

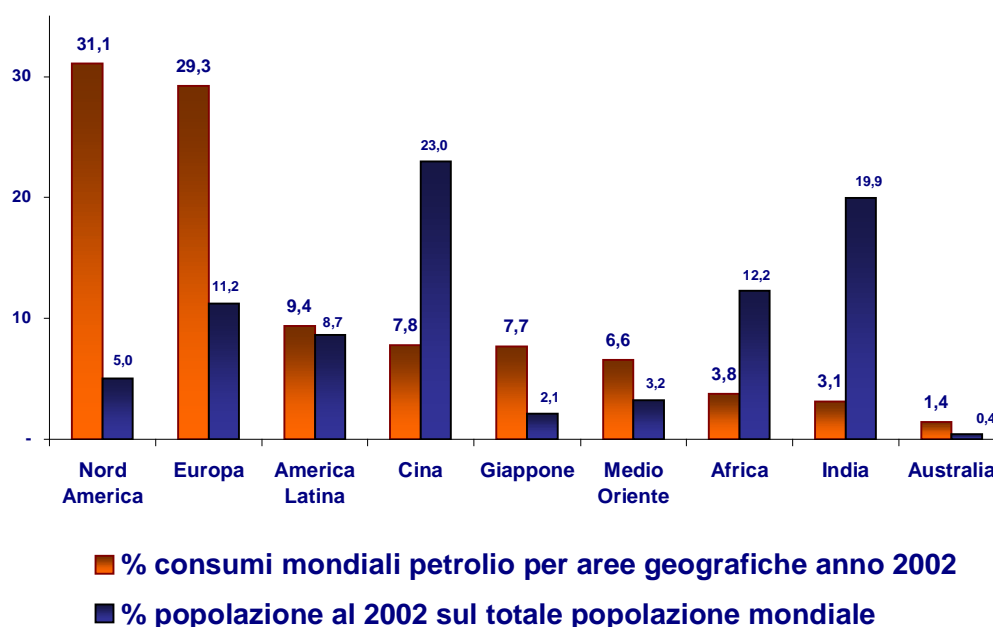
### Sommario

Nella valutazione delle politiche di riduzione dell'inquinamento veicolare è necessario, in attesa di un più significativo utilizzo dei carburanti alternativi, approntare strategie di ottimizzazione per incentivare il rinnovo del parco veicolare e ridurre i consumi.

### Carburanti

I consumi energetici nel mondo sono attualmente piuttosto sbilanciati: osservando il grafico in Figura 1 appare chiaro come, raffrontando la popolazione e i consumi di petrolio (dati raffrontabili in percentuale), l'insostenibilità delle politiche energetiche della parte settentrionale del continente americano, dell'Europa e del Giappone sia particolarmente evidente.

### Consumi mondiali petrolio per aree geografiche anno 2002

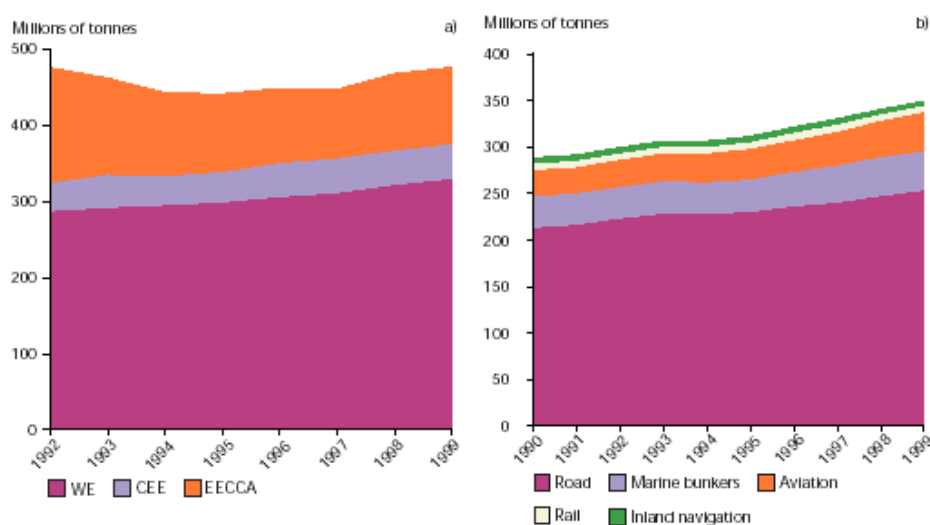


**Figura 1:** Consumi mondiali petrolio per aree geografiche. Elaborazione P.Villani, 2004, su dati Bp Statistical Review e U.S. Census Bureau.

