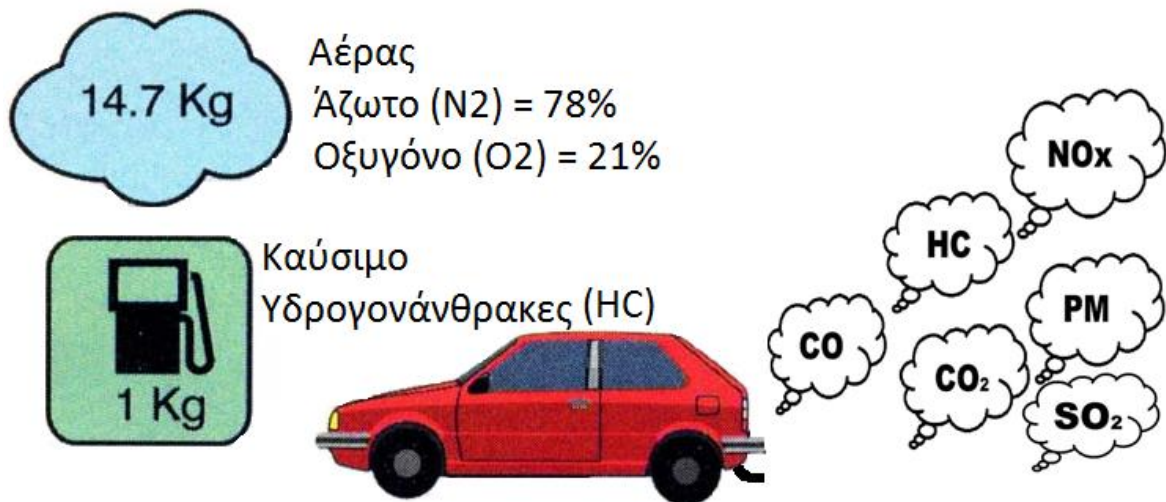




Α.Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ  
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### «ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΙΣ ΡΥΠΟΙ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΩΝ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ»



Εισηγητής: Μίχος Φώτιος

Σπουδαστές: Τσουρέκης Γεώργιος  
Χαριτάκης Ιωάννης

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

## Πίνακας περιεχομένων

1. Εκπεμπόμενοι ρύποι από τα οχήματα
  - 1.1 Μονοξείδιο του άνθρακα
  - 1.2 Υδρογονάνθρακες
  - 1.3 Οξείδια του αζώτου
  - 1.4 Διοξείδιο του άνθρακα
  - 1.5 Διοξείδιο του θείου
  - 1.6 Στερεά σωματίδια
  
2. Σχηματισμός ρύπων στις μηχανές εσωτερική καύσης
  - 2.1 Φύση και έκταση του προβλήματος
  - 2.2 Οξείδια του αζώτου
    - 2.2.1 Σχηματισμός οξειδίων του αζώτου στις μηχανές Otto
    - 2.2.2 Σχηματισμός οξειδίων του αζώτου στις μηχανές Diesel
  - 2.3 Μονοξείδιο του άνθρακα
  
3. Μέτρα και νομοθεσία περιορισμού της ρύπανσης στην Ε.Ε. και τη χώρα μας
  - 3.1 Νομοθεσία EOBD
  - 3.2 Πρότυπα εκπομπών EURO
    - 3.2.1 Κύκλος NEDC
  - 3.3 Υποχρεωτικός περιοδικός έλεγχος ΚΤΕΟ – ΚΕΚ
  - 3.4 Όρια εκπομπών καυσαερίων κατά την Ελληνική νομοθεσία
  - 3.5 Μελλοντικές ενέργειες

#### 4. Τεχνολογίες μείωσης εκπομπών ρύπων

4.1 Καταλύτικός μετατροπέας

4.2 Ανακυκλοφορία καυσαερίων EGR

4.3 Φίλτρα σωματιδίων DPF

4.3.1 Αναγέννηση DPF

4.4 Παγίδες οξειδίων του αζώτου

4.5 Επιλεκτική κατάλυση SCR

4.5.1 Ad Blue

#### 5. Εναλλακτικά καύσιμα

5.1 Υγραέριο

5.2 Φυσικό αέριο

5.3 Βιοκαύσιμα

5.3.1 Βιοαέριο

5.3.2 Βιοντίζελ

5.4 Μεθανόλη, Αιθανόλη

5.5 Διμεθυλαιθέρας

5.6 Μεθυλεστέρας

5.7 Υδρογόνο

5.8 Συμπεράσματα

#### 6. Ηλεκτρικά οχήματα

#### 7. Ηλιακά οχήματα

#### 8. Υβριδικά οχήματα

#### 9. Οχήματα κυψελών καυσίμου

## 10. Δράσεις μείωσης εκπεμπόμενων ρύπων

10.1 Αύξηση ενεργειακής απόδοσης

10.2 Φορολόγηση εκπομπών καυσαερίων

10.3 Οικολογική οδήγηση – Αλλαγές στον τρόπο οδήγησης

## Κατάλογος συντομογραφιών

CO	Μονοξείδο του άνθρακα
CO <sub>2</sub>	Διοξείδιο του άνθρακα
NO	Μονοξείδιο του αζώτου
NO <sub>2</sub>	Διοξείδιο του αζώτου
NO <sub>x</sub>	Οξειδία του αζώτου
SO	Οξείδιο του θείου
SO <sub>2</sub>	Διοξείδιο του θείου
SO <sub>x</sub>	Οξειδία του θείου
S	Θείο
N <sub>2</sub>	Άζωτο
O <sub>2</sub>	Οξυγόνο
H <sub>2</sub> O	Νερό
HC	Υδρογονάνθρακες
PM	Στερεά σωματίδια
NH <sub>3</sub>	Αμμωνία
HNO <sub>3</sub>	Νιτρικό οξύ
H <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	Θειώδες οξύ
Ba	Βάριο
TiO	Οξείδιο του τιτανίου
LiO	Οξείδιο του λιθίου
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Προπάνιο
C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Βουτάνιο
C <sub>4</sub>	Μεθάνιο
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Αιθάνιο
CH <sub>3</sub> OH	Μεθυλική αλκοόλη

