

## *L'approfondimento*

*Traffico pesante ed effetti sulla salute. Il caso della Valdigne*



## 8. IMPATTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO SULLA SALUTE

### 8.1. Valutazione del rischio sanitario in quattro comuni della Valdigne

Negli ultimi anni si è diffusa una notevole preoccupazione per gli effetti sulla salute derivanti dal traffico pesante che attraversa il territorio della Valle d'Aosta e, in modo particolare, l'area in prossimità dell'ingresso al tunnel del Monte Bianco.

La sorveglianza sanitaria di queste aree riveste particolare importanza ai fini della tutela della salute pubblica e la valutazione dello stato di salute della popolazione residente è ritenuta essenziale anche ai fini della valutazione del rischio sanitario, tipicamente utilizzata in campo ambientale, che consiste nella misura di stime del rischio di eventi di salute sfavorevoli nelle popolazioni residenti in un'area geograficamente limitata e dovuti ad una specifica circostanza di inquinamento.

Coerentemente con quanto fin qui esposto ed utilizzando i dati e gli strumenti ad oggi disponibili è stata applicata la metodologia della valutazione del rischio sanitario (*Risk Assessment*) per valutare l'impatto dell'inquinamento atmosferico in quattro comuni della Valdigne interessati dal percorso verso il tunnel del Monte Bianco.

I quattro comuni interessati dallo studio sono Courmayeur, La Salle, Morgex e Prè St. Didier<sup>53</sup>  
54 .

#### Materiali e metodi

La metodologia di valutazione del rischio prevede quattro fasi che, applicate al caso in studio, sono:

- ✓ L'identificazione dell'agente ritenuto potenzialmente responsabile del problema di salute. In questo caso *le concentrazioni di PM<sub>10</sub>*, cioè il particolato atmosferico con diametro aerodinamico inferiore a 10 micron, prodotto per il 60%-70% da emissioni da traffico veicolare, assunte come indicatore dell'inquinamento da traffico ed associate ad esiti di salute sfavorevoli in termini di patologie o morti ad esso potenzialmente attribuibili. Questa scelta è giustificata dalla forte relazione empirica dimostrata tra questa misura dell'inquinamento (PM<sub>10</sub>) e vari effetti sulla salute. Si tratta tuttavia di un approccio che, in luogo di considerare gli effetti sulla salute come somma di tutti gli inquinanti nel loro insieme, ne considera uno solo per cui, anche se esiste una notevole correlazione tra il PM<sub>10</sub> e gli altri inquinanti (ad esempio i biossidi di azoto e di zolfo e l'ossido di carbonio) è probabile che il considerarne uno solo conduca ad una sottostima degli effetti reali dell'inquinamento considerato nel suo insieme.

---

<sup>53</sup> Il comune di La Thuile, seppure incluso nel territorio della Valdigne, non è stato considerato in quanto a margine rispetto l'asse viario principale percorso dai TIR.

<sup>54</sup> Si veda la mappa riportata nella III Relazione sullo Stato dell'Ambiente consultabile su:  
[http://www.arpa.vda.it/\\_download\\_pup.cfm?dwd=2873,1](http://www.arpa.vda.it/_download_pup.cfm?dwd=2873,1)

- ✓ La valutazione della relazione dose-risposta. In questo caso la relazione dose risposta è data dalle *stime del rischio di malattia o morte per alcune patologie riportate nella letteratura nazionale ed internazionale sia per gli effetti a breve termine, sia per gli effetti a lungo termine.*
- ✓ La valutazione dell'esposizione. In questo caso l'esposizione è valutata con la *media annuale di PM<sub>10</sub>, pari ad un valore di 25 ug/m3* calcolata considerando la media dei valori ottenuti nella stazione di Courmayeur negli ultimi anni disponibili<sup>55</sup>. Per valutare l'esposizione sulla popolazione abbiamo assunto che *tutti gli abitanti dei quattro comuni della Valdigne siano stati mediamente esposti a questo livello.* L'assunzione corrisponde ad un approccio cautelativo che estende a tutto il territorio in studio la concentrazione rilevata in un sito di diretta prossimità stradale e soggetto pertanto a condizioni più critiche. *I valori assunti come riferimento del PM<sub>10</sub> sono duplici: sia quelli in assenza di inquinamento (7,5 ug/m3)<sup>56</sup>, sia verso un livello normativo (20 ug/m3)<sup>57</sup>; la differenza tra questo valore medio annuale (25 ug/m3) e i valori di riferimento assunti (7,5 ug/m3 e 20 ug/m3) è quindi, rispettivamente, di 17,5 ug/m3 e di 5 ug/m3; questi differenziali sono alla base delle stime di impatto.*
- ✓ La stima del rischio, in cui si valutano congiuntamente i parametri sin qui enunciati e si quantificano gli effetti attesi sulla popolazione in termini di *stima del rischio assoluto e di proporzione stimata di individui destinati potenzialmente ad ammalarsi, o a morire, per effetto dell'esposizione all'agente responsabile.* La stima del rischio ha riguardato sia gli effetti sul breve termine, sia gli effetti sul lungo termine, condotta attraverso l'analisi dei tassi di mortalità e dei tassi di ospedalizzazione per specifiche cause applicati ai residenti nei 4 comuni in studio sulla base dei trend storici già disponibili. Per entrambe le serie storiche utilizzate, mortalità e cause di ricovero, si rimanda ai dati già pubblicati a cura dell'Osservatorio regionale epidemiologico e per le politiche sociali<sup>58</sup>.

### **Effetti a breve termine**

La valutazione derivante dalle misure di mortalità a breve termine esprime numericamente la misura stimata del numero di decessi che si sarebbero risparmiati nella popolazione della Valdigne se si fossero registrati i livelli di inquinamento di riferimento (rispettivamente 7,5 ug/m3 e 20 ug/m3) invece dei 25 ug/m3 effettivi. Si tratta cioè di casi potenzialmente evitabili, o, detto in altri termini, da considerare in eccesso rispetto ai casi che si sarebbero registrati con i livelli di inquinamento di riferimento.

---

<sup>55</sup> Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, par 2.11

<sup>56</sup> Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–801, cit.

<sup>57</sup> Direttiva 1999/30/CE: Direttiva del Consiglio concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo. (G.U.C.E. 29 giugno 1999 n. L 163)

<sup>58</sup> Atlante della mortalità in Valle d'Aosta 1980-2003 e Cause di ricovero in Valle d'Aosta 1997-1999 ([www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni](http://www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni))

### **Mortalità per cause naturali**

Per valutare la relazione con la mortalità a breve termine attraverso l'analisi dei dati disponibili per la Valle d'Aosta è stato utilizzato l'approccio di Ostro<sup>59</sup>, che calcola una stima dei decessi attribuibili all'inquinamento utilizzando il valore medio del PM<sub>10</sub> sull'anno. La letteratura riporta<sup>60</sup> un aumento di rischio relativo (RR) corredato alla stima dell'intervallo di confidenza (I.C.)<sup>61</sup> dello 0,3% (I.C. = 0% - 0,74%) nella mortalità per cause naturali<sup>62</sup> per ogni incremento di 10 ug/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>.

Applicando questo approccio ai dati dei quattro comuni della Valle d'Aosta si ha:

rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug di PM<sub>10</sub> (livello di base in assenza di inquinamento):

0,3 (%) x 17,5 / 10 = 0,54 % di eccesso di mortalità per tutte le cause naturali, che, considerando 70 morti annue per cause naturali nei quattro comuni in studio, corrisponde a 0,38 (I.C. = 0 - 0,91) decessi in eccesso, ascrivibili all'inquinamento all'anno.

rispetto ad un livello di riferimento di 20 ug di PM<sub>10</sub> (obiettivo di qualità per l'anno 2010):

0,3 (%) x 5 / 10 = 0,15 % di eccesso di mortalità, corrispondenti a 0,11 (I.C. = 0 - 0,26) decessi in eccesso, ascrivibili all'inquinamento all'anno.

### **Ricoveri per cause respiratorie**

Nei quattro comuni in studio si verificano 94 ricoveri in media per anno per cause respiratorie<sup>63</sup>. Lo studio MISA2<sup>64</sup> ha misurato in Italia un aumento del rischio di ricoveri per cause respiratorie dello 0,6% (I.C. = 0,22-1,05) per ogni 10 ug/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>.

Applicando questo approccio ai dati dei quattro comuni della Valle d'Aosta si ha:

rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug di PM<sub>10</sub> (livello di base in assenza di inquinamento):

0,6 (%) x 17,5 / 10 = 1,05%, corrispondenti a 0,99 (I.C. = 0,36 - 1,73) ricoveri per cause respiratorie in eccesso all'anno, ascrivibili all'inquinamento;

rispetto ad un livello di riferimento di 20 ug di PM<sub>10</sub> (obiettivo di qualità 2010)

0,6 (%) x 5 / 10 = 0,3% corrispondenti a 0,28 (I.C. = 0,10 - 0,49) ricoveri per cause respiratorie in eccesso all'anno, ascrivibili all'inquinamento.

---

<sup>59</sup> Ostro B.; Chestnut L. Assessing the Health Benefits of Reducing Particulate Matter Air Pollution in the United States *Environmental Research*, Volume 76, Number 2, February 1998, pp. 94-106(13), Academic Press

<sup>60</sup> Biggeri A, Bellini P, Terracini B (Eds). MISA, Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996-2002. *Epid Prev* 2004; 28 (Suppl): 1 - 100, cit.

<sup>61</sup> Si è soliti parlare di Rischio in termini di rapporto tra il numero di eventi realmente osservato su una popolazione ed il numero atteso per quella stessa popolazione se su di essa agissero le condizioni presenti in una situazione scelta a confronto. E' indicato come RR o Rischio Relativo la percentuale in eccesso o in difetto esistente tra aree geografiche in studio al netto delle influenze esercitate dalla diversa composizione per età. Fatta pari ad 1 la condizione di Rischio non differenziale tra due aree o tra due popolazioni a confronto, un valore ad esempio del Rischio  $RR=1.30$  va letto come un aumento di rischio del 30% nel gruppo degli esposti. Per ogni valore del rischio RR è stimato un intervallo di confidenza (I.C.) al 95% (I.C.) che esprime i valori limite entro i quali si confida che si collochi il valore "vero" del rischio, con una probabilità del 95%.

<sup>62</sup> Codice della Classificazione Internazionale delle malattie ICD-IX inferiore ad 800

<sup>63</sup> Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 460 e 519

<sup>64</sup> Vedi Appendice a pag. 83

### **Ricoveri per cause cardiache**

Nei quattro comuni in studio si osservano 209 ricoveri in media per anno per cause cardiovascolari<sup>65</sup>. Lo studio MISA2 ha misurato in Italia un aumento del rischio dei ricoveri per cause respiratorie pari allo 0,29% (I.C.= 0,22-1,05) per ogni 10 ug/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>.

Applicando questo approccio ai dati dei quattro comuni della Valle d'Aosta si ha:

rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug di PM<sub>10</sub> (livello di base in assenza di inquinamento):

0,29 (%) x 17,5 / 10 = 0,51%, corrispondenti a 1,06 (I.C.= 0 - 2,16) ricoveri per cause cardiovascolari in eccesso, ascrivibili all'inquinamento all'anno;

rispetto ad un livello di riferimento di 20 ug di PM<sub>10</sub> (obiettivo di qualità 2010)

0,29 (%) x 5 / 10 = 0,14 % corrispondenti a 0,15 (I.C.= 0 - 0,62) ricoveri per cause cardiovascolari in eccesso all'anno, ascrivibili all'inquinamento.

### **Effetti a lungo termine**

La valutazione derivante degli effetti a lungo termine, stima il numero di decessi di coloro che si ammalano come conseguenza di una lunga residenza (almeno 20 anni, se paragonata alla durata degli studi di coorte utilizzati nella letteratura scientifica) nei quattro comuni della Valldigne.