Se appare del tutto scontato auspicare la rapida crescita economica dei Paesi più arretrati, la previsione dei futuri consumi energetici obbliga a qualche riflessione.

Sulla base dei trend di sviluppo attuali (in particolare quelli registrati in Cina e in India), confermati da poche ma significative variabili (ad esempio nel mese di aprile 2004 la vendita di autovetture in India è cresciuta più del 50% rispetto al solo mese precedente), si possono tracciare infatti alcuni scenari legati all'uso delle risorse e al possibile mutamento delle politiche in atto.

I grafici in Figura 2 evidenziano come il consumo di petrolio per usi legati al settore trasporti sia pari all'80% del consumo mondiale annuo (trasporto stradale, marittimo, aereo e in percentuali minime, per navigazione interna o trasporti ferroviari).



**Figura 2:** A sinistra, consumi di petrolio (milioni di tonnellate) per aree geografiche aggregate; a destra, consumi per il settore trasporti. Elaborazione AEA, 2001.

Anche nel corso di un recente convegno internazionale (Windsor Workshop, giugno 2004, Toronto, Canada) le maggiori case automobilistiche si sono interrogate sulle politiche da intraprendere: appare infatti chiaro come le risorse di idrocarburi (comprendendo anche quelle sempre segnalate come disponibili e assolutamente abbondanti, come gli scisti bituminosi presenti in Canada o in Cina) non consentano attualmente di far fronte alla sempre maggiore richiesta di carburanti che i più popolosi Paesi dell'estremo oriente richiederanno nei prossimi anni.

Le tecnologie introdotte negli ultimi venti anni sulle autovetture non sono state pensate per un minor uso di carburante e alcuni studiosi hanno evidenziato come i consumi dei cosiddetti SUV (Sport Utility Vehicle) siano oggi 275 volte superiori a quelli di analoghe (seppur assai meno accessoriate) automobili a quattro ruote motrici dei primi anni '70.

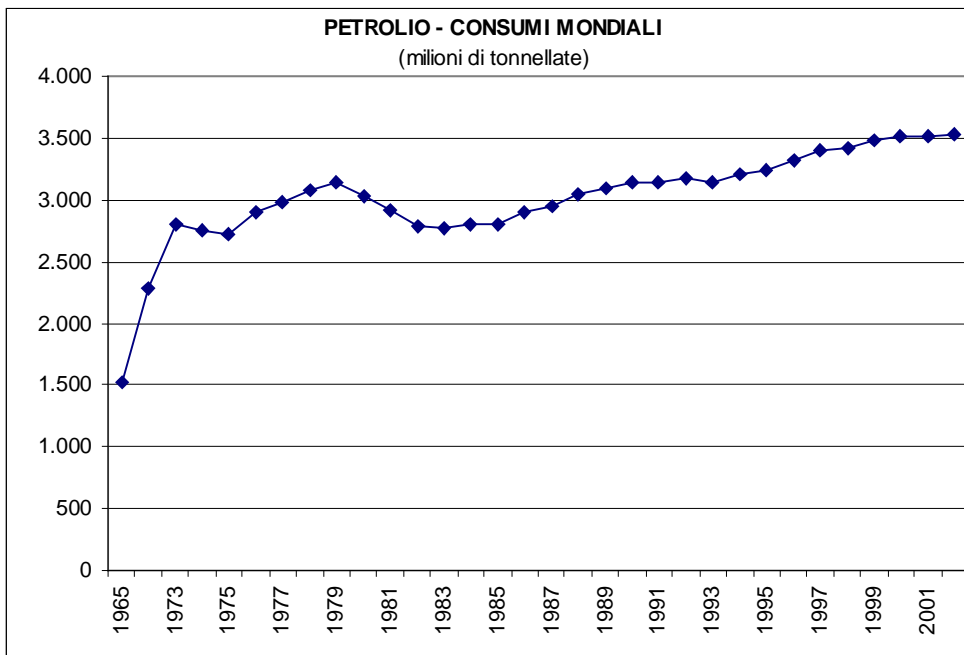
Le maggiori case automobilistiche si stanno quindi attrezzando per contenere i consumi energetici e gli studi sono principalmente rivolti:

