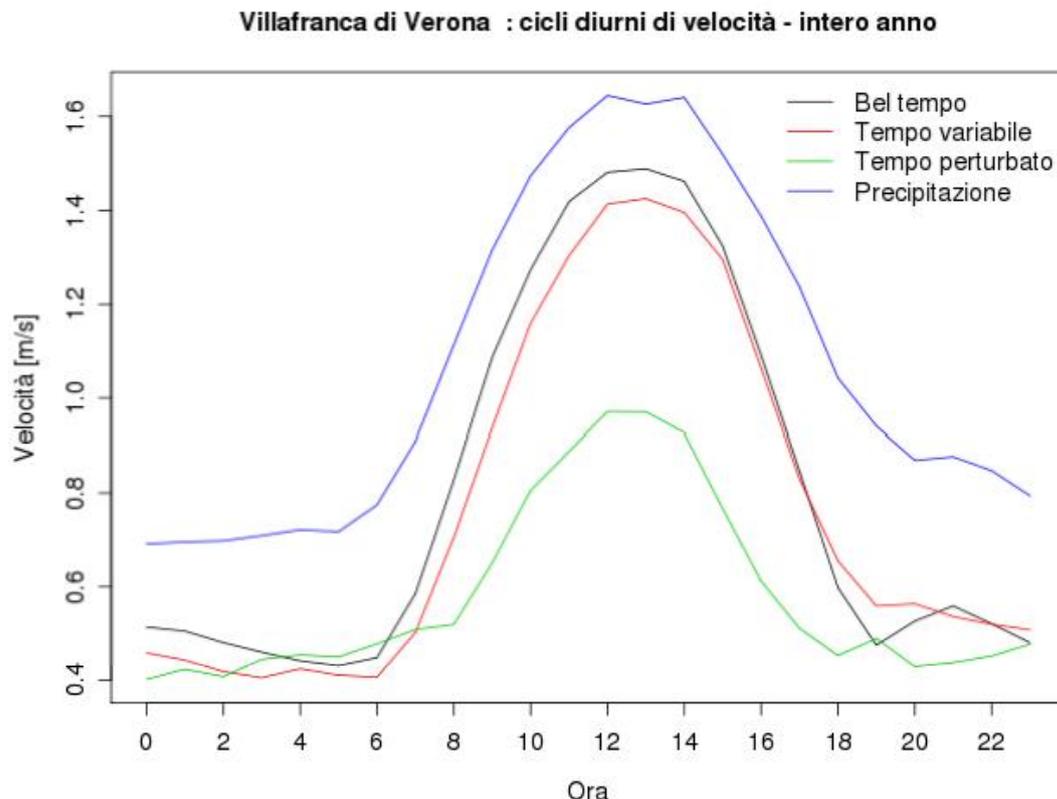


Figura 2-64: Confronto tra i cicli medi giornalieri della velocità del vento per i quattro diversi scenari meteorologici relativi alla stazione di Villafranca di Verona.

2.1.2.7 Spazializzazione dei dati

I valori medi delle variabili meteorologiche sono stati analizzati allo scopo di individuare delle aree geografiche caratterizzate da un comportamento meteorologico affine. Tuttavia le stazioni meteorologiche forniscono dati relativi a misure puntuali effettuate nella loro rispettiva ubicazione: in senso stretto i dati fin qui analizzati sono pertanto rappresentativi di un intorno limitato delle aree in cui le stazioni stesse sono ubicate. Allo scopo di fare valutazioni sulle aree è quindi importante poter effettuare, con opportuni metodi di analisi, delle valutazioni attendibili sulla distribuzione di tali valori medi anche nelle aree non coperte direttamente da misure. Lo si può fare attraverso opportuni metodi di interpolazione dei dati. Tale procedura viene comunemente indicata come spazializzazione del dato, in quanto valutando i valori delle diverse variabili sui nodi di una griglia regolare si può ottenere una mappatura sistematica di tali variabili interpolate. In letteratura sono disponibili vari metodi di spazializzazione. Va osservato che per ciascuna variabile è importante utilizzare metodi che tengano conto delle proprietà fisiche intrinseche della variabile e dei processi che ne determinano i valori e le variazioni.

2.1.2.7.1 Quantità scalari: precipitazioni e temperatura

Nel caso della precipitazione cumulata annua si deve tener conto della sua variabilità con la quota. In Figura 2-65 è riportata la correlazione tra i valori di precipitazione totale annua e la quota della stazione in cui sono stati misurati. La variazione relativa della precipitazione media con la quota è consistente, e anche gli scostamenti delle singole stazioni dalla curva interpolante sono significativi. La spazializzazione del dato mediante kriging fornisce una mappatura non banale delle precipitazioni come si può vedere in Figura 2-67.

Anche nel caso della temperatura, esiste una dipendenza dalla quota della stazione, mostrata in Figura 2-66. In tal caso, tuttavia, la variazione è lineare con la quota e gli scostamenti dei valori medi registrati presso le singole stazioni dalla rete interpolante sono relativamente modesti. In altre parole l'andamento della temperatura media annua segue sostanzialmente l'andamento altimetrico, per cui non sembra utile fornire una spazializzazione ad hoc. Ciò peraltro fornisce un primo elemento di caratterizzazione climatologica del territorio sulla base dell'altimetria.

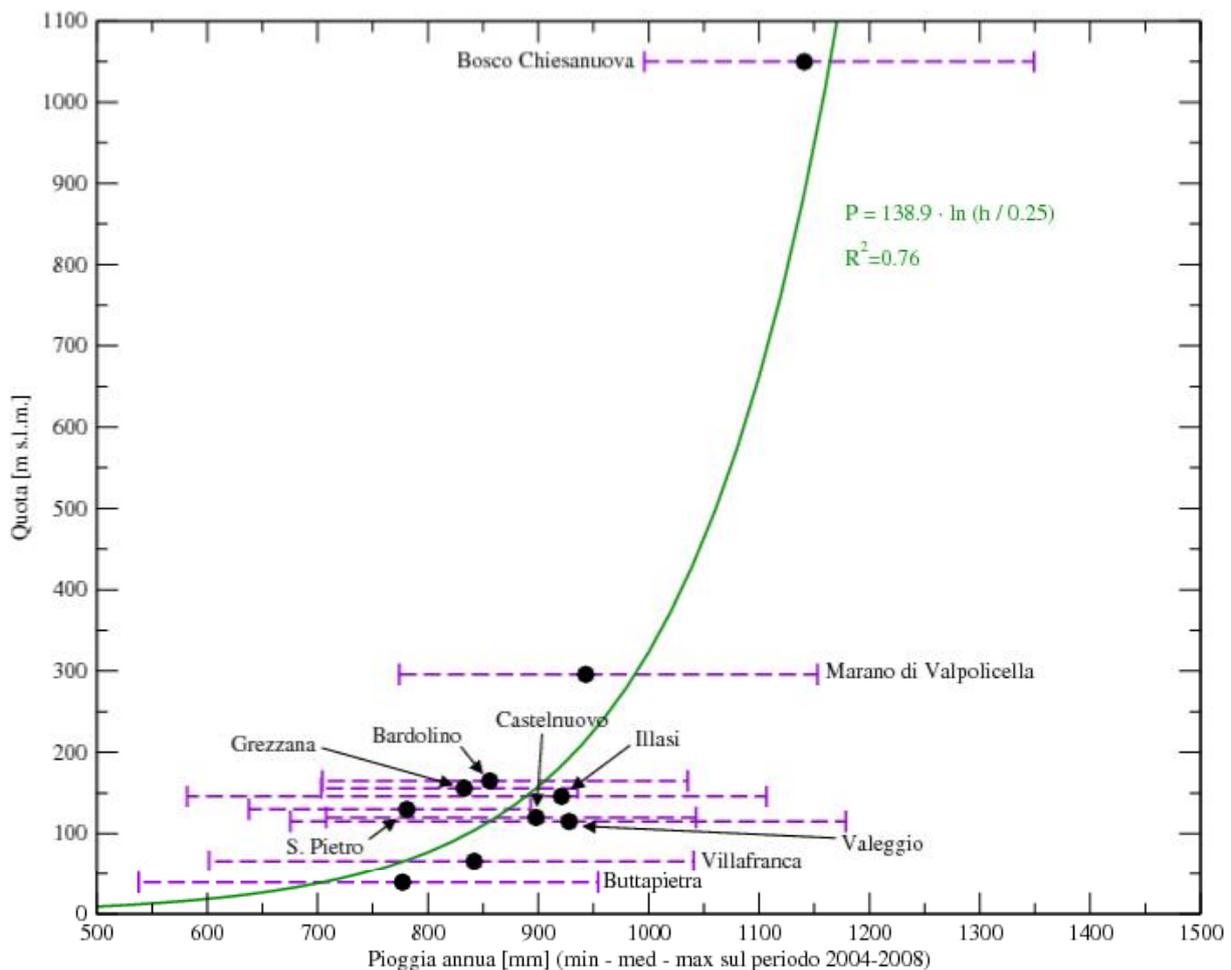


Figura 2-65: Variazione della precipitazione totale annua P [mm] (media sul quinquennio 2004-2008) in funzione della quota h della stazione di misura. Le barre tratteggiate rappresentano l'intervallo di variabilità compreso fra i valori minimo e massimo registrati presso la stazione nel quinquennio. Nel grafico è riportata anche l'equazione della curva interpolante con il relativo valore del coefficiente di correlazione lineare R .

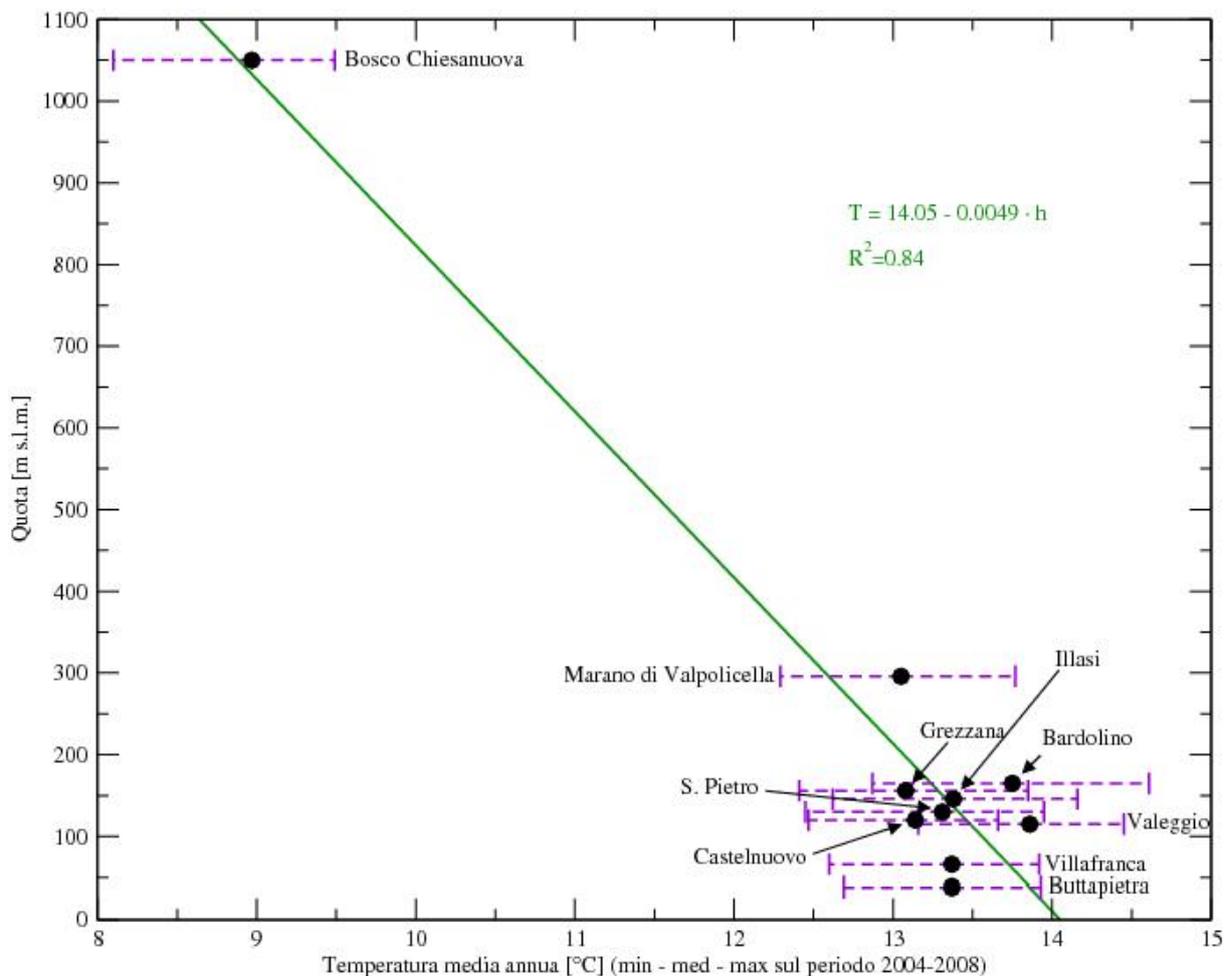


Figura 2-66: Variazione della temperatura media annua superficiale T [°C] (mediata sul quinquennio 2004-2008) in funzione della quota h della stazione di misura. Le barre tratteggiate rappresentano l'intervallo di variabilità compreso fra i valori minimo e massimo registrati presso la stazione nel quinquennio. Nel grafico è riportata anche l'equazione della retta interpolante con il relativo valore del coefficiente di correlazione lineare R .

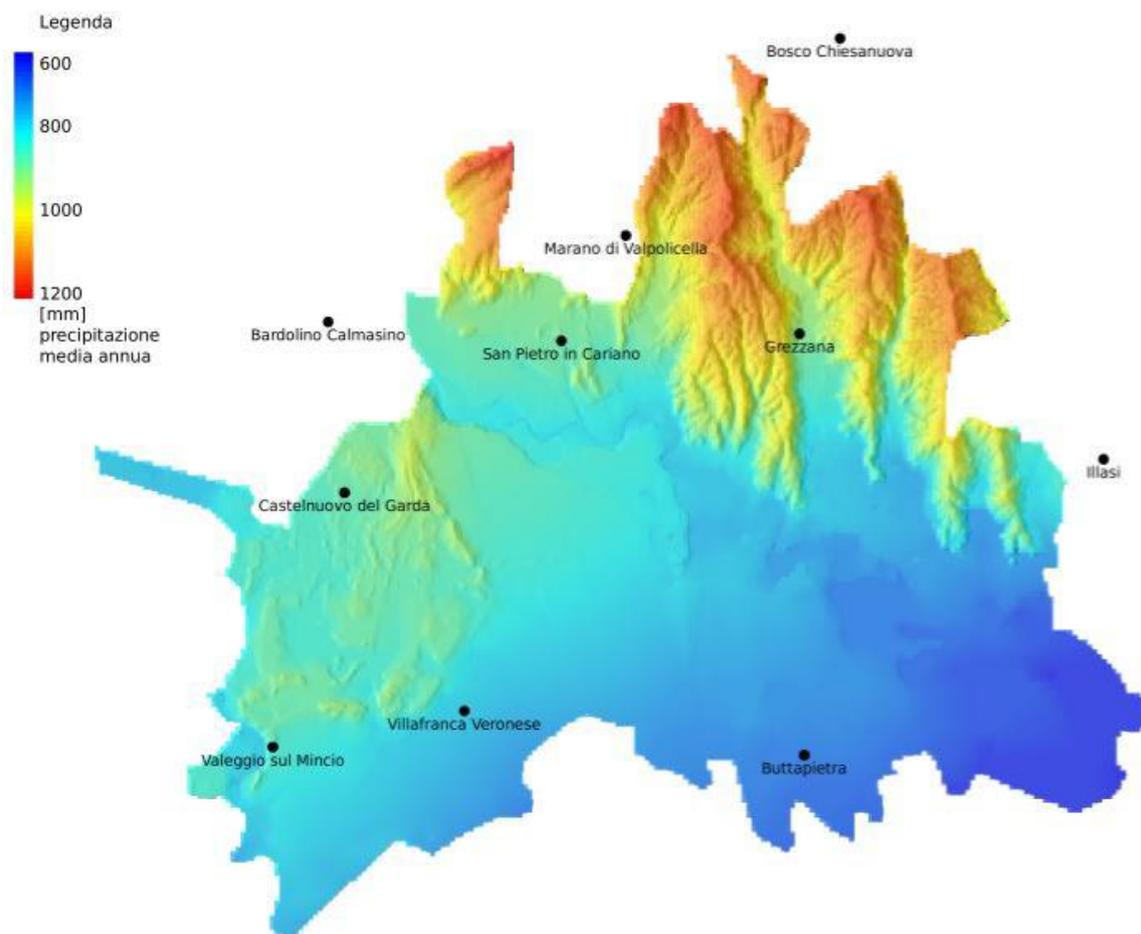


Figura 2-67: Spazializzazione del dato di precipitazione media annua mediante kriging, utilizzando i dati registrati presso le stazioni meteorologiche ARPAV mostrate in figura.

Per quanto riguarda l'umidità si osservano mediamente valori più elevati nelle zone di pianura, rispetto alle zone collinari.

2.1.2.7.2 Quantità vettoriali: vento

Per quanto riguarda il vento si deve tenere presente che, trattandosi di una variabile vettoriale, la sua caratterizzazione è completa quando si forniscano i due valori di direzione di provenienza ed intensità. La mappatura di uno solo dei due è poco utile, oltre che questionabile sul piano metodologico. Inoltre il valore del vento al suolo è molto correlato con la circolazione atmosferica tridimensionale che interessa la stazione meteorologica di misura a scala locale. Perciò quello che normalmente si fa nelle applicazioni di qualità dell'aria è ricostruire dei campi tridimensionali di vento a partire dai valori puntuali. Il risultato di questa operazione è costituito da scenari di circolazione atmosferica che costituiscono, insieme ai dati sulle sorgenti di inquinanti (inventario delle emissioni), il dato di ingresso per la simulazione di processi di dispersione da parte di modelli di trasporto degli inquinanti. Nello sviluppo del presente lavoro l'analisi dei dati di vento al suolo dalle stazioni di superficie, nonché dei profili di vento in quota da strumentazione non convenzionale (si veda più avanti il paragrafo 2.1.2.9) erano principalmente finalizzati ad acquisire dati di

partenza per la elaborazione di tali campi di vento e per la successiva simulazione di processi di dispersione degli inquinanti mediante modelli. La indisponibilità, comunicata in corso d'opera, di un inventario completo delle emissioni adeguato allo scopo ha vanificato questa linea di sviluppo dello studio.

2.1.2.8 Individuazione di aree climatologicamente omogenee

Dall'analisi delle caratteristiche meteorologiche si possono individuare alcuni criteri per identificare, nell'area presa in esame per il PQA, almeno due distinte zone climatologicamente più omogenee tra loro. Tali zone risultano accomunate anche dal fatto di collocarsi rispettivamente nella pianura o sui rilievi. Quindi si possono distinguere:

- zone di pianura: caratterizzate da intensità del vento piuttosto modeste, direzione variabile a seconda delle condizioni meteorologiche e della stagione, con una leggera dominanza della direzione Est-Ovest;
- zone collinari / montane: caratterizzate da intensità del vento mediamente più elevate, direzioni determinanti dalla struttura orografica locale, in particolare contrassegnata da un ciclo diurno di circolazione a regime di brezza di monte e valle nelle giornate di bel tempo (40%-50% del totale, come riportato in Tabella 2-21).
- Non è agevole fornire un criterio univoco per una delimitazione netta delle due zone aventi comportamento climatologico affine. Sulla scorta dei risultati presentati nelle analisi precedenti, in particolare sulla dipendenza della temperatura e della precipitazione con la quota, si può adottare, come possibile criterio oggettivo basato sull'altimetria, un valore di soglia in corrispondenza alla quota di 100 m s.l.m.. La mappa che si ottiene è riportata in Figura 2-68.

Si osservi che la identificazione delle due zone sulla base di un criterio altimetrico non è puramente geografica, ma riflette il fatto fisico che i processi meteorologici che si realizzano rispettivamente su terreno pianeggiante e sui rilievi possono essere significativamente diversi, anche per regioni relativamente limitrofe, e ciò si riflette nei regimi delle variabili che più direttamente concorrono a determinare la qualità dell'aria (vento, struttura termica, precipitazione), come documentato nelle sezioni precedenti.

La delimitazione di zone climatologicamente omogenee costituisce un supporto per l'identificazione di zone caratterizzate in maniera simile da determinati processi atmosferici rilevanti per la qualità dell'aria, e quindi alla zonizzazione di competenza regionale come definito dal PRTRA.

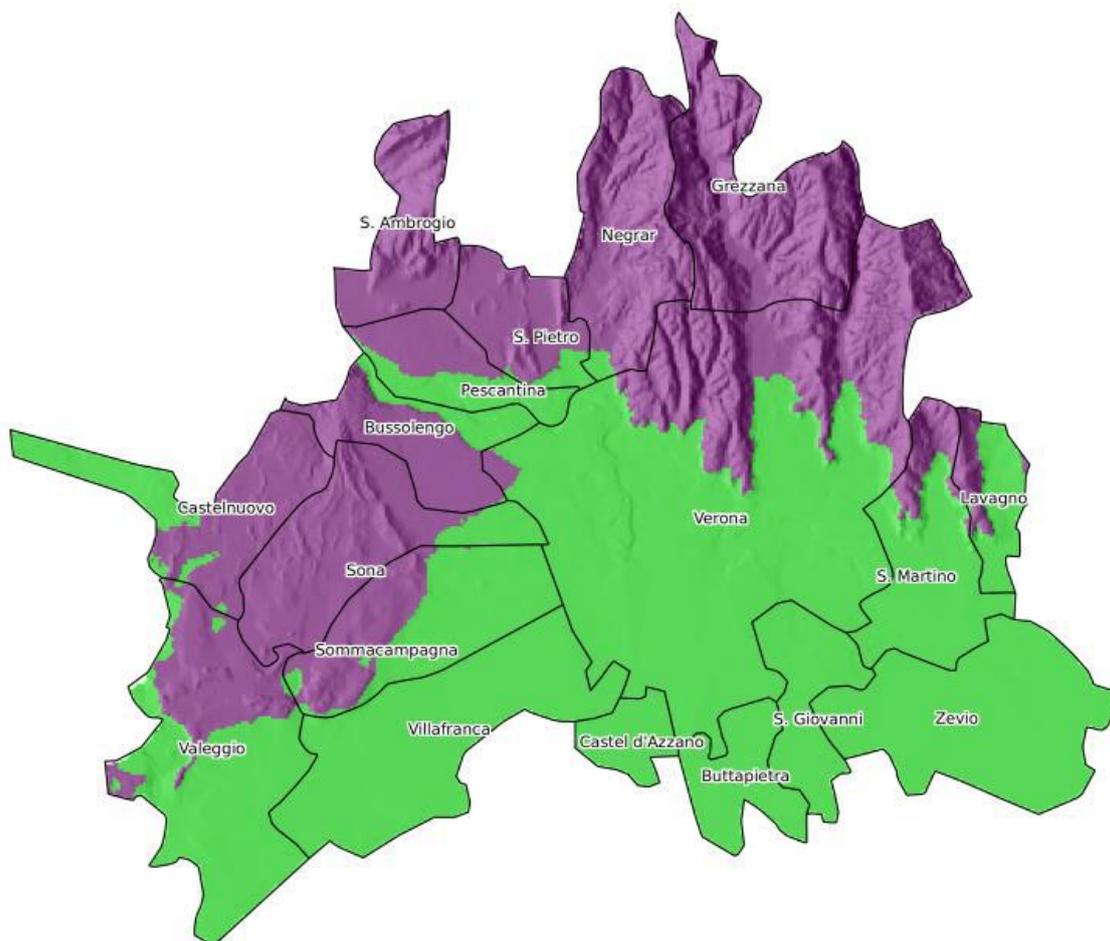


Figura 2-68: Rappresentazione schematica della suddivisione dell'area in esame in due macro aree climatologicamente omogenee: in verde le zone di pianura, in viola le zone collinari.

2.1.2.9 Profili verticali di temperatura e di vento

I dati fin qui analizzati provengono da misure effettuate presso stazioni meteorologiche di superficie e si riferiscono ai valori delle diverse variabili in corrispondenza di quote di riferimento prossime al suolo. Tuttavia i processi di trasporto degli inquinanti avvengono anche a quote più elevate e sono governati dalle caratteristiche del vento e della stratificazione termica nei vari strati superiori dell'atmosfera.

Si definisce “stratificazione stabile” lo stato dell'atmosfera che inibisce lo sviluppo di moti verticali e quindi il rimescolamento delle masse d'aria. Una tale situazione si verifica ad esempio in prossimità del suolo a causa del raffreddamento dei bassi strati dovuto all'emissione notturna di radiazione termica dalla superficie terrestre. L'atmosfera è invece instabile quando i moti verticali sono favoriti (convezione termica), ad esempio per effetto del riscaldamento degli strati inferiori, come si verifica nelle giornate soleggiate in prossimità del suolo. Infine la condizione neutrale corrisponde alla situazione in cui le particelle d'aria occupano posizioni di equilibrio indifferente, non posseggono cioè spinte di galleggiamento né di affondamento.

Risulta pertanto molto importante definire lo spessore di atmosfera sopra il suolo all'interno del quale si realizza il rimescolamento degli inquinanti immessi dalle varie sorgenti. Tale spessore è definito dalla cosiddetta altezza di rimescolamento (mixing height). Essa ha uno spessore che può variare da qualche centinaio a qualche migliaio di metri ed è la porzione di atmosfera che risente direttamente degli scambi di calore con il terreno nella fase diurna. Esso è delimitato nella parte alta da un ulteriore strato dove si realizza un gradiente termico positivo (di temperatura potenziale), che funge da confine e attraverso il quale gli scambi di massa (di aria o di un generico inquinante) e di quantità di moto (scambi turbolenti) sono limitati. Lo spessore dello strato di miscelamento è influenzato fortemente dalla radiazione solare, che riscaldando il terreno, evaporando masse di acqua (anche attraverso la traspirazione ad opera della vegetazione) e riscaldando i primissimi strati di aria a contatto con la superficie terrestre, funge da "motore" dei moti convettivi dell'aria che alimentano la turbolenza termica. L'aria quando viene riscaldata dal sole si solleva creando delle circolazioni prevalentemente verticali, che si estendono verso l'alto finché il contenuto energetico della massa d'aria non va esaurendosi. Questa quota, alla quale gli effetti di turbolenza termica si spengono è la quota di miscelamento. Un generico inquinante rilasciato da una fonte antropica in prossimità del terreno viene diluito all'interno di questo strato, grazie a fenomeni di diffusione e dispersione dovuti alla turbolenza dell'aria. Lo spessore dello strato di rimescolamento presenta una variabilità giornaliera con valori grandi durante le ore di massimo irraggiamento solare e valori minimi notturni. Inoltre si osserva una variabilità stagionale, con valori mediamente più elevati durante la stagione estiva e più piccoli in inverno. Inoltre lo strato di miscelamento è influenzato dalla presenza o meno di copertura nuvolosa, che può schermare la radiazione solare.

