



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Analisi dei dati europei del trasporto su strada 1990-2004

Gianluca Iarocci

gianluca.iarocci@apat.it

Riccardo De Lauretis

riccardo.delaretis@apat.it

Informazioni legali

L'Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo Rapporto.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM). La presente pubblicazione fa riferimento ad attività svolte in un periodo antecedente l'accorpamento delle tre Istituzioni e quindi riporta ancora, al suo interno, richiami e denominazioni relativi ai tre Enti soppressi.

ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
Via Vitaliano Brancati, 48
00144 Roma
www.isprambiente.it
ISPRA, Dicembre 2008

ISBN 978-88-448-0370-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Elaborazione grafica
ISPRA

Coordinamento tipografico:
Daria Mazzella e Simonetta Turco
ISPRA - Settore Editoria

Amministrazione:
Olimpia Girolamo
ISPRA - Settore Editoria

Distribuzione:
Michelina Porcarelli
ISPRA - Settore Editoria

Un ringraziamento particolare a Roberto De Luca che ha svolto la fase di raccolta dei dati e le prime analisi.

INDICE

INTRODUZIONE.....	pag. 4
MATERIALI.....	pag. 5
STATISTICHE DESCRITTIVE.....	pag. 7
ANALISI STATISTICHE MULTIVARIATE.....	pag. 14
CONCLUSIONI.....	pag. 19
BIBLIOGRAFIA.....	pag. 21

INTRODUZIONE

Il trasporto su strada di merci e persone contribuisce in maniera rilevante all'inquinamento atmosferico. Le emissioni in aria dovute al trasporto su strada sono tra le principali sorgenti delle emissioni di inquinanti atmosferici come gli ossidi di azoto, il monossido di carbonio, i composti organici volatili non metanici, il particolato atmosferico e i gas serra. In particolare le emissioni dal settore hanno una notevole importanza nella determinazione della qualità dell'aria nelle aree urbane.

Il settore dei trasporti produce inoltre una serie di impatti diretti ed indiretti sull'ambiente come il consumo di risorse energetiche da fonti non rinnovabili, l'inquinamento atmosferico, i cambiamenti climatici, l'inquinamento acustico, l'inquinamento idrico e dei suoli, il consumo del territorio, la perdita degli habitat, il danneggiamento del patrimonio storico e artistico e i danni all'equilibrio idro-geologico e al paesaggio.

Dati recenti tratti dall'inventario nazionale delle emissioni atmosferiche mostrano che, a fronte di una diminuzione delle emissioni dovute alle attività di produzione di energia elettrica ed ai grandi impianti di combustione, in particolare per quelle emissioni sottoposte a controllo come gli ossidi di zolfo (SO_x), gli ossidi di azoto (NO_x), il particolato (PM) ed i composti organici volatili non metanici (NMVOC), non si è riscontrata una altrettanto sostanziale diminuzione delle emissioni dovute al trasporto su strada.

A tale riguardo, infatti, in Italia l'aumento del numero dei veicoli e dei chilometri percorsi ha controbilanciato l'effetto positivo dovuto alla penetrazione di veicoli meno inquinanti; questo oltre ad aumentare le situazioni di congestione con i connessi disagi (inquinamento acustico, aumento dei tempi di percorrenza), ha fatto permanere, o comunque non ha risolto nella misura auspicata, i problemi legati alle emissioni di inquinanti caratteristici del traffico.

Il settore dei trasporti contribuisce a una varietà di problemi ambientali; forse il più serio e difficile è quello dei cambiamenti climatici. Il parco veicolare in Italia è responsabile di circa un quarto delle emissioni totali di gas serra.

Il settore dei trasporti mostra un grande incremento di emissioni di gas serra in molti paesi dell'unione europea ed è perciò cruciale trovare soluzioni per ridurre le emissioni di tale settore.

In questo contesto è importante individuare la sensibilità dei modelli e dei parametri utilizzati per stimare le emissioni in atmosfera. Il lavoro presentato in questa pubblicazione è stato quindi proposto e sviluppato, nell'ambito delle attività della Task Force Emission Inventories and Projections, e in particolare del gruppo esperti del trasporto stradale, al fine di confrontare le assunzioni ed i valori dei parametri del modello COPERT III utilizzato da diversi paesi europei per la stima delle emissioni dal settore.

MATERIALI

Nel luglio 2006 l'APAT ha richiesto, ai paesi europei che utilizzano il modello COPERT III, i dati inerenti le principali assunzioni di base relative alle stime delle emissioni, dovute al trasporto su strada, per fare una comparazione dei parametri usati per stimare le emissioni nazionali del settore.

In particolare sono state richieste, per il 1990 e per il 2004, le informazioni relative alla flotta dei veicoli, alle velocità medie, alle percorrenze in veicoli chilometro, alla distribuzione delle percorrenze per tipologia di guida (urbano, extraurbano e autostradale), distinte per le classi dei veicoli riportate nel modello e i consumi di combustibile di benzina, gasolio e GPL.

I paesi che hanno fornito le informazioni richieste sono stati Bosnia-Erzegovina, Brussel-Belgio, Estonia, Fiandre-Belgio, Francia, Lettonia, Norvegia, Slovacchia e Spagna.