- all'alleggerimento del veicolo: malgrado siano stati recentemente immessi sul mercato veicoli leggeri e a ridotto consumo di carburante (sino a 100 km con 3 litri di gasolio su strada extraurbana) si evidenzia come gli stessi veicoli (e in particolare i materiali

ultraleggeri utilizzati per garantire resistenza in caso di impatto) siano ancora troppo costosi per ipotizzare una diffusione generalizzata sul mercato;

- alla reingegnerizzazione per il depotenziamento dei motori;
- alla ricerca di carburanti alternativi.

Sarà proprio il tema energetico ad indirizzare le strategie di sviluppo e crescita: la produzione annua di greggio si è ormai stabilizzata su un valore pari a 3.600 milioni di tonnellate all'anno mentre la domanda è in continuo aumento.



**Figura 3:** Consumi mondiali petrolio negli ultimi quarant'anni. Nostra elaborazione su dati Bp Statistical Review.

Appare chiaro come la mobilità privata possa apparire agli economisti eccessiva a fronte di scenari di sostanziale stabilità della produzione di petrolio (3.600 tonnellate anno), con riserve stimate pari a 140.000 milioni di tonnellate (senza includere i 24.000 milioni di tonnellate di idrocarburi che potrebbero, il condizionale è ancora d'obbligo, essere estratti dagli scisti bituminosi in Canada e in Cina) e forte crescita del prezzo del greggio, problema che si porrà in tutta la sua rilevanza in un futuro del tutto prossimo e tale da lasciar presumere che, quanto appare oggi a noi del tutto scontato (muoversi per centinaia di chilometri in auto, effettuare voli numerose volte all'anno per soli motivi ludici) possa a breve non apparire così scontato per le generazioni future: sulla base di questi dati appare chiaro come, a fronte di consumi stabili, vi possano essere riserve di petrolio solo per i prossimi 37 anni. Qualora lo sviluppo dei Paesi oggi più densamente popolati (Cina, India, continente africano) facesse nettamente innalzare il consumo annuo mondiale di greggio le riserve complessive dureranno assai meno dei trentasette anni citati.

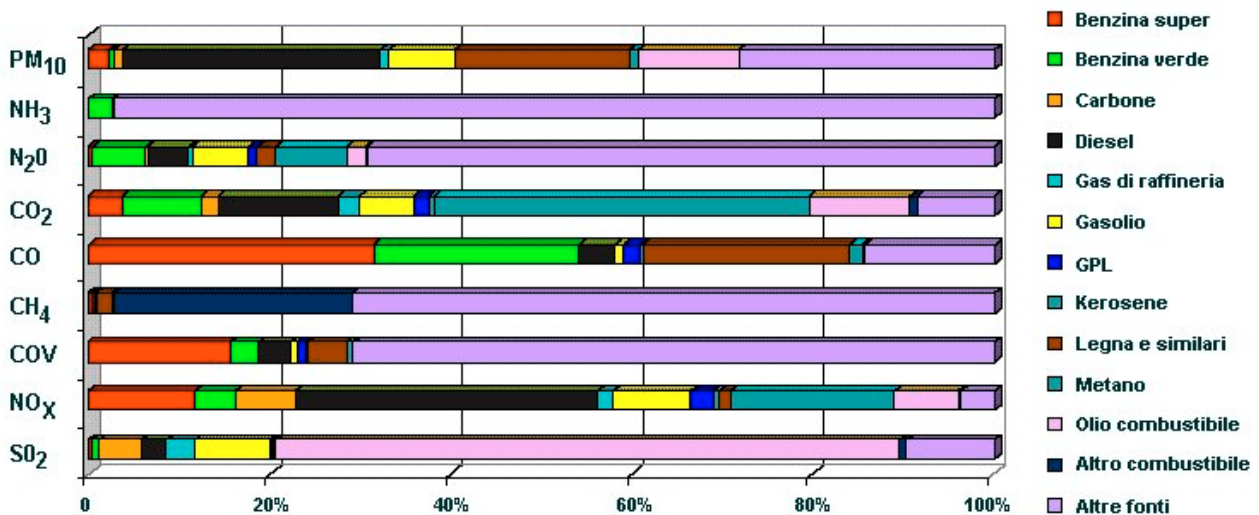
La sola Europa (dato riferito al 2002) ha consumato più del 18% del greggio annualmente prodotto, pur avendo una popolazione pari al solo 11,2% di quella mondiale.