### **Mortalità per cause naturali**

Per stimare gli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico nei quattro comuni in studio è stato utilizzato l'approccio di Kunzli<sup>66</sup>, che ha stimato gli effetti del PM<sub>10</sub> in tre paesi europei: Austria, Francia e Svizzera<sup>67 68</sup>. La letteratura riporta un aumento di rischio dello 4,3% nella mortalità totale, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) pari ad 1,043 (I.C.= 1,026 – 1,061) per ogni 10 ug /m<sup>3</sup> di questo inquinante.

Se consideriamo che il livello di PM<sub>10</sub> in aree non inquinate è stimato intorno ai 7,5 ug/m<sup>3</sup>, per la Valldigne avremo un eccesso di 17,5 ug/m<sup>3</sup> di questo inquinante.

Se ci riferiamo agli obiettivi di qualità dell'aria per il 2010, fissati in 20 ug/m<sup>3</sup>, abbiamo invece un eccesso di 5 ug/m<sup>3</sup>.

Produrremo quindi, nel primo caso (7,5 ug/m<sup>3</sup>), stime riferite ad un livello molto inferiore agli obiettivi di qualità della CEE, (lo stesso comunque utilizzato nelle stime di Kunzli per Austria, Francia e Svizzera), nel secondo caso (20 ug/m<sup>3</sup>) stime rispetto ad un livello di poco inferiore alle rilevazioni attuali.

---

<sup>65</sup> Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 390 e 459

<sup>66</sup> Kunzli N, Kaiser R, Medina S, et al. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795–801, cit.

<sup>67</sup> Si tratta di un lavoro ben conosciuto in ambito internazionale, discusso e validato sotto l'aspetto metodologico, utilizzato (con opportuni adattamenti) anche in Italia in uno studio condotto dall'Ufficio Regionale per l'Europa, sede di Roma, dell'Organizzazione Mondiale della Sanità

<sup>68</sup> Martuzzi M et al. (2002). Health impact assessment of air pollution in the eight major Italian cities. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, (EURO/02/5040650; <http://www.euro.who.int/document/e75492.pdf>)

Considerato un incremento di rischio di 1,043 come valutato da Kunzli, il rischio relativo rispetto ad un livello di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> è di 1,04, cui corrisponde una stima di 4,7 (I.C.= 3-6,3)<sup>69</sup> morti annui per cause naturali. Facendo riferimento ad un livello di base di 20 ug/m<sup>3</sup> si hanno invece di 1,4 (I.C.= 0,9 –1,9) morti annuali in eccesso.

#### **Ricoveri per cause respiratorie.**

Nei 4 comuni in studio si registra una media annua<sup>70</sup> di 94 ricoveri per cause respiratorie.

La letteratura scientifica stima un incremento del rischio dello 1,3%, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,013, (I.C.= 1,001 –1,025) per ogni 10 microgrammi/m<sup>3</sup> di questo inquinante.

Utilizzando l'approccio a lungo termine il valore ottenuto è di 2,1 ricoveri (I.C.= 0,2 - 3,8) rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> e di 0,6 ricoveri (I.C.= 0,1 -1,1) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m<sup>3</sup>.

#### **Ricoveri per cause cardiache**

Nei 4 comuni in studio si registra una media annua di ricoveri per cause cardiovascolari di 209 eventi.

La letteratura scientifica stima un incremento del rischio relativo dello 1,2% corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,012, (I.C.= 1,0065 – 1,0186) per ogni 10 microgrammi/m<sup>3</sup> di questo inquinante.

Utilizzando l'approccio a lungo termine il valore ottenuto è di 4,4 ricoveri eccedenti (I.C.= 2,3 - 6,5) rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> e di 1,3 ricoveri eccedenti (con limite fiduciale da 0,7 a 1,9) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m<sup>3</sup>.

#### **Nuovi casi di bronchite cronica in persone di più di 25 anni di età**

Per questa valutazione è necessario utilizzare completamente l'approccio di Kunzli non esistendo misure di incidenza di bronchite in Italia. Le stime di rischio utilizzate indicano un incremento dello 9,8% corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,098, (I.C.= 0,087-1,945)

Utilizzando queste stime di rischio, analogamente a quanto svolto per la mortalità a lungo termine, si ottiene 0,5 nuovi casi in eccesso rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> e 0,2 nuovi casi in più rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m<sup>3</sup>.

---

<sup>69</sup> Valutata mediante la formula  $(RR - 1) / RR$ , ove RR è il rischio relativo

<sup>70</sup> Anno 2001

### **Episodi di bronchite acuta nei giovani al di sotto dei 15 anni**

Anche per questa valutazione è necessario utilizzare completamente l'approccio di Kunzli. È indicato in letteratura un aumento di rischio relativo del 30%, corrispondente ad un valore di rischio relativo (RR) di 1,30 di episodi di bronchite nei bambini per ogni aumento di 10 ug/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>.

La prevalenza di bronchite rilevata nello studio italiano su disturbi respiratori dell'infanzia<sup>71</sup> è del 10%.

Utilizzando i parametri indicati ai comuni della Valdigne si ottengono 30 (I.C.= 19-35) episodi in più all'anno di bronchite rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> e 11 (I.C.= 6-15) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m<sup>3</sup>.

### **Attacchi di asma nei giovani al di sotto dei 15 anni**

Per questa valutazione è necessario usare il documento OMS e le stime di Kunzli, non esistendo misure dirette italiane. Questi documenti indicano un aumento relativo dello 5,1% corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,051 (OMS) e 1,044 (Kunzli) di attacchi di asma nei bambini per ogni aumento di 10 ug/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>.

La prevalenza stimata di attacchi d'asma è dello 0,3% nella popolazione al di sotto dei 15 anni.

Utilizzando i parametri indicati ai comuni della Valdigne si ottengono 27 (I.C.= 25-29) episodi in più all'anno di bronchite rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> e 8 (I.C.= 8-9) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m<sup>3</sup>.

### **Attacchi di asma negli adulti**

Per questa valutazione è stato usato il documento OMS che riporta un aumento relativo dello 0,4%, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,004 (I.C.= 1-1,008) per ogni aumento di 10 ug/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>.

Utilizzando i parametri indicati ai comuni della Valdigne si ottengono 9 (I.C.= 0-19) episodi in più all'anno di attacchi d'asma negli adulti rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> e 3 (I.C.= 0-5) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m<sup>3</sup>.

### **Numero di giorni a limitata attività per bronchite negli adulti al di sopra dei 20 anni.**

In questa sezione si stima il tempo di malattia per bronchite, calcolato in giorni in cui un individuo non può dedicarsi alle occupazioni abituali perché costretto a letto oppure con sintomi che ne limitano l'attività normale. Sia lo studio dell'OMS sia quello condotto da Kunzli indicano per questo genere di danno un aumento del rischio dello 9,4%, corrispondente ad un valore del rischio relativo (RR) di 1,094 per per ogni aumento di 10 ug/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub> di giorni persi<sup>72</sup> che possono ripetersi più volte per lo stesso individuo. Utilizzando i parametri ai quattro comuni della Valdigne

---

<sup>71</sup> Galassi C, De Sario M, Forastiere F (Eds). SIDRIA-2. *Epidemiol Prev.* 2005;29 (Suppl):1-96.

<sup>72</sup> In questo caso l'aumento è espresso in giorni e non in numero di individui in più soggetto ad ammalarsi



indicati si ottengono 2.232 (I.C.= 1,949-2,498) episodi (giorni) in più all'anno di bronchite rispetto a condizioni di riferimento di 7,5 ug/m<sup>3</sup> e 709 (I.C.= 610-806) rispetto a condizioni di riferimento di 20 ug/m<sup>3</sup>.

### **Conclusioni della valutazione del rischio sanitario**

La valutazione di impatto applicata a diverse concentrazioni di PM<sub>10</sub> nei quattro comuni della Valdigne ci consente di valutare quale sarebbe stato l'effetto atteso sulla salute, misurato come potenziale eccesso nel numero di morti e di ricoveri per patologie specifiche, a breve e a lungo termine, derivante dall'entità del differenziale tra i livelli di inquinamento misurati e quelli presi a riferimento, pari a due obiettivi di qualità dell'aria (uno naturale e uno normativo).

Più precisamente, per quanto riguarda la valutazione a breve termine, se le concentrazioni medie annue di PM<sub>10</sub> avessero raggiunto i valori di base di 7,5 ug/m<sup>3</sup> (che qualificano l'assenza di inquinamento), o fossero state contenute a 20 ug/m<sup>3</sup> (obiettivo comunitario per il 2010), invece dei 25 ug/m<sup>3</sup> *misurati*, si avrebbe avuto come effetto a breve termine un risparmio medio annuale di:

- ✓ 0,38 decessi (con PM<sub>10</sub> = 7,5 ug/m<sup>3</sup> e un differenziale di 17,5 ug/m<sup>3</sup>)
- ✓ 0,11 decessi (con PM<sub>10</sub> = 20 ug/m<sup>3</sup> e un differenziale di 5 ug/m<sup>3</sup>)

cioè meno di un caso all'anno, su 70 osservati, in entrambi i casi.

Per quanto riguarda invece la valutazione a lungo termine, utilizzando le stime di rischio dei principali studi di coorte americani di durata ventennale, per concentrazioni di inquinanti stabilmente ridotte, il risparmio di vite umane è lievemente più consistente e pari a:

- ✓ 5 decessi (con PM<sub>10</sub> = 7,5 ug/m<sup>3</sup>)
- ✓ 1 decesso (con PM<sub>10</sub> = 20 ug/m<sup>3</sup>)

per anno, su 70 osservati.

E' doveroso avvertire che si tratta di modelli di studio che danno origine a stime difficilmente verificabili mediante i dati reali, in quanto si tratta di stime al limite della capacità di misura con strumenti epidemiologici. Sul lungo periodo, infatti, permanendo un trend generale di riduzione della mortalità per effetto delle migliorate condizioni di vita e dei continui progressi in campo medico, è difficile misurare l'effetto specifico attribuibile al solo inquinamento atmosferico. Si tratta inoltre di valori che sono difficilmente rilevabili in una popolazione di soli 120.000 abitanti, in quanto possono confluire nelle oscillazioni annue casuali osservate della mortalità valdostana.

Oltre a ciò è doveroso avvertire sulla temporalità dei benefici attesi: se da un lato è lecito assumere, in base alle evidenze esistenti, che ridurre mediamente le dosi degli inquinanti condurrà a futuri guadagni di salute, talvolta anche superiori all'atteso<sup>73</sup>, dall'altro non è possibile determinare esattamente in quale periodo si otterranno i risultati previsti, a causa degli effetti a

---

<sup>73</sup> Laden F et al. Reduction in fine particulate air pollution and mortality extended follow up of Harvard Six Cities Study. *American Journal of Epidemiology and Community Health*, 173 (6):667-672, 2006

lungo termine che essi generano sulla salute, che comportano periodi di latenza stimabili nell'ordine di molti anni.

Ciononostante, l'indicazione di una stima di beneficio potenziale, misurata in termini di riduzione nel numero di morti ha il suo valore intrinseco di valore atteso ideale. Con questo presupposto vanno letti i valori della tabella di seguito presentata.

La Tabella 7 riporta un riepilogo delle stime di impatto medie annuali dei livelli di inquinamento attuale nei quattro comuni della Valdigne ed indica quale vantaggio è lecito attendersi teoricamente dalla riduzione delle concentrazioni di PM<sub>10</sub>, rispettivamente a 7,5 ug/m<sup>3</sup> ed a 20 ug/m<sup>3</sup>, a breve e a lungo termine, sulla mortalità e sui ricoveri attribuibili per causa.