Obiettivo del lavoro era di verificare le differenze nell'utilizzo dello stesso modello tra i diversi Paesi europei, differenze dovute sia alle caratteristiche nazionali in termini di tipologia di veicoli, percorrenze e velocità medie, sia alla diversa interpretazione nell'utilizzo del modello.

Per confrontare i paesi è stato necessario costruire indicatori statistici di sintesi della notevole quantità di informazione raccolta. Nello specifico sono stati calcolati i dati medi relativi alle velocità in ambito urbano, rurale e autostradale e alle distribuzioni percentuali delle percorrenze totali (share) per le tre condizioni di guida sia per il 1990 che per il 2004, ponderati in base alle percorrenze totali per ogni tipologia veicolare. Le altre variabili sono riportate nella loro unità di misura originaria.

In questo studio per analizzare i dati del trasporto su strada in Europa si sono utilizzate tecniche statistiche descrittive per descrivere le velocità, gli share, le percorrenze e i consumi di carburante e la tecnica di statistica multivariata, analisi in componenti principali, per avere una lettura di sintesi degli indicatori. Tale tecnica consente di esplorare e sintetizzare l'insieme dei dati al fine di rappresentare le variabili iniziali attraverso un numero inferiore di variabili o dimensioni non direttamente osservate, allo scopo di sintetizzare l'informazione originaria e facilitare la lettura dei dati a disposizione.

La cluster analysis gerarchica infine è stata utilizzata per individuare gruppi di unità omogenee (i paesi). Tale analisi è stata effettuata a partire dai punteggi fattoriali ottenuti tramite l'analisi delle componenti principali. La cluster analysis gerarchica consente di individuare raggruppamenti concatenati di unità statistiche.

STATISTICHE DESCRITTIVE

Si riportano nel seguito le statistiche descrittive relative alle diverse variabili per i primi confronti. I risultati ottenuti sono tutti riferiti a dati ponderati tranne quelli relativi alla distanza media del viaggio, ai consumi di carburante, alla flotta veicolare su strada (compresa la quota di EURO III sul totale per settore - sottosettore - tecnologia) .

Per quel che riguarda le velocità urbane, rurali ed extraurbane medie si può osservare (TABELLA 1) che per tutti i paesi non si sono registrate forti variazioni tra il 1990 ed il 2004 anche se la velocità media urbana, extraurbana ed autostradale è mediamente aumentata dal 1990 al 2004.

Le velocità urbane variano tra i 25 Km/h della Spagna e i 35 Km/h della Lettonia sia nel 1990 che nel 2004, quelle extraurbane nel 1990 tra i 37 Km/h di Brussel-Belgio e i 71 Km/h di Estonia e nel 2004 tra i 37 Km/h (Brussel-Belgio) e gli 88 Km/h (Estonia). Le velocità autostradali, se si escludono Bosnia-Erzegovina ed Estonia che non hanno riportato dati relativi a strade di questo tipo, variano tra gli 80 Km/h (Brussel-Belgio) e i 107 Km/h (Fiandre-Belgio) sia nel 1990 che nel 2004.

TABELLA 1 – Velocità (dati ponderati)

Paese	Velocità urbane -1990	Velocità extraurbane -1990	Velocità autostradali -1990	Velocità urbane -2004	Velocità extraurbane -2004	Velocità autostradali -2004
Lettonia	35,2	67,7	87,5	35,4	68,3	87,9
Slovacchia	30,9	63,6	95,0	30,5	67,8	101,5
Bosnia-Erzegovina	30,0	59,9	0,0	30,0	59,7	0,0
Norvegia	26,0	66,5	81,9	25,6	66,2	81,3
Francia	30,7	69,2	101,1	27,6	69,2	103,0
Fiandre-Belgio	22,8	50,4	107,4	22,8	50,4	107,3
Brussel-Belgio	20,0	37,3	80,0	20,0	37,2	80,0
Estonia	32,0	71,2	0,0	38,2	87,7	0,0
Italia	23,3	60,7	100,6	25,4	63,0	107,6
Spagna	25,0	63,9	101,0	25,0	64,0	102,1

Anche per quel che riguarda i dati relativi agli share delle percorrenze non si sono riscontrate grandi differenze nei due anni presi in considerazione, tranne che per la Bosnia che ha registrato nel 2004 un aumento nelle percorrenze in ambito urbano a discapito di quelle in ambito extraurbano.

Gli share urbani (TABELLA 2) variano tra il 22,5% della Norvegia e i 39,3% della Slovacchia nel 1990; nel 2004 tra il 22,6% (Fiandre-Belgio) e il 53,6% (Bosnia-Erzegovina).

Gli share extraurbani di percorrenza più bassi si registrano in Spagna (20,3% nel 1990 e 18,9% nel 2004) e i più alti in Norvegia 65,8% e in Estonia 71,6%. Sia nel 2004 che nel 1990 lo share extraurbano medio dei paesi analizzati è circa il 50% e quello urbano il 32%.