Agire, per contenere i consumi appare quindi l'unica soluzione possibile, nell'attesa che la percentuale dei veicoli che utilizzano carburanti alternativi (metano, GPL, biodiesel) salga dall'attuale 4,58 % (valore registrato per il solo parco autovetture diversamente alimentate in Italia nel 2002) a valori maggiormente significativi.

La stessa Unione Petrolifera ipotizza come il 10% dei carburanti in uso al 2010 sarà derivato proprio da fonti alternative.

## Principali inquinanti per tipologia di combustibile

Nell'attesa di una sostanziale conversione del parco veicolare dovrebbero comunque essere messe in atto serie politiche di diversione modale, sia a favore dei mezzi di trasporto pubblico, sia verso le modalità più tradizionali (mobilità ciclabile e pedonale): la vera sfida tecnologica per i prossimi anni sarà sia la riduzione dei consumi di combustibile sia il contenimento delle emissioni inquinanti.



**Figura 4:** Principali inquinanti e ripartizione percentuale per tipologia di combustibile, dati riferiti alla Regione Lombardia, 2003. (Nostra elaborazione su dati ARPA Lombardia)

La figura 4 riporta la stima delle emissioni totali di CO riferite ai differenti carburanti: questo inquinante è principalmente generato durante la combustione incompleta del combustibile fossile contenente la molecola di carbonio. Il CO è emesso in quantità maggiore dai motori ad accensione per scintilla non catalizzati. Più del 50% delle emissioni di monossido di carbonio sono imputabili al settore del trasporto su gomma.

Gli ossidi di azoto  $\text{NO}_x$  si formano ad alta temperatura nei processi di combustione: la loro produzione è generalmente inversamente proporzionale alla produzione di anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), pertanto più si ottimizza il processo di combustione per ridurre i consumi di combustibile più aumenta la concentrazione di  $\text{NO}_x$ . Nei motori diesel, particolarmente quelli dell'ultima generazione a iniezione diretta "common rail" a basso consumo specifico di combustibile, quindi a bassa produzione di  $\text{CO}_2$ , la riduzione degli  $\text{NO}_x$  è un problema ancora da risolvere. Per quanto riguarda il contributo imputabile al settore trasporto su gomma, le emissioni di  $\text{NO}_x$  sono correlate positivamente alle velocità più elevate. Gli  $\text{NO}_x$  sono inquinanti che tendono a distribuirsi in modo più omogeneo degli inquinanti primari da traffico, ciò nonostante le misure a bordo strada sono più alte del 30% rispetto a quelle a 20 - 30 mt. di distanza (le centraline di rilevamento sono solitamente collocate a circa 25 mt. di distanza dal punto di massimo flusso veicolare).

Le polveri sottili con diametro medio fino a  $10 \mu\text{m}$  sono considerate le più pericolose per la salute dell'uomo. Dalla figura 4 si nota come il trasporto stradale contribuisca per circa il 29% al totale delle polveri presenti in atmosfera.