Si tratta tuttavia di valori utili ed appropriati qualora si volessero considerare, ad esempio, gli effetti sulla mortalità attesa in presenza di una riduzione temporanea (di mesi o pochi anni) degli inquinanti nei quattro comuni della Valdigne.

**Tabella 7. Riepilogo delle stime di impatto medie annuali dell'inquinamento attuale (anno 2005) nella Valdigne (pari a 25 ug/m<sup>3</sup>) rispetto ai due scenari di riferimento**

**Effetti a breve termine**

Cause in esame (Differenziale)	Rispetto a 7,5 ug/m <sup>3</sup> * (17,5 ug/m <sup>3</sup> )	Rispetto a 20 ug/m <sup>3</sup> * (5 ug/m <sup>3</sup> )
Mortalità per cause naturali Effetti immediati	0,38 (0-0,91)	0,11 (0-0,26)
Ricoveri/anno per cause respiratorie	0,99 (0,36-1,73)	0,28 (0,10-0,49)
Ricoveri/anno per cause cardiache	1,06 (0-2,16)	0,30 (0-0,62)

**Effetti a lungo termine (con una residenza di almeno 20 anni)**

Cause in esame (Differenziale)	Rispetto a 7,5 ug/m <sup>3</sup> * (17,5 ug/m <sup>3</sup> )	Rispetto a 20 ug/m <sup>3</sup> * (5 ug/m <sup>3</sup> )
Mortalità per cause naturali	5 (3-6)	1 (1-2)
Ricoveri/anno per cause respiratorie	2 (0-4)	1 (0-1)
Ricoveri/anno per cause cardiache	5 (3-7)	1 (1-2)
Nuovi casi/anno di bronchite cronica	1 (0-1)	0,17 (0,02-0,30)
Episodi di bronchite acuta nei bambini	30 (19-35)	11 (6-15)
Attacchi di asma nei bambini	27 (25-29)	8 (8-9)
Attacchi di asma negli adulti	9 (0-19)	3 (0-5)
Giorni di attività lavorativa persi	2232 (1949-2498)	709 (610-806)

\* tra parentesi sono riportati i valori dell'intervallo di confidenza al 95%

## **8.2. Variazioni di inquinanti ed effetti rilevati sulla salute: la chiusura del tunnel del Monte Bianco**

A complemento della valutazione di impatto sulla salute delle popolazioni di quattro comuni della Valdigne (Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier) a fronte di due livelli di PM<sub>10</sub>, in questa sezione vengono presentati i risultati di un'analisi condotta per misurare le variazioni nei ricoveri e nella mortalità, specifici per causa, secondo diversi periodi temporali.

L'ipotesi generale che abbiamo sottoposto a verifica è che si osservi una variazione di segno negativo nei tassi di ospedalizzazione e di mortalità specifici per causa, al variare (dello stesso segno) delle concentrazioni di inquinante nell'aria.

Trattandosi di uno studio descrittivo non viene ricercata l'associazione tra i livelli di esposizione di un inquinante, misurati con un approccio geografico, e lo stato di salute della popolazione residente, ma ci si limita a registrare eventuali variazioni intervenute con l'obiettivo di dare spunto ad ulteriori approfondimenti di indagine.

Al fine di riconoscere le variazioni di inquinamento atmosferico è stato individuato un evento particolarmente significativo per le implicazioni sul traffico pesante:

*la chiusura totale al traffico nel Tunnel del Monte Bianco a seguito dell'incendio del 24 marzo 1999, con conseguente periodo di fermo fino al 9 marzo 2002 per le auto, e fino al 25 giugno dello stesso anno per il traffico pesante, con una riapertura a senso unico alternato.*

A fronte di questo evento sono ipotizzabili delle variazioni del livello di inquinamento atmosferico in quanto si stima che i livelli di flusso di traffico veicolare siano responsabili, in generale, del 66 % del totale delle emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) in Valle d'Aosta<sup>74</sup>.

Nella citata III Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Valle d'Aosta, relativa all'anno 2005, sono riportati a tal riguardo i grafici, qui presentati nelle figure da 19 a 22, dai quali si nota una netta riduzione del traffico, in particolare di quello pesante, in corrispondenza del 1999 ed una prevedibile ripresa, a partire dal 2002-2003, come conseguenza della riapertura del tunnel.

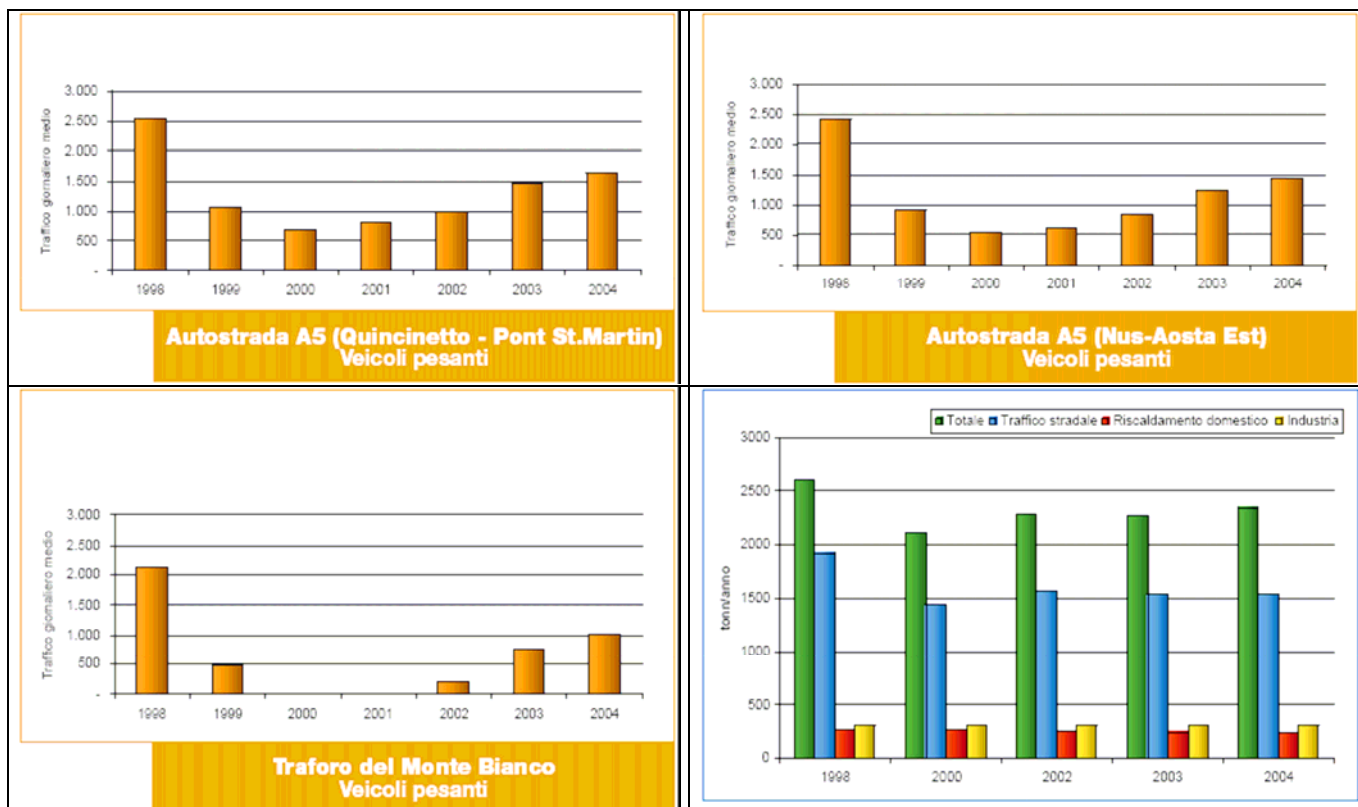
L'impatto unitario dei veicoli pesanti secondo le emissioni dei gas di scarico misurate dall'ARPA, segnano comunque un miglioramento nel tempo<sup>75</sup> ed il ritorno dei mezzi pesanti, seppure con volume dimezzato rispetto a quello degli anni precedenti l'incidente, non ha comportato un proporzionale aumento di inquinante, verosimilmente anche per effetto dell'adeguamento dei motori dei mezzi pesanti alla normativa europea (Euro 3 ed Euro 4), sancito anche dalle disposizioni che regolamentano i passaggi attraverso la rete viaria autostradale della Valle d'Aosta.

---

<sup>74</sup> Sito internet dell'ARPA Valle d'Aosta <http://www.arpa.vda.it/index.cfm?ambiente=1,107,0,0>

<sup>75</sup> Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, par. 2.3

**Figure 19-22. Volumi di traffico autostradale ed emissioni di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) per anno<sup>76</sup>**



Una misura indiretta delle variazioni di esposizione della popolazione a gas inquinanti può quindi essere interpretata dai periodi temporali, per i quali si pongono a confronto le misure di occorrenza di eventi sanitari indicativi come i ricoveri e i decessi per specifiche cause, rilevabili attraverso due fonti, disponibili anche in ambito regionale:

- ✓ *l'archivio delle dimissioni ospedaliere*, per l'analisi delle cause di ricovero dei valdostani ovunque ricoverati in Italia nel periodo dal 1997 al 2004;
- ✓ *l'archivio delle cause di morte* dell'ISTAT per il periodo 1997-2003 e quello regionale del Registro regionale delle cause di morte, per gli anni 2004 e 2005 riferiti sempre alla popolazione residente.

Al fine di associare le variazioni di inquinamento atmosferico alle possibili variazioni nei tassi di ospedalizzazione o di morte per cause specifiche, sono stati individuati dei "periodi tipo" sulla base dei quali condurre l'analisi ed operare confronti geografici e temporali.

La scelta dei periodi di osservazione è stata vincolata, oltre che dall'ipotesi in studio, anche dalla struttura attuale degli archivi, che ha permesso di distinguere:

- ✓ *per le cause di ricovero*, i periodi: da gennaio 1997 a giugno 1999 (corrispondenti a prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco), da luglio 1999 a giugno 2002 (corrispondenti al

<sup>76</sup> Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, parr. 1.4, 2.6

periodo di chiusura del tunnel), da luglio 2002 a dicembre 2004 (corrispondenti alla riapertura del tunnel);

- ✓ *per i dati di mortalità*, i periodi: dal 1997 al 1999, (corrispondente a prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco), dal 2000 al 2002 (corrispondente al periodo di chiusura del tunnel), dal 2003 al 2005 (corrispondente alla riapertura del tunnel).

### **Analisi delle cause di ricovero**

Per quanto riguarda le patologie da ricovero oggetto di analisi, queste devono essere conseguenti ad ipotesi causali legate all'inquinamento e, per essere rilevabili nei sistemi informativi disponibili, devono riguardare fenomeni acuti in soggetti sensibili. Infatti, eventuali variazioni temporali degli effetti della chiusura del traforo su intervalli triennali non possono essere ricercati in patologie croniche o con lunghi tempi di latenza.

Sono state quindi fatte oggetto di analisi le patologie:

- ✓ *del sistema respiratorio* e, tra queste, le malattie acute delle prime vie aeree<sup>77</sup> in età pediatrica e tra gli anziani,
- ✓ *del sistema circolatorio* e, tra queste, le malattie ischemiche del cuore<sup>78</sup> tra gli anziani.

Nel corso delle analisi di sottogruppi di popolazioni alcune di queste patologie sono state poi trascurate a causa del numero insufficiente di eventi, così come un ridotto numero di casi ha impedito l'analisi della distribuzione nel tempo dei casi di asma tra i bambini.