Se si escludono Bosnia-Erzegovina ed Estonia, che non hanno riportato dati riferiti alle tipologie di guida autostradali, gli share autostradali più bassi si hanno in Norvegia (8,8% nel 1990 e 9,0% nel 2004) mentre i più alti si registrano in Spagna (48,2% nel 1990 e 49,5 nel 2004).

TABELLA 2 – Share (dati ponderati)

Paese	Share urbani -1990	Share extraurbani-1990	Share autostradali -1990	Share urbani -2004	Share extraurbani-2004	Share autostradali -2004
Lettonia	34,2	53,0	12,6	33,9	53,5	12,5
Slovacchia	39,3	46,2	14,5	38,4	45,7	15,9
Bosnia-Erzegovina	37,9	62,1	0,0	53,6	46,3	0,0
Norvegia	22,5	65,8	8,8	23,3	63,4	9,0
Francia	31,8	52,6	15,6	29,3	49,0	21,7
Fiandre-Belgio	24,8	41,3	33,9	22,6	38,8	38,6
Brussel-Belgio	33,1	55,2	11,7	33,8	53,2	13,0
Estonia	35,1	64,9	0,0	28,4	71,6	0,0
Italia	30,8	47,8	21,4	26,1	47,0	26,9
Spagna	31,5	20,3	48,2	31,5	18,9	49,5

Le percorrenze medie effettuate dai veicoli (TABELLA 3) sono rimaste pressoché invariate nel tempo con eccezione dell'Estonia dove le percorrenze medie sono dimezzate nel periodo. Tali percorrenze variano dai circa 5.000 Km dei veicoli di Brussel-Belgio a più di 20.000 Km della Lettonia, anche se gli altri paesi si ritrovano su un intervallo più ristretto tra i 10.000 e 14.000 Km annui medi.

TABELLA 3 – Percorrenze medie

Paese	Percorrenze-1990	Percorrenze-2004
Lettonia	23.090,5	21.888,2
Slovacchia	9.672,2	10.454,6
Bosnia-Erzegovina	11.931,2	12.624,8
Norvegia	13.802,4	14.243,1
Francia	13.567,1	14.017,1
Fiandre-Belgio	16.050,6	15.130,2
Brussel-Belgio	5.000,5	5.266,2
Estonia	21.447,7	13.682,8
Italia	10.946,7	11.163,5
Spagna	11.083,5	12.583,0

In relazione ai consumi di combustibile, solo in Bosnia-Erzegovina nel 2004 veniva ancora utilizzata la benzina con piombo (1.000.000 t). In tutti i paesi si è registrato un aumento rilevante della benzina senza piombo nel 2004 rispetto al 1990. Italia (14.304.000 t), Francia (11.419.375 t) e Spagna (7.714.000 t) hanno i maggiori consumi annui nel 2004 di questo tipo di carburante (TABELLA 4).

Anche il consumo di gasolio è cresciuto nel periodo considerato.

Nel 2004 in Francia (29.535.285 t), Italia (22.466.240 t) e Spagna (20.907.000 t) si è registrato il maggior utilizzo annuale di gasolio (TABELLA 5).

Soltanto in Italia è molto utilizzato il GPL e in ciascuno dei due anni considerati si supera il milione di tonnellate consumate, mentre negli altri paesi è usato poco (TABELLA 6).

TABELLA 4 – Consumo di benzina senza piombo nel 1990 e nel 2004

Paese	Consumo benzina senza piombo [t] 1990	Consumo benzina senza piombo [t] 2004
Spagna	98.000	7.714.000
Bosnia-Erzegovina	15.135	255.000
Francia	2.426.382	11.419.375
Lettonia	33.730	342.000
Norvegia	577.633	1.575.699
Slovacchia	2.000	628.483
Fiandre-Belgio	362.125	929.853
Brussel-Belgio	0	71.330
Italia	651.433	14.304.000
Estonia	0	290.400

TABELLA 5 - Consumo di gasolio nel 1990 e nel 2004

Paese	Consumo gasolio [t] 1990	Consumo gasolio [t] 2004
Spagna	7.788.000	20.907.000
Bosnia-Erzegovina	428.500	430.000
Francia	16.380.566	29.535.285
Lettonia	52.900	427.000
Norvegia	785.693	1.598.169
Slovacchia	990.688	966.575
Fiandre-Belgio	2.182.823	3.732.534
Brussel-Belgio	113.269	170.521
Italia	15.278.022	22.466.240
Estonia	376.000	350.100

TABELLA 6 - Consumo di GPL nel 1990 e nel 2004

Paese	Consumo GPL [t] 1990	Consumo GPL [t] 2004
Spagna	26.000	71.000
Bosnia-Erzegovina	0	0
Francia	50.000	151.100
Lettonia	13.000	23.000
Norvegia	0	0
Slovacchia	0	30.737
Fiandre-Belgio	41.350	43.805
Brussel-Belgio	675	1.101
Italia	1.342.000	1.106.000
Estonia	0	0

Il modello COPERT III per il calcolo delle emissioni a freddo del motore utilizza un parametro (Ltrip) che rappresenta la distanza media percorsa giornalmente. Anche questo parametro non è variato nel tempo per i diversi paesi. Nella maggior parte dei paesi considerati si ha una distanza media del viaggio di 12 Km, dato consigliato nel modello, tranne che in Lettonia (14 Ltrip [Km]), Slovacchia (13,2 Ltrip [Km]), Francia (7 Ltrip [Km]), e Brussel-Belgio (5,6 Ltrip [Km]).