## Il rinnovo del parco veicoli: un modello di simulazione

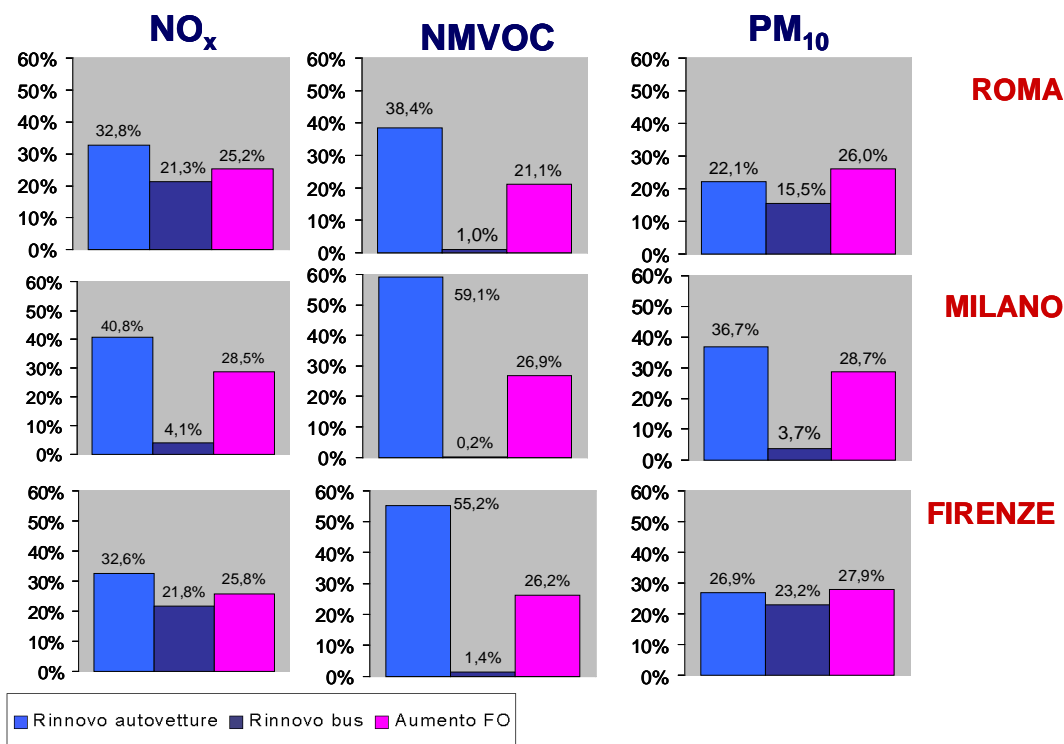
Nell'ambito delle attività che l'APAT svolge in materia di analisi e valutazione dell'inquinamento ambientale è stato realizzato un modello di prima valutazione (screening) denominato PARVEA (PARco veicolare e Variazione delle Emissioni Atmosferiche associate) per stimare la variazione delle emissioni in atmosfera in funzione delle scelte di trasporto di passeggeri e merci in una data area. Poiché lo spostamento di quote di mobilità da una modalità all'altra (es. da auto a metropolitana) e la variazione di percorrenze complessive tra due differenti periodi (ad esempio situazione attuale e futura) influenzerebbero le condizioni di deflusso del traffico (ad esempio le velocità medie) e conseguentemente i cicli di guida adottati dai conducenti dei veicoli in circolazione, con un forte impatto sulle emissioni, sono state valutate le sole risposte del modello in termini di variazione percentuale: si ritiene quindi opportuno utilizzare il modello *screening* solo per una prima valutazione dei risultati poiché non sono direttamente valutabili questi effetti in PARVEA, e l'influenza degli aspetti citati sulla variazione delle emissioni non può essere per ora correttamente imputata (per maggiori dettagli si veda: S.Brini, D.Ceremigna, M.C.Cirillo, P.Villani, *La valutazione delle emissioni atmosferiche in relazione alle scelte di mobilità urbana delle persone*, APAT, 2004).

Dalle analisi (in corso di elaborazione per tutte le principali città italiane) è possibile evidenziare alcuni risultati riferiti alle maggiori aree metropolitane in Italia: per ogni area osservata sono state valutate le variazioni di emissione con riferimento a tre scenari ipotetici:

- a) *rinnovo totale del parco veicolare delle autovetture;*
- b) *rinnovo totale del parco veicolare autobus;*
- c) *incremento del numero medio di passeggeri per veicolo (fattore di occupazione).*

Gli inquinanti considerati nelle simulazioni sono NO<sub>x</sub>, COVNM, CO, PM<sub>10</sub> primario e secondario, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub> totale.