Più precisamente quindi, lo studio intende porre in luce eventuali variazioni delle patologie in analisi sotto l'ipotesi che la chiusura del traforo del Monte Bianco abbia portato ad una riduzione dei tassi di ospedalizzazione, ipotizzati maggiormente reattivi a variazioni della qualità dell'aria, nella seconda metà del 1999 fino alla prima metà del 2002, per poi eventualmente riprendere nell'ultimo periodo disponibile.

Dall'analisi territoriale è stata esclusa la città di Aosta, la cui specificità urbana, unita alla presenza nel capoluogo dell'ospedale regionale, sappiamo modificare significativamente la propensione al ricovero indipendentemente dai livelli di inquinamento<sup>79</sup>, alterando il nesso di causalità ricercato in questo studio. Inoltre, il peso che la popolazione residente ad Aosta apporta al numero totale di ricoveri (il 38%) può oscurare variazioni di minore entità, non apprezzabili se confrontate con Aosta, ma interessanti per il resto del territorio regionale.

---

<sup>77</sup> Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 460 e 466

<sup>78</sup> Codici a tre cifre della IX revisione della classificazione internazionale (ICD-9) delle malattie tra 410 e 414

<sup>79</sup> Vedi dati contenuti nella pubblicazione a cura dell'Osservatorio Regionale Epidemiologico e per le Politiche sociali (OREPS) "Cause di ricovero in Valle d'Aosta 1997-1999" ([www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni](http://www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni))

Per poter attribuire eventuali variazioni nel tempo nei ricoveri specifici alla sola ipotesi causale dell'inquinamento<sup>80</sup>, si è ricorso a misure proporzionali standardizzate<sup>81</sup> che mettono in evidenza le variazioni intervenute nelle patologie correlate all'inquinamento atmosferico sul totale dei ricoveri<sup>82</sup>.

Le analisi proporzionali, condotte sui tre periodi di interesse per questo studio, producono i risultati descritti nella Tabella 8 e raffigurati nelle figure da 23 a 28.

**Tabella 8. Ospedalizzazione proporzionale per cause e fasce di età, secondo i periodi in analisi**

Malattie dell'apparato respiratorio, 0-14 anni				Malattie acute prime vie aeree, 0-14 anni			
Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	14,6	13,7	15,5	gen 1997 - giu 1999	4,0	3,4	4,5
lug 1999 - giu 2002	16,8	15,8	17,8	lug 1999 - giu 2002	4,7	4,2	5,3
lug 2002 - dic 2004	15,3	14,0	16,6	lug 2002 - dic 2004	3,5	2,8	4,2

Malattie dell'apparato respiratorio, 65 anni ed oltre				Malattie acute prime vie aeree, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	16,0	15,4	16,7	gen 1997 - giu 1999	1,0	0,9	1,2
lug 1999 - giu 2002	<b>15,3</b>	14,8	15,9	lug 1999 - giu 2002	0,8	0,7	1,0
lug 2002 - dic 2004	15,6	15,0	16,2	lug 2002 - dic 2004	0,7	0,5	0,8

Malattie del sistema circolatorio, 65 anni ed oltre				Malattie ischemiche del cuore, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop.sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	44,1	43,2	45,0	gen 1997 - giu 1999	8,6	8,1	9,1
lug 1999 - giu 2002	46,8	46,0	47,5	lug 1999 - giu 2002	9,6	9,1	10,0
lug 2002 - dic 2004	50,1	49,3	50,9	lug 2002 - dic 2004	10,9	10,4	11,4

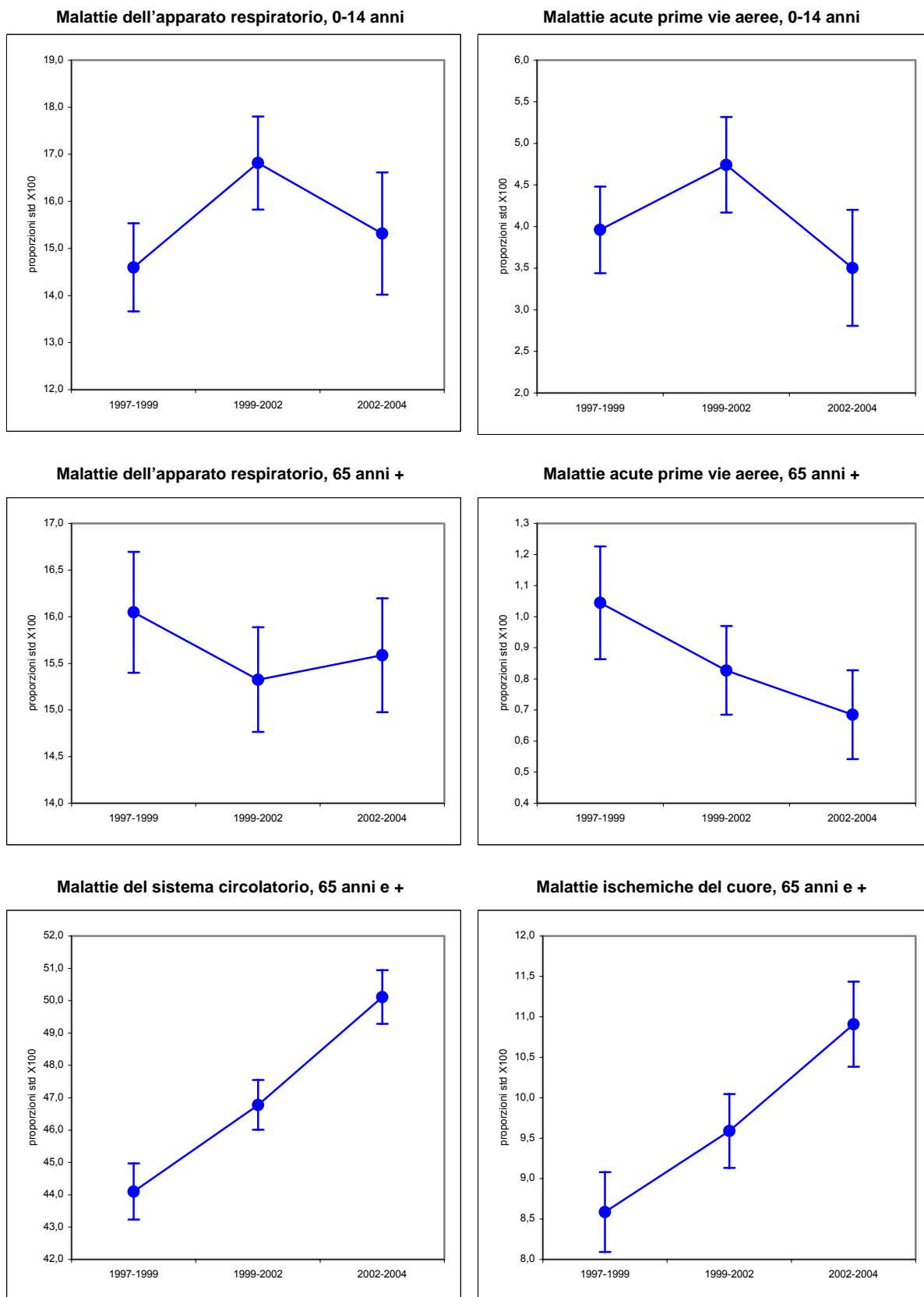
Come esemplificato anche dalle figure che seguono, ed evidenziato in grigio nella tabella, si registra un debole decremento in corrispondenza del periodo di chiusura del tunnel (luglio 1999 - giugno 2002) solo tra gli anziani ultrasessantacinquenni e per le sole patologie dell'apparato respiratorio, mentre non può essere confermata l'ipotesi di una riduzione di tutti i tassi di ospedalizzazione durante il periodo di chiusura del tunnel.

<sup>80</sup> Al netto cioè delle variazioni generali intervenute in questi anni nei tassi di ospedalizzazione che hanno subito una flessione a seguito di una politica sanitaria di offerta di servizi tendente a ridurre la permanenza in ospedale al più breve tempo possibile per favorire forme di assistenza in continuità assistenziale sul territorio o presso il domicilio

<sup>81</sup> Per rendere confrontabili le proporzioni tra i diversi periodi è stato utilizzato un sistema di pesi di standardizzazione comune, costituito dall'ospedalizzazione per età in Valle d'Aosta nel periodo 1997-2004

<sup>82</sup> Dal denominatore sono stati esclusi gli interventi di cataratta nella popolazione anziana, il cui alto numero relativo (6.2% del totale dei ricoveri), variato inoltre nel tempo (+144%), può deformare la composizione proporzionale dei fenomeni di interesse.

Figure 23-28. Ospedalizzazione proporzionale per cause e fasce di età, secondo i periodi in analisi



Poiché gli andamenti temporali sinora presentati riguardano l'intero territorio regionale, si è ritenuto di dovere avviare una seconda linea di analisi al fine di rilevare gli andamenti specifici dei ricoveri nelle popolazioni residenti nelle aree prossime alla viabilità autostradale (comuni del fondo Valle).

Si è quindi proceduto al confronto tra periodi delle proporzioni di ricovero nei comuni a cui sono attribuiti i livelli crescenti di esposizione ad inquinanti atmosferici rilevati nel 2004, di cui il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) è un componente.

La caratterizzazione dei territori comunali secondo i livelli di inquinamento da NO<sub>2</sub> a cui la popolazione si stima sia esposta, è avvenuta con un processo di analisi geografica<sup>83</sup>.

Per le ragioni già esposte, anche in questo caso è stata esclusa dall'analisi la città di Aosta e l'analisi ha interessato gli altri 73 comuni classificati in base a quattro livelli di inquinamento :

NO<sub>2</sub> = 1 (che corrisponde al livello più basso di inquinamento registrato)

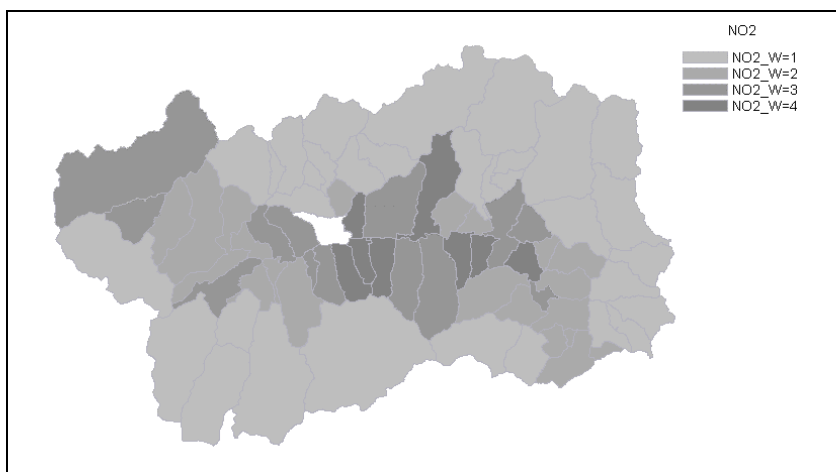
NO<sub>2</sub> = 2

NO<sub>2</sub> = 3

NO<sub>2</sub> = 4 (che corrisponde al livello più alto di inquinamento registrato)

La figura 29 rappresenta la distribuzione sul territorio regionale dei comuni per livelli di inquinamento da biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

**Figura 29. Assegnazione dei comuni, esclusa Aosta, ai quartili di livello di inquinamento stimato da NO<sub>2</sub>**



---

<sup>83</sup> La rappresentazione vettoriale degli edifici residenziali regionali è stata sovrapposta a quella dei modelli di diffusione del biossido di azoto e dei limiti comunali regionali. E' stato così possibile attribuire ad ogni singolo edificio sia comune di appartenenza, sia il livello di inquinante stimato. Considerando l'area dell'edificio di civile abitazione un indicatore indiretto (proxi) del numero di soggetti esposti, la proporzione pesata per area degli edifici esposti ai vari livelli di NO<sub>2</sub>, è stata suddivisa in quartili di distribuzione, al fine di poter assegnare ad ciascun comune una misura discreta di esposizione. In questo modo l'attribuzione dei comuni ai quattro livelli di inquinamento è stata effettuata considerando la collocazione fisica degli edifici, raggruppati in nuclei abitati, normalmente più prossimi ai fondo valle, ovvero ai livelli maggiori di inquinamento



Come dimostrato dai dati forniti dall' ARPA della Valle d'Aosta, i livelli di inquinante non hanno tuttavia mai superato i valori soglia prescritti, se non in alcuni giorni durante l'anno nella zona di Aosta città<sup>84</sup>.