All'interno dello strato di rimescolamento si osserva un'altra sorgente di turbolenza, che così come la turbolenza termica influenza le caratteristiche dello strato stesso. Questo secondo effetto, denominato turbolenza meccanica, è dovuto a effetti di attrito, che si generano tra il terreno e le masse d'aria in movimento. È esperienza comune osservare velocità del vento più grandi tanto più ci si allontana dal terreno, queste differenze di velocità, così come le asperità della superficie, come ad esempio la vegetazione, sono le sorgenti di effetti di turbolenza meccanica, che una volta generata negli strati più bassi si diffonde verso l'alto, contribuendo insieme alla turbolenza termica alla formazione dello strato di miscelamento.

Si noti infine che il meccanismo è diversificato tra il periodo notturno e quello diurno. Lo strato rimescolato, è uno stato dello strato limite planetario che caratterizza le ore diurne in condizioni di bel tempo, e l'altezza di rimescolamento coincide indicativamente con lo spessore di questo strato e dipende dalla turbolenza termica verticale. Al contrario, nelle altre situazioni, mentre in altre situazioni (ore notturne, transizione giorno-notte, tempo perturbato) la quota di mescolamento è influenzato dai moti inerziali orizzontali.

Per quanto detto sopra risulta evidente che l'altezza dello strato di rimescolamento dipende in maniera cruciale, dagli scambi termici tra suolo e atmosfera. Di conseguenza, quando sono

disponibili soltanto misure da stazioni al suolo, si possono effettuare delle stime sullo stato rimescolato mediante vari algoritmi che riproducono i processi fisici della bassa atmosfera. Risultano in particolare molto importanti in questo caso i dati di radiazione solare, che in mancanza di altre informazioni consentono di effettuare una stima sia della stabilità atmosferica sia dello sviluppo dello strato rimescolato. Va da sé che l'attendibilità dei dati di radiazione è un presupposto imprescindibile per poter utilizzare almeno questo dato in mancanza di altri parametri sulla struttura verticale dell'atmosfera.

In condizioni ottimali, tuttavia, la struttura verticale dell'atmosfera viene esplorata tramite radiosonde. Per l'area in esame non esistono stazioni di radiosondaggio entro un raggio di circa 100 km. In alternativa si possono usare i risultati di strumenti che da terra registrano un segnale (onda acustica o elettromagnetica) e ricostruiscono indirettamente, mediante alcune elaborazioni, la struttura verticale dell'atmosfera. Strumentazione di questo genere è stata installata da alcuni anni dal Centro Meteorologico ARPAV di Teolo (CMT) presso la stazione di Torretta (Comune di Legnago).

Seguendo un'indicazione del DAP ARPAV di Verona, il Gruppo di lavoro presso l'Università di Trento ha attivato, a partire dal Luglio 2009, una serie di contatti con il CMT per il reperimento dei dati dei profili verticali (di temperatura, vento, ecc.), ricavabili dalla strumentazione meteorologica cosiddetta "non standard" (ossia non corrispondente ai dati ordinariamente forniti dalle stazioni meteorologiche di superficie) ubicata a Torretta. In particolare si sono acquisiti i dati dei profili verticali di temperatura e umidità (registrati tramite un radiometro passivo a microonde MTP5) e di vento (registrati tramite un SODAR) relativi da alcuni periodi delle stagioni invernali comprese negli anni 2006-2008.

Per quanto riguarda i dati del radiometro (profili di temperatura e umidità), all'interno di questa base di dati si è selezionato, per un'analisi più approfondita, il periodo 18 gennaio-29 febbraio 2008. Questo risulta particolarmente rappresentativo di situazioni tipiche e ricorrenti, in quanto caratterizzato da una buona copertura e completezza dei dati.

Per rendere fruibili i dati in oggetto, si è sviluppato un software dedicato, che è stato quindi condiviso, come da precedenti accordi, con il CMT. I dati relativi ai due mesi analizzati nel dettaglio si sono dimostrati molto qualificanti per la predisposizione delle premesse conoscitive necessarie alla redazione dell'elaborato tecnico scientifico a servizio del piano. In particolare si sono utilizzati i profili verticali di temperatura per la valutazione della quota di mescolamento, correlabile al volume di diluizione degli inquinanti, come si vedrà nel paragrafo 2.2.6.

Per quanto riguarda invece i dati da SODAR relativi ai profili verticali del vento, potenzialmente utili per fornire ulteriori indicazioni sullo spostamento delle masse d'aria non solo in prossimità del suolo, ma anche a quote più elevate, soprattutto in vista della ricostruzione di dati di vento sull'intero dominio d'indagine per la simulazione modellistica dei processi di dispersione. Purtroppo, in fase di validazione ed elaborazione, si sono rilevate diverse lacune nella serie storica e si è dovuto riscontrare che la massima quota di sondaggio

del vento per questo strumento risultava al più di qualche centinaio di metri, quindi troppo spesso al di sotto della quota di miscelamento. I dati di profili di vento reperiti si sono quindi rivelati di scarsa utilità per questo studio.

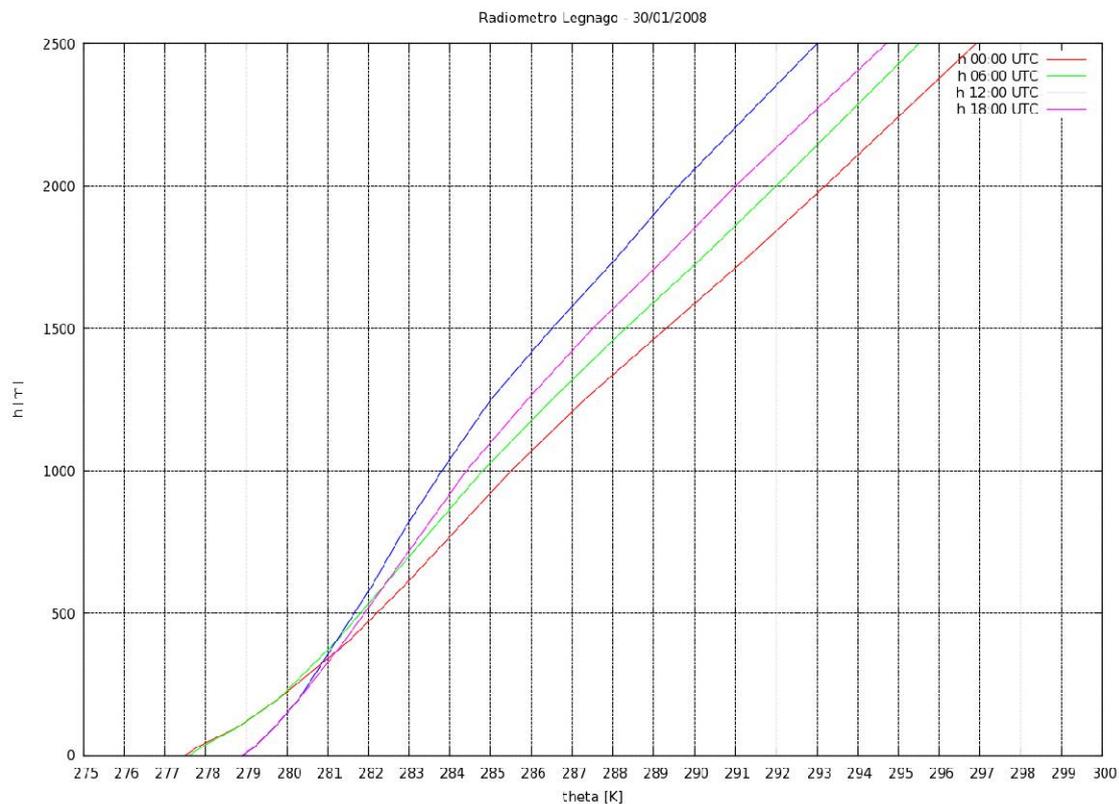


Figura 2-69: Un esempio di profilo verticale di temperatura potenziale ricavato mediante analisi dei dati da radiometro HATPRO alle ore 0:00, 6:00, 12:00 e 18:00 UTC (ossia riferite al fuso orario di Greenwich) del giorno 18/01/2008 (condizione fortemente stabili).

2.1.2.10 Indice di criticità meteorologica

Le concentrazioni degli inquinanti, che determinano la qualità dell'aria di una determinata zona del territorio, dipendono innanzitutto dalle quantità di inquinanti che vengono immessi in atmosfera, ma dipendono anche dalla capacità diluitiva dell'atmosfera stessa. Questa capacità dipende da diverse variabili atmosferiche (principalmente vento e altezza dello strato di rimescolamento, ma anche precipitazione, copertura nuvolosa, radiazione atmosferica), per cui non è facile visualizzarne l'evoluzione spazio-temporale in termini di un solo indicatore. Perciò è opportuno definire un indice di criticità meteorologica, che quantifica la capacità dell'atmosfera di diluire un generico inquinante rilasciato in essa. I principali effetti che concorrono alla diluizione sono da un lato lo spessore dello strato di miscelamento e dall'altro l'intensità del vento, che determina la diluizione e trasporto degli inquinanti. I fenomeni più intensi di inquinamento si realizzano quando lo spessore dello strato di miscelamento rimane limitato per lunghi periodi di tempo e se gli inquinanti vengono continuamente immessi in atmosfera, rimangono confinati in uno strato relativamente piccolo, e di conseguenza le

concentrazioni raggiungono valori elevati. Questo fenomeno è tipico della stagione invernale, quando l'apporto di energia solare è limitato quando lo sviluppo dello strato rimescolato è inibito, e del periodo notturno in condizioni di stratificazione termica.

La definizione di un indice di criticità meteorologica ha lo scopo di fornire un'indicazione sintetica sullo stato dell'atmosfera e sulla sua capacità di diluire gli inquinanti. In uno studio condotto per la Provincia Autonoma di Trento, Cisma s.r.l. ha adottato per l'indice di criticità meteorologica le seguenti relazioni:

$$i_v = \min\left(\frac{0.1}{v}, 1\right)$$

$$i_h = \frac{2000 - H_{mix}}{H_{mix}} \cdot \frac{50}{1950}$$

$$i = 0.4 i_v + 0.6 i_h$$

dove i_v è l'indice di criticità calcolato sulla base dell'intensità del vento v (espressa in m/s) e i_h l'indice di criticità calcolato sulla base della quota di mescolamento H_{mix} (espressa in m). L'indice di criticità meteorologica globale i è dato dalla somma pesata dei due. I coefficienti contenuti nelle formule sopra riportate sono stati determinati mediante calibrazione su serie di dati meteorologici e di qualità dell'aria relative all'intero anno meteorologico 2007.

In letteratura si trovano anche formulazioni più articolate dell'indice di criticità meteorologica che includono, ad esempio, anche gli effetti di rimozione degli inquinanti determinati dalle precipitazioni. Tuttavia tali effetti risultano in generale relativamente modesti, rispetto a quelli determinati dalle altre variabili, e l'incidenza delle precipitazioni come fattore di rimozione degli inquinanti risulta nel caso allo studio relativamente marginale, come evidenziato dall'analisi dei dati meteorologici. Gli indici i_v e i_h , così come l'indice i , che è pari al loro valore medio pesato, sono normalizzati in modo tale da assumere valori compresi nell'intervallo 0-1: valori prossimi a 0 corrispondono a condizioni ottimali per una efficace dispersione degli inquinanti, e quindi condizioni per una buona qualità dell'aria; viceversa valori prossimi ad 1 sono determinati scarsa ventilazione bassa altezza di rimescolamento con conseguente ristagno degli inquinanti e scadente qualità dell'aria.

La procedura di calcolo dell'indice presuppone la disponibilità di entrambe le variabili, vento e altezza di rimescolamento. Per quanto detto sopra, nel presente studio, l'altezza di rimescolamento si è potuta calcolare con continuità limitatamente ad alcuni giorni del periodo gennaio-febbraio 2008. Pertanto la calibrazione di un indice su questo periodo non appare statisticamente fattibile.

Si osservi che, a differenza dell'indice di qualità dell'aria (che verrà introdotto al paragrafo 2.1.6.3.1), questo è un indice puramente meteorologico. In altre parole questo fornisce una indicazione sintetica relativa alle sole condizioni meteorologiche: la qualità dell'aria dipende tuttavia anche in modo significativo dalle emissioni; di conseguenza risultati completi per le

valutazioni connesse alla gestione della qualità dell'aria richiedono entrambe le informazioni in ingresso con confrontabile livello di dettaglio (risoluzione spaziale e temporale).

Nelle regioni caratterizzate da venti prevalentemente deboli durante tutto l'arco dell'anno (situazione che, come si è visto dall'analisi meteorologica, presentata nei paragrafi §2.1.2.3, §2.1.2.4 e §2.1.2.5.1, caratterizza la maggior parte delle stazioni nell'area in esame), è consigliabile integrare la definizione dell'indice di criticità, tenendo conto anche di un'altra variabile cruciale in tali casi, ossia la stabilità atmosferica.

Di conseguenza, non avendo a disposizione su tutta la serie storica quinquennale 2004-2008 il dato di h_{mix} , si è utilizzato come indicatore la stabilità atmosferica espressa sulla base delle classi di stabilità secondo la formulazione di Pasquill:

- A o 1 = molto instabile
- B o 2 = instabile
- C o 3 = neutro o debolmente instabile
- D o 4 = neutro o debolmente stabile
- E o 5 = stabile
- F o 6 = molto stabile

In questo caso l'indice i_h risulta definito come: $i_h = (Pasquill - 1)/5$.

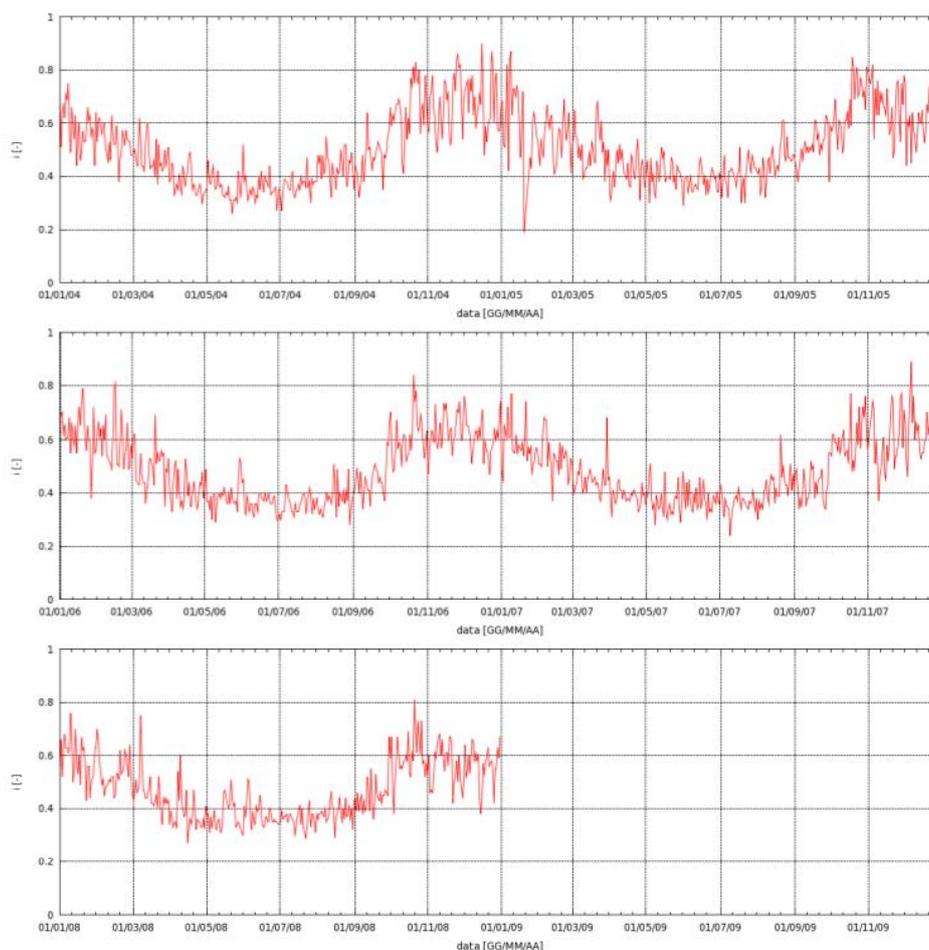


Figura 2-70: Indice di criticità meteorologica per la stazione di Villafranca valutato sull'intero periodo 2004-2008 sulla base della classe di stabilità atmosferica

A livello stagionale il grafico conferma il fatto che i mesi mediamente più sfavorevoli dal punto di vista della stabilità atmosferica, e quindi del ristagno degli inquinanti sono gennaio, febbraio e marzo e poi ottobre, novembre e dicembre. A scala giornaliera la variabilità più fine dell'indice è legata alle condizioni meteorologiche e al loro effetto nel determinare una maggiore o minore diluizione degli inquinanti. In tal senso un indice sintetico consente di quantificare tale attitudine in maniera indubbiamente approssimata ma concisa. Di questo si può tenere conto in vista della fornitura di informazioni a supporto dell'adozione di provvedimenti emergenziali. Va tuttavia ribadito che l'algoritmo di calcolo deve essere calibrato sulle singole stazioni di misura mediante regressione su lunghe serie di dati.

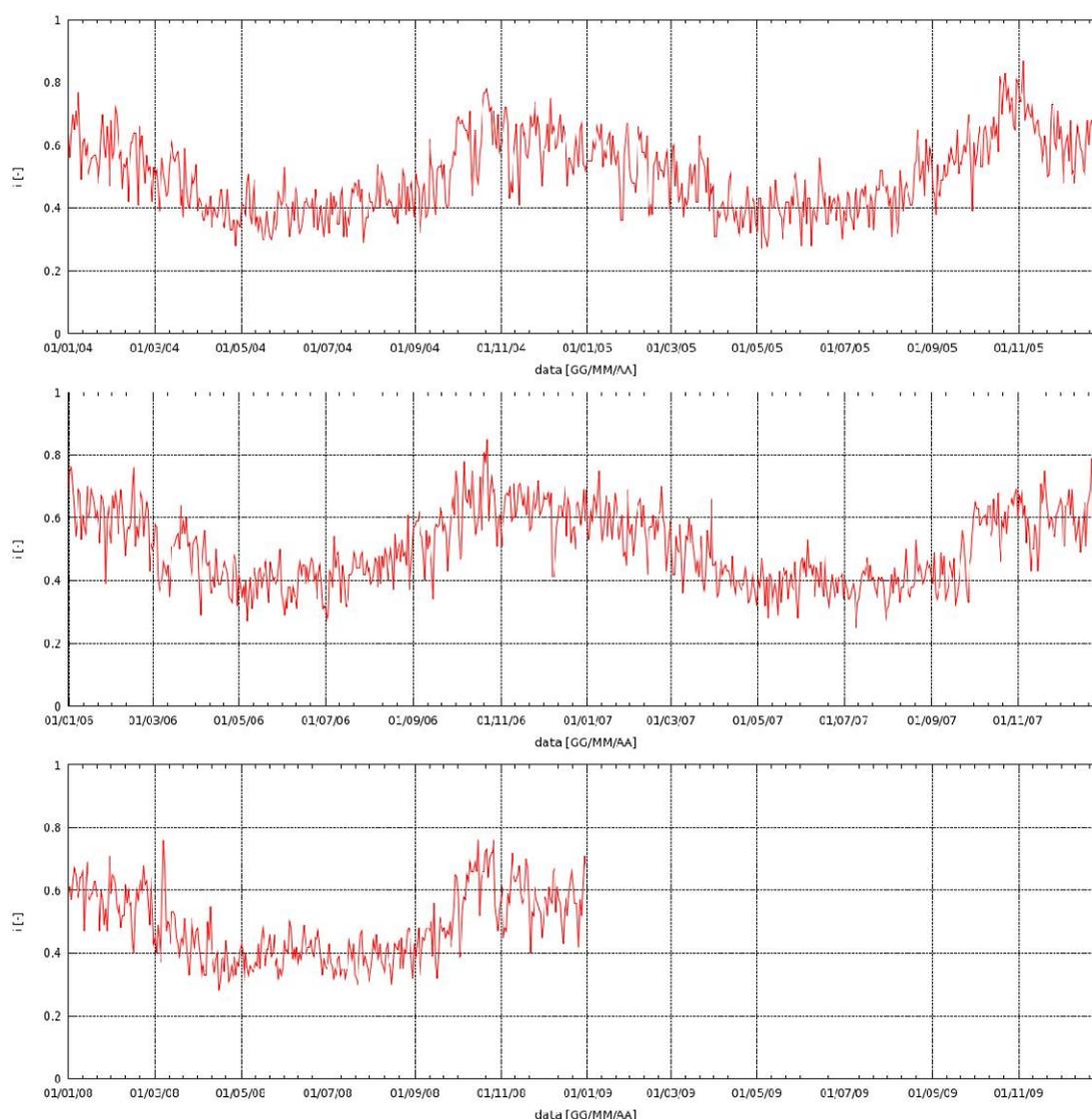


Figura 2-71: Indice di criticità meteorologica per la stazione di Castelnuovo del Garda valutato sull'intero periodo 2004-2008 sulla base della classe di stabilità atmosferica

2.1.3 Attività produttive e infrastrutture (paragrafo a cura di ARPA Veneto)

2.1.3.1 Evoluzione del sistema produttivo e infrastrutturale della Provincia di Verona

Il sistema produttivo del Veneto iniziò a svilupparsi dalla fine dell'Ottocento, interessando inizialmente i centri della fascia pedemontana di medie dimensioni, dove sorsero piccole industrie legate all'agricoltura, all'artigianato e alla manodopera locale. In un secondo momento interessò anche le città principali, tra cui Verona, grazie all'importanza strategica assunta per la presenza della ferrovia.

Uno sviluppo industriale consistente, a livello nazionale, si ebbe dopo la fine del secondo conflitto mondiale. Fin dall'inizio, il modello produttivo del Veneto fu caratterizzato dalla piccola dimensione delle imprese, mentre la grande industria ebbe un ruolo marginale. Questa caratteristica è stata mantenuta nel tempo, fino ai nostri giorni.

Negli anni cinquanta e sessanta iniziò la costruzione delle autostrade e sorse la Zona Agricolo Industriale (ZAI) a sud di Verona, come anche numerose zone industriali più piccole attorno ai centri di medie dimensioni.

Le grandi città del Veneto crebbero in seguito al fenomeno della migrazione dalla campagna alla città. Si assistette a un processo di trasformazione molto rapido dei centri industrializzati di medie dimensioni, che dapprima interessò i più vicini ai capoluogo e poi si estese a tutta la provincia. Crebbe il bisogno di infrastrutture, servizi, aree commerciali. Si svilupparono sempre più le piccole e medie imprese artigiane e manifatturiere.

Si formarono i distretti produttivi, sistemi di piccole imprese che ruotano intorno a una impresa principale di medie dimensioni, tra i quali i principali, che si svilupparono e consolidarono in provincia di Verona, sono i seguenti:

- distretto del mobile, nella zona meridionale della provincia (Oppeano–Bovolone–Cerea),
- distretto del marmo e dell'edilizia, nella zona collinare di Grezzana, Dolcè, Sant'Ambrogio di Valpolicella, Affi,
- distretto dell'alimentare, in vari Comuni quali Nogarole Rocca, Castel d'Azzano, S. Martino Buon Albergo, Colognola ai Colli, Lazise,
- distretto della calzatura, nell'area orientale della provincia (Vestenanova, S.Giovanni Ilarione, Montecchia di Crosara) e occidentale (Sona e Bussolengo).

Dagli anni ottanta iniziò ad affermarsi la grande distribuzione, e le zone industriali iniziarono a mescolarsi con quelle artigianali e commerciali. I Comuni di medie e grandi dimensioni si espansero in modo rapido e disordinato, creando la cosiddetta "città diffusa" e determinando la caratteristica continuità urbano-rurale del Veneto. Nella provincia di Verona la "città diffusa" è localizzata prevalentemente a nord-ovest, tra Verona e Peschiera. Le principali

funzioni della ZAI storica vennero trasferite nel nuovo interporto denominato “Quadrante Europa”, sito nella parte meridionale del Comune di Verona.

Dagli anni Novanta, si dovette operare ad una sostanziale revisione della rete delle infrastrutture per far fronte al mutamento delle strutture insediative e all’aumento del traffico, provvedendo alla ricostruzione delle principali strade e alla creazione di nuove direttrici.

In questo periodo alcune industrie manifatturiere scomparvero o si ridimensionarono, a causa della delocalizzazione di parte della produzione verso paesi emergenti della Cina e dei Balcani. Con l’evoluzione delle modalità di produzione e commercio, crebbe la domanda di spazi per il direzionale, il commerciale, il produttivo, lo stoccaggio, l’immagazzinamento e la logistica. A livello mondiale, l’impresa si trasformò e divenne sempre più simile al modello già presente in Veneto.

Negli ultimi decenni si è assistito a un’ulteriore crescita delle aree produttive della provincia di Verona: nel 2001, si contano 1120 aree industriali, che occupano una superficie totale di 80352000 m² (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Verona, 2007, Documento preliminare, relazione ambientale; dati del Progetto Output, 2001, elaborazione DAUR), e rappresentano quasi il 20%, a livello quantitativo, delle attività produttive della regione Veneto. Per quanto riguarda il sistema degli insediamenti produttivi, la provincia di Verona è la seconda, per importanza nel Veneto, seguendo solo quella di Venezia. Le aree industrializzate della provincia di Verona rappresentano il 2.7% del territorio provinciale. I Comuni con la maggiore area occupata da insediamenti industriali sono Bussolengo (8.2%), Nogarole Rocca (8.8%), San Giovanni Lupatoto (9.5%), San Pietro di Morubio (9.3%). Gli insediamenti industriali sono prevalentemente localizzati lungo la direttrice Est-Ovest (Peschiera – San Bonifacio) e Nord – Sud lungo la Valle dell’Adige e la direttrice Verona-Bologna.