Il principio di calcolo dei valori nel modello si basa sulla nozione di fattore di emissione espresso in grammi di inquinante per chilometro percorso dal veicolo ( $FE = g_{emissione} / \text{veicolo} \cdot \text{km}$ ) e di fattore di occupazione espresso in numero medio di persone per veicolo ( $FO = n_{persone} / \text{veicolo}$ ). Una volta stimati i FO a mezzo di considerazioni del numero di veicoli immatricolati e popolazione urbana che si sposta con le varie modalità, si possono combinare FE ed FO ottenendo il fattore di emissione di PARVEA (FEP) espresso come emissione in grammi di inquinanti per persona-chilometro ( $FEP = g_{emissione} / \text{persona} \cdot \text{km}$ ). Per i fattori di emissione già noti come categorie o aggregazione di categorie COPERT III, il fattore di emissione utilizzato è quello medio riferito al parco veicolare italiano nel 2002 con riferimento alle percorrenze urbane, calcolato sulla base delle emissioni annuali totali; queste sono stimate a partire dal dato ACI elaborato da APAT; il FE è stato calcolato per ogni *Tipo di veicolo* di PARVEA. Il rapporto FE/FO fornisce l'FEP cercato.



**Figura 5:** I risultati delle simulazioni del modello PARVEA, (APAT, 2004)

I risultati delle simulazioni (si veda la Figura 5 con i valori riferiti ai soli NO<sub>x</sub>, NMCOV e PM<sub>10</sub>) evidenziano come i margini di abbattimento si attestino tra il 22% ed il 55% per la misura (a), tra lo 0.2% ed il 23% per la misura (b) ed infine tra il 21% ed il 29% per la misura (c). I risultati per la città di Milano, Roma e Firenze sono stati valutati in termini di massima riduzione percentuale di emissione del singolo inquinante ottenibile in relazione ad ogni singolo provvedimento adottato. La stima quantitativa dei “marginetti massimi di abbattimento” che ogni misura può realisticamente apportare alle differenti realtà urbane è da intendersi come margine massimo di riduzione di quel particolare fattore emissivo, non rapportato al reale investimento economico che la realizzazione di ogni singola ipotesi scenariale (a, b e c) richiederebbe sia in termini di rinnovo del parco veicolare sia per le azioni di modificazione del comportamento dei passeggeri (pubblicità, incentivi, educazione ambientale, ecc.).

## Conclusioni

Sintetizzando i principali risultati conseguiti si può affermare che il *rinnovo autovetture* potrebbe determinare margini di riduzione percentuale delle differenti emissioni inquinanti decisamente significativi e certamente maggiori rispetto a quanto simulato per il solo rinnovo del parco autobus: tale evenienza si spiega con la maggiore incidenza percentuale delle percorrenze attualmente effettuate dai passeggeri sulle autovetture rispetto a quelle complessivamente effettuate con il mezzo pubblico nelle aree metropolitane. Uno dei problemi principali in Italia è rappresentato dallo scarso utilizzo dei sistemi di trasporto pubblico, in particolare quello su gomma: nelle aree urbane centrali di alcuni grandi comuni capoluogo il trasporto pubblico è utilizzato per quote pari a circa il 35-45% del totale, mentre nelle aree periferiche questa percentuale si contrae significativamente (inferiore al 20%) ed appare comunque evidente come una forte politica a favore della diversione modale (differente ripartizione modale degli spostamenti) possa in futuro contribuire alla sostanziale modificazione dei risultati ottenuti con il modello PARVEA; la



sostanziale inadeguatezza del sistema di trasporto pubblico induce più dell'80% dei lavoratori pendolari all'utilizzo del mezzo privato (conducenti più passeggeri trasportati) ed è riferibile a molteplici fattori spesso non esattamente osservati: lo scarso comfort, il basso livello di sicurezza (furti, incontri sgradevoli), il costo troppo elevato, la scarsa frequenza e quindi il fattore tempo, inteso come tempo di viaggio effettivo.

Attuando politiche atte ad aumentare l'attuale coefficiente di occupazione sulle autovetture (valore che nelle principali aree metropolitane è pari a solo 1,23 passeggeri per singola autovettura - dato che include chiaramente il conducente) si potrebbero determinare margini di riduzione dei principali inquinanti tra il 21% e il 29%.

La strategia da perseguire per la contrazione degli inquinanti (ed incentivare il risparmio energetico) è quindi sicuramente quella volta a sommare i miglioramenti ottenibili dall'insieme delle due azioni (a+c): incentivare il rinnovo del parco veicolare e introdurre politiche (incentivi, agevolazioni di vario tipo) per aumentare i passeggeri trasportati su ogni singola autovettura.

**Paola Villani**

**APAT e Politecnico di Milano**