I valori utilizzati sono quindi una media annuale delle misure effettuate.

Gli esiti dell'analisi condotta sulle proporzioni di ricoveri dovuti all'inquinamento rispetto al totale dei ricoveri, in base ai quattro livelli crescenti di concentrazione di inquinante, sono descritti nelle immagini da figura 30 a figura 35.

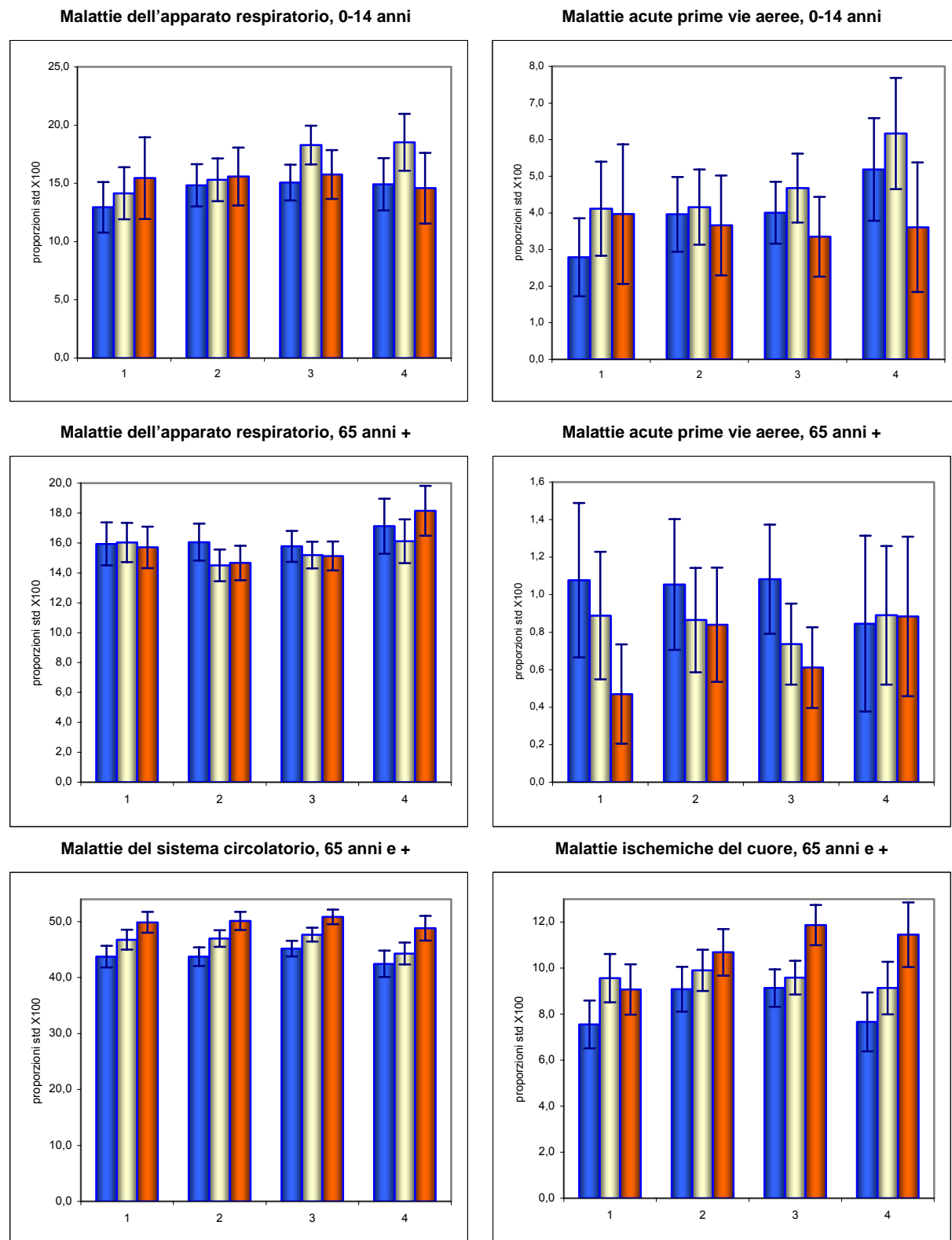
Per facilitarne la lettura si precisa che l'insieme è composto da sei figure, corrispondenti ciascuna ad un insieme di malattie che hanno causato il ricovero, distinte per età (anziani e bambini). Al proprio interno, ogni figura è composta da gruppi di 4 istogrammi, corrispondenti ai livelli crescenti di concentrazione di biossido di azoto (NO<sub>2</sub> da 1 a 4). Ogni istogramma è composto da tre elementi, riferiti ai tre periodi temporali interessati dallo studio, che corrispondono al tempo antecedente la chiusura del tunnel (gennaio 1997-giugno 1999), alla chiusura stessa (luglio 1999-giugno 2002), alla riapertura (luglio 2002-dicembre 2004) e riconoscibili per le diverse tonalità di grigio.

Il valore assunto dalla misura proporzionale standardizzata è espresso su base 100 ed è indicato dall'altezza di ciascun istogramma mentre il segmento verticale posto in cima delimita i limiti dell'intervallo di confidenza della stima.

---

<sup>84</sup> Terza Relazione sullo Stato dell'Ambiente – 2005, par. 2.10

Figure 30-35. Proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età, secondo 4 livelli di esposizione



Legenda: 1-4: livelli di esposizione a NO<sub>2</sub>

■ gen97-giu99 ■ lug99-giu00 ■ lug02-dic04

Anche secondo questa seconda linea di analisi, la verifica dell'ipotesi in base alla quale il periodo di chiusura del tunnel avrebbe determinato una diminuzione dei ricoveri per le patologie attribuibili all'inquinamento nei bambini e negli anziani non può essere confermata nel suo insieme.

Si osserva, per altro, una diminuzione assoluta della proporzione di ricoveri nel periodo di chiusura del tunnel solo per le malattie dell'apparato respiratorio tra gli anziani residenti nei comuni con livello di esposizione ad inquinante elevato ( $\text{NO}_2 = 4$ ), sebbene non in misura statisticamente significativa<sup>85</sup>.

In conseguenza di questi risultati, per evidenziare oltre alle diminuzioni assolute anche quelle relative dell'effetto dell'esposizione a concentrazioni crescenti di inquinante, si è considerato il livello di esposizione basso ( $\text{NO}_2 = 1$ ), come valore base di riferimento e posto pari ad 1, e si sono misurati i valori, in eccesso ed in difetto, della proporzione di ricoveri per malattie dell'apparato respiratorio e malattie ischemiche del cuore tra gli anziani nei tre periodi oggetto di studio.

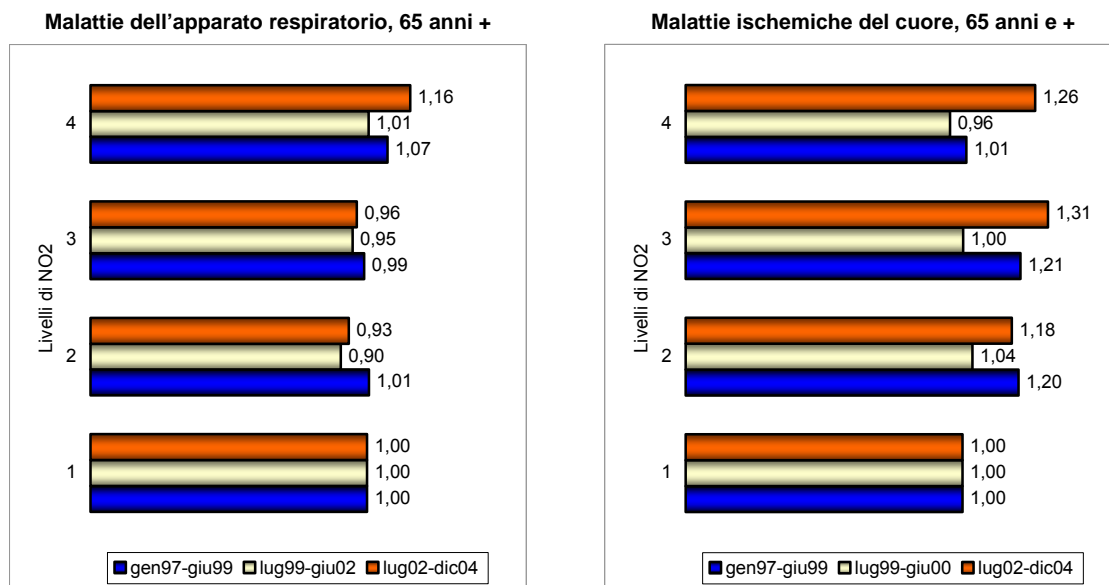
Si registra in questo modo, in corrispondenza del periodo di chiusura del tunnel (luglio 1999-giugno 2002), una diminuzione, oltre che per le malattie respiratorie, rilevabile in termini assoluti, anche una riduzione per malattie ischemiche del cuore, come mostrano i grafici delle figure 36 e 37.

La figura 37, relativa ai ricoveri per malattie ischemiche del cuore negli anziani, può quindi essere letta nel modo seguente: rispetto ai comuni che registrano il livello più basso di inquinamento ( $\text{NO}_2 = 1$ ), la proporzione di ospedalizzazione mediamente cresce per i comuni esposti ai livelli più alti, ma tale crescita non è omogenea nel tempo: mentre per il periodo da luglio 2002 a dicembre 2004 i comuni con livello più alto di inquinante ( $\text{NO}_2 = 4$ ) registrano una proporzione aggiuntiva di rischio del 26% rispetto ai comuni di livello più basso di inquinante, nel periodo di chiusura i comuni con livello più alto di inquinante registrano una proporzione di ricoveri attribuibili ridotta del 4% rispetto ai comuni di livello più basso di inquinante, più lontani dal fondo Valle (vedi Figura 29).

---

<sup>85</sup> La significatività statistica consente di escludere l'effetto del caso nell'evento osservato. Un evento osservato può non essere statisticamente significativo semplicemente perché basato su una numerosità non adeguata

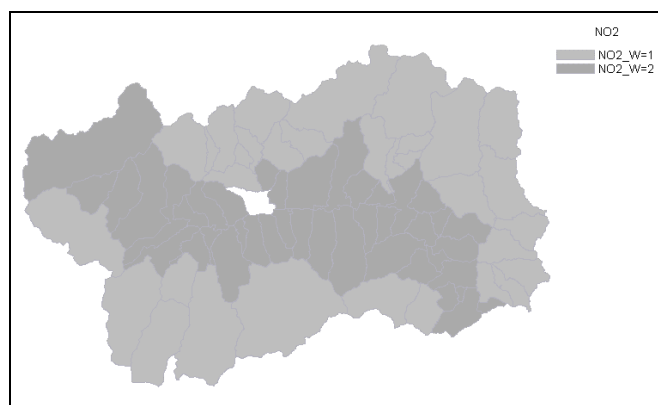
**Figure 36-37. Rapporto tra proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età, secondo 4 livelli di inquinamento e periodi.**



Risultando di interesse questo indirizzo di indagine, si è proceduto ad una terza linea di analisi: sono stati ridotti a soli due i livelli di esposizione (NO<sub>2</sub> = 1 che corrisponde al livello più basso di inquinamento ed NO<sub>2</sub> = 2 che corrisponde al livello più alto di inquinamento e somma i precedenti livelli 2,3 e 4) per indagare se, gli effetti sulla salute non emersi, o emersi debolmente nelle precedenti analisi, acquistano forza raggruppando secondo questo nuovo criterio i comuni per livelli di esposizione superiori al primo.