In relazione al parco veicolare, il paese con il maggior parco veicolare su strada tra quelli considerati nell'analisi è l'Italia (36.285.863 nel 1990 e 47.445.144 nel 2004) seguita da Francia (31.255.502 nel 1990 e 38.444.140 nel 2004) e Spagna (16.834.803 nel 1990 e 28.053.329 nel 2004) (TABELLE 7 e 8).

TABELLA 7 – Parco veicolare su strada Anno 1990

Nazione	Automobili	Veicoli commerciali leggeri	Veicoli commerciali pesanti	Ciclomotori	Moto	Totale
Spagna	11.995.745	1.934.454	511.378	1.323.088	1.070.138	16.834.803
Francia	23.330.003	4.203.000	625.999	2.318.000	778.500	31.255.502
Estonia	240.900	31.078	44.522	0	105.700	422.200
Slovacchia	875.550	89.949	136.939	264.784	106.809	1.474.031
Norvegia	756.762	232.570	92.025	137.967	29.965	1.249.288
Bosnia-Erzegovina	472.255	15.471	91.565	7.659	17.870	604.820
Lettonia	231.799	6.746	41.954	0	10.120	290.619
Fiandre - Belgio	2.254.691	123.918	96.708	1.588	63.656	2.540.561
Brussel - Belgio	412.862	67.568	34.340	20.500	12.487	547.757
Italia	27.183.683	1.473.125	1.019.783	3.634.601	2.974.671	36.285.863

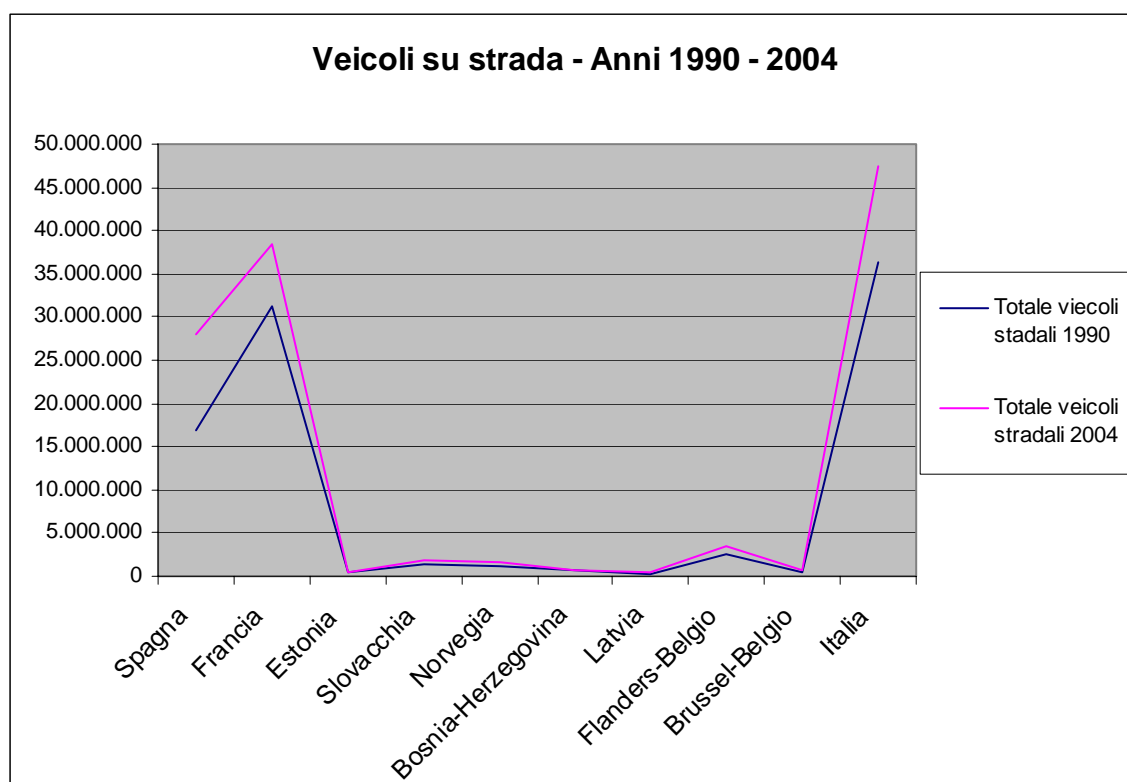
TABELLA 8 – Parco veicolare su strada Anno 2004

Nazione	Automobili	Veicoli commerciali leggeri	Veicoli commerciali pesanti	Ciclomotori	Moto	Totale
Spagna	19.542.053	3.904.554	754.763	2.242.046	1.609.913	28.053.329
Francia	29.888.142	5.454.499	646.499	1.344.000	1.111.000	38.444.140
Estonia	471.167	44.703	46.290	0	9.113	571.273
Slovacchia	1.401.276	145.283	122.048	79.700	51.768	1.800.075
Norvegia	998.054	369.068	105.908	141.755	100.849	1.715.632
Bosnia-Erzegovina	690.737	27.964	70.151	1.642	3.833	794.327
Lettonia	376.394	23.059	26.611	0	4.652	430.716
Fiandre - Belgio	2.904.814	287.444	110.686	6.914	181.207	3.491.065
Brussel - Belgio	490.463	54.470	15.417	20.500	20.781	601.631
Italia	33.655.963	3.159.944	1.045.068	4.666.786	4.917.383	47.445.144

In generale le automobili rappresentano la maggior parte della flotta veicolare su strada seguite dai veicoli commerciali leggeri.