Oggi Verona, che rappresenta il centro della rete delle infrastrutture, i Comuni limitrofi e la rete di collegamenti viari, rappresentano un’“area metropolitana”. La zona a occidente, verso il lago, presenta la maggiore diffusione degli insediamenti rispetto alle altre aree della provincia: sono presenti diverse direttrici di insediamenti lineari, sia lungo i corridoi maggiori, sia in direttrici meno importanti. Questo comporta la difficoltà a razionalizzare il sistema viabilistico e a organizzare il sistema dei servizi e del trasporto pubblico. La zona della bassa pianura Veronese presenta ancora molti centri debolmente collegati tra loro, ed è un ambiente caratterizzato da vaste colture estensive e grandi spazi aperti.

2.1.3.2 Analisi dei settori produttivi nella Provincia di Verona

La struttura produttiva della provincia di Verona è caratterizzata da un tessuto di piccole e medie imprese: infatti, in base ai dati del censimento generale dell’industria e dei servizi dell’ISTAT (archivio ASIA, aggiornamento del 2005), il 99.3% delle unità economiche che esercitano arti e professioni nelle attività industriali, commerciali e dei servizi alle imprese e alle famiglie, ha meno di 50 addetti. Tuttavia, le grandi imprese, pur rappresentando lo 0,7%

delle unità locali, occupano circa 83000 addetti, che rappresentano oltre il 26% del totale degli addetti occupati in provincia.

I dati del rapporto 2008 sull'economia veronese della Camera di Commercio di Verona indicano che nel decennio 1997-2007 il numero di imprese non agricole registrate è aumentato con un tasso di crescita del 25.8%, e, in valori assoluti, la crescita è stata, di oltre 16000 unità: essa è da imputare principalmente all'aumento di iscrizioni di imprese operanti nel terziario avanzato e nel settore delle costruzioni. Il numero di imprese registrate nel settore manifatturiero è stabile dal 1997 al 2007, anche se al suo interno diverse sono state le vicende legate ai singoli comparti. Negli ultimi tre anni, tuttavia, a causa della crisi economica, il numero delle imprese è sensibilmente diminuito.

Il grafico in Figura 2-72 (basato sui dati riportati in Tabella 2-22) mostra il peso relativo dei diversi settori cui appartengono le imprese registrate. Il settore industriale (comprensivo del settore delle costruzioni) rappresenta il 38.2% delle imprese registrate, seguito dal commercio (20.4%) e dall'agricoltura (18.5%). Un contributo inferiore è associato alle imprese del settore dei servizi (19.1%), dall'attività di alberghi e ristoranti (6.0%) e dai trasporti (3.4%). Si nota che negli ultimi due anni è avvenuta una diminuzione del numero di imprese registrate: questa è stata molto sensibile nel settore dell'industria (-12.1%) e in quello dei trasporti; le attività di alberghi e ristoranti sono invece aumentate del 14.6%.

Tabella 2-22: Numero di imprese registrate alla Camera di Commercio di Verona negli anni 2007 e 2009, suddivise per settore.

Settore	Numero imprese registrate alla Camera di Commercio di Verona nel 2007	Numero imprese registrate alla Camera di Commercio di Verona nell'anno 2009	Imprese registrate (%)	Variazione 2007-2009 (%)
Agricoltura e pesca	19495	18467	18,5	-5,3
Industria	13063	11483	11,5	-12,1
Costruzioni	16217	16662	16,7	2,7
Commercio	20921	20428	20,4	-2,4
Alberghi e ristoranti	5256	6022	6,0	14,6
Trasporti e attività ausiliarie	3779	3418	3,4	-9,6
Servizi (attività di intermediazione monetaria e finanziaria, assicurazioni, attività immobiliari, informatica, istruzione, sanità, servizi sociali etc.)	17522	19033	19,1	8,6

Altro	4411	4392	4,4	-0,4
Totale	100644	99905		-0,7

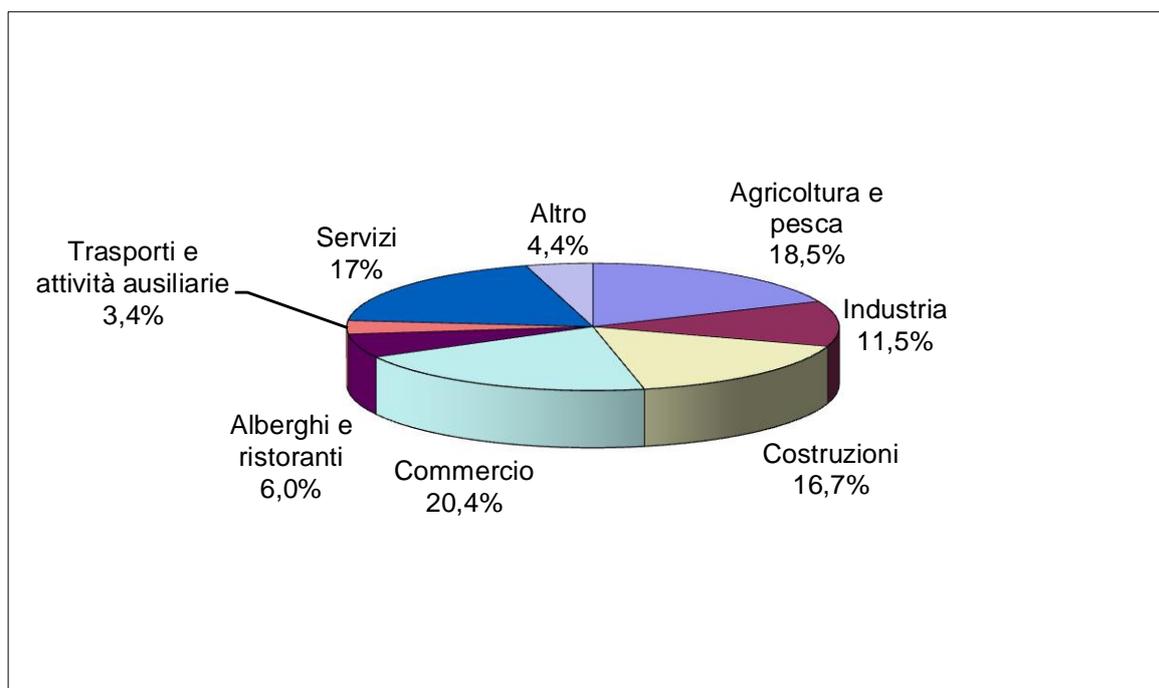


Figura 2-72: Imprese registrate alla Camera di Commercio di Verona (dati 2009). Peso relativo dei diversi settori.

I settori principali dell'industria manifatturiera veronese e il loro peso relativo, in termini di numero di imprese per settore, sono riportati in Tabella 2-23 e visualizzati in Figura 2-73. Nella Tabella 2-23 è anche possibile vedere la variazione del numero delle imprese nel decennio 1997-2007 e nei due ultimi anni, 2007-2009.

Si nota la rapida e significativa diminuzione (-12.1%) del numero di imprese registrate negli ultimi due anni. Il calo è stato particolarmente drastico nel settore dell'industria alimentare e delle bevande (-46.5%), che nel decennio precedente il 2007 aveva visto un significativo incremento (33.2). La diminuzione è stata rilevante anche per l'industria della fabbricazione della carta e dell'editoria (-21.0%), e per quella della fabbricazione di macchine e apparecchi (-20.0%).

Tabella 2-23: Imprese del settore manifatturiero registrate alla camera di commercio di Verona.

	N. imprese 1997	N. imprese 2007	N. imprese 2009	Variazione 2007-1997 (%)	Variazione 2009-2007 (%)	Peso su totale attività manifatturiera 2009 (%)
Industrie alimentari e delle bevande	1115	1485	794	33.2	-46.5	6.9
Tessili e abbigliamento	1577	1292	1214	-18.1	-6.0	10.6
Preparazione e concia cuoio	890	582	549	-34.6	-5.7	4.8
Industria del legno (escluso mobili), fabbricazioni in paglia	1189	918	860	-22.8	-6.3	7.5

Fabbricazione carta, editoria	810	828	654	2.2	-21.0	5.7
Fabbricazione prodotti lavorazione mineraria non metalliferi	793	812	799	2.4	-1.6	7.0
Produzione metallo, fabbricazione e lavorazione della produzione in metallo (escluso macchine)	1732	2142	2124	23.7	-0.8	18.5
Fabbricazione macchine e apparecchi	1991	2143	1715	7.6	-20.0	14.9
Fabbricazione mezzi di trasporto	169	200	193	18.3	-3.5	1.7
Fabbricazione mobili, altre industrie manifatturiere	2516	2217	2194	-11.9	-1.0	19.1
Altre attività manifatturiere	381	444	387	16.5	-12.8	3.4
Totale	13160	13063	11483	-0.7	-12.1	

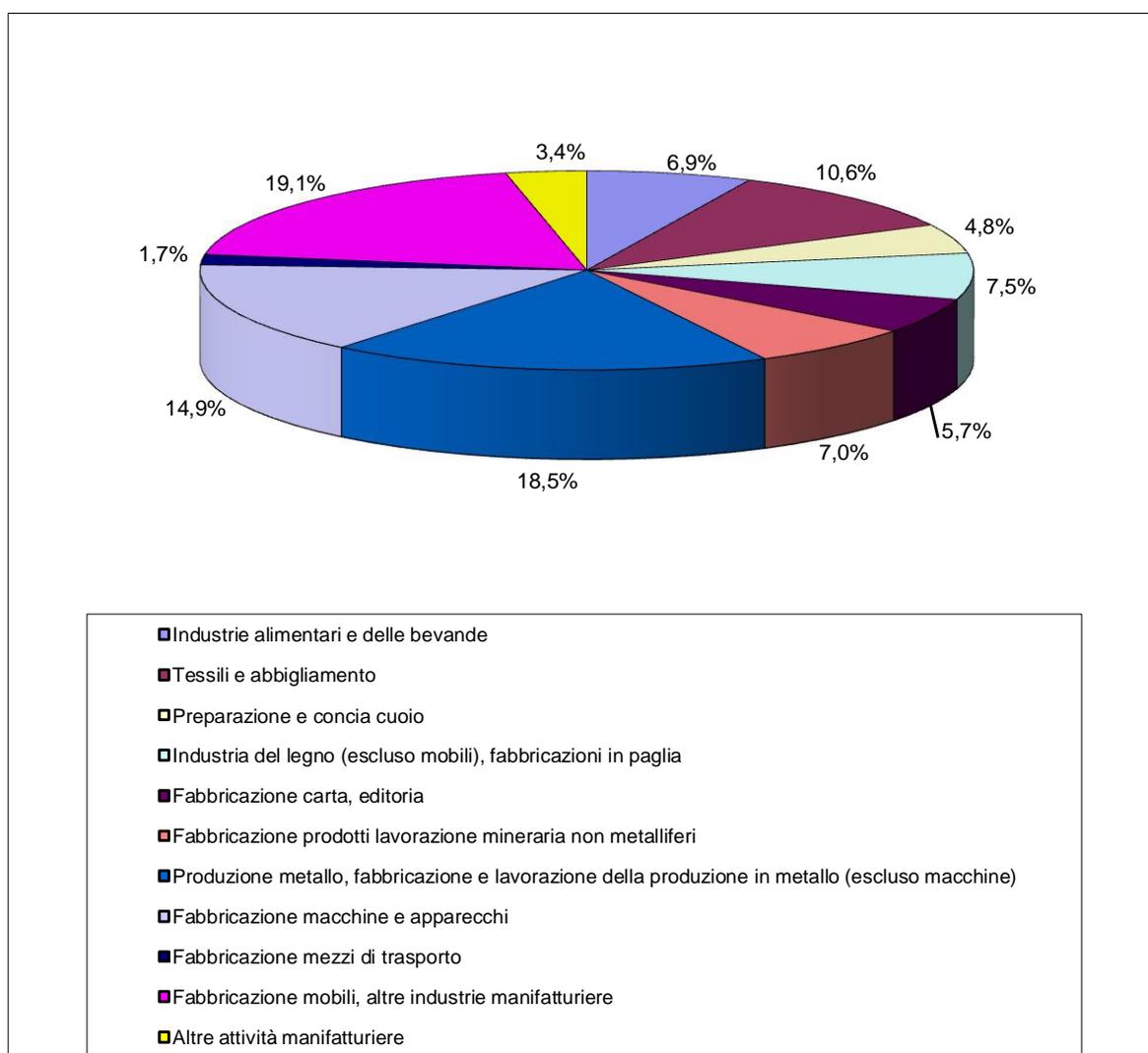


Figura 2-73: Imprese del settore manifatturiero registrate alla Camera di Commercio di Verona (dati 2007): peso relativo dei diversi settori.

Il settore dei servizi include in questa analisi le attività di trasporto, di intermediazione monetaria e finanziaria, quelle immobiliari, di noleggio, informatica e ricerca, istruzione,

sanità, servizi sociali, e altri servizi pubblici. Nel contesto del terziario si sta sempre più evidenziando un'area cosiddetta "avanzata", che offre servizi evoluti, mirati a sostenere i processi di cambiamento e di innovazione all'interno delle imprese. Si tratta in particolare di attività di informatica ed automazione, engineering, consulenza direzionale e qualità, consulenza economica e finanziaria, revisione contabile e assicurazioni, pianificazione generale, ambientale e territoriale, assistenza alla produzione, marketing e comunicazione e altre specializzazioni, cui le imprese si rivolgono per un supporto alle proprie attività aziendali.

Il settore turistico rappresenta un'attività rilevante nell'ambito dell'economia provinciale, e si concentra sul Lago di Garda e sulle due aree montane del Baldo e della Lessinia, mentre il turismo culturale è strettamente legato a Verona.

2.1.3.3 Sistema delle infrastrutture

La provincia di Verona è situata in una posizione geografica strategica, trovandosi nel punto di confluenza tra i principali corridoi infrastrutturali di rilevanza nazionale e internazionale: il corridoio infrastrutturale V (Venezia-Milano) e il corridoio infrastrutturale I (Napoli-Berlino). Il corridoio V si collega a Est, tramite il Corridoio Paneuropeo Trieste-Lubiana-Budapest-Bratislava-Uzhorod-Lviv, con i paesi dell'Europa centrale e orientale; a Ovest, tramite l'asse Milano-Torino-Genova-Marsiglia-Lione-Rotterdam-Anversa-Londra, alla Francia e alla Spagna.

Il corridoio I collega Napoli, Roma, Firenze, Bologna, Verona, Monaco, Berlino. L'UE intende potenziarlo nella linea alta capacità, tramite il traforo del Brennero, il raddoppiamento della linea Verona-Bologna, la creazione di un sistema intermodale di canali navigabili paralleli al Po.

Nell'ambito del "Programma per le grandi opere strategiche" del Ministero dei lavori pubblici, si prospetta un nuovo corridoio di collegamento tra Verona e i porti di Livorno e La Spezia, denominato Pontremolese, necessario per la crescente importanza del porto di Livorno, che ha la finalità di sgravare il nodo Torino-Milano.

Di seguito vengono elencate le principali infrastrutture presenti in provincia:

- Autostrade: A4 Torino-Trieste, A22 Modena-Bolzano
- Ferrovie: del Brennero, Mantova-Monselice, Milano-Venezia, Padova-Bologna, Verona-Mantova-Modena, Verona-Bologna, Verona-Legnago-Rovigo, Verona-Venezia alta velocità (in progetto)
- Aeroporto di Verona

È in progetto il nuovo raccordo autostradale TI-BRE (Tirreno – Brennero), che prolungherà la A15 Autocamionale della Cisa verso nord, da Fontevivo, nei pressi di Parma, Nogarole-Rocca, a sud di Verona, dove si inserirà nella A22 Autostrada del Brennero. La TI-BRE è lunga circa 82 km.

Il centro intermodale “Quadrante Europa”, sito nella parte meridionale del Comune di Verona, è un'area di 2500000 m² a servizio del sistema produttivo della provincia di Verona. Esso è posto all'incrocio delle autostrade del Brennero (direttrice nord-sud) e Serenissima (direttrice ovest-est), e delle corrispondenti linee ferroviarie, ed è direttamente collegato con l'aeroporto Catullo.

I problemi inerenti al trasporto nella provincia di Verona sono dovuti principalmente all'intenso traffico di merci nelle autostrade. In particolare, il Brennero, che collega l'Italia ai paesi del centro e del Nord-Europa, rappresenta un nodo di primaria importanza.

In Tabella 2-24 è riportata la lunghezza totale delle strade esistenti e in progetto nella provincia di Verona (dati Piano Territoriale e Coordinamento Provinciale della Provincia di Verona, 2010, dati non ancora certificati e in fase di aggiornamento), e l'area delle aree produttive e turistiche esistenti e in progetto. In Figura 2-74, Figura 2-75 e Figura 2-76 sono rappresentate la rete viaria, la rete ferroviaria insieme agli aeroporti e alle linee navigabili, il sistema delle aree produttive: le mappe sono state ottenute a partire dagli stessi dati.

Tabella 2-24: Lunghezza totale delle strade esistenti e in progetto (km) nel territorio dei 18 Comuni aderenti al piano. Area totale degli insediamenti produttivi e delle aree turistiche esistenti e in progetto (km²) nel territorio dei 18 Comuni aderenti al piano.

	Lunghezza [km]
Autostrade	105.449
Autostrade progetto	34.732
Tangenziali	71.977
Tangenziali in progetto	63.921
Strada statale	23.470
Strada statale in progetto	14.199
Strada regionale	66.855
Strada regionale in progetto	8.028
Strada provinciale	341.656
Strada provinciale in progetto	9.733
Strada comunale	510.565
Strada comunale in progetto	0.000
	Area [km ²]
Aree produttive esistenti e in completamento	68244.921
Aree produttive in progetto	3901.699
Aree turistiche esistenti	628.227
Aree turistiche in progetto	399.489

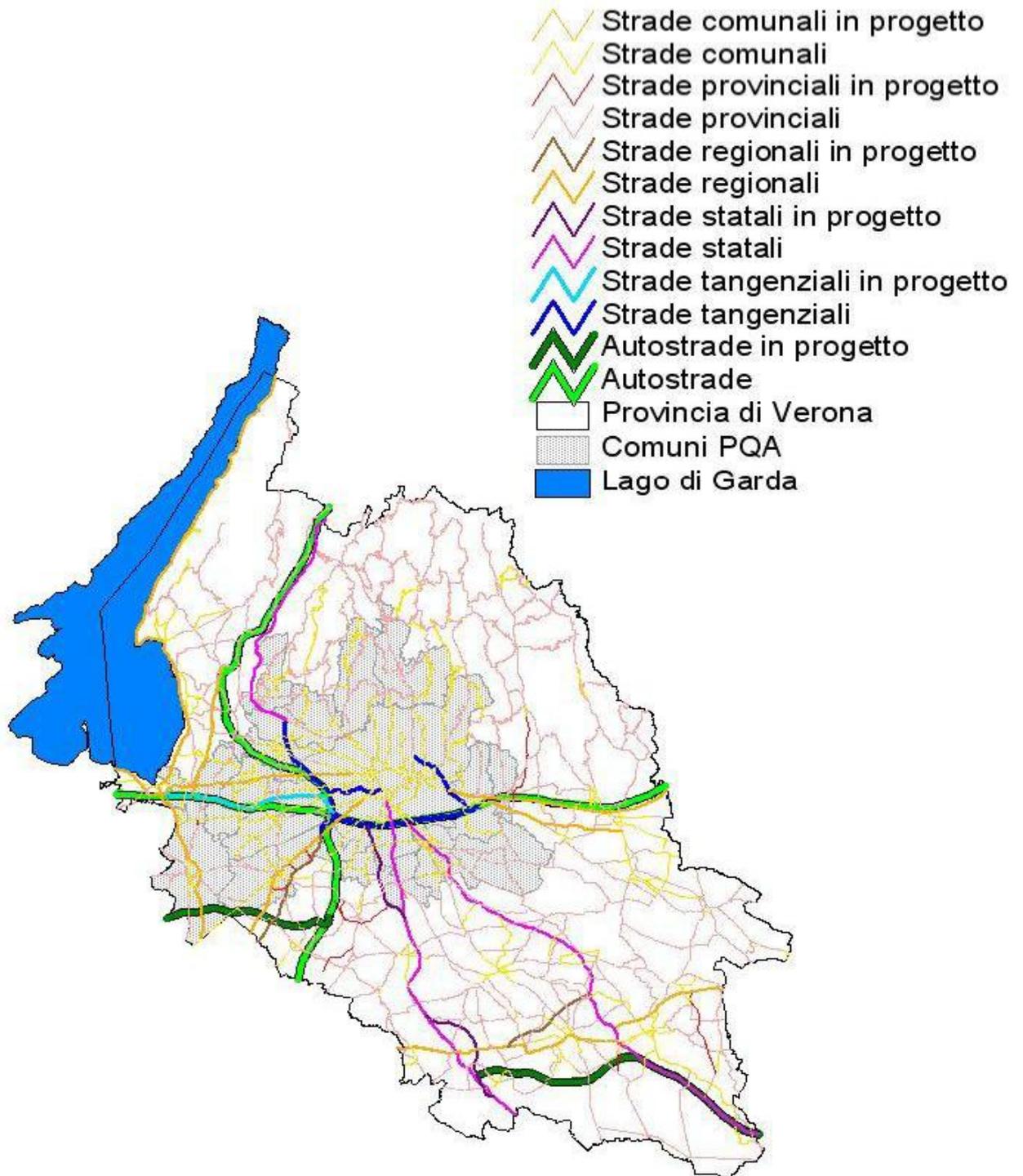


Figura 2-74: Rete viaria (dati PTCP 2010).

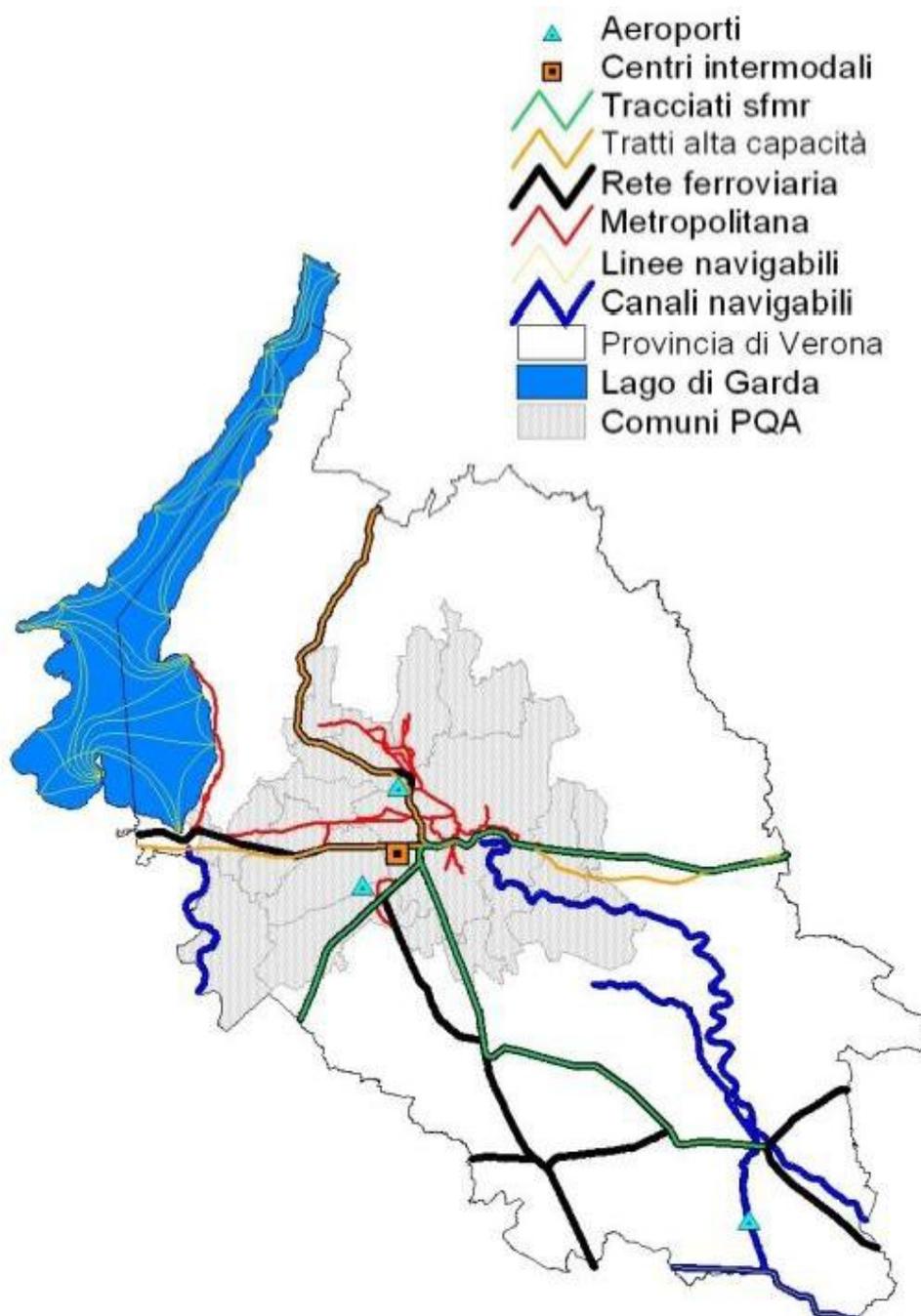


Figura 2-75: Rete ferroviaria, delle linee navigabili e degli aeroporti (dati PTCP 2010).