La figura 38 rappresenta la nuova distribuzione regionale dei comuni per due soli livelli di inquinamento da biossido di azoto (NO<sub>2</sub>).

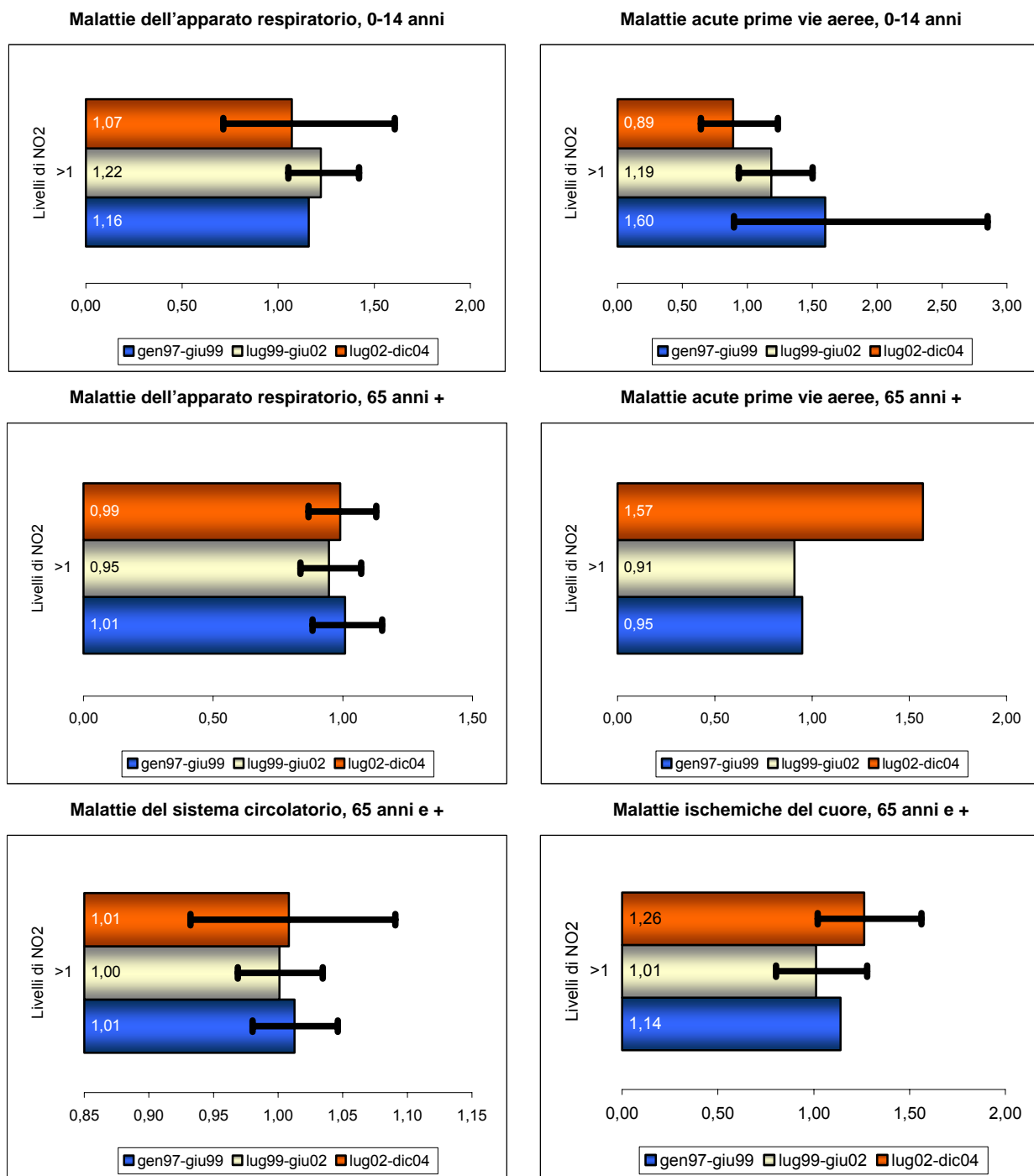
**Figura 38. Assegnazione dei comuni, esclusa Aosta, a due livelli di inquinamento stimato di NO<sub>2</sub>**



Nelle figure da 39 a 44 sono stati rappresentati i rischi relativi dei comuni con livello di concentrazione di inquinante elevato (NO<sub>2</sub> = 2) rispetto ai comuni meno inquinati, separatamente per i tre periodi in studio e per tipo di patologia.

Per valutare la significatività di eventuali deficit di rischio nel secondo periodo è stato utilizzato un modello multivariato che, pur dando risultati sostanzialmente equivalenti al semplice rapporto tra proporzioni utilizzato in precedenza, fornisce i livelli di variabilità delle stime (indicati dal segmento nero<sup>86</sup>).

**Figure 39-44. Rapporto tra proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età, per il livello di inquinamento più elevato rispetto al livello meno inquinato, per periodi.**



<sup>86</sup> Per alcune malattie e periodi i modelli multivariati non raggiungono la convergenza, risultando stimabili i rischi ma non gli intervalli di confidenza delle stime.

Queste ulteriori analisi confermano quanto già rilevato considerando le concentrazioni di inquinante a quattro livelli e, quindi, a quattro gruppi di comuni e non aggiungono ulteriori evidenze<sup>87</sup>.

Sebbene si rilevino indizi circa un minore rischio di ospedalizzazione per patologie specifiche nel periodo di chiusura del tunnel tra gli anziani, risulta comunque evidente che la potenza statistica dello studio (data la numerosità della popolazione valdostana) non è sufficiente per avvalorare l'ipotesi generale di partenza riguardo una riduzione dell'ospedalizzazione per alcune patologie specifiche nel periodo di chiusura del tunnel.

Per ultimo, ancorché difficilmente supportabile dalla numerosità dei casi, si è voluto studiare se la chiusura del traforo del Monte Bianco abbia particolarmente influito sulla salute delle sole popolazioni della Valdigne, ovvero nei comuni di Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier<sup>88 89</sup>. Tali comuni si trovano infatti nel tratto finale della parte italiana del tragitto compiuto dal traffico veicolare diretto verso il traforo e, sebbene spesso l'autostrada corra in galleria, la carta di concentrazione di NO<sub>2</sub> mostra valori relativamente elevati di inquinante in questi quattro comuni.

Data la scarsa popolazione coinvolta (7.870 abitanti totali al 2004) non è stato possibile condurre le analisi per le malattie acute delle prime vie aeree, numericamente inconsistenti.

I risultati per le altre patologie sono riportati nella Tabella 9 e riassunti nelle figure da 45 a 48.

**Tabella 9. Proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età nella Valdigne, secondo i periodi in analisi.**

Malattie dell'apparato respiratorio, 0-14 anni				Malattie dell'apparato respiratorio, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	12,5	9,6	15,4	gen 1997 - giu 1999	14,2	12,1	16,4
lug 1999 - giu 2002	16,8	13,6	20,0	lug 1999 - giu 2002	14,2	12,3	16,2
lug 2002 - dic 2004	20,5	16,2	24,8	lug 2002 - dic 2004	17,2	15,0	19,4

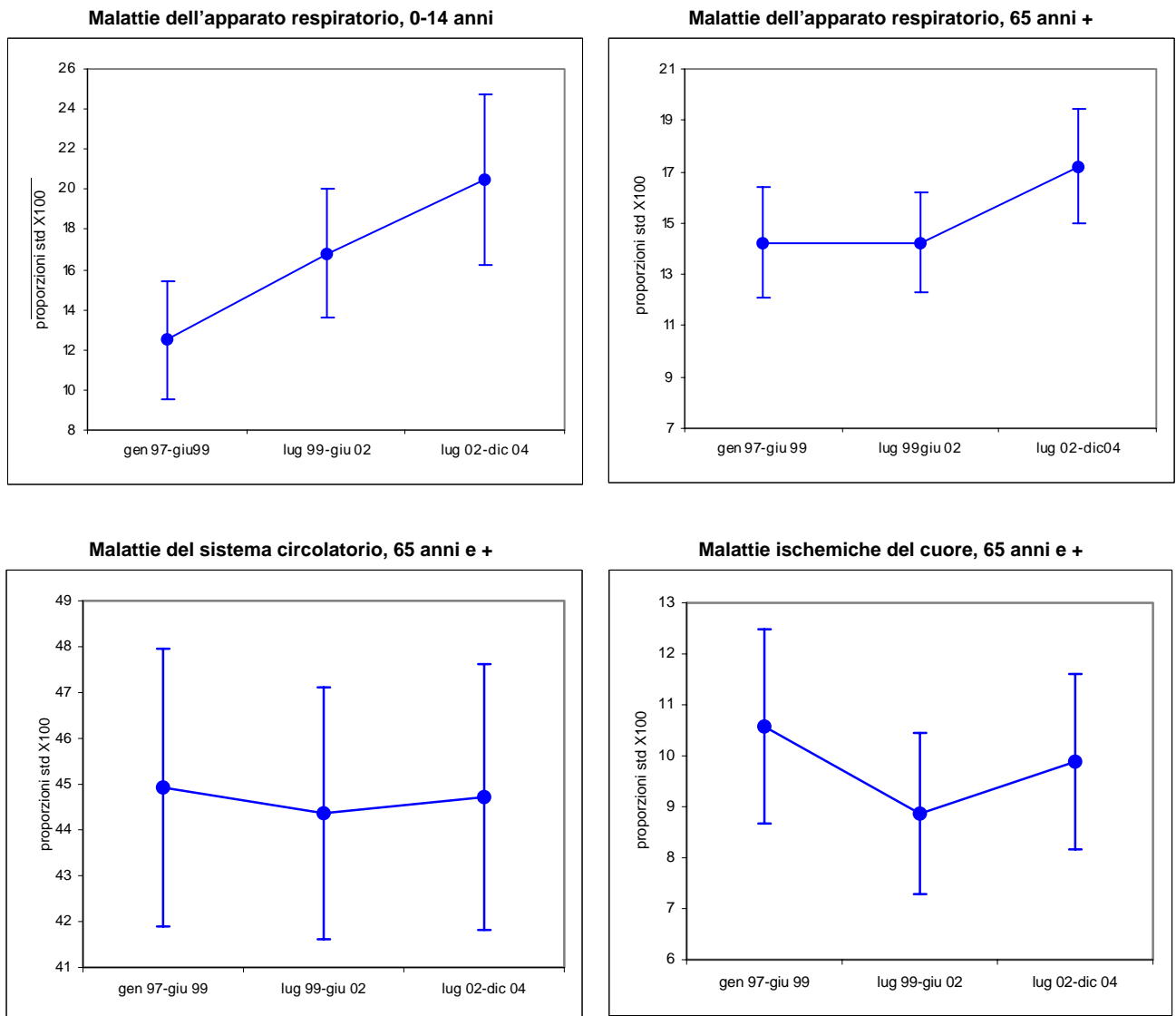
Malattie del sistema circolatorio, 65 anni ed oltre				Malattie ischemiche del cuore, 65 anni ed oltre			
Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%		Periodo	Prop. sdt. X 100	I.C. al 95%	
gen 1997 - giu 1999	44,9	41,9	48,0	gen 1997 - giu 1999	10,6	8,7	12,5
lug 1999 - giu 2002	<b>44,4</b>	41,6	47,1	lug 1999 - giu 2002	8,9	7,3	10,4
lug 2002 - dic 2004	44,7	41,8	47,6	lug 2002 - dic 2004	9,9	8,2	11,6

<sup>87</sup> Per le malattie acute delle prime vie aeree negli ultrasessantacinquenni, il rischio relativo particolarmente elevato (1.57.) dei comuni 'inquinati' nel periodo da luglio 2002 a dicembre 2004 (riapertura del tunnel) in realtà è da attribuirsi alla proporzione particolarmente bassa registrata nei comuni presi come di riferimento

<sup>88</sup> Con l'esclusione di La Thuile, fuori dalla rotta viaria principale che coinvolge alti volumi di traffico pesante

<sup>89</sup> Si veda la mappa riportata nella III Relazione sullo Stato dell'Ambiente consultabile su:  
[http://www.arpa.vda.it/\\_download\\_pup.cfm?dwd=2873,1](http://www.arpa.vda.it/_download_pup.cfm?dwd=2873,1)

Figure 45-48. Proporzioni di ospedalizzazione per cause e fasce di età nella Valdigne, secondo i periodi in analisi.