In tutti i paesi si registra un aumento del parco veicolare su strada dal 1990 al 2004 e in particolare in Spagna (11.218.526), Italia (11.159.281) e Francia (7.188.638) (GRAFICO 1).

GRAFICO 1 – Trasporto su strada anni 1990-2004



Dai dati riportati nelle TABELLE 7 e 8 si osserva che sono diminuiti i veicoli commerciali pesanti e bus in Bosnia-Erzegovina (-21.414) e Brussel-Belgio (-18.923), Lettonia (-15.343) e Slovacchia (-14.891). I ciclomotori sono diminuiti in Francia (-974.000) e in Slovacchia (-185.084). Il numero di moto si è ridotto in Estonia (-96.587), Slovacchia (-55.041), Bosnia-Erzegovina (-14.037) e Lettonia (-5.468).

Il numero di ciclomotori dal 1990 al 2004 è cresciuto molto in Italia (+1.032.185) e Spagna (+918.958) e quello di moto è aumentato molto in Italia (+1.942.712), Norvegia (+70.885) e Spagna (+539.775).

Dalla TABELLA 9, che riporta la percentuale di vetture EURO III nel 2004 sul corrispondente totale del parco veicolare per settore – sottosettore – tecnologia, si può osservare come la normativa EURO III sia più diffusa in Spagna, Fiandre - Belgio, Francia e Italia, mentre in Bosnia-Erzegovina, Lettonia, Estonia e Norvegia il parco veicolare su strada ha pochi veicoli con caratteristiche che rispettano la normativa EURO III.

In termini percentuali le automobili diesel <2,0 l Euro III sono molto diffuse in Brussel-Belgio (61,7%) e Italia (55,3%), i motocicli 97/24/EC Stage II in Spagna (100,0%), le moto 97/24/EC in Estonia (100,0%) e Francia (55,2%), i veicoli pesanti diesel >32t Euro III in Slovacchia (85,7%) e in Spagna (49,7%).

TABELLA 9 - Percentuale Euro III sul totale per settore, sottosettore, tecnologia - Anno 2004

Sector - Subsector - Tech	Spagna	Fiandre-Belgio	Francia	Italia	Brussel-Belgio	Slovacchia	Norvegia	Estonia	Lettonia	Bosnia-Erzegovina
Automobili - Benzina <1,4 l - Euro III	18,0	34,7	24,9	21,8	26,2	18,3	15,5	13,0	6,0	8,0
Automobili - Benzina 1,4 - 2,0 l - Euro III	29,5	26,7	20,5	17,1	20,0	30,7	15,5	12,0	8,5	8,0
Automobili - Benzina >2,0 l - Euro III	23,9	30,5	18,2	36,1	25,9	6,9	15,5	11,6	7,1	8,0
Automobili - Diesel <2,0 l - Euro III	55,0	51,7	44,0	55,3	61,7	16,9	32,3	15,9	8,0	8,0
Automobili - Diesel >2,0 l - Euro III	51,4	50,7	39,0	42,8	51,5	11,5	32,3	12,2	8,0	8,0
Veicoli commerciali leggeri - Benzina <3,5 t - Euro III	9,6	17,8	17,7	22,3	7,3	34,4	18,5	10,4	17,0	0,8
Veicoli commerciali leggeri - Diesel <3,5 t - Euro III	31,3	51,1	25,9	28,3	32,1	12,9	26,7	16,7	17,0	7,0
Veicoli commerciali pesanti - Diesel 3,5 - 7,5 t - Euro III	29,7	24,1	14,8	10,0	19,5	4,3	16,5	10,8	4,0	7,0
Veicoli commerciali pesanti - Diesel 7,5 - 16 t - Euro III	30,2	24,1	18,3	9,6	19,5	8,0	15,5	3,9	4,0	7,0
Veicoli commerciali pesanti - Diesel 16 - 32 t - Euro III	30,3	24,1	27,4	15,8	19,5	19,6	25,8	16,1	19,0	7,0
Veicoli commerciali pesanti - Diesel >32t - Euro III	49,7	24,1	28,2	26,3	0,0	85,7	0,0	34,6	19,0	0,0
Bus - Urbani - Euro III	29,3	22,5	15,6	6,4	6,5	4,8	18,8	0,0	22,9	0,0
Bus - Extraurbani - Euro III	29,3	29,0	15,6	17,4	6,5	6,6	0,0	8,0	8,8	0,0
Ciclomotori - <50 cm ³ - 97/24/EC Stage II	100,0	0,0	11,6	6,8	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0	5,0
Moto - 2-4 tempi >50 cm ³ - 97/24/EC	28,1	38,2	55,2	45,8	35,4	11,2	0,0	100,0	14,0	7,5

ANALISI STATISTICHE MULTIVARIATE

Per avere una lettura di sintesi delle relazioni esistenti tra i parametri selezionati dai paesi europei che hanno trasmesso i loro dati, si sono considerati 7 indicatori¹, utilizzati nel modello COPERT, che caratterizzano il trasporto su strada dei diversi paesi.