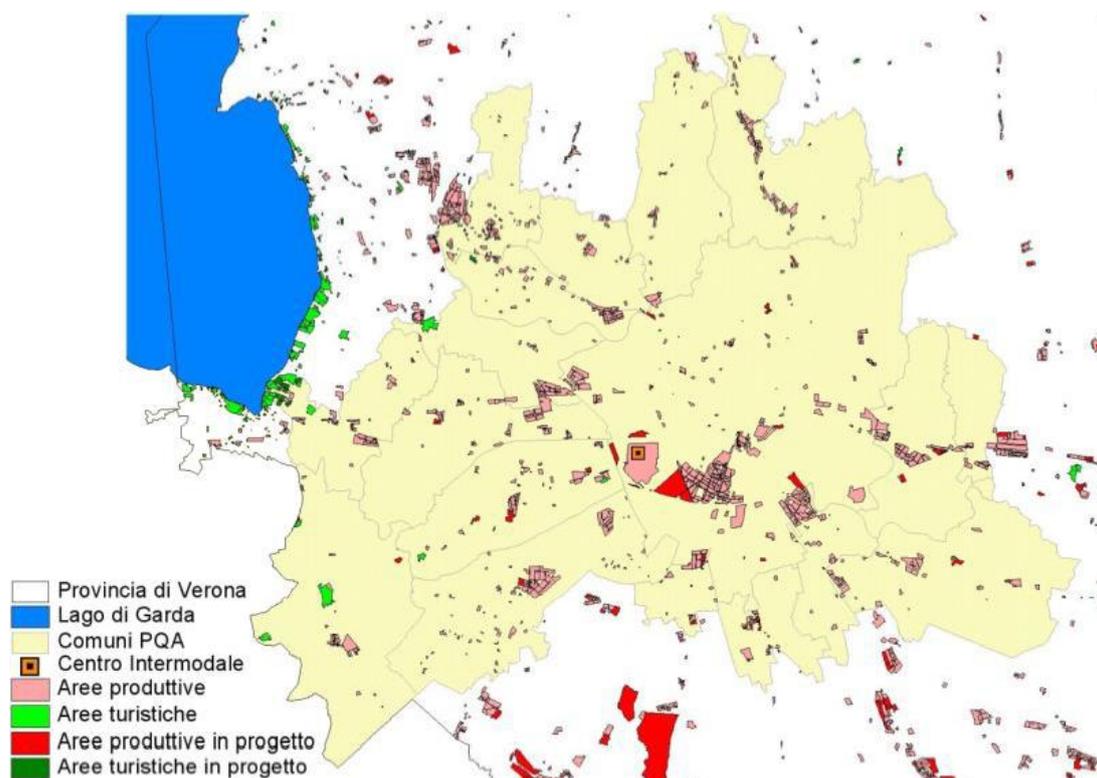


Figura 2-76: Sistema delle aree produttive (dati PTCP Verona 2010). Le aree produttive comprendono sia quelle esistenti sia quelle in completamento.

2.1.4 Insediamenti civili

L'analisi delle caratteristiche insediative della popolazione sul territorio in esame è indispensabile per ogni valutazione riguardante la pressione esercitata dalle diverse fonti emissive sulla popolazione presente sul territorio. Infatti l'impatto di una sorgente non si valuta solamente in termini di quantità di sostanze emesse ma anche sulla base dell'effetto che essa esercita sulla salute umana, per cui diventa prioritario conoscere quanto la zona in cui la sorgente è localizzata sia densamente abitata.

Analizzando l'andamento della popolazione nel corso degli anni, si osserva come essa sia in continuo aumento. A titolo di esempio si riporta il dato ISTAT relativo alla variazione tra il 30/06/2008 e il 30/8/2009 (Tabella 2-25).

Tabella 2-25: Variazione della popolazione tra il 2008 e il 2009 nei diversi Comuni (dato ISTAT).

Comune	Popolazione al 30/6/2008	Popolazione al 30/06/2009	Variazione %
Bussolengo	19338	19555	+1.12%
Buttapietra	6746	6819	+1.08%
Castel d'Azzano	11542	11690	+1.28%
Castelnuovo del Garda	11900	12286	+3.24%
Grezzana	10734	10895	+1.50%
Lavagno	7410	7766	+4.80%

Negrar	17151	17219	+0.40%
Pescantina	15710	15987	+1.76%
San Giovanni Lupatoto	23305	23607	+1.30%
San Martino Buon Albergo	13691	13894	+1.48%
San Pietro in Cariano	12843	13003	+1.25%
Sant'Ambrogio di Valpolicella	11342	11496	+1.36%
Sommacampagna	14442	14628	+1.29%
Sona	16692	16884	+1.15%
Valeggio sul Mincio	13756	14068	+2.27%
Verona	264867	265085	+0.08%
Villafranca di Verona	32161	32659	+1.55%
Zevio	13931	14183	+1.81%

La distribuzione spaziale della popolazione è stata ricavata sulla base della cartografia della Regione Veneto che contiene il dato relativo al censimento del 2001 suddiviso per sezioni di censimento.

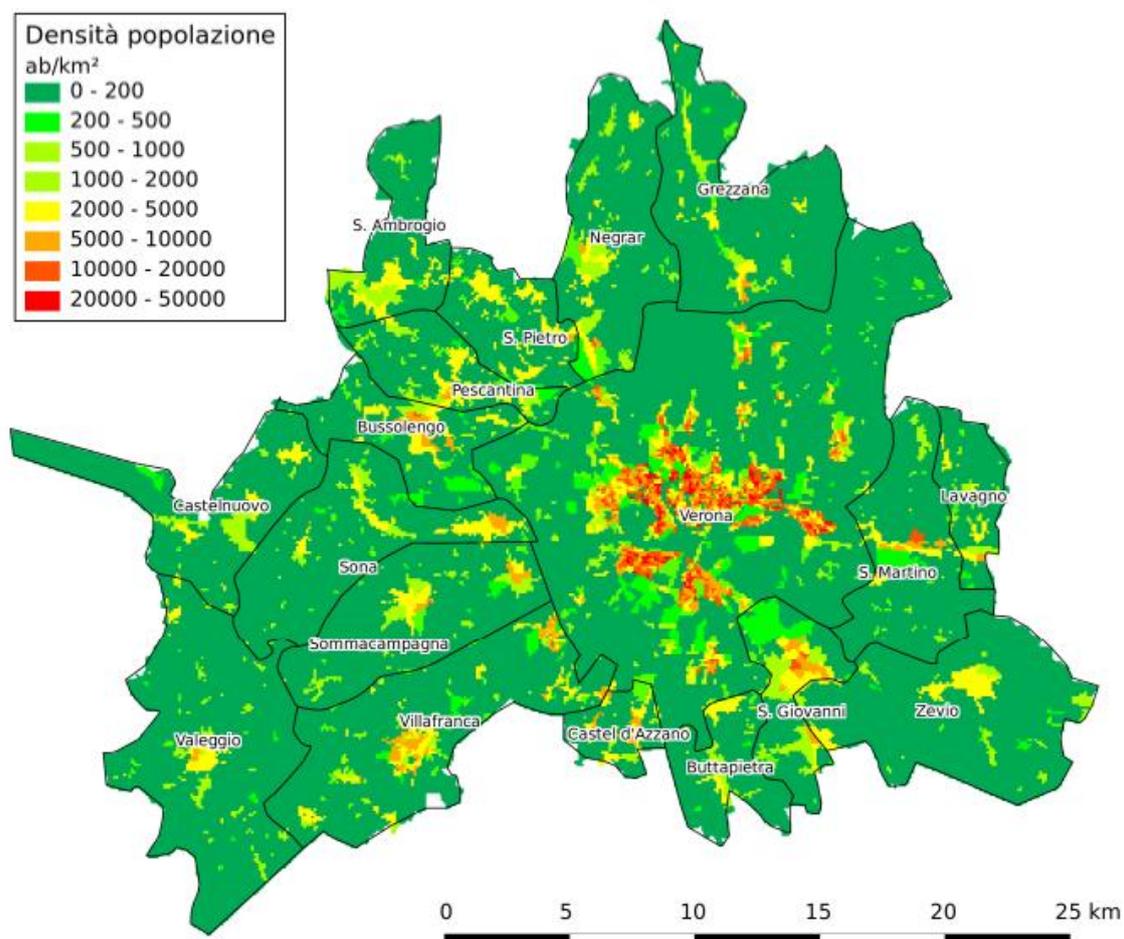


Figura 2-77: Densità di popolazione relativa al censimento 2001, in ab/km².

Nella tabella riportata (Tabella 2-25) si nota come la situazione del Comune di Verona sia abbastanza peculiare se paragonata a quella degli altri Comuni in esame; infatti diversamente dal contesto, essa riporta un valore di crescita praticamente nullo. Sembra pertanto continuare una certa tendenza nello spostamento degli insediamenti residenziali fuori dalla città con conseguenze sulla mobilità e quindi sull'inquinamento atmosferico ad esso collegato.

Sulla base della mappa di uso del suolo CORINE Land Cover dell'anno 2000, sono state identificate le zone destinate agli insediamenti civili e quelle destinate alle aree industriali e commerciali, riportate in Figura 2-78. Essa è complementare alla Figura 2-76, la quale riporta il dettaglio delle sole zone produttive.

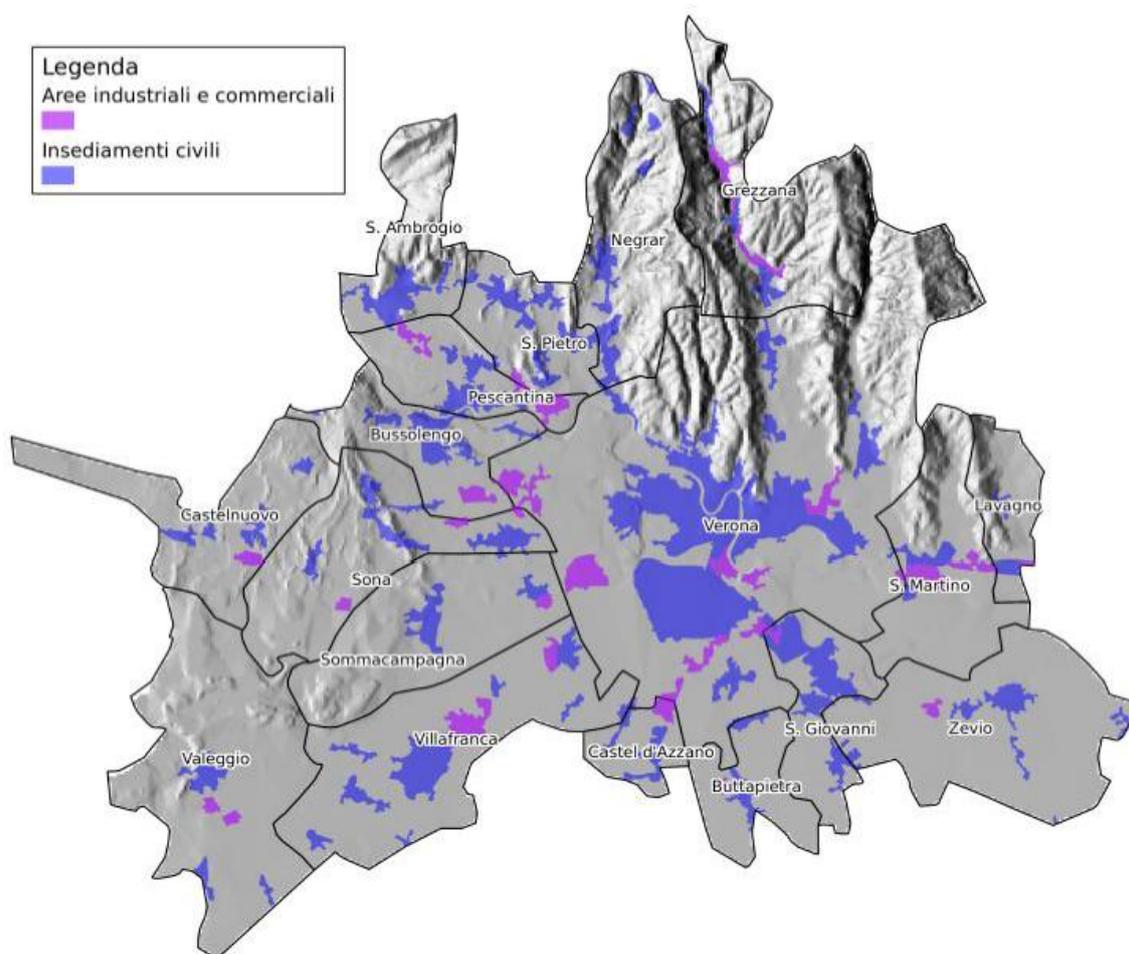


Figura 2-78: Mappa delle aree industriali e commerciali (in viola) e degli insediamenti civili (in blu).

2.1.5 Distribuzione delle fonti emissive

Al fine di valutare accuratamente l'effetto determinato dalle diverse sorgenti di inquinanti sulla qualità dell'aria è indispensabile identificare in maniera precisa le emissioni. Ciò significa individuare non solo i quantitativi di inquinanti che vengono immessi in atmosfera, ma anche localizzare con precisione dove le emissioni sono rilasciate in atmosfera, con quali tempi, con quali modalità (camini, velocità e temperatura di emissione). Tutte queste informazioni vengono codificate in apposite basi di dati denominati inventari delle emissioni.

Appare chiaro come un inventario delle emissioni, contenente l'elenco completo ed ordinato delle sorgenti e degli inquinanti relativi ad una specifica area geografica e ad un determinato intervallo temporale, sia uno strumento fondamentale per l'elaborazione di qualsiasi strumento pianificatorio in materia di qualità dell'aria. Esso infatti rappresenta un'immagine dello stato di fatto in un certo istante temporale delle pressioni esercitate dalle attività emissive sul territorio e grazie ad esso è inoltre possibile quantificare il peso delle singole diverse tipologie di sorgenti.

Il DM 261/2002 indica nelle linee guida dell'APAT e nella metodologia CORINAIR (EEA) il riferimento per la realizzazione dell'inventario delle emissioni in atmosfera generate in un ambito spazio-temporale definito.

La metodologia CORINAIR prefigura due possibili procedure di stima delle emissioni in atmosfera: top-down ("dall'alto verso il basso") e bottom-up ("dal basso verso l'alto").

La stima "top-down" è una metodologia che parte dai valori di emissioni annue calcolati a livello nazionale, disaggregate spazialmente a vari livelli, ad esempio quello provinciale e quello comunale, attraverso indicatori statistici (popolazione, strade, land-use,...). Tale metodologia prevede anche la disaggregazione temporale, in quanto dal livello annuo di partenza si può arrivare a quello di risoluzione oraria delle emissioni. Diversamente, non è possibile risolvere in dettaglio la distribuzione spaziale delle stesse, essendo il dato di partenza disaggregabile al più fino alla scala comunale.

L'approccio "bottom-up", invece, parte da dati locali, a livello di valori riferiti al territorio comunale o addirittura dal punto responsabile dell'emissione (quale può essere il tracciato della strada o la locazione dell'industria) e, con queste informazioni e gli specifici fattori di emissione, stima le emissioni orarie direttamente a livello locale.

Spesso gli approcci utilizzati per gli inventari sono intermedi alle due diverse tipologie, in quanto per alcune emissioni è possibile reperire dati disaggregati, mentre per altri è inevitabile un approccio di disaggregazione a partire da dati aggregati.

2.1.5.1 La situazione attuale

L'inventario regionale delle emissioni in Veneto è tuttora in fase di elaborazione da parte di ORAR. La metodologia adottata per il popolamento dell'inventario è quella del sistema INEMAR. INEMAR¹ (INventario EMissioni ARia) è un database progettato per realizzare l'inventario bottom-up delle emissioni in atmosfera, stimando per i diversi inquinanti le emissioni a livello comunale, per ogni attività della classificazione Corinair e per ogni tipologia di combustibile. Progettato da Regione Lombardia e ARPA Lombardia, esso contiene gli indicatori di attività (ad esempio il consumo di combustibili, il consumo di vernici, la quantità di rifiuti incenerita ed in generale qualsiasi parametro che sia in grado di descrivere e quantificare l'attività dell'emissione), i fattori di emissione (ovvero la quantità in

¹ <http://inemar.terraria.com/xwiki/bin/view/InemarDatiWeb/II+sistema+INEMAR>

massa di inquinante emesso per unità di prodotto o di consumo), i dati statistici necessari per la disaggregazione spaziale e temporale delle emissioni (come la popolazione residente, il numero di addetti per una specifica attività produttiva), e le procedure di calcolo definite nelle diverse metodologie per stimare le emissioni.

Attualmente, non essendo ancora terminata l'elaborazione del catasto INEMAR delle emissioni, l'unico inventario a disposizione corrisponde a quello generato secondo la metodologia top-down da ISPRA e disaggregato spazialmente da ORAR (Osservatorio Aria Regione Veneto).

Per quanto detto sopra l'approccio top-down tuttavia non è il più appropriato nei casi in cui si concentri l'attenzione su contesti locali, quando cioè sia necessario ripartire un dato di emissione stimato ad un livello territoriale aggregato, quale può essere una regione o una nazione, ad una porzione più piccola di territorio in esso compreso, ad esempio un Comune. Esso infatti comporta un'eccessiva approssimazione per la scala locale e, in particolare, per la scala urbana, fornendo un livello di dettaglio che può essere inadeguato. Le criticità che sorgono adoperando un procedimento di tipo top-down riguardano soprattutto l'affidabilità delle stime sulle emissioni così ottenute: in primo luogo le variabili usate per correlare l'area più vasta a quella più ristretta devono essere indicatori affidabili per consentire la giusta ripartizione delle emissioni; in secondo luogo deve essere considerata la perdita di risoluzione che si verifica con l'estensione dell'area da sottoporre ad inventario.

Dato che nel presente studio l'attenzione è rivolta ad una porzione ristretta di territorio, all'interno del quale si vogliono mettere in luce analogie e differenze tra i diversi Comuni interessati, si è ritenuto utile cercare di analizzare nel dettaglio, seguendo un approccio bottom-up, i dati di emissione locali che sono stati forniti. I risultati di queste elaborazioni sono riportati nei paragrafi seguenti, assieme ad un confronto con i risultati dell'inventario ISPRA disaggregato. Queste elaborazioni evidentemente non costituiscono un inventario completo, che come si è detto sopra è già in fase di realizzazione a cura dell'Osservatorio Aria della Regione Veneto. Infatti i dati forniti, oltre a presentare una inadeguata risoluzione, risultano troppo lacunosi e carenti affinché l'informazione riguardo le emissioni sia ritenuta completa. Tuttavia si è ritenuto interessante utilizzarli, specialmente in quei settori dove la disaggregazione spaziale è parsa meno appropriata (ad esempio nel caso delle emissioni da aeroporto o da sorgenti puntuali).

2.1.5.2 Fonti emissive locali

L'individuazione delle sorgenti emissive provinciali e la conseguente quantificazione delle emissioni viene usualmente svolta attraverso la redazione dell'inventario provinciale delle emissioni. L'inventario delle emissioni costituisce uno degli strumenti principali per lo studio dello stato attuale di qualità dell'aria, nonché per la definizione della zonizzazione e dei relativi programmi di riduzione o di prevenzione dell'inquinamento atmosferico. Nel presente studio non è stato possibile usufruire di questi dati, in quanto il catasto regionale non risulta

ancora compilato in maniera definitiva. Si sono quindi utilizzati, come surrogato, dati di diversa provenienza messi a disposizione, da ARPAV, Comuni, APAT, ISTAT. Per questo motivo non è stato possibile avere un esatto allineamento temporale dei dati di emissione ricavati, ma si è comunque cercato di utilizzare nelle stime le informazioni più recenti possibili e comunque posteriori all'anno 2004.

2.1.5.3 Emissioni lineari

Macrosettore 7 - Trasporto su strada

Per il calcolo delle emissioni da traffico lineare è stato usato il grafo stradale del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale), in cui per ciascun arco stradale sono contenute le caratteristiche geometriche e il valore di Traffico Giornaliero Medio (TGM).

I flussi di traffico medio orario sono rappresentati in Figura 2-79.

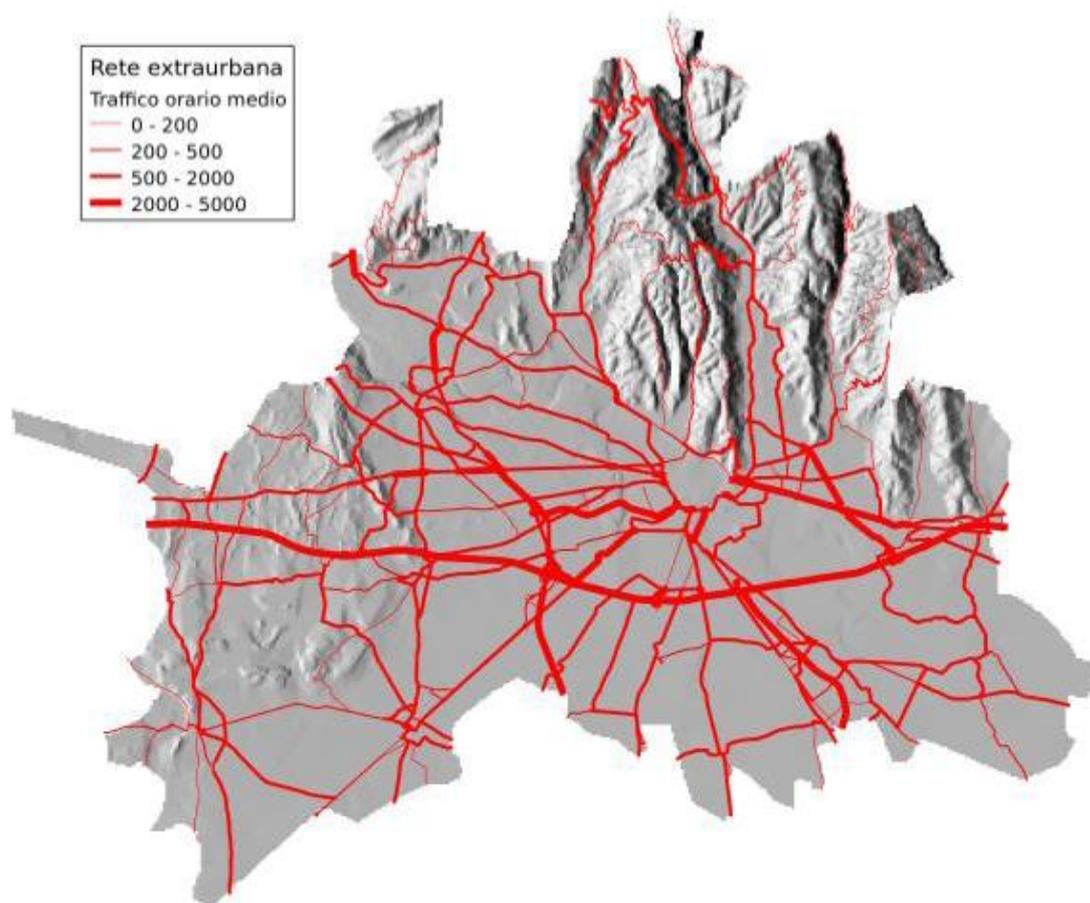


Figura 2-79: Flussi di traffico medio orario degli archi stradali extraurbani del PTCP nei Comuni in oggetto.

La metodologia di calcolo delle emissioni lineari richiederebbe di conoscere il numero di veicoli in transito suddivisi per tipologia, motorizzazione e normativa di riferimento (Euro) e la velocità di transito.

Per le tipologie di veicoli si è preso a riferimento il parco macchine della provincia di Verona, ottenibile dall'ACI. Non è stato possibile invece determinare la velocità di transito per ciascun

arco stradale. In assenza di questo dato si è utilizzato un fattore di emissione medio, come quello calcolato per la regione Lombardia², e moltiplicato per la lunghezza dell'arco stradale ed il numero di veicoli in transito suddivisi per settore (Automobili / Veicoli leggeri < 3.5 t / Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus / Ciclomotori (< 50 cm³) / Motocicli (> 50 cm³)).

I fattori di emissione utilizzati in questa elaborazione sono riportati in Tabella 2-26 e Tabella 2-27. Il consumo specifico si riferisce alla massa di carburante utilizzato (in g), per percorrere un chilometro.

Tabella 2-26: Fattori di emissione medi da traffico in Lombardia nel 2005 per tipo di veicolo e tipo strada - dati finali (parte I).

Tipo di veicolo	Tipo di strada	Consumo specifico	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO
		g/km	mg/km				
Automobili	Autostrade	51	5	502	56	6.7	788
Automobili	Strade extraurbane	57	5.6	479	90	9.2	841
Automobili	Strade urbane	77	7	571	455	70	4.059
Veicoli leggeri < 3.5 t	Autostrade	76	7.6	1.123	103	5.1	874
Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade extraurbane	77	7.7	1.255	135	7.4	929
Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade urbane	90	9	1.411	222	16	1.680
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Autostrade	215	22	7.727	405	42	1.603
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Strade extraurbane	286	29	10.100	694	58	2.431
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Strade urbane	290	29	10.444	843	73	2.761
Ciclomotori (< 50 cm ³)	Strade urbane	22	2.2	38	11.055	177	11.573
Motocicli (> 50 cm ³)	Autostrade	35	3.5	381	1.322	143	15.781
Motocicli (> 50 cm ³)	Strade extraurbane	36	3.6	183	1.953	137	14.438
Motocicli (> 50 cm ³)	Strade urbane	33	3.3	172	2.304	143	13.933

² http://www.ambiente.regione.lombardia.it/inemar/webdata/elab_standard_reg.seam?cid=43813

Tabella 2-27: Fattori di emissione medi da traffico in Lombardia nel 2005 per tipo di veicolo e tipo strada - dati finali (parte II).

Tipo di veicolo	Tipo di strada	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM _{2,5}	PM ₁₀	PTS
		mg/km					
Automobili	Autostrade	160	4.4	35.1	33	42	54
Automobili	Strade extraurbane	178	5.5	34	33	46	60
Automobili	Strade urbane	243	19	67	41	54	68
Veicoli leggeri < 3.5 t	Autostrade	238	3.9	3.3	139	152	170
Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade extraurbane	242	3.7	2.4	120	138	158
Veicoli leggeri < 3.5 t	Strade urbane	284	5.7	4.1	161	180	201
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Autostrade	676	30	2.7	281	329	403
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Strade extraurbane	897	26	1.5	394	461	545
Veicoli pesanti > 3.5 t e autobus	Strade urbane	910	30	2.9	442	510	597
Ciclomotori (< 50 cm ³)	Strade urbane	71	1	1	162	162	162
Motocicli (> 50 cm ³)	Autostrade	112	1.5	1.8	31	35	40
Motocicli (> 50 cm ³)	Strade extraurbane	116	0.9	1.1	30	36	41

Tali fattori di emissione sono stati ricavati a partire dal calcolo delle emissioni complessive regionali da traffico; tale valore è stato quindi suddiviso per i chilometri complessivamente percorsi.

Utilizzando questi fattori di emissione, si sono calcolate le emissioni totali per ciascun Comune. Per il Comune di Verona, si è considerato anche il traffico diffuso all'interno del centro cittadino, stimato sulla base della percorrenza totale dei veicoli fornita dal Comune stesso pari al 75% del traffico extraurbano.

Si noti che più correttamente andrebbero utilizzati diversi fattori di emissione in funzione della velocità di guida, secondo la metodologia COPERT che tiene conto di questa variabilità. Nel caso presente non è stato possibile adottare questa metodologia in maniera compiuta non disponendo del dato di velocità media sui singoli archi stradali. Si riportano comunque alcune curve di variabilità a titolo esemplificativo.