Le conclusioni attengono deboli indizi di riduzione della proporzione di ricoveri nel periodo di chiusura del tunnel solo per le malattie del sistema circolatorio tra gli anziani, a cui sembra avere contribuito soprattutto un minor ricovero per le malattie ischemiche del cuore.

### Analisi della mortalità

L'attuale struttura dei dati di mortalità non permette una selezione dei casi entro l'anno solare, come è avvenuto per le analisi sulla ospedalizzazione, pertanto i periodi posti a confronto sono quelli relativi agli anni:

- ✓ 1997-1999 (corrispondenti a prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco);

- ✓ 2000-2002 (corrispondenti al periodo di chiusura del tunnel);
- ✓ 2003-2005 (corrispondente alla riapertura del tunnel).

Per l'analisi della mortalità si è fatto ricorso a misure di occorrenza nella popolazione, essendo i tassi generali maggiormente stabili nel tempo<sup>90</sup>, utilizzando modelli multivariati che tengono conto della strutture per età nei diversi periodi. Le variazioni della composizione per età della popolazione intervenute nel tempo ed, eventualmente, nello spazio, sono state controllate assumendo come standard la popolazione italiana al censimento del 2001.

I valori ottenuti dall'analisi sono riportati nella Tabella 10.

**Tabella 10. Mortalità: valori osservati e tassi standardizzati per periodi e cause.**

Cause di morte	1997-1999		2000-2002		2003-2005	
	Prima della chiusura del tunnel del Monte Bianco		Durante la chiusura del tunnel del Monte Bianco		Dopo la chiusura del tunnel del Monte Bianco	
	Valore Oss.to	Tasso std X100.000 ab.	Valore Oss.to	Tasso std X100.000 ab.	Valore Oss.to	Tasso std X100.000 ab.
Tutte le cause naturali, 0-14 anni	16	67.2	21	80.3	17	86.8
Tutte le cause naturali, > 65 anni	2963	3970.8	3170	3889.1	2126	3731.8
Malattie dell'apparato respiratorio, > 65 anni	272	344.9	291	336.2	232	394.4
Malattie acute delle prime vie aeree, > 65 anni	9	10.2	4	3.1	2	1.72
Malattie del sistema circolatorio, > 65 anni	1299	1978.7	1461	2080.9	1027	2146.2
Malattie ischemiche del cuore > 65 anni	348	473.4	407	506.4	411	506.66

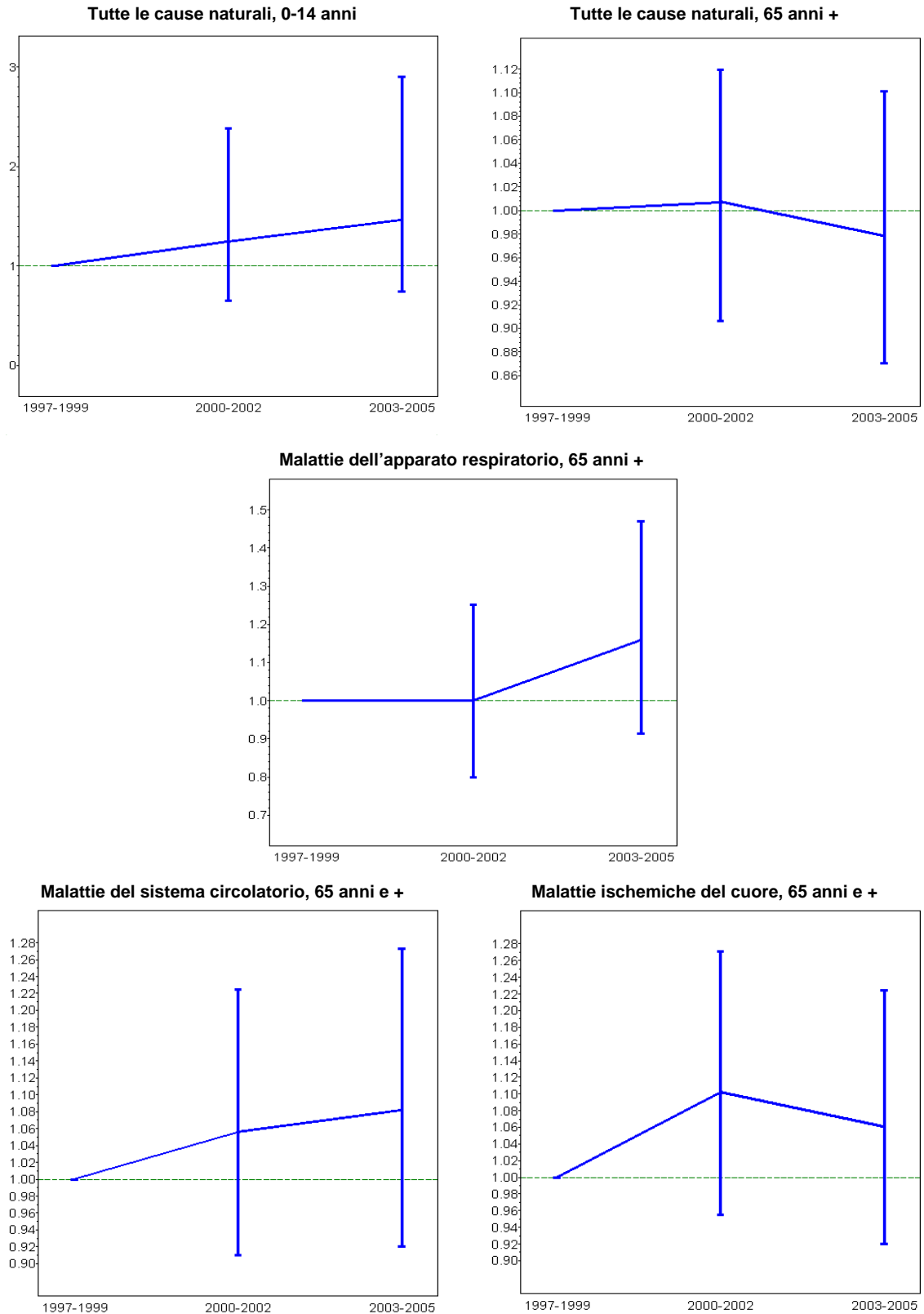
A fronte del numero di casi osservati, e per evidenti motivi di potenza statistica, le analisi specifiche riguardanti le malattie acute delle prime vie aeree tra gli anziani non sono state condotte.

Ponendo il tasso di mortalità del periodo 1997-1999 come valore base di riferimento, pari a 1, l'andamento della mortalità per periodi e cause è rappresentato nelle figure da 49 a 53 da cui si evince che solo per le malattie dell'apparato respiratorio, tra gli anziani, nell'ambito di un trend atteso in crescita, il periodo corrispondente alla chiusura del tunnel registra un tasso non in flessione, ma costante rispetto al periodo antecedente la chiusura stessa, anche se l'effetto appare trascurabile.

<sup>90</sup> Test statistici indicano che la differenza di mortalità tra periodi non risulta mai significativa.



**Figure 49-53. Rischi relativi di mortalità per cause e fasce di età, secondo i periodi in analisi.**



Analogamente all'approccio utilizzato per l'analisi delle cause di ricovero, sono stati considerati i soli comuni del fondo Valle<sup>91</sup> a maggiore concentrazioni di inquinante per valutare eventuali differenze nel rischio di mortalità per cause specifiche tra i periodi.

Dato lo scarso numero di eventi in studio, i livelli di esposizione, come già per le analisi sull'ospedalizzazione, sono stati ridotti a soli due ( $\text{NO}_2=2 > \text{NO}_2 = 1$ ).

Le figure da 54 a 58 illustrano i rischi relativi separatamente per i tre periodi in analisi.

Si evidenzia come, ad eccezione di un caso, i comuni del fondo Valle si trovino sotto la linea unitaria di rischio a denotare l'assenza di effetti sfavorevoli attribuibili all'esposizione all'inquinante.

Si nota inoltre che, per tutte le cause naturali tra i bambini e per le malattie ischemiche tra gli anziani, il periodo della chiusura del tunnel registra una debole flessione, sebbene gli intervalli di confidenza siano ampiamente sovrapposti, a significare che non è possibile escludere l'effetto del caso nel confronto tra periodi.

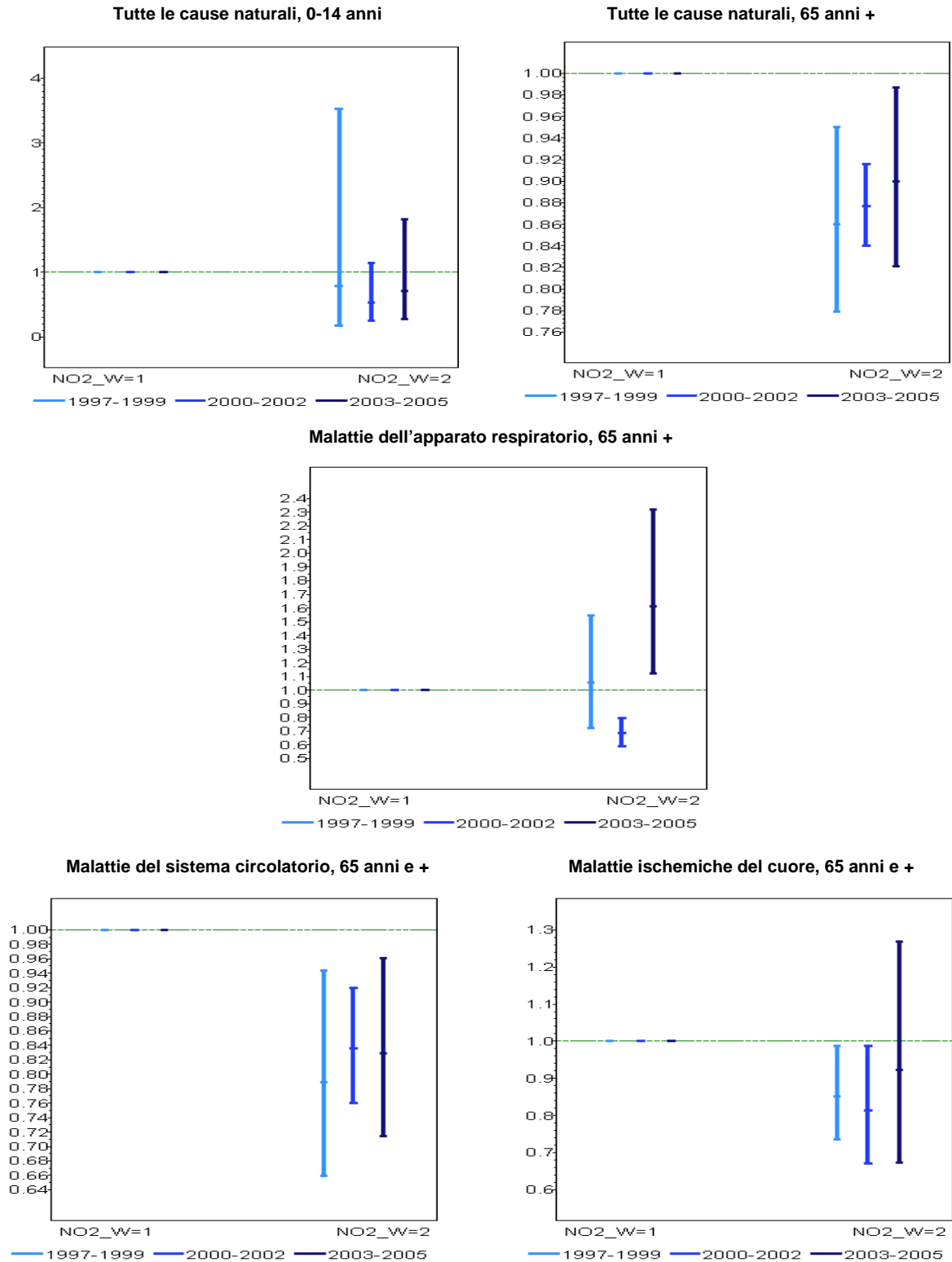
Solamente le malattie respiratorie tra gli anziani mostrano una riduzione più evidente nel secondo periodo. Questo è l'unico risultato relativamente marcato rilevato nell'analisi, coerente con quanto atteso rispetto ad una riduzione del livello degli inquinanti atmosferici. Ma l'assenza di coerenza con gli altri risultati di questo studio potrebbe indicare, o l'esistenza di un effetto casuale, oppure l'effetto di altre cause, quali ad esempio la presenza di ondate di calore nei comuni del fondo Valle rispetto a quelli posti a maggiore altitudine, un fenomeno certamente correlato con la mortalità respiratoria negli anziani.