Si è utilizzata la tecnica multivariata dell'analisi in componenti principali, per esaminare le relazioni tra le variabili quantitative (gli indicatori).

Un solo indicatore per quanto potente esso sia, non riesce ad esprimere totalmente realtà complesse ed è pertanto necessario considerare un insieme di indicatori.

La lettura dell'insieme degli indicatori utilizzati va semplificata attraverso l'individuazione di nuovi "indicatori sintetici" (componenti principali), costruiti come combinazione lineare degli indicatori originali.

Con l'analisi in componenti principali si cerca di rappresentare il fenomeno con un numero piccolo di variabili ottenute a partire da quelle originarie osservate e che tuttavia conservino quanta più informazione possibile sul fenomeno stesso.

Tecnicamente, il metodo delle componenti principali risolve (o cerca di risolvere) questo problema costruendo un insieme di variabili (componenti principali) combinazioni lineari di quelle originali osservate, tali che siano non correlate tra loro e ciascuna abbia varianza massima.

L'analisi statistica multivariata considerata è stata basata sulla matrice di dati riferiti all'anno 2004. Si sono considerati i primi due assi fattoriali, in quanto spiegano il 72,89% della varianza originaria. Il primo asse spiega il 48,26% di varianza, mentre il secondo risulta meno esplicativo, incrementando la varianza spiegata solo di un ulteriore 24,63%.

¹ Velocità urbana, velocità extraurbana, velocità autostradale, share urbano, share extraurbano, share autostradale, percorrenza.

Nella Tabella 10 sono riportati i coefficienti di correlazione tra le variabili osservate e le prime due componenti principali. L'asse positivo della prima componente principale (GRAFICO 2) è caratterizzato dalle variabili relative alle velocità medie in ambito urbano e rurale (spU e spR) e dallo share extraurbano (shR) ed individua quelle caratteristiche di traffico con elevate velocità medie in ambito urbano e rurale e elevate percentuali di traffico in ambito rurale tipiche di economie in transizione con limitato numero di veicoli e conseguentemente di traffico; al contrario l'asse negativo è caratterizzato dalle variabili relative alle velocità autostradali e allo share autostradale (spH e shH) ed individua caratteristiche di traffico con elevate percorrenze con modalità di tipo autostradale.

La seconda componente principale è caratterizzata lungo l'asse negativo dagli share urbani (shU) e sull'asse positivo dalle percorrenze (mil).

TABELLA 10

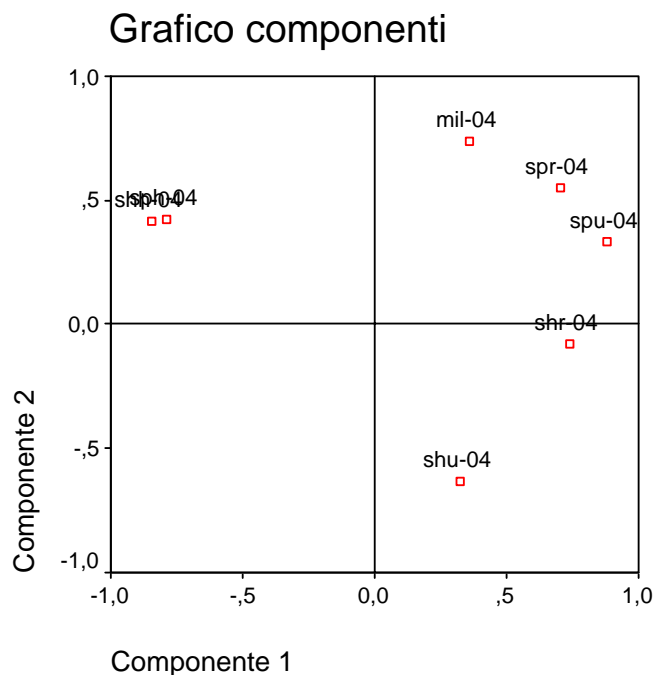
Matrice di componenti^a

	Componente	
	1	2
spU-04	,881	,335
spR-04	,702	,551
spH-04	-,788	,423
shU-04	,326	-,633
shR-04	,738	-,077
shH-04	-,843	,416
mil-04	,357	,741

Metodo estrazione: analisi componenti principali.

a. 2 componenti estratti

GRAFICO 2



Passando alla rappresentazione dell'analisi multivariata con riferimento ai paesi, in Tabella 11 sono riportate le prime due componenti principali. Lettonia, Estonia e Norvegia sono le nazioni che si trovano nel primo quadrante (asse positivo della prima componente e asse positivo della seconda componente) e sono caratterizzate da alti valori di velocità urbane e rurali, che denotano la presenza di poco traffico da trasporto su strada (GRAFICO 3).