I fattori di emissione veicolare sono molto variabili a seconda della classe di veicolo, classe di motorizzazione e velocità. Le classi di veicolo si suddividono come macrocategorie in:

- Autoveicoli per trasporto passeggeri
- Motocicli e motoveicoli

- Veicoli commerciali leggeri (convenzionalmente < 7.5 t)
- Veicoli commerciali pesanti (convenzionalmente > 7.5 t)
- Autobus e pullman

La motorizzazione può essere a benzina, gasolio o GPL, secondo le cosiddette classi EURO (da 0 a 5). La velocità considerata varia tra 5 e 130 km/h. Nei grafici successivi sono indicati gli andamenti dei fattori di emissione di NO_x e PM₁₀ per le diverse macrocategorie, mediando sulla percentuale relativa di classi EURO secondo i dati ACI 2007. La Figura 2-81 e la Figura 2-83 rappresentano le curve mediate sull'intero parco macchine e danno l'idea dell'emissione che può essere presente su un tratto di strada su cui transita un parco macchine assimilabile a quello medio provinciale. Si tenga conto che a seconda del tipo di contesto (urbano o extraurbano) o di strada (autostrada, principale o secondaria) il parco macchine caratteristico, così come lo stile di guida, varieranno e conseguentemente queste curve vanno adattate al contesto per ottenere un valore più realistico. Per esempio una tratta autostradale presenterà una percentuale superiore di mezzi pesanti rispetto ad una strada urbana, per cui la curva risulterà più alta e con una concavità più accentuata.

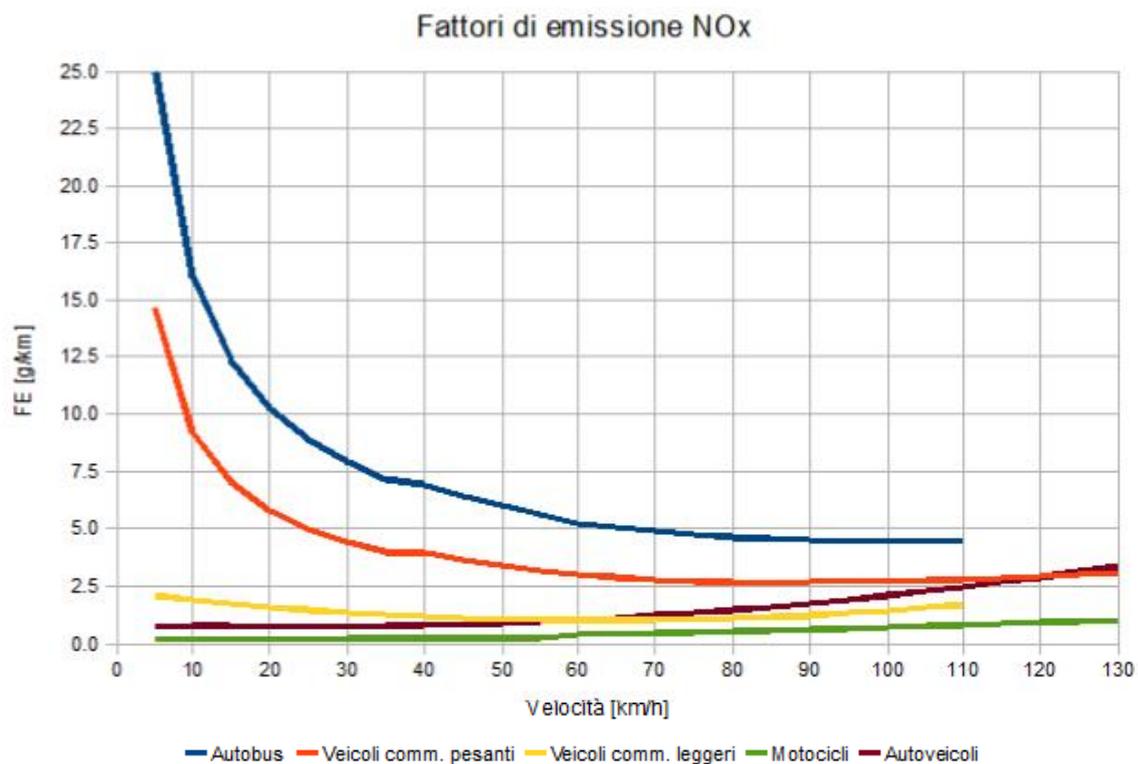


Figura 2-80: Fattore di emissione per gli NO_x separato per classe di veicolo (media sulle classi EURO).

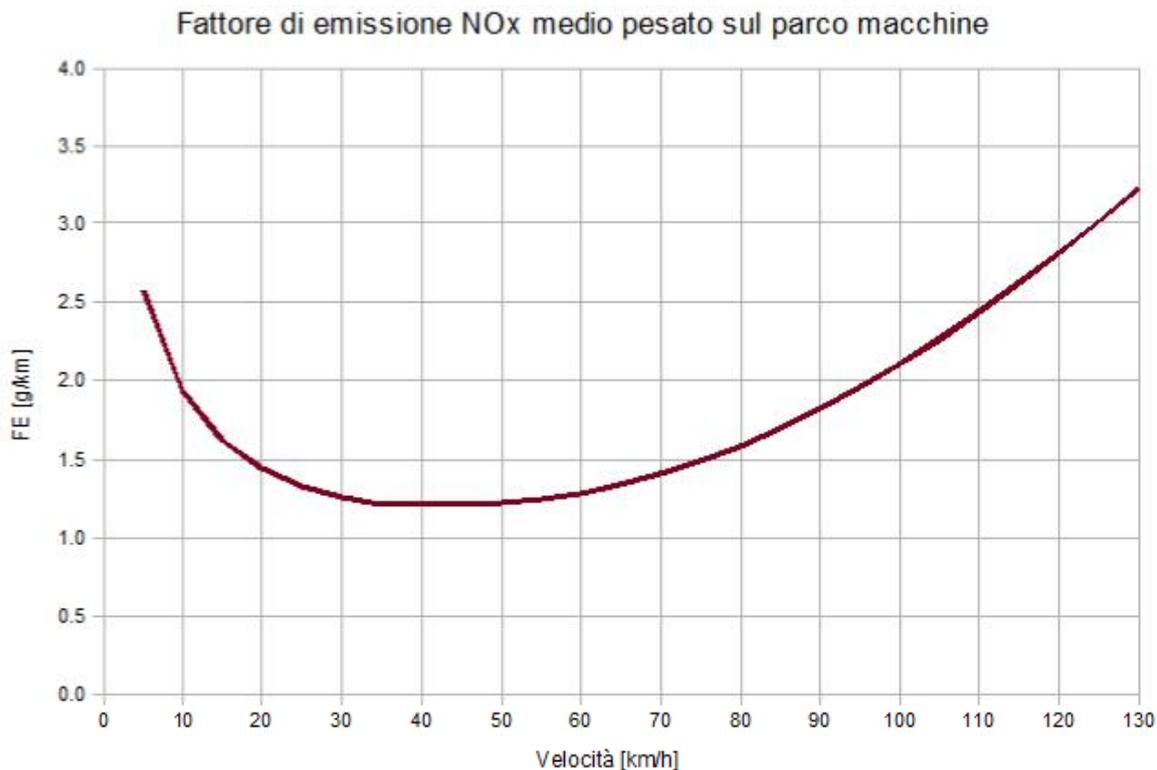


Figura 2-81: Fattore di emissione per gli NO_x, medio pesato sul parco macchine della Provincia di Verona.

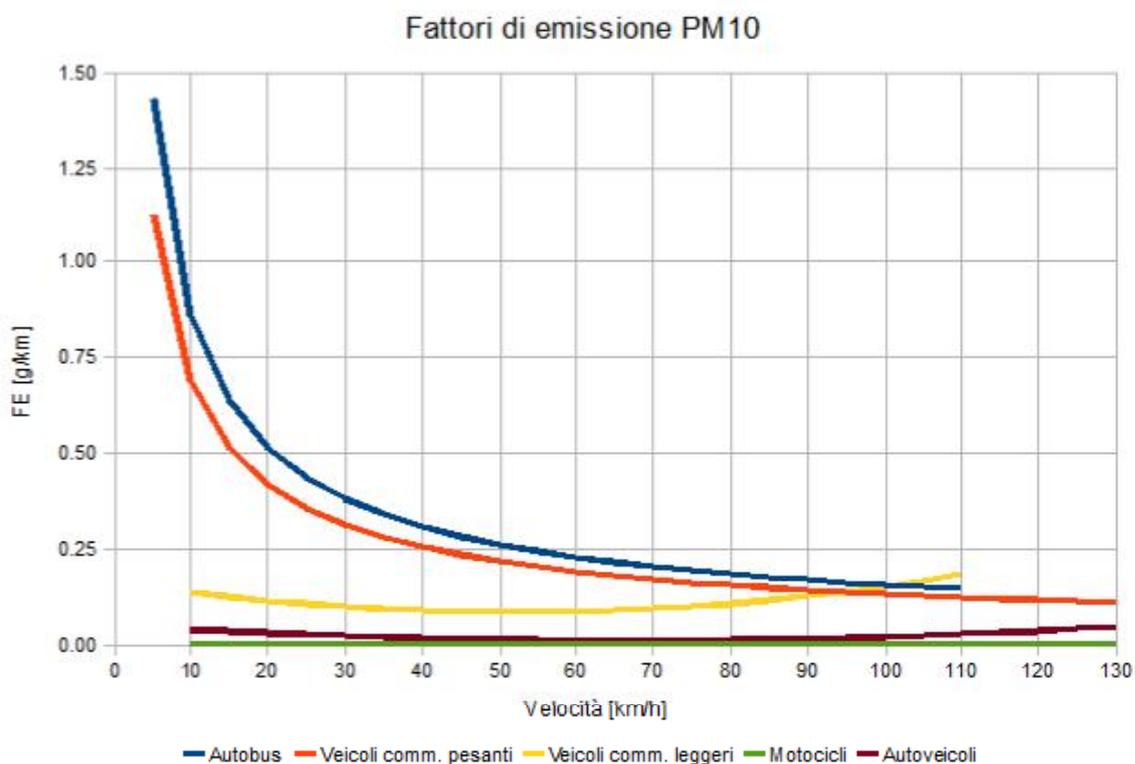


Figura 2-82: Fattore di emissione per il PM₁₀ separato per classe di veicolo (media sulle classi EURO).

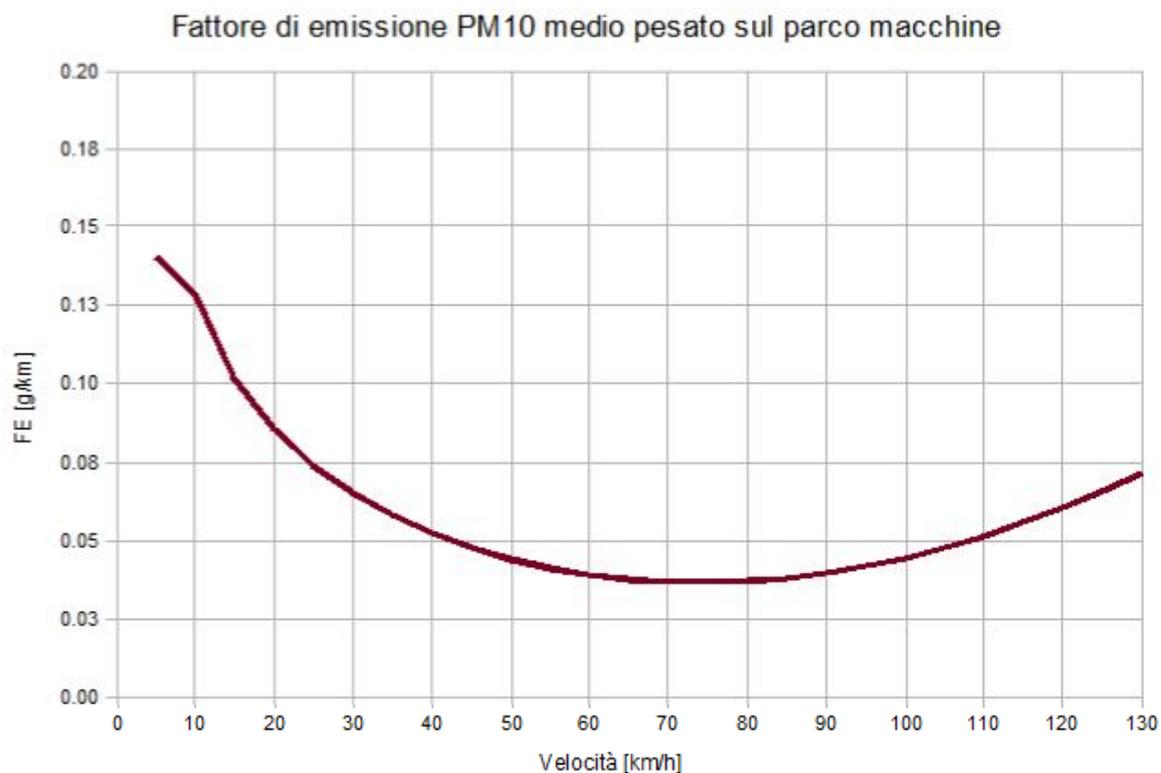

 Figura 2-83: Fattore di emissione per il PM₁₀, medio pesato sul parco macchine della Provincia di Verona.

Tabella 2-28: Emissioni totali annue da traffico lineare sul territorio di ciascun Comune - parte I.

Comune	Consumo	SO ₂	NO _x	COV	CH ₄	CO
	g/km					
Bussolengo	27311.1	2.7	356.7	127.4	11.2	1153.0
Buttapietra	2457.5	0.2	31.3	12.9	1.0	97.1
Castel d'Azzano	3212.7	0.3	40.9	16.9	1.3	127.0
Castelnuovo del Garda	22479.1	2.2	298.2	96.8	9.3	986.2
Grezzana	7583.5	0.7	96.5	39.8	3.1	299.8
Lavagno	27392.2	2.7	357.6	128.1	11.2	1155.2
Negrar	9202.7	0.9	117.1	48.3	3.7	363.8
Pescantina	9909.4	1.0	126.1	52.0	4.0	391.7
San Giovanni Lupatoto	41853.3	4.1	538.8	208.9	17.0	1704.3
San Martino Buon Albergo	56589.5	5.6	736.3	268.9	23.1	2366.8
San Pietro in Cariano	5649.7	0.6	71.9	29.7	2.3	223.3
Sant' Ambrogio di Valpolicella	3714.9	0.4	47.3	19.5	1.5	146.8
Sommacampagna	34086.2	3.4	453.1	145.3	14.1	1502.4
Sona	40246.8	4.0	534.3	172.7	16.7	1768.9
Valeggio sul Mincio	7346.3	0.7	93.5	38.6	3.0	290.4
Verona	219905.5	21.7	2833.3	1093.5	89.4	8973.3

Villafranca di Verona	25505.0	2.5	332.7	119.7	10.4	1073.7
Zevio	15682.0	1.5	199.6	82.3	6.3	619.9

Tabella 2-29: Emissioni totali annue da traffico lineare sul territorio di ciascun Comune - parte II.

Comune	CO ₂	N ₂ O	NH ₃	PM _{2.5}	PM ₁₀	PTS
Bussolengo	86081.5	2.3	12.1	23.3	28.9	35.6
Buttapietra	7743.5	0.2	1.0	2.0	2.6	3.2
Castel d'Azzano	10123.4	0.3	1.3	2.6	3.4	4.2
Castelnuovo del Garda	70863.4	1.9	10.4	19.6	23.9	29.4
Grezzana	23895.9	0.7	3.2	6.2	8.0	9.8
Lavagno	86336.7	2.3	12.2	23.3	29.0	35.7
Negrar	28998.0	0.8	3.8	7.6	9.7	11.9
Pescantina	31224.8	0.9	4.1	8.1	10.4	12.8
San Giovanni Lupatoto	131896.9	3.6	18.0	35.0	44.1	54.3
San Martino Buon Albergo	178356.7	4.8	24.9	48.0	59.8	73.6
San Pietro in Cariano	17802.5	0.5	2.4	4.6	5.9	7.3
Sant'Ambrogio di Valpolicella	11705.9	0.3	1.5	3.1	3.9	4.8
Sommacampagna	107456.0	2.9	15.8	29.8	36.3	44.6
Sona	126875.6	3.4	18.6	35.1	42.8	52.7
Valeggio sul Mincio	23148.3	0.6	3.1	6.0	7.7	9.5
Verona	693018.5	18.9	94.5	183.9	231.6	285.2
Villafranca di Verona	80387.7	2.2	11.3	21.7	27.0	33.2
Zevio	49414.4	1.3	6.5	12.9	16.5	20.3

Il grafo stradale extraurbano con l'indicazione delle emissioni per ciascun arco è riportato in Figura 2-84 per gli ossidi di azoto e in Figura 2-85 per il PM₁₀.

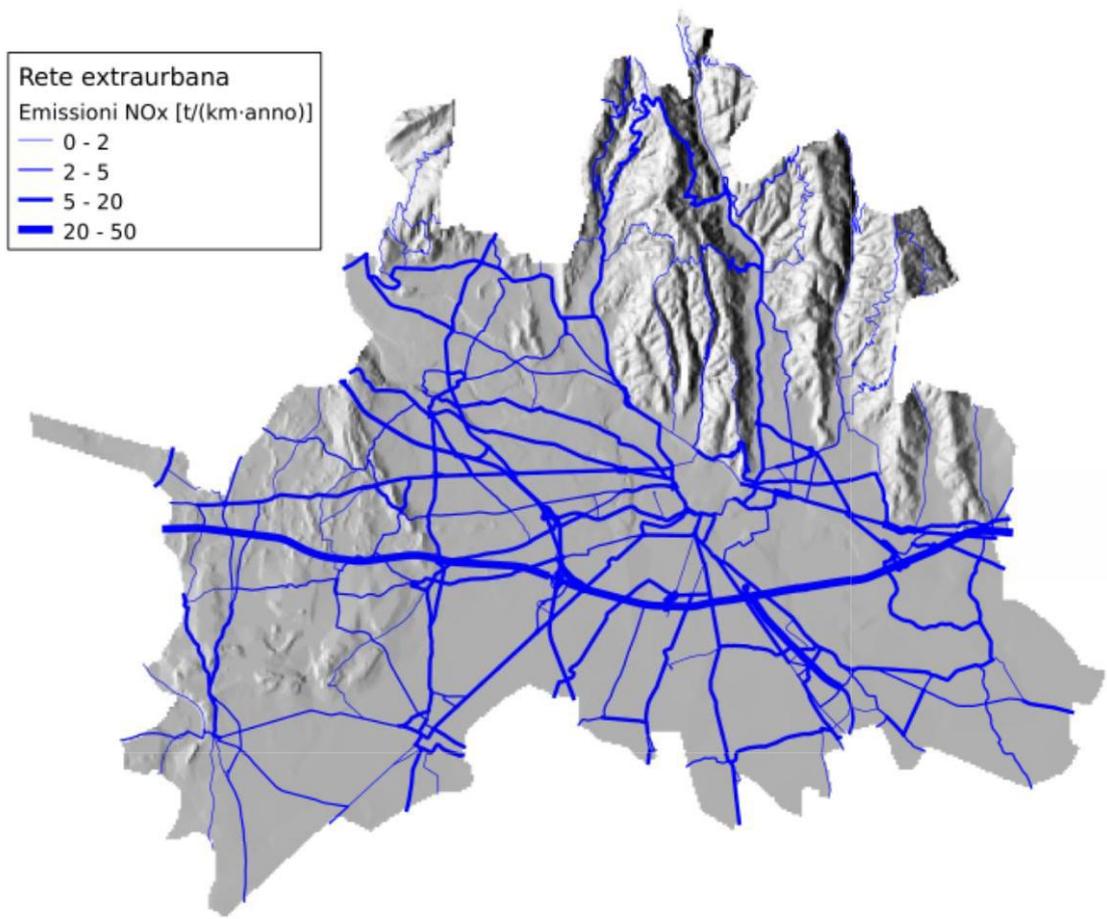


Figura 2-84: Emissioni annue di NO_x [t/(km · anno)] da traffico lineare della rete extraurbana.

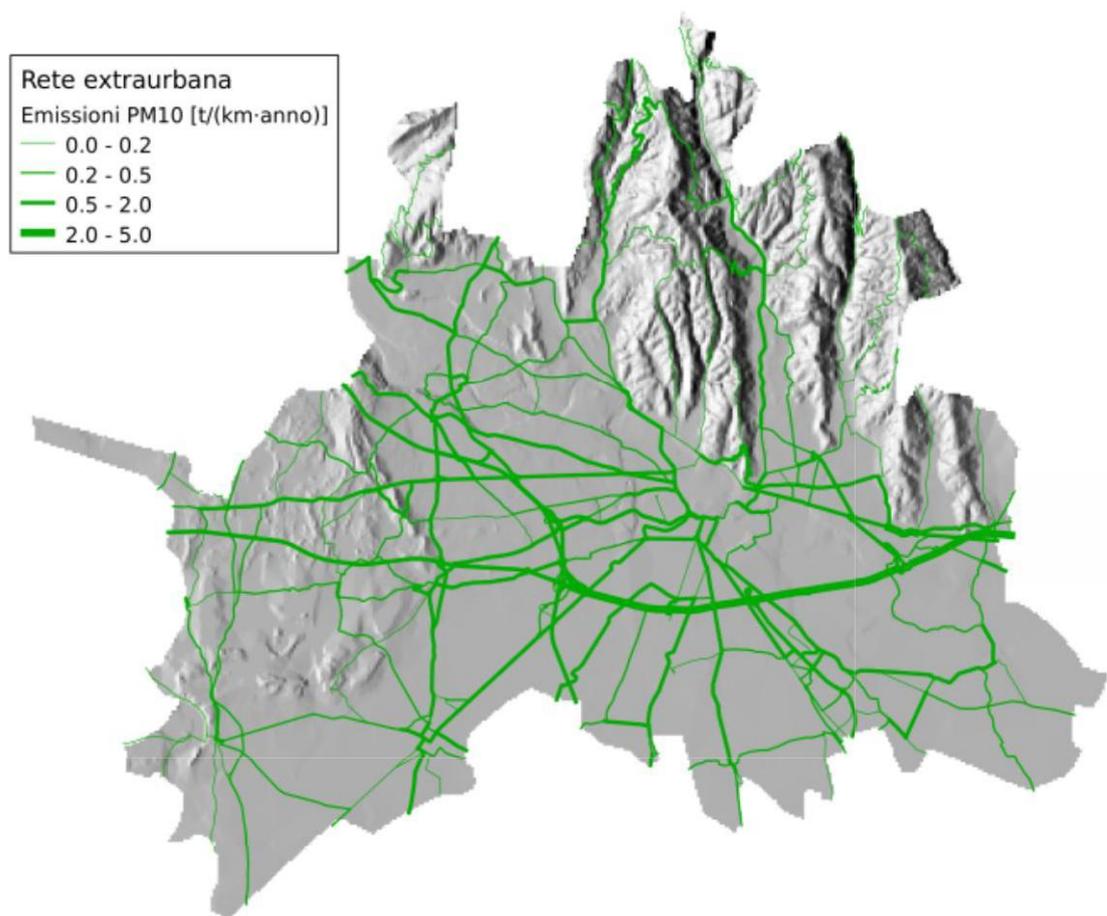


Figura 2-85: Emissioni annue di PM₁₀ [t/(km · anno)] da traffico lineare della rete extraurbana.

Dal grafo è possibile calcolare l'estensione della rete stradale extraurbana e autostradale per ciascun Comune. I risultati ottenuti sono riportati in Tabella 2-30. Nel grafo allegato al PTCP utilizzato per questa analisi non compare la rete urbana. Con esclusione del Comune di Verona questo non è tuttavia in questa sede limitante, poiché la maggior parte del traffico (e quindi delle emissioni da questo settore) è imputabile alle grandi vie di scorrimento.

Tabella 2-30: Estensione della rete extraurbana e autostradale nei Comuni in oggetto.

	Totale [km]	Autostrade [km]	Extraurbane [km]	Autostrade [%]	Extraurbane [%]
Bussolengo	279.7	36.6	243.1	13%	87%
Buttapietra	34.8	0.0	34.8	0%	100%
Castel d'Azzano	23.5	0.0	23.5	0%	100%
Castelnuovo del Garda	101.2	22.1	79.1	22%	78%
Grezzana	47.6	0.0	47.6	0%	100%
Lavagno	93.2	12.5	80.7	13%	87%
Negrar	89.0	0.0	89.0	0%	100%
Pescantina	90.3	0.0	90.3	0%	100%
San Giovanni Lupatoto	246.7	9.7	237.0	4%	96%

San Martino Buon Albergo	258.5	23.7	234.8	9%	91%
San Pietro in Cariano	61.1	0.0	61.1	0%	100%
Sant' Ambrogio di Valpolicella	74.7	0.0	74.7	0%	100%
Sommacampagna	331.6	39.1	292.5	12%	88%
Sona	165.9	64.1	101.9	39%	61%
Valeggio sul Mincio	79.4	0.0	79.4	0%	100%
Verona	1676.8	59.4	1617.4	4%	96%
Villafranca di Verona	225.9	29.0	196.8	13%	87%
Zevio	202.6	0.0	202.6	0%	100%

Questo dato mette in evidenza i Comuni maggiormente interessati dal traffico extraurbano. Per ciascun Comune, è stato quindi utilizzato il numero di veicoli immatricolati, ricavato dai dati ACI del 2008.

A partire da ciascun arco stradale, di cui è stato fornito il traffico medio orario, si è calcolata la distanza globale percorsa annualmente.

Tabella 2-31: Chilometri percorsi lungo strade extraurbane e autostrade nell'area in esame.