I dati di mortalità quindi non mostrano una riduzione statisticamente significativa e ben distribuita della mortalità per le cause in esame, in relazione al periodo di chiusura del traforo ed alla conseguente riduzione dei livelli di inquinamento atmosferico, come era lecito attendersi dalle valutazioni di impatto. Si avverte tuttavia il lettore della limitata potenza statistica offerta dalla popolazione in studio.

---

<sup>91</sup> Questi comuni presentano abitualmente tassi di mortalità inferiori ai comuni montani, come dimostrato dai dati dell'Atlante della mortalità in valle d'Aosta 1980-2003 a cura dell'Osservatorio regionale Epidemiologico e per le Politiche sociali

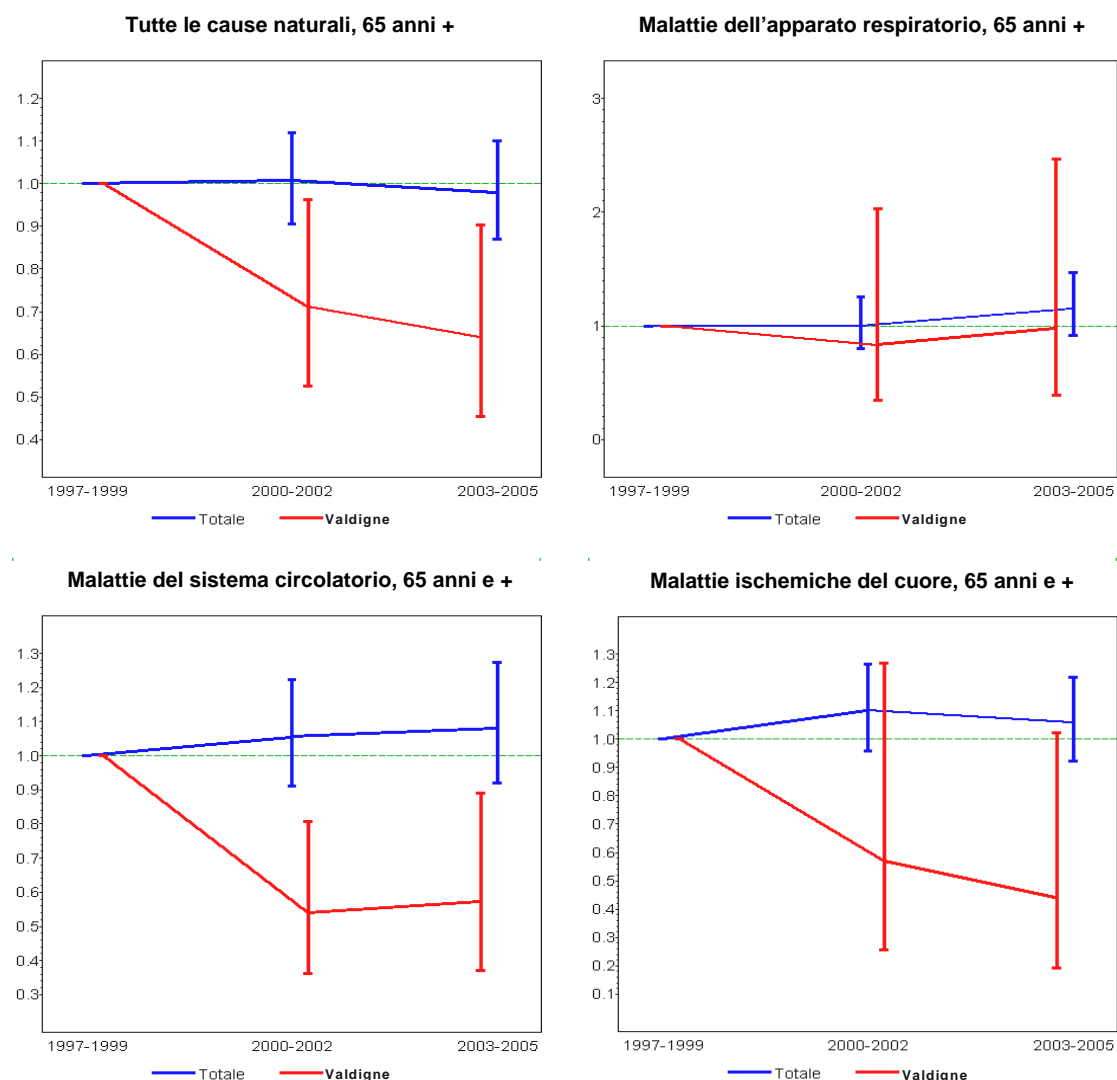
**Figure 54-58. Rischi relativi di mortalità per cause e fasce di età, per il livello di inquinamento più elevato rispetto al livello meno inquinato, per periodi.**



E' stata infine condotta l'analisi della mortalità nei soli quattro comuni della Valdigne oggetto di approfondimento, rapportata a quella della totalità dei comuni valdostani presi come confronto.

I risultati dello studio, per le sole cause di morte con un numero di eventi sufficiente, sono presentati nelle figure da 59 a 62, da cui si evince che i comuni di Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier<sup>92</sup> sembrano avere beneficiato, rispetto al trend regionale degli altri comuni, di una significativa riduzione della mortalità generale tra gli anziani, pari circa al 30% che però non sembra essere accentuata nel periodo di chiusura del tunnel. In realtà i dati confermano quanto già noto e pubblicato, inerente i generali migliori profili di salute nel distretto dell'Alta Valle ed una minore mortalità generale<sup>93</sup> rispetto al resto della regione.

**Figure 59-62. Rischi relativi di mortalità per cause e fasce di età, per periodi. Confronto con il totale regionale.**



<sup>92</sup> Indicati nel grafico con la dicitura Valdigne

<sup>93</sup> vedi Atlante della mortalità in Valle d'Aosta 1980-2003 ([www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni](http://www.regione.vda.it/sanita/oreps/pubblicazioni))

## **Conclusioni dello studio sulle variazioni di inquinanti e gli effetti sulla salute**

Lo studio è stato condotto per verificare se i tassi di ospedalizzazione e le morti per patologie attribuibili all'inquinamento atmosferico indotto da traffico pesante si sono ridotte durante il periodo di chiusura del tunnel del Monte Bianco a seguito dell'incendio del 24 marzo 1999.

L'analisi è stata condotta sia su tutta la popolazione residente nei comuni del territorio regionale, sia sulla popolazione residente nei soli comuni della Valdigne ed ha interessato sia tutte le età, sia i ricoveri e i decessi nei soli bambini ed anziani, notoriamente più sensibili e vulnerabili rispetto al resto della popolazione.

La prima conclusione riguarda i tassi di ospedalizzazione che, in generale, non si sono ridotti durante il periodo di chiusura del tunnel per le patologie correlabili all'inquinamento, né per tutte le età, né tra i bambini, né infine tra gli anziani residenti sul territorio regionale e, in particolare, nei quattro comuni della Valdigne interessati dallo studio (Courmayeur, La Salle, Morgex e Pré-Saint-Didier).

Si osserva, invece, durante il periodo di chiusura del tunnel, deboli riduzioni:

- ✓ nei ricoveri per le patologie dell'apparato respiratorio negli anziani residenti nei comuni della Valle d'Aosta a più alta concentrazione di inquinante (NO<sub>2</sub>) (vedi figure 36 e 41);
- ✓ nei ricoveri per le patologie dell'apparato circolatorio negli anziani ultrasessantacinquenni, attribuibile, in particolare, alle malattie ischemiche del cuore (infarto miocardico acuto ed altre forme acute e subacute di cardiopatia ischemica, infarto miocardico pregresso, angina pectoris ed altre forme di cardiopatia ischemica cronica) residenti nei comuni della Valle d'Aosta a più alta concentrazione di inquinante (NO<sub>2</sub>) (vedi figura 37 ed figure 43, 44) e nei quattro comuni della Valdigne interessati dallo studio (vedi figure 47 e 48).

La seconda conclusione riguarda la mortalità. Poiché il numero dei decessi è inferiore, in un anno, al numero dei ricoveri, è doveroso avvertire che l'analisi statistica applicata ai dati di mortalità non ha consentito di escludere l'effetto del caso nelle differenze osservate.

L'analisi statistica mostra che:

- ✓ a fronte di un valore atteso in riduzione nella mortalità attribuibile all'inquinamento atmosferico, durante il periodo di chiusura del tunnel del Monte Bianco, per le sole malattie dell'apparato respiratorio, tra gli anziani residenti nei comuni della Valle d'Aosta, il tasso di ospedalizzazione si mantiene costante rispetto al periodo precedente la chiusura (vedi figura 51);
- ✓ la mortalità nei residenti nei comuni a più alta concentrazione di inquinante (NO<sub>2</sub>) registra, per tutte le cause naturali tra i bambini, per le patologie dell'apparato respiratorio negli anziani e per le sole malattie ischemiche tra gli anziani, una debole

flessione, sebbene i piccoli numeri su cui è stato condotto lo studio non consentono di escludere l'effetto del caso nel confronto tra i periodi in studio (prima e durante la chiusura del tunnel) (vedi figure 54, 56 e 58);

- ✓ i dati di mortalità non mostrano una riduzione statisticamente significativa e ben distribuita della mortalità attribuibile all'inquinamento in relazione alla chiusura del tunnel come era lecito attendersi dopo le stime ottenute attraverso la valutazione di impatto (vedi paragrafo 8.1);
- ✓ la mortalità attribuibile all'inquinamento tra i residenti nei quattro comuni della Valdigne interessati dallo studio non sembra avere beneficiato della chiusura del tunnel, mentre si conferma una mortalità più bassa rispetto a quella degli altri comuni della regione dati i migliori livelli di salute generali della popolazione residente nel distretto dell'Alta Valle, come già dimostrato in altre pubblicazioni epidemiologiche a carattere regionale.