Spagna, Fiandre - Belgio, Italia e Francia sono nazioni che si trovano nel secondo quadrante (asse negativo della prima componente e asse positivo della seconda) e sono caratterizzate da un'elevata percentuale di percorrenze in ambito autostradale.

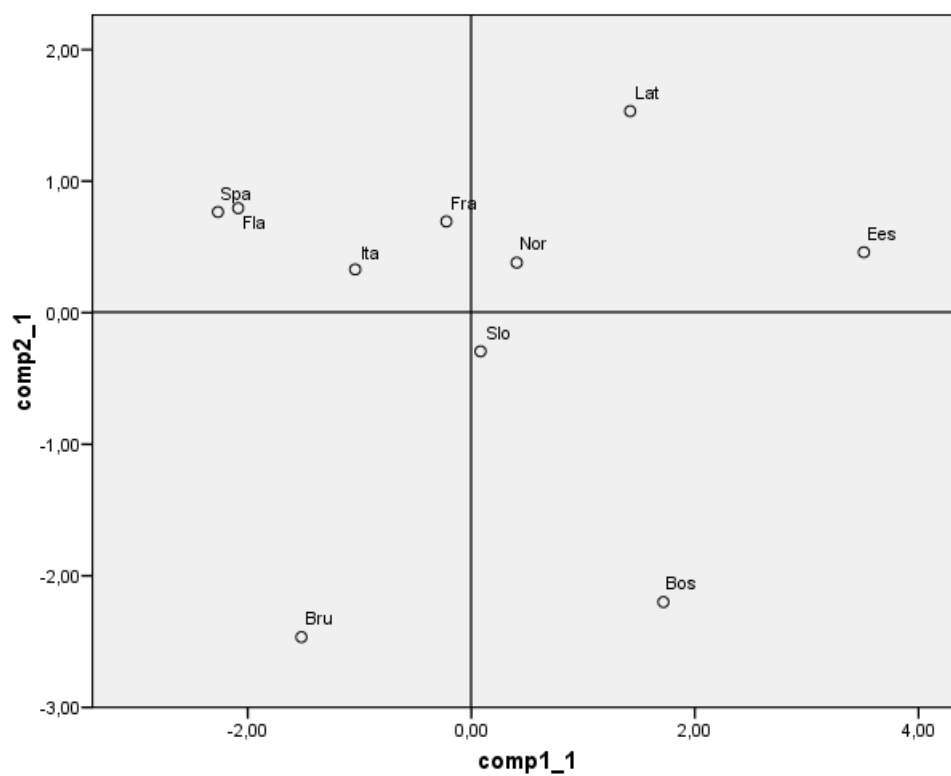
Soltanto Brussel - Belgio si trova nel terzo quadrante (asse negativo della prima componente e asse negativo della seconda componente) in conseguenza delle velocità medie generalmente inferiori agli altri paesi per tutti i tipi di percorso.

Bosnia-Erzegovina e Slovacchia si trovano nel quarto quadrante (asse positivo della prima componente e asse negativo della seconda componente) in conseguenza della elevata percentuale di percorrenze in ambito urbano.

TABELLA 11

Nazione	Comp1_1	Comp2_1
Lettonia	1,42	1,53
Slovenia	0,08	-0,29
Bosnia	1,72	-2,2
Norvegia	0,41	0,38
Francia	-0,22	0,69
Fiandre	-2,09	0,8
Brussell	-1,52	-2,47
Estonia	3,51	0,46
Italia	-1,04	0,33
Spagna	-2,27	0,77

GRAFICO 3



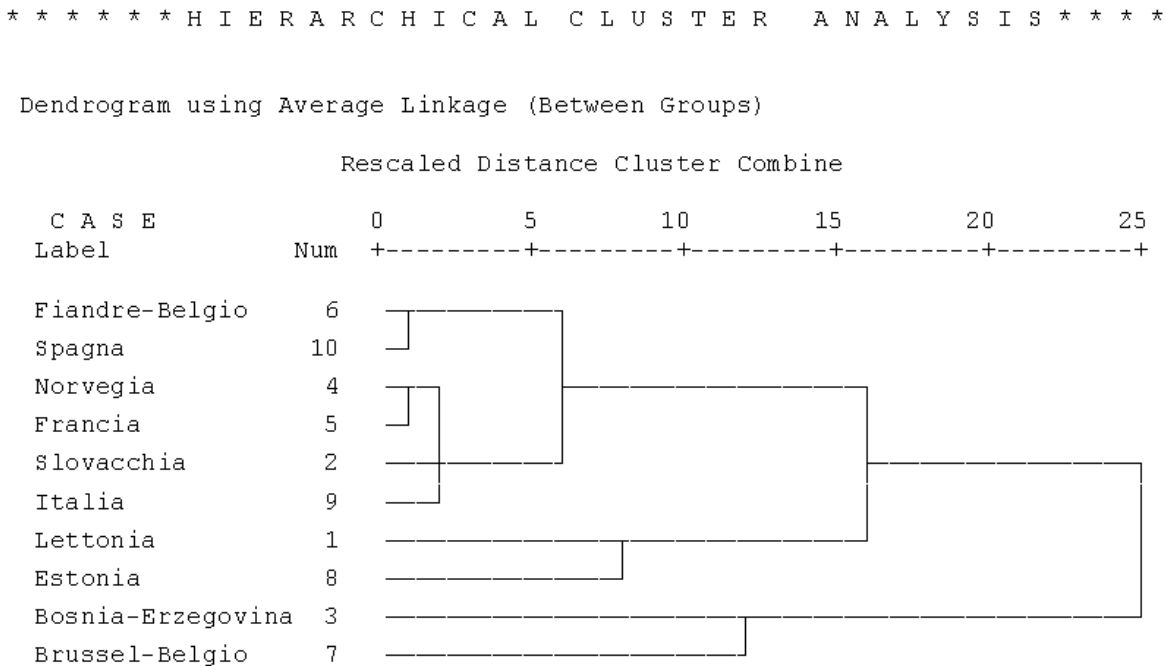
A seguire dell'analisi multivariata è stata effettuata la cluster analysis gerarchica che consente di individuare raggruppamenti concatenati di unità statistiche a partire dalla matrice di dati.