	Totale [km]	Autostrade [km]	Extraurbane [km]	Autostrade [%]	Extraurbane [km]
Bussolengo	$9.13 \cdot 10^8$	$4.17 \cdot 10^8$	$4.96 \cdot 10^8$	46%	54%
Buttapietra	$7.81 \cdot 10^7$		$7.81 \cdot 10^7$	0%	100%
Castel d' Azzano	$1.02 \cdot 10^8$		$1.02 \cdot 10^8$	0%	100%
Castelnuovo del Garda	$7.74 \cdot 10^8$	$5.54 \cdot 10^8$	$2.20 \cdot 10^8$	72%	28%
Grezzana	$2.41 \cdot 10^8$		$2.41 \cdot 10^8$	0%	100%
Lavagno	$9.15 \cdot 10^8$	$4.11 \cdot 10^8$	$5.04 \cdot 10^8$	45%	55%
Negrar	$2.93 \cdot 10^8$		$2.93 \cdot 10^8$	0%	100%
Pescantina	$3.15 \cdot 10^8$		$3.15 \cdot 10^8$	0%	100%
San Giovanni Lupatoto	$1.36 \cdot 10^9$	$2.83 \cdot 10^8$	$1.8 \cdot 10^9$	21%	79%
San Martino Buon Albergo	$1.88 \cdot 10^9$	$7.36 \cdot 10^8$	$1.14 \cdot 10^9$	39%	61%
San Pietro in Cariano	$1.80 \cdot 10^8$		$1.80 \cdot 10^8$	0%	100%
Sant' Ambrogio di Valpolicella	$1.18 \cdot 10^8$		$1.18 \cdot 10^8$	0%	100%
Sommacampagna	$1.18 \cdot 10^9$	$8.79 \cdot 10^8$	$2.98 \cdot 10^8$	75%	25%
Sona	$1.39 \cdot 10^9$	$1.01 \cdot 10^9$	$3.78 \cdot 10^8$	73%	27%
Valeggio sul Mincio	$2.34 \cdot 10^8$		$2.34 \cdot 10^8$	0%	100%
Verona	$4.9 \cdot 10^9$	$9.10 \cdot 10^8$	$3.18 \cdot 10^9$	22%	78%
Villafranca di Verona	$8.51 \cdot 10^8$	$3.71 \cdot 10^8$	$4.79 \cdot 10^8$	44%	56%
Zevio	$4.99 \cdot 10^8$		$4.99 \cdot 10^8$	0%	100%

Si è quindi calcolata la percorrenza media dei veicoli, dividendo l'estensione totale della rete per il numero di veicoli immatricolati nei Comuni in oggetto. Essa è risultata pari a circa 36400 km annui. Si può quindi calcolare un numero di veicoli equivalente per ciascun Comune, dividendo l'estensione della rete comunale per la percorrenza media annua. Questo numero corrisponde al numero di veicoli circolanti sulle tratte extraurbane che si avrebbero se tutti percorressero una distanza annua pari alla percorrenza media. A partire dal numero di veicoli equivalenti per ciascun Comune, si è definito un indice, denominato Vehicle Index, per stimare la differenza tra il numero di veicoli circolanti e il numero di veicoli effettivamente immatricolati in ciascun Comune:

$$V.I. = \frac{\text{Numero di veicoli equivalenti} - \text{Numero di veicoli immatricolati}}{\text{Numero di veicoli immatricolati}}$$

Nei Comuni dove questo indice assume valori positivi il numero di veicoli equivalenti è superiore a quello dei veicoli immatricolati; dove esso è negativo sono invece più numerosi i veicoli immatricolati. Questo indice serve sostanzialmente a valutare quanto del traffico presente sul Comune sia imputabile agli abitanti del Comune medesimo e quanto al territorio circostante. Si noti che il Comune di Verona presenta un V.I. negativo, ma questo è parzialmente spiegabile con il fatto che non è inclusa nel grafo stradale reso disponibile l'intera rete stradale urbana, che nel caso della città capoluogo è sicuramente significativa, sia in termini di estensione lineare che di traffico assorbito. Nel caso specifico di Verona si reputa quindi questo indicatore sottostimato: il calcolo andrebbe aggiornato aggiungendo le percorrenze totali sull'intera rete urbana, dato attualmente non reso disponibile.

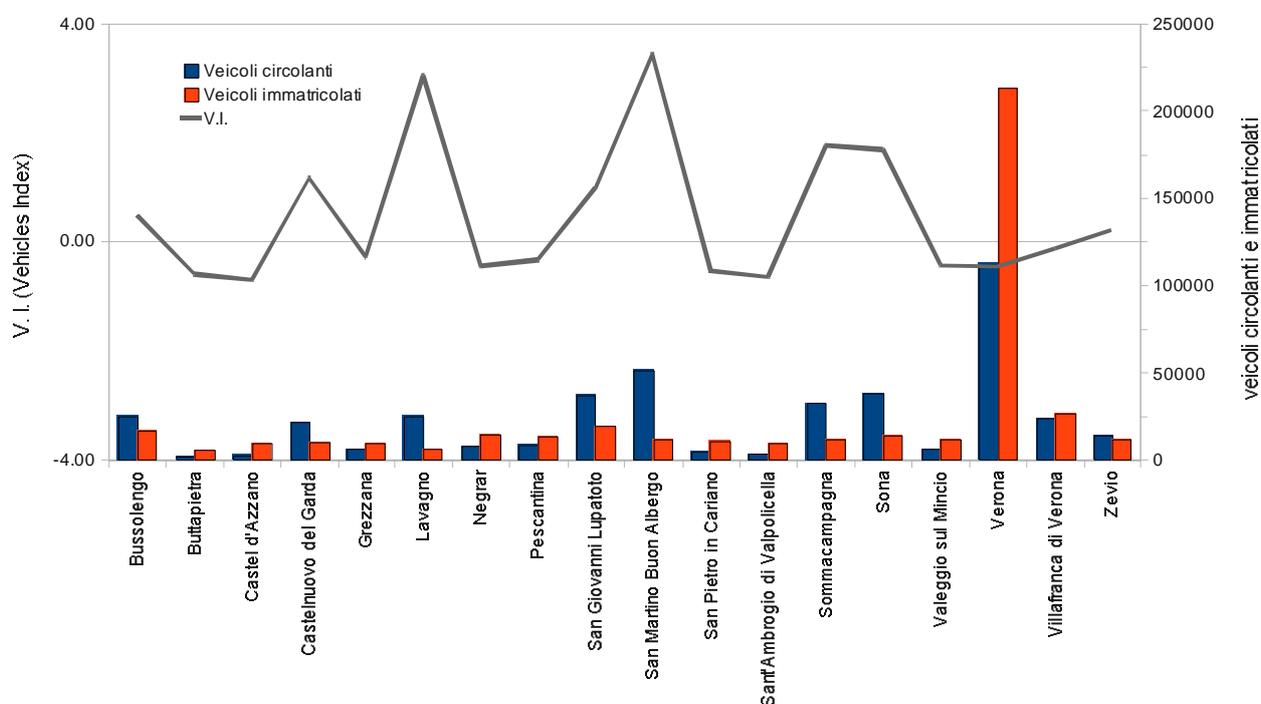


Figura 2-86: Veicoli immatricolati e circolanti nei Comuni in oggetto. Il coefficiente V.I. è positivo nei Comuni in cui il numero di veicoli circolanti è maggiore di quello dei veicoli immatricolati e viceversa.

2.1.5.4 Emissioni puntuali

Le emissioni da sorgenti puntuali sono relative a fonti di inquinamento fisse e localizzabili geograficamente in una zona molto circoscritta rispetto all'area in cui si realizza la dispersione. Queste emissioni vengono stimate a partire dai dati misurati alla sorgente, raccolti tramite un apposito censimento. Per alcuni inquinanti, che non vengono monitorati, le emissioni possono derivare da stime condotte a partire dai dati di indicatore di attività e di fattore di emissione; all'interno di uno stesso settore produttivo si possono avere diverse tipologie di emissioni.

Anche nel solo settore industriale le sorgenti possono essere a rigore di tipo puntiforme o diffuso. Al primo appartengono le emissioni localizzate in un punto (camino, sfiato) mentre al secondo sono riconducibili le emissioni provenienti da stoccaggi, trasferimenti e manipolazioni di materiali, o da sfiati, spurghi, evaporazioni lungo le linee di processo. Tipico è l'esempio degli idrocarburi volatili emessi da sorgenti diffuse nelle raffinerie o delle polveri emesse da cumuli di materiali stoccati sui piazzali.

Un ulteriore motivo a supporto della necessità di disporre di dati dettagliati relativi a emissioni puntuali è dato dal fatto che nel settore della simulazione modellistica atmosferica, ad esempio per valutare l'impatto di una data emissione sulle concentrazioni atmosferiche al suolo, risulta importante poter disporre, oltre che della portata di inquinante emesso, anche del valore degli altri parametri che influiscono sulle modalità di dispersione in atmosfera: tipologia della sorgente, altezza dell'emissione, velocità di uscita e temperatura dei gas, ecc. Questi fattori hanno infatti una notevole influenza sui fenomeni di innalzamento del pennacchio, dovuti sia alla turbolenza meccanica nelle vicinanze del camino che alla spinta termica di galleggiamento del pennacchio.

Per caratterizzare adeguatamente le sorgenti puntuali e in assenza dei valori esatti determinati da misure o da un calcolo del processo, è quindi necessario disporre di informazioni specifiche, quali generalità dell'azienda e dello stabilimento produttivo, descrizione del processo produttivo, descrizione delle sezioni o linee produttive (unità) di cui si compone lo stabilimento, descrizione dei punti di emissione (camini), delle caratteristiche degli effluenti e delle tecniche di abbattimento, con riferimento a ciascuna linea quantificazione delle emissioni di inquinanti o degli elementi che le caratterizzano (attività, capacità produttiva, materie prime utilizzate, consumi di combustibile ecc.).

In mancanza dei dati specificati è solo possibile stimare approssimativamente le emissioni a partire dai dati di emissione di CO₂ ovvero dai consumi di combustibile utilizzando dei fattori di emissione medi.

Le emissioni puntuali relative alle sorgenti industriali fanno riferimento ad attività classificate in diversi macrosettori a seconda del tipo di processo industriale:

- macrosettore 1: Produzione di energia e trasformazione di combustibili;
- macrosettore 3: combustione nell'industria;

- macrosettore 4: processi produttivi;
- macrosettore 6: uso di solventi;
- macrosettore 9: trattamento e smaltimento rifiuti.

2.1.5.4.1 Dati disponibili

Non avendo a disposizione un catasto delle emissioni, si è cercato di ricostruire tale dato mediante stime basate su alcuni indicatori produttivi delle ubicate all'interno del territorio in esame.

In particolare si sono identificati gli impianti appartenenti a determinati settori di produzione, che sono stati valutati essere quelli responsabili delle maggiori emissioni e di conseguenza i più problematici per la qualità dell'aria:

- industrie chimiche e farmaceutiche;
- galvaniche e trattamento metalli;
- concerie e lavorazione della pelle;
- industrie cartarie e stampa;
- produzione dei metalli;
- industrie petrolchimiche;
- cementifici;
- lavorazione gomma e materie plastiche.

Molti di questi impianti sono soggetti ad autorizzazione per le emissioni di inquinanti in atmosfera (D. Lgs. 59/2005 e D. Lgs. 152/06 e ss. mm.). Le pratiche amministrative relative alle procedure di rilascio di tali autorizzazioni includono la quantificazione delle emissioni da riportare in apposita modulistica, che tuttavia non sempre confluisce in una base di dati fruibile in un archivio informatizzato. Di conseguenza tutti questi dati non sono direttamente utilizzabili ai fini di una loro elaborazione.

Dovendo, in ogni caso ricavare una stima almeno per gli impianti identificabili come più significativi, si è pertanto provveduto alla realizzazione di elenchi di tali impianti su ciascun territorio comunale. Si è richiesto un controllo e conseguente riscontro da parte dei Comuni competenti circa alcuni indicatori di produttività specifica della aziende, che consentissero di applicare successivamente un opportuno fattore di emissione. Tale raccolta di dati ha risentito di alcune difficoltà, sia per i diversi tempi di riscontro da parte dei Comuni, sia per l'effettiva qualità e utilizzabilità dei dati.

I dati pervenuti hanno infatti mostrato una certa disomogeneità spaziale: per alcuni Comuni sono state rese disponibili le emissioni di un gran numero di aziende, per altri Comuni le informazioni messe a disposizione sono risultate molto ridotte o addirittura nulle.

Il numero totale di imprese per ciascun Comune di cui si è ottenuto o stimato almeno un dato di emissione è riassunto in Tabella 2-32.

Tabella 2-32: Numero di imprese per ciascun Comune di cui si hanno a disposizione dei dati di emissione o produzione.

Comune	Numero di aziende di cui sono stati forniti dei dati
Bussolengo	15
Buttapietra	8
Castel d'Azzano	3
Castelnuovo del Garda	6
Grezzana	20
Lavagno	1
Negrar	3
Pescantina	0
San Giovanni Lupatoto	22
San Martino Buon Albergo	26
San Pietro in Cariano	2
Sant'Ambrogio di Valpolicella	14
Sommacampagna	3
Sona	12
Valeggio sul Mincio	0
Verona	63
Villafranca di Verona	4
Zevio	3
TOTALE	205

Analizzando il numero di imprese appartenenti al settore manifatturiero e registrate presso la Camera di Commercio di Verona nel 2008, si può notare come la loro distribuzione spaziale non coincida in alcuni casi con quella delle aziende di cui si possiedono i dati di emissione.

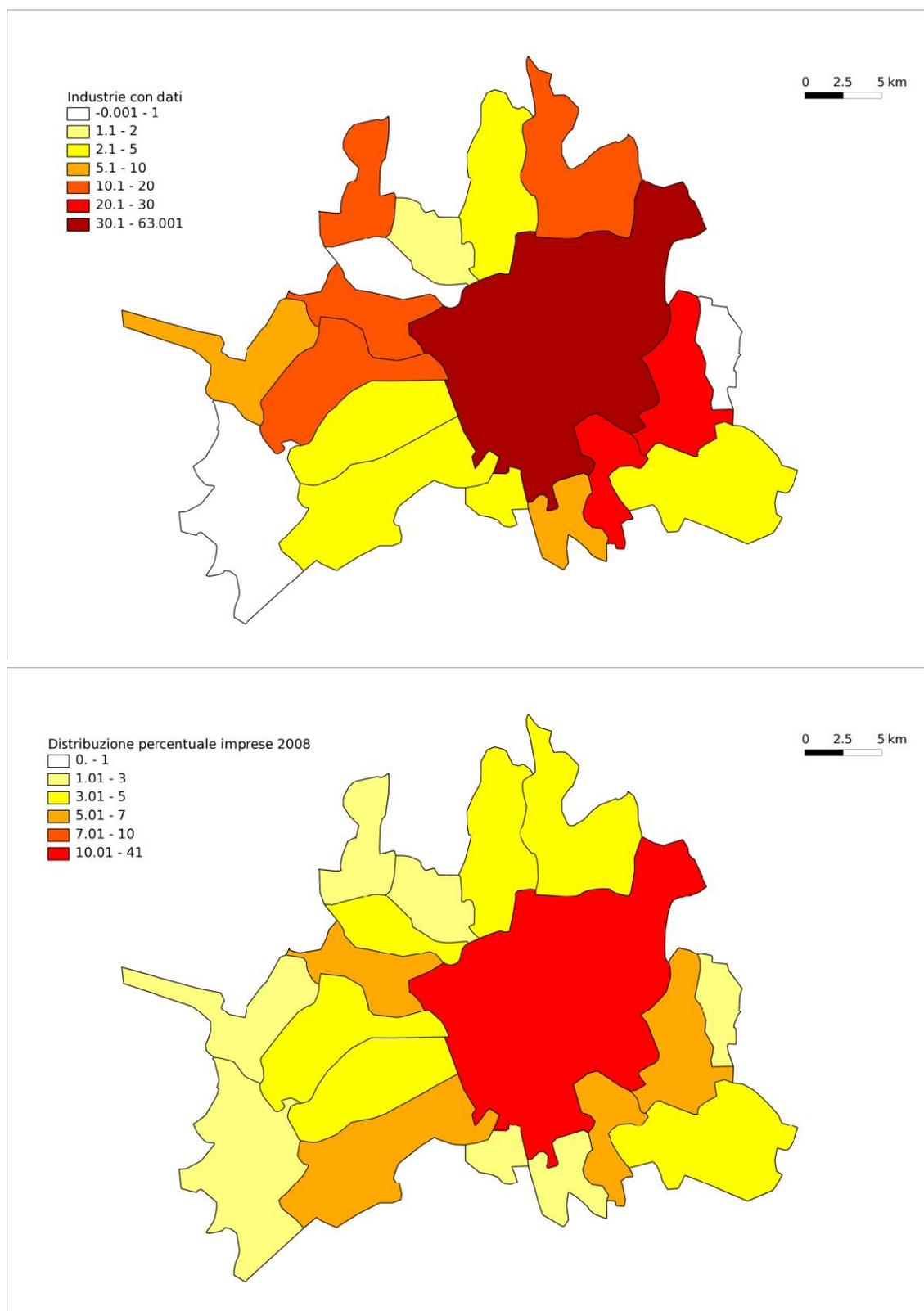


Figura 2-87: Confronto tra la distribuzione spaziale delle aziende di cui si hanno dati di emissione (sopra) e distribuzione percentuale delle aziende del settore manifatturiero iscritte alla Camera di Commercio di Verona nel 2008 (sotto).

Questa discrepanza tra le informazioni disponibili per il Piano comporta una generazione di errori che è stata limitata il più possibile mediante validazione delle informazioni disponibili.

La localizzazione delle imprese di cui si è tenuto conto nella stima delle emissioni è riportata in Figura 2-88.

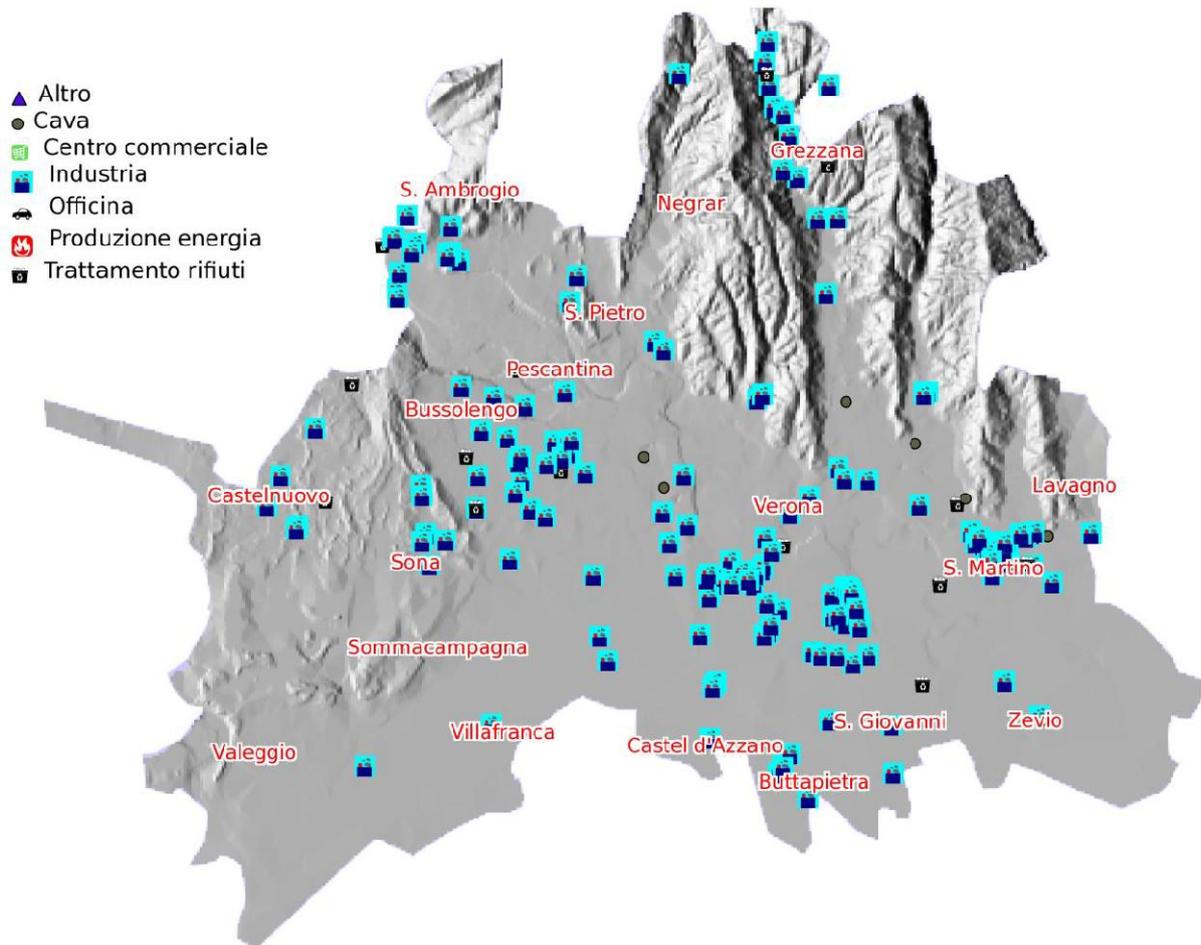


Figura 2-88: Localizzazione delle sorgenti puntuali considerate.

Un'altra fonte di disomogeneità, oltre alla localizzazione spaziale, è rappresentata dalla tipologia del dato. Per alcune aziende infatti si è reso disponibile il dato di emissione autorizzata, per altre invece i dati relativi a misure di controllo effettuate al camino. In altri casi, la maggior parte, è stato fornito solo un dato di produzione (generalmente espresso come tonnellate di prodotto in un anno) da cui sono state dedotte le emissioni sulla base dei fattori di emissione utilizzati in INEMAR. La difficoltà principale è stata la scelta dei fattori di emissione da utilizzare, in quanto non sempre è stato facile identificare con chiarezza le attività effettuate da una determinata azienda e non sempre c'era una perfetta corrispondenza con le attività implementate in INEMAR.

Infine i dati sono affetti anche da una certa disomogeneità temporale, perché si riferiscono ad anni differenti.

Di conseguenza il risultato finale è inevitabilmente affetto da notevole incertezza, proprio perché è molto elevata l'incertezza nei dati di partenza.

Tabella 2-33: Emissioni totali annue, espresse in t/anno, dovute alle sorgenti puntuali.

COMUNE	PTS	NO _x	SO _x	NH ₃	CO	COVNM
Bussolengo	18.23	1.4	0.26	0.03	112.96	0
Buttapietra	1.28	0.32	0.08	1.25	0.24	0
Castel d'Azzano	4.29	1.01	0	0	2.91	0
Castelnuovo del G.	0	0	0	0	0	0
Grezzana	9.9	0	0	0	0	0
Lavagno	0.53	0	0	0	0	0
Negrar	0	0	0	0	0	0
Pescantina	0	0	0	0	0	0
S.Giovanni L.	29.95	9.59	1.16	0	87.71	0
S. Martino B.A.	10.18	107.92	11.74	0.08	108.01	0
S.Pietro in C.	5.26	0	0	17.52	0	0
S. Ambrogio di V.	19.39	0	0	0	0	0
Sommacampagna	0	32.86	0	0	0	0
Sona	20.8	43.8	0	0	0	0
Valeggio						
Verona	224	993.44	162.32	14.19	814.43	0.88
Villafranca	10.42	77.09	42.49	0	44.85	0
Zevio	27.24	0	0	31.54	0	0
TOTALE	381.47	1267.44	218.04	64.61	1171.11	0.88
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

COMUNE	PCDD/F	SOV	COT	COV	CO ₂
Bussolengo	0	0	0	138.51	438.44
Buttapietra	4.45	0	0	0.81	0.05
Castel d'Azzano	0	0	0	77.84	0
Castelnuovo del G.	0	0	0	0.58	0
Grezzana	0	0	0	0.01	0
Lavagno	0	0	0	0	0
Negrar	0	0	0	16.65	0
Pescantina	0	0	0	0	0
S.Giovanni L.	11.63	196.66	0	6.87	1950.14
S. Martino B.A.	0.18	0	0	68.2	386.53
S.Pietro in C.	0	44.94	0	5.87	0
S. Ambrogio di V.	0	69.91	6.57	28.5	548.03
Sommacampagna	0	0	0	20.94	0
Sona	0	127.01	0	2.59	0

Valeggio					
Verona	303.24	2129.38	1.75	172.1	271622.79
Villafranca	0	1.66	0.44	0	0
Zevio	0	9.2	2.72	0	0
TOTALE	319.5	2578.76	11.48	539.46	274945.96
Unità di misura	mg/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

COMUNE	PM ₁₀	IPA	CH ₄	N ₂ O	PM _{2.5}
Bussolengo	10	0	808.38	0.51	8.58
Buttapietra	0.1	0	0.03	0.01	0
Castel d'Azzano	0.12	0	0	0	0
Castelnuovo del G.	0	0	43.85	0	0
Grezzana	0	0	0	0	0
Lavagno	0	0	0	0	0
Negrar	0	0	0	0	0
Pescantina	0	0	0	0	0
S.Giovanni L.	0	0	7.19	0.44	0
S. Martino B.A.	0	0	1001.12	0.27	0
S.Pietro in C.	0	0	0	0	0
S. Ambrogio di V.	0	0	5.96	0.44	0
Sommacampagna	0	0	474	0	0
Sona	0	0	189.26	0	0
Valeggio					
Verona	26.28	0	1032.3	8.43	0
Villafranca	0	0	0	0	0
Zevio	0	0	0	0	0
TOTALE	36.5	0	3562.08	10.09	8.58
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

Un confronto con i dati dell'inventario ISPRA disaggregato elaborato da ORAR non è immediato, perché le emissioni delle aziende calcolate derivano da diverse attività industriali, che ricadono all'interno di diversi macrosettori individuati da ORAR:

- macrosettore 3: combustione nell'industria;
- macrosettore 4: processi produttivi;
- macrosettore 6: uso di solventi;
- macrosettore 9: trattamento e smaltimento rifiuti.

Mentre di alcune aziende sono disponibili direttamente i dati di emissione, di altre aziende le emissioni sono state calcolate utilizzando i fattori di emissione di INEMAR, come illustrato in

precedenza. In questo modo però, mancando informazioni sul consumo di combustibile per il riscaldamento, queste stime non contengono le emissioni dovute alla combustione ma solo agli specifici processi produttivi. Per tale motivo, questi risultati e la somma delle emissioni dell'inventario ISPRA disaggregato per i macrosettori 3, 4, 6 e 9 non sono esattamente confrontabili.

2.1.5.4.2 Emissioni dalle attività di gestione dei rifiuti

Sono state calcolate le emissioni derivanti dalla discarica di rifiuti non pericolosi ubicata nel Comune di Pescantina, in località Ca' Filissine. Tale discarica è l'unica discarica per i rifiuti urbani, localizzata nell'area di interesse. Va segnalato che dal 28 agosto 2006 la discarica è sottoposta a sequestro preventivo, per cui sono cessati i conferimenti di rifiuti in discarica.

	Superficie totale	Altezza media dal piano campagna	Profondità media	Anno inizio attività
Parte Vecchia	7 ettari	Ca. 20 m	Ca. 40 m	Metà 1987
Ampliamento	7.5 ettari		42 m	Fine 1999



Parte vecchia della discarica: lotti I – IV

Ampliamento della discarica: lotti V – VIII

Figura 2-89: Mappa della discarica di Pescantina tratta dalla Relazione Divulgativa anno 2008 di SICEA (http://portale.provincia.vr.it/files/newweb/Area-servi/Settore-Ec/REPORT-CON/U-O--RIFIU1/Discarica-pescantina_rda_2008.pdf).

Sulla base dei volumi di rifiuti conferiti in discarica indicati nella scheda di censimento INEMAR, è stato calcolato il volume totale di biogas prodotto. Sulla base di dati di letteratura si può stimare che, la percentuale di biogas captato sia compresa tra il 30 e il 60%. Non

avendo a disposizione un dato preciso a riguardo, si è adottata una percentuale media pari al 45%.

L'andamento negli anni della produzione di biogas è raffigurato in Figura 2-90.

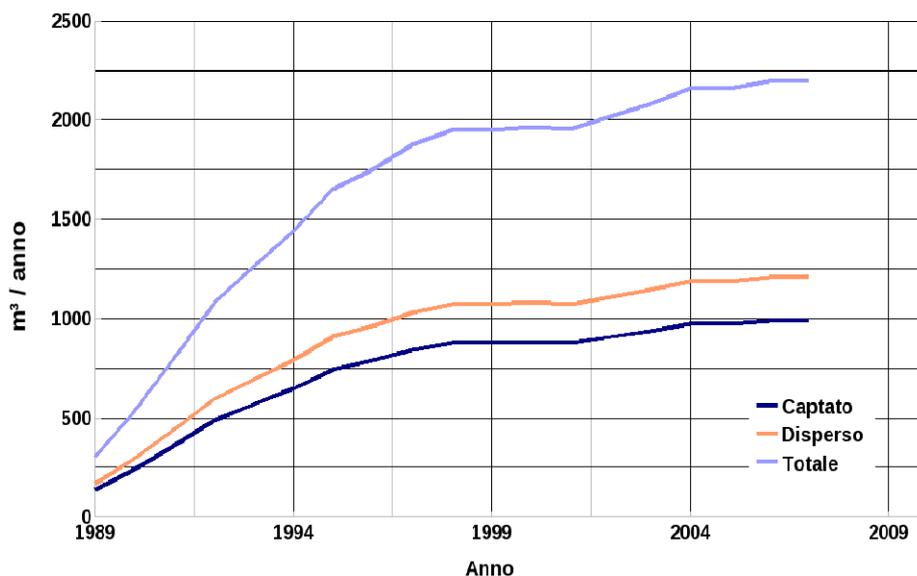


Figura 2-90: Andamento dei volumi di biogas captato, disperso e totale dal 1989 al 2007 nella discarica di Pescantina.

Utilizzando fattori di emissione da letteratura tecnica, si sono calcolate le emissioni derivanti dal biogas disperso e da quello captato. Quest'ultimo viene per la maggior parte bruciato in tre motori, mentre viene convogliata in torcia una piccola percentuale la cui composizione non consente il recupero nei motori a causa di un contenuto di metano troppo basso.

Tabella 2-34: Emissioni totali annue derivanti dalla discarica di Pescantina.

	Q	CH ₄		NO _x		PTS		CO	
		[Nm ³ /h]	[g/Nm ³]	[t/a]	[g/Nm ³]	[t/a]	[g/Nm ³]	[kg/a]	[g/Nm ³]
Disperso	1200	120	1261.4					0.670	7.043
Torcia	25	30	6.57	0.795	0.174	7.533	1.650	1.250	0.274
Motori	975			0.397	3.394	3.767	32.17	0.107	0.914
Totale	1.93E+007		1268.01		3.568		33.82		8.231
	[Nm ³ /a]		[t/a]		[t/a]		[kg/a]		[t/a]

	Q	CO ₂		IPA		TCDD	
		[Nm ³ /h]	[g/Nm ³]	[t/a]	[g/Nm ³]	[t/a]	[g/Nm ³]
Disperso	1200	126.0	1324.5	1.70E-05	178.7	4.00E-06	42.05
Torcia	25	45.0	9.86	1.77E-005	3.88	9.00E-06	1.97
Motori	975	0.014	0.117				
Totale	1.93E+007		1334.5		182.58		44.02
	[Nm ³ /a]		[t/a]		[t/a]		[kg/a]

2.1.5.4.3 Emissioni da attività di cava

Le attività estrattive di cava costituiscono un importante segmento dell'intero settore industriale della provincia di Verona. Le tipologie di materiali estratti trovano collocazione in diversi settori di utenza, che spaziano dall'impiego degli inerti per il confezionamento del calcestruzzo, al calcare per cemento, all'argilla per laterizi, alla pietra da taglio.

Una quantificazione complessiva della dimensione delle cave presenti nel territorio in esame si può ottenere analizzando i dati di volumi autorizzati presenti nel Piano Regionale delle attività di cava. La localizzazione delle cave autorizzate è rappresentata in Figura 2-91.

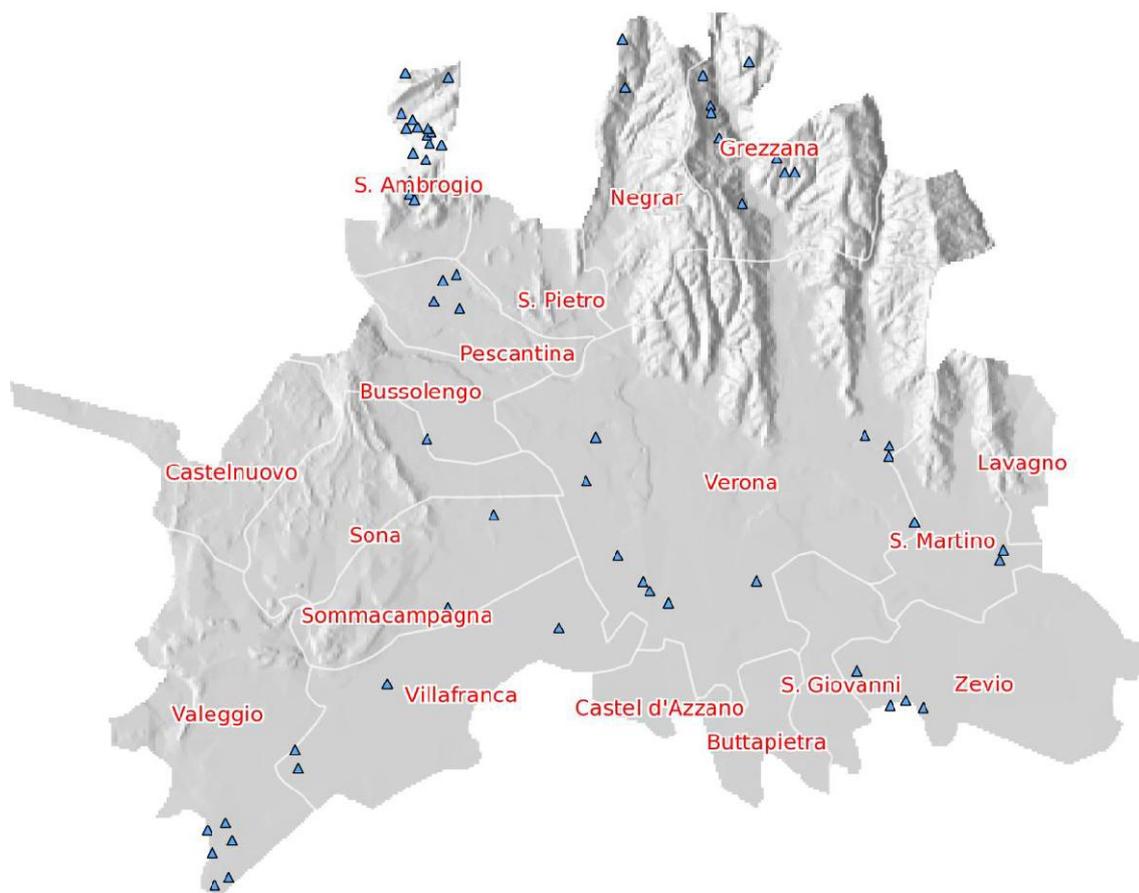


Figura 2-91: Mappa delle cave autorizzate (layer PTCP).

Come si può notare, alcuni Comuni risultano interessati dalla presenza di numerose cave, come ad esempio Grezzana e S. Ambrogio di Valpolicella.

È possibile una valutazione delle emissioni derivanti dall'estrazione di materiale dalle cave, che sono costituite essenzialmente da particolato solido, conoscendo la quantità di materiale estratto. I fattori di emissione normalmente utilizzati, ad esempio quelli implementati in INEMAR, utilizzano infatti come dato di ingresso proprio le tonnellate di materiale estratto. Poiché il dato riguardante la quantità di materiale estratto non è stato fornito, non è stato purtroppo possibile calcolare una stima globale delle emissioni provenienti dalle cave presenti sul territorio in esame. Le emissioni di alcune tra le principali cave sono state tuttavia

considerate all'interno delle sorgenti puntuali. I fattori di emissione secondo la metodologia INEMAR fanno riferimento al manuale "AP42" dell'U.S.EPA, relativamente alle attività 11.19.1³ e 11.19.2⁴.

2.1.5.4.4 Emissioni da attrattori di traffico

Tabella 2-35: Impatto dei principali attrattori di traffico considerati.

Attrattore	Comune	Veicoli / anno	Visitatori / anno	% traffico indotto sulle strade circostanti
Ospedale Orlandi	Bussolengo	160600	321200	< 5%
Ospedale Sacro Cuore	Negrar	339450	678900	< 5%
Ospedale Borgo Roma	Verona	511000	1022000	< 5%
Ospedale Borgo Trento	Verona	730000	1460000	< 5%
Corti Venete e Verona Est	San Martino Buon Albergo	2800000	7000000	20 – 25%
La Grande Mela	Sona	3200000	8000000	35 – 40%
Verona Uno	San Giovanni Lupatoto	1600000	4000000	10 – 15%
Auchan e Village	Bussolengo	1000000	2000000	10 – 15%
Fiera di Verona	Verona	440000	1000000	10 – 15%
Gardaland	Castelnuovo del Garda	515000	3300000	15 – 20%
Parco Sigurtà	Valeggio sul Mincio	120000	300000	< 5%
Aeroporto	Villafranca	600000	3000000	15 – 20%

In Tabella 2-35 sono elencati i maggiori attrattori di traffico situati nell'ambito territoriale in esame e per i quali si sono ottenuti i dati relativi al numero totale dei visitatori annui o dei veicoli confluiti sull'attrattore. Ove uno dei due dati non era disponibile si è usato un tasso di occupazione media degli autoveicoli pari a 2.5 persone per auto. Nella stima sono stati accorpati rispettivamente i centri commerciali "Le Corti Venete" e "Verona Est", così come "Auchan" e "Village"; essi si trovano infatti molto prossimi tra di loro e creano di fatto un unico attrattore di traffico, insistendo sulla stesso tratto di rete stradale.

La percentuale di traffico indotta è stata stimata con riferimento al traffico medio della rete stradale principale afferente all'attrattore entro un raggio di 5 km.

Si fa notare che la tabella fornisce l'impatto degli attrattori in termini assoluti. Il contributo alla qualità dell'aria, dovuto al traffico indotto dagli attrattori, va contestualizzato rispetto alla collocazione dell'attrattore stesso (ad esempio in un'area urbana piuttosto che extraurbana). L'impatto sulla salute infatti dipende dalla densità di popolazione residente nella vicinanza.

³ www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s19-1.pdf

⁴ www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s19-2.pdf

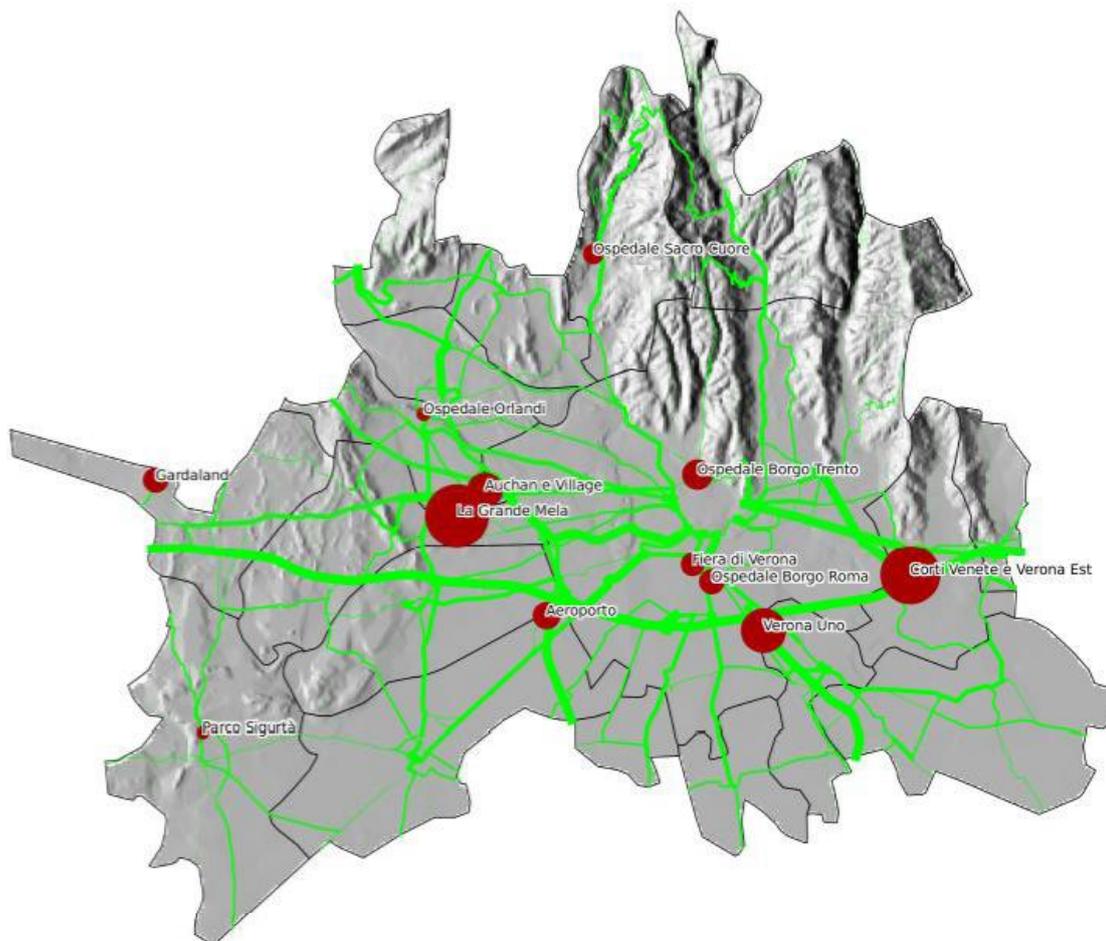


Figura 2-92: Mappa dei principali attrattori di traffico: la dimensione del simbolo è proporzionale al numero di veicoli/anno riportato in Tabella 2-35.

2.1.5.4.5 Emissioni dall'aeroporto

L'impatto delle emissioni dovute alle operazioni di decollo, atterraggio e sorvolo in corrispondenza di aeroporti è una problematica oggetto di continui approfondimenti nella letteratura tecnico-scientifica, anche in relazione alla progressiva evoluzione tecnologica dei motori aerei e del continuo sviluppo delle condizioni di traffico aereo nei diversi scali.

I processi che determinano la maggiore quantità di emissioni sono primariamente quelli legati alle operazioni di decollo, e, secondariamente, alle operazioni di atterraggio e sorvolo in bassa quota. Sono in prima approssimazione trascurabili gli effetti locali al suolo attribuibili al sorvolo in alta quota su rotte di transito.

Secondo la metodologia di calcolo delle emissioni Corinair (EMEP/CORINAIR, 2009), per quanto riguarda le emissioni dovute al traffico aereo si distinguono le seguenti attività:

- ciclo LTO (Landing/Take Off) ossia il ciclo di atterraggio/decollo, che include tutte le attività degli aeromobili che avvengono in corrispondenza dell'aeroporto a quote inferiori ai 1000 m (rispetto all'altitudine dello stesso), e quindi il transito in pista, il decollo e l'atterraggio.

- crociera: comprende le attività che hanno luogo a quote superiori i 1000 m senza limitazione superiore di quota. La crociera include quindi l'ascesa del velivolo dai 1000 m fino all'altezza di crociera, e successivamente, nel momento dell'atterraggio, la discesa del velivolo dalla quota di crociera ai 1000 m.

Nella presente analisi si sono considerate le emissioni relative ai cicli LTO. Si noti che un ciclo LTO comprende sia il decollo che l'atterraggio dell'aereo, e pertanto il numero di cicli LTO corrisponderà alla metà del numero di singoli velivoli movimentati.

I dati riguardanti il traffico aereo presso l'aeroporto Valerio Catullo relativi all'anno 2007, sono riportati in Tabella 2-36. Nella stessa tabella sono riportate anche le emissioni specifiche per le tipologie di aeromobile ed i totali annui per gli inquinanti NO_x e CO. Si noti che il dato fornito dall'aeroporto è in realtà più dettagliato e fornisce i singoli movimenti con la specifica di ogni velivolo. Non disponendo tuttavia di tutti i fattori di emissione essi sono stati raggruppati in tipologie equivalenti seguendo le classificazioni ICAO e IATA.

Tabella 2-36: Dati dei movimenti aerei all'aeroporto Valerio Catullo nell'anno 2007 e relative emissioni.

Tipo aeromobile (o tipologia assimilabile)	Traffico [aeromobili / anno]	Traffico [LTO / anno]	Emissione specifica NO _x [t / LTO]	Emissione specifica CO [t / LTO]	Emissione totale NO _x [t/a]	Emissione totale CO [t/a]
A310	1346	673.0	23.2	25839.7	16	17
A320	5451	2725.5	10.8	17593.2	30	48
A330	1041	520.5	36.1	21500.0	19	11
B727	95	47.5	12.6	26372.7	1	1
B737-100	1357	678.5	8.0	4816.8	5	3
B737-400	7648	3824.0	8.3	11830.9	32	45
B757	1725	862.5	19.7	12545.4	17	11
B767-300	312	156.0	26.0	6077.3	4	1
BAe146	7390	3695.0	4.2	9692.4	15	36
F100	4291	2145.5	5.8	13677.8	12	29
F28	475	237.5	5.2	327.2	1	0
MD81-88	8880	4440.0	12.3	6521.1	55	29
"Small"	3010	1505.0	2.1	4846.2	3	7
Totale	43021	21010.5	-	-	210	240

La ripartizione delle emissioni di inquinanti sui Comuni confinanti è eseguito attribuendo l'emissione al tracciato delle rotte all'interno del ciclo LTO incidenti percentualmente sul territorio. Nello specifico si è considerata una ripartizione delle rotte del 50% sul territorio del Comune di Verona e, 25% ciascuno sul Comune di Villafranca e Sommacampagna. Le

emissioni attribuibili ai suddetti territori comunali interessati direttamente dall'impatto dell'aeroporto sono riportati in Tabella 2-37.

Tabella 2-37: Ripartizione delle emissioni di CO e NO_x dovute alla presenza dell'aeroporto.

Comune		Emissioni NO _x [t/a]	Emissioni CO [t/a]
Verona	50%	105	120
Villafranca di Verona	25%	52.5	60
Sommacampagna	25%	52.5	60
Totale	100%	210	240

2.1.5.5 Emissioni diffuse

Le emissioni da sorgenti diffuse, ossia distribuite sul territorio, vengono calcolate, in linea generale (salvo casi più complessi), a partire dai dati degli indicatori relativi all'attività considerata e da specifici fattori di emissione. La metodologia di calcolo si basa su una relazione lineare fra l'attività della sorgente e l'emissione, secondo la seguente relazione:

$$E_i = FE_i \cdot A$$

dove:

E_i : emissione dell'inquinante i (t/anno);

FE_i : fattore di emissione dell'inquinante i (g/unità di attività);

A : indicatore dell'attività (unità di attività)

L'adeguatezza di questa stima dipende fortemente, oltre che dalla bontà del dato di attività, dal fattore di emissione utilizzato. Si può fare riferimento ai fattori di emissione standard utilizzati da INEMAR, scelti sulla base di dati di letteratura derivanti dalle fonti bibliografiche ritenute più complete e affidabili: i rapporti a cura dell'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti, i fattori di emissione raccolti e proposti nell'ambito del progetto europeo CORINAIR, raccolti in tre successive versioni del Guidebook, e, in ambito nazionale, i fattori di emissione forniti dall'APAT.

Se il valore dell'indicatore di attività è disponibile a livello comunale, il calcolo delle emissioni avviene direttamente a livello comunale. Se invece, come succede in molti casi, è possibile ricavare il dato dell'indicatore solamente a livello provinciale, le emissioni vengono calcolate a livello provinciale e la disaggregazione spaziale a livello comunale si ottiene attraverso l'utilizzo di opportune variabili proxy di disaggregazione.

2.1.5.5.1 Il riscaldamento domestico

Si è effettuata una stima delle emissioni derivanti da riscaldamento domestico, che sono classificate all'interno del macrosettore 2. Esso comprende le attività legate al riscaldamento degli edifici residenziali, del terziario, commerciali e agricoli. A loro volta, gli impianti si differenziano a seconda del combustibile utilizzato: metano, gasolio e GPL.

Il dato fondamentale per poter calcolare le emissioni derivanti dagli impianti di combustione domestica è il consumo di combustibile.

2.1.5.5.1.1 Metano

Per quanto attiene al consumo di metano per riscaldamento domestico, si sono fatte valutazioni separate per il Comune di Verona e per gli altri Comuni appartenenti all'area in esame.

Per il solo Comune di Verona, infatti, AGSM, il gestore del gas metano, ha fornito il volume totale di gas erogato nel 2006, pari a 251.3 milioni di metri cubi. Data l'incertezza sul numero di impianti allacciati alla rete, si è deciso di riportare questo consumo al numero di abitanti, ottenendo un consumo pro capite medio di circa 1000 m³ all'anno.

Si è confrontato il volume di gas erogato con il dato fornito a livello provinciale dal Ministero dello Sviluppo Economico, nelle statistiche relative all'energia e ottenute sulla base dei dati SNAM Rete Gas⁵. Il valore per la provincia di Verona relativo all'anno 2008 è pari a 916.6 milioni di metri cubi. Esso si riferisce al volume di gas distribuito su reti secondarie ai settori residenziale, terziario, industriale e termoelettrico. Considerando la popolazione dell'intera provincia, si ottiene nuovamente un consumo pro capite di circa 1000 m³ all'anno. All'interno di questo quantitativo però ricadono anche il terziario e la piccola industria. Ciò fa presumere che anche il dato di AGSM contenga anche la frazione di gas distribuita a questi settori.

Per questa ragione si è cercata un'altra stima del consumo medio annuo di gas metano per abitante dovuto al riscaldamento domestico. L'Istat ha pubblicato nel 2009 i risultati della rilevazione "Dati ambientali nelle città", in cui vengono esaminati alcuni indicatori ambientali urbani, relativi ai 111 Comuni capoluogo di provincia, in serie storica dal 2000 al 2008. Per Verona, è stimato un consumo medio annuo di 585 m³ di metano per abitante riferito all'anno 2008, mentre se si considera il consumo medio per il periodo 2000-2008 si ottiene un valore pari a 551.8 m³. Come si può notare, questo dato risulta notevolmente inferiore al consumo stimato sulla base del gas erogato.

La Regione Veneto ha pubblicato un "Rapporto Statistico 2008, il Veneto si racconta, il Veneto si confronta" in cui vengono fornite delle stime di consumo per i diversi capoluoghi di Provincia⁶. Per Verona per l'anno 2006 è riportato un consumo medio pro capite di 517 m³ all'anno, che corrisponde al valore pubblicato dall'ISTAT per lo stesso anno.

⁵ Pubblicate all'indirizzo: <http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/consumigasprovinciali.asp>.

⁶ Le diverse stime per il consumo medio di gas metano pro capite sono riportate nel sito: <http://statistica.regione.veneto.it/Pubblicazioni/RapportoStatistico2008/index.jsp>.

Tabella 2-38: Stime per il consumo medio di gas metano pro capite.

Consumo medio annuo di metano per abitante	Fonte	Periodo di riferimento
999 m ³	Consumo AGSM	2006
1000 m ³	Dato SNAM Rete Gas	2008
585 m ³	ISTAT	2008
551.8 m ³	ISTAT	Media 2000-2008
517 m ³	Statistica Regione Veneto	2006

Si è deciso di utilizzare il valore medio per il periodo 2000-2008 calcolato sulla base dei dati ISTAT, pari a 551.8 m³.

A Verona è attivo un sistema di teleriscaldamento, costituito da cinque centrali di cogenerazione che servono una volumetria superiore a 8 milioni di metri cubi, equivalenti a circa 30000 unità abitative di superficie pari a 100 metri quadrati. Per il teleriscaldamento, sono state fornite le emissioni di NO_x (espressi come NO₂) e di CO. Utilizzando i fattori di emissione di INEMAR si è dedotta la quantità di energia prodotta e di conseguenza le emissioni degli altri inquinanti.

Per i rimanenti Comuni appartenenti alla zona in esame si è ipotizzato lo stesso consumo di gas che si ha nel Comune di Verona, scalandolo sul numero di abitanti, in mancanza di dati più precisi e ipotizzando che la percentuale di metanizzazione non vari molto all'interno della provincia.

Si sono quindi utilizzati i fattori di emissione contenuti all'interno dell'inventario delle emissioni INEMAR, che corrispondono ai dati di letteratura ritenuti più affidabili. Per caldaie di potenza inferiore a 50 MW, alimentate a metano e destinate ad uso residenziale, i fattori di emissione utilizzati sono i seguenti:

Tabella 2-39: Fattori di emissioni utilizzati da INEMAR per le caldaie a metano con potenza inferiore ai 50 MW.

Inquinante	FE	Unità di misura	Fonte
SO ₂	0.5	g / GJ	CTN-ACE, 2002
NO _x	50	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
COV	5	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CH ₄	3	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CO	25	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CO ₂	55	kg / GJ	CTN-ACE, 2002
N ₂ O	3	g / GJ	TNO,1992
PTS	0.2	g / GJ	CTN-ACE, 2002

Ipotizzando un potere calorifico inferiore pari a 35.6 MJ per metro cubo di gas impiegato, si possono calcolare le emissioni totali annue per ciascun Comune e per ciascun inquinante (Tabella 2-40 e Tabella 2-41).

Tabella 2-40: Emissioni totali annue di biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), composti organici volatili (COV) e metano (CH₄), espresse in t/anno e dovute agli impianti civili di riscaldamento a metano.