L'analisi dei gruppi è stata effettuata a partire dai punteggi fattoriali ottenuti tramite l'analisi delle componenti principali sui sette indicatori considerati. Tale scelta consegue dalla considerazione che i primi assi fattoriali risultanti dall'analisi multivariata, contengono la gran parte dell'informazione relativa alla variabilità contenuta nella matrice dei dati.

L'algoritmo gerarchico aggregativo che è stato utilizzato per avere gruppi di unità omogenee è stato il legame medio tra gruppi.

La cluster analysis ha portato all'identificazione di tre gruppi: uno è costituito da Fiandre - Belgio, Spagna, Norvegia, Francia, Slovacchia e Italia, un altro da Lettonia ed Estonia, un terzo da Bosnia-Erzegovina e Brussel-Belgio (GRAFICO 4).

GRAFICO 4



CONCLUSIONI

Questo lavoro confronta il trasporto su strada in alcuni paesi europei analizzando i dati e i parametri usati per stimare le emissioni nazionali del trasporto su strada attraverso il software COPERT III. Lo studio dei parametri, come le velocità medie, la distribuzione delle percorrenze per tipologia di guida e le percorrenze medie annue, sono rilevanti per identificare le differenti tipologie del trasporto su strada e allo stesso tempo il diverso utilizzo della metodologia di stima.

Lo studio dei dati raccolti ha permesso di evidenziare che si riscontrano notevoli differenze nei valori dei parametri utilizzati per la stima delle emissioni; anche la ripartizione dei consumi di combustibile è sensibilmente differente nei paesi inclusi nell'indagine. Non si riscontrano invece differenze significative tra i valori dei parametri relativi al 1990 e quelli utilizzati dai paesi per il 2004.

Inoltre la diffusione e penetrazione dei veicoli più tecnologicamente avanzati, e in particolare quelli EURO III, è stata molto differente in questi ultimi anni nei paesi osservati. Infatti, la tecnologia EURO III, nel 2004, è più diffusa in Spagna, Fiandre - Belgio, Francia e Italia, mentre in Bosnia - Erzegovina, Lettonia, Estonia e Norvegia il parco veicolare su strada ha pochi veicoli con caratteristiche che rispettano tale normativa.

L'analisi multivariata dei dati individua almeno tre gruppi distinti di paesi rispetto alle tipologie del trasporto su strada: Lettonia ed Estonia caratterizzate da traffico poco intenso, Spagna, Fiandre - Belgio, Italia, Francia, Norvegia e Slovacchia, sia pure in maniera diversa, sono caratterizzate da traffico più intenso e da un'elevata percentuale di percorrenze in ambito autostradale, Brussel-Belgio e Bosnia-Erzegovina sono caratterizzate da percentuali elevate di percorrenze in ambito urbano.

Lo strumento metodologico, il modello COPERT, può essere utilizzato in modo sostanzialmente diverso tra i paesi al fine di caratterizzare le specificità nazionali. Di conseguenza la revisione delle stime di emissione dal trasporto stradale non si può limitare all'analisi dei dati di emissione, ma deve andare ad esaminare nel dettaglio i valori dei parametri richiesti dal modello e utilizzati per la stima delle emissioni.

BIBLIOGRAFIA

APAT, Annuario dei dati ambientali 2007.

Cavrini G., Magnani S., Soffritti G., Esercizi di analisi statistica multivariata risolti con SPSS, Società editrice Esculapio, 1999.

COPERT III, http://reports.eea.europa.eu/Technical_report_No_50/en.

Saija S., Contaldi M., De Lauretis R., Ilacqua M., Liburdi R., Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale, Rapporto ANPA serie Stato dell'ambiente n.12/2000.

Vitali O., Statistica per le scienze applicate, Volume secondo, Cacucci Editore, 1993.