	SO ₂	NO ₂	COV	CH ₄
Bussolengo	0.17	16.68	1.67	1.00
Buttapietra	0.06	5.70	0.57	0.34
Castel d'Azzano	0.10	10.06	1.01	0.60
Castelnuovo del G.	0.08	8.46	0.85	0.51
Grezzana	0.10	9.87	0.99	0.59
Lavagno	0.06	5.86	0.59	0.35
Negrar	0.16	15.90	1.59	0.95
Pescantina	0.12	12.19	1.22	0.73
S.Giovanni L.	0.21	20.92	2.09	1.26
S. Martino B.A.	0.13	12.86	1.29	0.77
S.Pietro in C.	0.12	12.26	1.23	0.74
S. Ambrogio di V.	0.10	9.51	0.95	0.57
Sommacampagna	0.13	12.77	1.28	0.77
Sona	0.14	14.02	1.40	0.84
Valeggio	0.11	10.75	1.07	0.64
Verona	2.49	248.70	24.87	14.92
Villafranca	0.29	28.83	2.88	1.73
Zevio	0.12	11.82	1.18	0.71
Verona - TELERISCALDAMENTO	2.34	255.79	23.38	14.03
TOTALE	7.01	722.94	70.1	42.06
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

Tabella 2-41: Emissioni totali annue di monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O) e polveri totali sospese (PTS), espresse in t/anno e dovute agli impianti civili di riscaldamento a metano.

Inquinante	CO	CO ₂	N ₂ O	PTS
Bussolengo	8.34	18352.09	1	0.07
Buttapietra	2.85	6267.54	0.34	0.02
Castel d'Azzano	5.03	11065.71	0.6	0.04
Castelnuovo	4.23	9304.61	0.51	0.03
Grezzana	4.93	10852.86	0.59	0.04
Lavagno	2.93	6443.65	0.35	0.02
Negrar	7.95	17485.59	0.95	0.06

Pescantina	6.1	13412.39	0.73	0.05
S. Giovanni L.	10.46	23010.88	1.26	0.08
S. Martino B.A.	6.43	14148.16	0.77	0.05
S. Pietro in C.	6.13	13488.02	0.74	0.05
S. Ambrogio di V.	4.75	10459.59	0.57	0.04
Sommacampagna	6.38	14046.6	0.77	0.05
Sona	7.01	15423.06	0.84	0.06
Valeggio sul Mincio	5.37	11820.92	0.64	0.04
Verona	124.35	273572.1	14.92	0.99
Villafranca di Verona	14.42	31713.7	1.73	0.12
Zevio	5.91	13002.91	0.71	0.05
Verona - TELERISCALDAMENTO	105.93	257200.35	14.03	0.94
TOTALE	339.5	771070.72	42.06	2.8
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

2.1.5.5.1.2 Gasolio e GPL

Dal Rapporto Statistico 2008 della regione Veneto, è stata dedotta anche la percentuale di famiglie collegate alla rete del gas, pari all'83.4%. Partendo da questo dato di metanizzazione, si è ipotizzato che il rimanente 16.6% utilizzi per il riscaldamento domestico impianti alimentati per metà a gasolio (8.3%) e per metà a GPL (8.3%).

Anche per le caldaie a GPL e a gasolio, sono stati utilizzati i fattori di emissioni inseriti all'interno di INEMAR, riportati rispettivamente in Tabella 2-42 e Tabella 2-43.

Tabella 2-42: Fattori di emissioni utilizzati da INEMAR per le caldaie a GPL con potenza inferiore ai 50 MW.

Inquinante	FE	Unità di misura	Fonte
NO _x	50	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
COV	2	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CH ₄	1	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CO	10	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CO ₂	62.4	kg / GJ	CTN-ACE, 2002
N ₂ O	14	g / GJ	TNO,1992
PTS	0.2	g / GJ	CTN-ACE, 2002
NO _x	60	g / GJ	CTN-ACE, 2002

Tabella 2-43: Fattori di emissioni utilizzati da INEMAR per le caldaie a metano con potenza inferiore ai 50 MW.

Inquinante	FE	Unità di misura	Fonte
SO ₂	1.00E+002	g / GJ	ANPA 1999 - Inemar, 2002
NO _x	5.00E+001	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
COV	3.00E+000	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999

CH ₄	7.00E+000	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CO	2.00E+001	g / GJ	EMEP-CORINAIR,1999
CO ₂	7.40E+001	kg / GJ	Inemar, 2001
N ₂ O	1.40E+001	g / GJ	TNO,1992
PTS	5.00E+000	g / GJ	Inemar 2001
NO _x	6.00E+001	g / GJ	REVISIONE PIEMONTE

Tabella 2-44: Emissioni totali annue di biossido di azoto (NO₂), composti organici volatili (COV) e metano (CH₄), espresse in t/anno e dovute agli impianti civili di riscaldamento a GPL.

	NO ₂	COV	CH ₄
Bussolengo	1.66	0.07	0.03
Buttapietra	0.57	0.02	0.01
Castel d'Azzano	1	0.04	0.02
Castelnuovo del G.	0.84	0.03	0.02
Grezzana	0.98	0.04	0.02
Lavagno	0.58	0.02	0.01
Negrar	1.58	0.06	0.03
Pescantina	1.21	0.05	0.02
S. Giovanni L.	2.08	0.08	0.04
S. Martino B.A.	1.28	0.05	0.03
S. Pietro in C.	1.22	0.05	0.02
S. Ambrogio di V.	0.95	0.04	0.02
Sommacampagna	1.27	0.05	0.03
Sona	1.4	0.06	0.03
Valeggio sul Mincio	1.07	0.04	0.02
Verona	24.75	0.99	0.5
Villafranca di Verona	2.87	0.11	0.06
Zevio	1.18	0.05	0.02
TOTALE	46.49	1.86	0.93
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno

Tabella 2-45: Emissioni totali annue di monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O) e polveri totali sospese (PTS), espresse in t/anno e dovute agli impianti civili di riscaldamento a GPL.

Inquinante	CO	CO ₂	N ₂ O	PTS
Bussolengo	0.33	2072.14	0.46	0.01
Buttapietra	0.11	707.67	0.16	0
Castel d'Azzano	0.2	1249.43	0.28	0
Castelnuovo del G.	0.17	1050.59	0.24	0
Grezzana	0.2	1225.4	0.27	0

Lavagno	0.12	727.56	0.16	0
Negrar	0.32	1974.3	0.44	0.01
Pescantina	0.24	1514.4	0.34	0
S. Giovanni L.	0.42	2598.17	0.58	0.01
S. Martino B.A.	0.26	1597.47	0.36	0.01
S. Pietro in C.	0.24	1522.94	0.34	0
S. Ambrogio di V.	0.19	1181	0.26	0
Sommacampagna	0.25	1586.01	0.36	0.01
Sona	0.28	1741.42	0.39	0.01
Valeggio sul Mincio	0.21	1334.71	0.3	0
Verona	4.95	30889.14	6.93	0.1
Villafranca di Verona	0.57	3580.81	0.8	0.01
Zevio	0.24	1468.16	0.33	0
TOTALE	9.3	58021.31	13.02	0.19
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

Tabella 2-46: Emissioni totali annue di biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), composti organici volatili (COV) e metano (CH₄), espresse in t/anno e dovute agli impianti civili di riscaldamento a gasolio.

Inquinante	SO ₂	NO ₂	COV	CH ₄
Bussolengo	3.32	1.66	0.1	0.23
Buttapietra	1.13	0.57	0.03	0.08
Castel d'Azzano	2	1	0.06	0.14
Castelnuovo del G.	1.68	0.84	0.05	0.12
Grezzana	1.96	0.98	0.06	0.14
Lavagno	1.17	0.58	0.03	0.08
Negrar	3.16	1.58	0.09	0.22
Pescantina	2.43	1.21	0.07	0.17
S. Giovanni L.	4.16	2.08	0.12	0.29
S. Martino B.A.	2.56	1.28	0.08	0.18
S. Pietro in C.	2.44	1.22	0.07	0.17
S. Ambrogio di V.	1.89	0.95	0.06	0.13
Sommacampagna	2.54	1.27	0.08	0.18
Sona	2.79	1.4	0.08	0.2
Valeggio sul Mincio	2.14	1.07	0.06	0.15
Verona	49.5	24.75	1.49	3.47
Villafranca di Verona	5.74	2.87	0.17	0.4
Zevio	2.35	1.18	0.07	0.16
TOTALE	92.98	46.49	2.79	6.51
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

Tabella 2-47: Emissioni totali annue di monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O) e polveri totali sospese (PTS), espresse in t/anno e dovute agli impianti civili di riscaldamento a gasolio.

Inquinante	CO	CO ₂	N ₂ O	PTS
Bussolengo	0.66	2457.35	0.46	0.17
Buttapietra	0.23	839.22	0.16	0.06
Castel d'Azzano	0.4	1481.7	0.28	0.1
Castelnuovo del G.	0.34	1245.89	0.24	0.08
Grezzana	0.39	1453.2	0.27	0.1
Lavagno	0.23	862.81	0.16	0.06
Negrar	0.63	2341.32	0.44	0.16
Pescantina	0.49	1795.92	0.34	0.12
S. Giovanni L.	0.83	3081.16	0.58	0.21
S. Martino B.A.	0.51	1894.44	0.36	0.13
S. Pietro in C.	0.49	1806.05	0.34	0.12
S. Ambrogio	0.38	1400.54	0.26	0.09
Sommacampagna	0.51	1880.84	0.36	0.13
Sona	0.56	2065.15	0.39	0.14
Valeggio sul Mincio	0.43	1582.82	0.3	0.11
Verona	9.9	36631.35	6.93	2.48
Villafranca di Verona	1.15	4246.47	0.8	0.29
Zevio	0.47	1741.09	0.33	0.12
TOTALE	18.6	68807.32	13.02	4.65
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

Sommando tutti i contributi degli impianti a metano, del teleriscaldamento, degli impianti a GPL e di quelli a gasolio, si ottengono i valori di emissione per il macrosettore del riscaldamento domestico riportati in Tabella 2-48.

Tabella 2-48: Emissioni totali annue di biossido di zolfo (SO₂), biossido di azoto (NO₂), composti organici volatili (COV) e metano (CH₄), espresse in t/anno e dovute macrosettore del riscaldamento domestico.

Inquinante	SO ₂	NO ₂	COV	CH ₄
Bussolengo	3.49	20	1.83	1.27
Buttapietra	1.19	6.83	0.63	0.43
Castel d'Azzano	2.1	12.06	1.11	0.76
Castelnuovo del G.	1.77	10.14	0.93	0.64
Grezzana	2.06	11.83	1.08	0.75
Lavagno	1.22	7.02	0.64	0.44
Negrar	3.32	19.06	1.75	1.21
Pescantina	2.55	14.62	1.34	0.93

S. Giovanni L.	4.37	25.08	2.3	1.59
S. Martino B.A.	2.69	15.42	1.41	0.98
S. Pietro in C.	2.56	14.7	1.35	0.93
S. Ambrogio di V.	1.99	11.4	1.05	0.72
Sommacampagna	2.67	15.31	1.4	0.97
Sona	2.93	16.81	1.54	1.06
Valeggio sul Mincio	2.25	12.89	1.18	0.82
Verona	54.33	553.99	50.73	32.91
Villafranca di Verona	6.03	34.57	3.17	2.19
Zevio	2.47	14.17	1.3	0.9
TOTALE	99.99	815.92	74.75	49.5
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

Tabella 2-49: Emissioni totali annue di monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O) e polveri totali sospese (PTS), espresse in t/anno e dovute all'intero settore del macrosettore del riscaldamento domestico.

Inquinante	CO	CO ₂	N ₂ O	PTS
Bussolengo	9.34	22881.58	1.93	0.24
Buttapietra	3.19	7814.44	0.66	0.08
Castel d'Azzano	5.63	13796.84	1.16	0.14
Castelnuovo del G.	4.73	11601.09	0.98	0.12
Grezzana	5.52	13531.46	1.14	0.14
Lavagno	3.28	8034.01	0.68	0.08
Negrar	8.9	21801.22	1.84	0.23
Pescantina	6.82	16722.71	1.41	0.17
S. Giovanni L.	11.71	28690.21	2.42	0.3
S. Martino B.A.	7.2	17640.07	1.49	0.18
S. Pietro in C.	6.86	16817	1.42	0.18
S. Ambrogio di V.	5.32	13041.13	1.1	0.14
Sommacampagna	7.15	17513.45	1.48	0.18
Sona	7.85	19229.63	1.62	0.2
Valeggio sul Mincio	6.01	14738.45	1.24	0.15
Verona	245.13	598292.93	42.81	4.5
Villafranca di Verona	16.14	39540.97	3.34	0.41
Zevio	6.62	16212.16	1.37	0.17
TOTALE	367.4	897899.35	68.09	7.64
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno	t/anno

Come controllo di congruenza, i risultati ottenuti con questa procedura *bottom-up* sono stati confrontati con i dati dell'inventario *top-down* ISPRA disaggregato ed elaborato da ORAR (Osservatorio Aria Regione Veneto) per il macrosettore 2 del riscaldamento domestico.

Tabella 2-50: Confronto dei risultati per il settore del riscaldamento domestico con i dati dell'inventario ISPRA disaggregato su base comunale.

	Somma contributi riscaldamento	Inventario ISPRA disaggregato Macrosettore 2	Rapporto
SO ₂ [t/anno]	100.0	71.4	140.1%
NO _x [t/anno]	815.9	1223.7	66.7%
COV [t/anno]	74.8	485.9	15.4%
CH ₄ [t/anno]	49.5	176.6	28.0%
CO [t/anno]	367.4	2983.1	12.3%
CO ₂ [t/anno]	897899.4	1127150.0	79.7%
N ₂ O [t/anno]	68.1	29.0	234.8%
PTS [t/anno]	7.6	116.6	6.6%

Come si può notare, le differenze tra la stima ottenuta sulla base dei consumi di combustibili e il dato dell'Inventario ISPRA disaggregato è piuttosto rilevante soprattutto per quanto riguarda COV, CO, NO₂ e PTS.

2.1.5.5.2 Le attività agricole

Le emissioni diffuse derivanti dalle attività agricole sono suddivise in emissioni dovute all'agricoltura ed emissioni dovute all'allevamento. Di seguito sono illustrate le metodologie di calcolo utilizzate e i risultati ottenuti. Per entrambi i settori è stata adottata la metodologia implementata in INEMAR.

2.1.5.5.2.1 L'agricoltura

Le emissioni diffuse derivanti dal settore agricoltura sono calcolate sulla base dell'utilizzo di fertilizzanti e delle superfici agricole utilizzate, secondo la metodologia adottata da INEMAR che a sua volta si rifà a quella proposta dall'"Atmospheric Emission Inventory Guidebook" dell'Agenzia Europea per l'ambiente (EEA). Essa considera gli inquinanti NH₃, N₂O e NO_x, generati dall'applicazione ai suoli agricoli di fertilizzanti, che nel contesto preso in esame sono quelli a base azotata.

La tipologia e il quantitativo di inquinanti emessi sono influenzati dalle dosi, dal tipo di fertilizzante utilizzato, dal tipo di suolo (parametri specifici caratteristici: chimico-fisico-agronomici) e infine dalle condizioni pedoclimatiche. Una stima delle emissioni con un livello di dettaglio comunale può essere ottenuta attraverso un algoritmo che tenga in considerazione il fabbisogno azotato (kg N/ha) per singola coltura, gli ettari di superficie agraria utilizzabile (S.A.U.) sul territorio comunale dedicati alle diverse tipologie colturali e le

unità di azoto dei fertilizzanti azotati venduti per provincia. Gli ettari di superficie agraria utilizzabile (S.A.U.) sono forniti dall'ISTAT; il dato più recente a livello comunale è quello del 2000. Si è quindi deciso di utilizzare il dato S.A.U. del 2007 a livello regionale e di ridistribuire le superfici agrarie all'interno dei diversi Comuni utilizzando la stessa ripartizione dei dati comunali del 2000.

Le vendite di fertilizzanti sono anch'esse un dato ISTAT con periodicità annuale e riferito alla provincia.

I fertilizzanti vengono poi suddivisi sulle coltivazioni permanenti, sui terreni arabili e sulle foraggere sulla base dei dati S.A.U.. In questo modo è possibile utilizzare i fattori di emissione INEMAR riportati in Tabella 2-51.

Tabella 2-51: Fattori di emissioni utilizzati da INEMAR per le coltivazioni con fertilizzanti.

Inquinante	FE	Unità di misura	Tipologia terreno
NO _x	6000	g / t fertilizzante venduto	Coltivazioni permanenti
NO _x	6000	g / t fertilizzante venduto	Terreni arabili
NO _x	6000	g / t fertilizzante venduto	Foraggere
N ₂ O	20000	g / t fertilizzante venduto	Coltivazioni permanenti
N ₂ O	20000	g / t fertilizzante venduto	Terreni arabili
N ₂ O	20000	g / t fertilizzante venduto	Foraggere
NH ₃	143000	g / t fertilizzante venduto	Coltivazioni permanenti
NH ₃	140000	g / t fertilizzante venduto	Terreni arabili
NH ₃	130000	g / t fertilizzante venduto	Foraggere

Per le coltivazioni che non richiedono l'uso di fertilizzanti, sono stati utilizzati i fattori di emissione adottati da INEMAR che fanno riferimento all'estensione delle superfici foraggere (Tabella 2-52).

Tabella 2-52: Fattori di emissioni utilizzati da INEMAR per le coltivazioni senza fertilizzanti.

Inquinante	FE	Unità di misura	Tipologia terreno
N ₂ O	2730	g / ha	Foraggere
NH ₃	2970	g / ha	Foraggere

Sommando le emissioni derivanti dalle coltivazioni con fertilizzanti a quelle dovute alle coltivazioni senza uso di fertilizzanti, si ottiene la stima globale delle emissioni annue per ciascun Comune derivate dal settore dell'agricoltura.

Tabella 2-53: Emissioni totali annue di ossidi di azoto (NO_x), protossido di azoto (N₂O) e ammoniaca (NH₃), espresse in t/anno dovute al settore dell'agricoltura.

Inquinante	NO _x	N ₂ O	NH ₃
Bussolengo	22.88	5.91	1.93
Buttapietra	17.02	3.16	1.03
Castel d'Azzano	14.72	2.75	0.90
Castelnuovo del G.	24.90	4.81	1.57
Grezzana	2.41	0.87	0.29
Lavagno	6.50	1.63	0.53
Negrar	3.93	1.68	0.55
Pescantina	4.93	1.74	0.57
S. Giovanni L.	13.95	2.52	0.83
S. Martino B.A.	22.38	4.21	1.38
S. Pietro in C.	2.93	1.43	0.47
S. Ambrogio di V.	3.67	0.94	0.31
Sommacampagna	32.30	6.61	2.16
Sona	29.06	6.62	2.17
Valeggio sul Mincio	64.75	12.70	4.16
Verona	64.94	15.18	4.97
Villafranca di Verona	51.42	11.02	3.61
Zevio	56.44	11.05	3.62
TOTALE	449.63	97.23	31.83
Unità di misura	t/anno	t/anno	t/anno

Questa metodologia, corretta a livello di stima a livello regionale, può portare ad alcuni errori quando i dati vengono disaggregati a livello comunale. Un incremento in una tipologia di coltura, ad esempio, viene ripartito sui Comuni in cui la coltura era già maggiormente presente, quando invece potrebbe trattarsi di una sostituzione di coltura in un Comune in cui prima non era presente.

2.1.5.5.2.2 Gli allevamenti

La fonte dei dati utilizzati per la stima delle emissioni dovute agli allevamenti zootecnici è la banca dati degli allevamenti zootecnici costituita a livello regionale sulla base delle comunicazioni dovute a seguito della 91/676/CEE (Direttiva Nitrati). Il dato di base per il calcolo delle emissioni è il numero di capi allevati nel corso dell'annata.

La metodologia di stima è basata sul prodotto tra numero di capi (per ogni categoria zootecnica) e il relativo fattore di emissione per ogni inquinante (in g/capo). Sono stati utilizzati i fattori di emissione adottati da INEMAR per le diverse tipologie di animali, che non fanno riferimento direttamente ai fattori di emissioni proposti nell'“Atmospheric

Emission Inventory Guidebook” dell’Agenzia Europea per l’ambiente EEA, bensì utilizzano quanto proposto da APAT nello studio NIR 2007 (National Inventory Report), per poter procedere a stime più coerenti con le condizioni climatiche e la realtà specifica della zootecnia italiana.

In Tabella 2-54 e Tabella 2-55 viene riassunta la consistenza degli allevamenti zootecnici in ciascun Comune, secondo le tipologie di animali utilizzate da INEMAR. Si segnala esplicitamente che sulla base delle informazioni pervenute nel Comune di S. Pietro in Cariano non risulta presente alcun allevamento.

Tabella 2-54: Consistenza degli allevamenti zootecnici – parte I.

	Vacche da latte	Altri bovini	Maiali da ingrasso	Scrofe	Cavalli
Bussolengo	263	2990	373		
Buttapietra	425	318	1710		
Castel d’Azzano		417			
Castelnuovo del G.	425	359			
Grezzana	1339	956	7	850	
Lavagno					
Negrar	181	112	241		
Pescantina	265	149			28
S. Giovanni Lupatoto	212	105	1726		
S. Martino B.A.	1434	1931	1008		
S. Ambrogio di V.	91	13	11730	1020	
Sommacampagna	592	524	26158	2344	12
Sona	862	2421	334	22	
Valeggio sul Mincio	2685	3510	65692	7392	12
Verona	1427	1617	30		
Villafranca di Verona	2803	9198	3423	238	
Zevio	1157	880	21492	8303	

Tabella 2-55: Consistenza degli allevamenti zootecnici – parte II.

	Galline ovaiole	Pollastri	Altri avicoli anatre oche	Bufalini	Conigli
Bussolengo		210000	87163	93	
Buttapietra		235114	26561		
Castel d’Azzano		89603	5753	74	
Castelnuovo del G.		104025	4438	6624	
Grezzana	200321	1650302	393501	22	
Lavagno		344849	48043		
Negrar	192855	214990	3600		

Pescantina	2470480	64300	3699	7	
S. Giovanni Lupatoto	5000	419887	109123	450	
S. Martino B.A.	23836	451253	86346	474	7800
S. Ambrogio di V.					
Sommacampagna		424259	154138	5876	2250
Sona		464178	332291	1836	
Valeggio sul Mincio	76534	730997	153326	2297	11600
Verona	153362	828063	187428	2484	
Villafranca di Verona	14542	98849	113904	9721	
Zevio	137343	361248	313843	5727	28090

I fattori di emissione di INEMAR sono riferiti ai seguenti processi: fermentazione enterica, gestione dei reflui riferita ai composti organici, gestione dei reflui riferita ai composti azotati e emissione di particolato dagli allevamenti.

Tabella 2-56: Fattori di emissione di INEMAR per gli allevamenti zootecnici.

FE [g / (capo · anno)]	N ₂ O	NH ₃	PM ₁₀	PTS	PM _{2,5}	COV	CH ₄
Vacche da latte	5090	48500	94	235	28	60	128000
Altri bovini	2250	21500	94	235	28	60	54200
Maiali da ingrasso	413	5830	69	171	21	21	9850
Scrofe	845	12700	69	171	21	21	23800
Cavalli	1120	5990				31	19500
Pecore	101	675					8000
Galline ovaiole	23	221	11	16	6		82
Pollastri	28	153	11	16	6		79
Altri avicoli anatre oche	47	352	11	16	6		79
Bufalini	4060	42200				60	83300
Conigli	38	545					158

 Tabella 2-57: Emissione di metano (CH₄) dagli allevamenti zootecnici per le diverse specie animali espresse in t/anno - parte I.

CH ₄ - metano	Altri avicoli	Altri bovini	Bufalini	Cavalli	Conigli
Bussolengo	6.89	162.00	7.75	0.00	0.00
Buttapietra	2.10	17.23	0.00	0.00	0.00
Castel d' Azzano	0.45	22.59	6.16	0.00	0.00
Castelnuovo del G.	0.35	19.45	551.78	0.00	0.00
Grezzana	31.09	51.80	1.83	0.00	0.00
Lavagno	3.80	0.00	0.00	0.00	0.00
Negrar	0.28	6.07	0.00	0.00	0.00

Pescantina	0.29	8.07	0.60	0.55	0.00
S. Giovanni Lupatoto	0.00	0.70	0.00	0.00	0.00
S. Martino B.A.	8.62	5.69	37.49	0.00	0.00
S. Ambrogio di V.	6.82	104.62	39.48	0.00	1.23
Sommacampagna	12.18	28.39	489.47	0.23	0.35
Sona	26.25	131.17	152.94	0.00	0.00
Valeggio sul Mincio	12.11	190.17	191.34	0.23	1.83
Verona	14.81	87.61	206.92	0.00	0.00
Villafranca di Verona	9.00	498.35	809.76	0.00	0.00
Zevio	24.79	47.68	477.06	0.00	4.43
TOTALE	159.83	1381.59	2972.58	1.01	7.84

Tabella 2-58: Emissione di metano (CH₄) dagli allevamenti zootecnici per le diverse specie animali espresse in t/anno - parte II.

CH₄ - metano	Galline ovaiole	Maiali da ingrasso	Pecore	Pollastri	Scrofe	Vacche da latte
Bussolengo	0.00	3.67	0.00	16.59	0.00	33.66
Buttapietra	0.00	16.84	0.00	18.57	0.00	54.40
Castel d'Azzano	0.00	0.00	0.00	7.08	0.00	0.00
Castelnuovo del G.	0.00	0.00	0.00	8.22	0.00	54.40
Grezzana	16.47	0.07	6.80	130.37	20.23	171.39
Lavagno	0.00	0.00	0.00	27.24	0.00	0.00
Negrar	15.85	2.37	0.00	16.98	0.00	23.17
Pescantina	203.07	0.00	0.00	5.08	0.00	33.92
S. Giovanni Lupatoto	0.00	115.54	8.16	0.00	24.28	11.65
S. Martino B.A.	0.41	17.00	0.00	33.17	0.00	27.14
S. Ambrogio di V.	1.96	9.93	0.00	35.65	0.00	183.55
Sommacampagna	0.00	257.66	18.75	33.52	55.79	75.78
Sona	0.00	3.29	0.18	36.67	0.52	110.34
Valeggio sul Mincio	6.29	647.07	59.14	57.75	175.93	343.68
Verona	12.61	0.30	0.00	65.42	0.00	182.66
Villafranca di Verona	1.20	33.72	1.90	7.81	5.66	358.78
Zevio	11.29	211.70	66.42	28.54	197.61	148.10
TOTALE	269.15	1319.15	161.35	528.66	480.02	1812.61

Tabella 2-59: Emissione di ammoniaca (NH₃) dagli allevamenti zootecnici per le diverse specie animali espresse in t/anno - parte I.

NH₃-ammoniaca	Altri avicoli	Altri bovini	Bufalini	Cavalli	Conigli
Bussolengo	30.68	64.29	3.92	0.00	0.00
Buttapietra	9.35	6.84	0.00	0.00	0.00