## Πρόλογος

Αναμφισβήτητα οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) και ειδικότερα το αυτοκίνητο άλλαξαν την εικόνα και εν μέρει την πορεία του κόσμου. Η συνεισφορά των οχημάτων σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας δεν χρειάζεται να αναλυθεί μιας και πλέον κανείς δε μπορεί να φανταστεί τη ζωή μας χωρίς την αυτοκίνηση.

Από την άλλη, έφερε την ανθρωπότητα μπροστά σε νέα προβλήματα και κινδύνους. Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι το αυτοκίνητο όσο λειτουργικό είναι, άλλο τόσο είναι ρυπογόνο. Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα αυτοκίνητα θα εξακολουθήσουν να αποτελούν βιώσιμο τρόπο μετακίνησης τον 21<sup>ο</sup> αιώνα, χρειάζεται να αναληφθεί προληπτική δράση ώστε να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής τους.

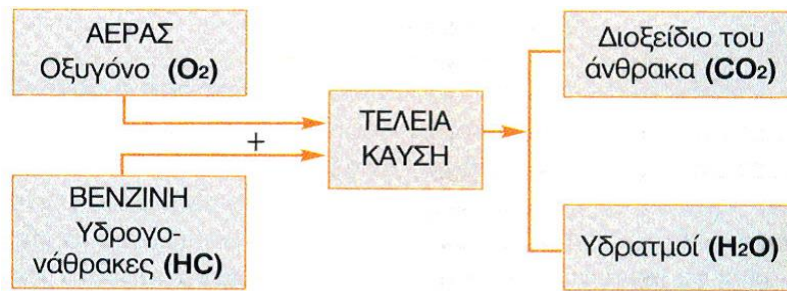
Ήδη εδώ και δεκαετίες διάφοροι φορείς, οι κυβερνήσεις, οι αυτοκινητοβιομηχανίες και το επιστημονικό δυναμικό παγκόσμια ασχολούνται με αυτό το θέμα και σίγουρα τα αυτοκίνητα στις μέρες μας είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον, όμως τα προβλήματα παραμένουν και εντείνονται λόγω της ολοένα και μεγαλύτερης χρήσης του αυτοκινήτου ως μέσο, καλύπτοντας περισσότερα οδοχιλιόμετρα από περισσότερους χρήστες του.

Η πτυχιακή εργασία που παρουσιάζεται με τίτλο «Ρύποι θερμικών μηχανών και τρόποι αντιμετώπισης», έχει ως στόχο να καλύψει καταρχήν την δική μας ανάγκη για έρευνα, προβληματισμό και ανάδειξη συγκεκριμένων συμπερασμάτων σε σχέση με το πώς μπορούμε να καλύπτουμε την ανάγκη της μετακίνησης και μεταφοράς χωρίς να επιβαρύνουμε την ίδια τη ζωή μας. Παράλληλα, γίνεται προσπάθεια να αναδειχτούν οι διάφοροι τρόποι περιορισμού της ρύπανσης που προκαλείται από τις Μ.Ε.Κ.

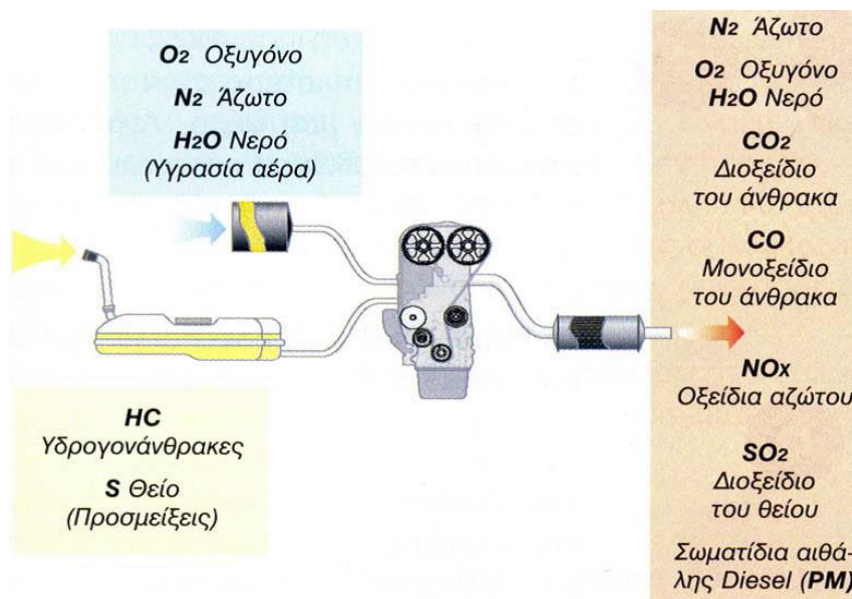
## 1. Εκπεμπόμενοι ρύποι από τα οχήματα

Στα μέσα του 20ου αιώνα, οι εκπομπές από την κυκλοφοριακή κίνηση εμφάνισαν αυξανόμενες απειλές στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Καθώς η πλειοψηφία του πληθυσμού της ΕΕ διαμένει σε πόλεις και ο αριθμός των οχημάτων που κυκλοφορούν έχει αυξηθεί ραγδαία τα οχήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε προβλήματα διαχείρισης της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.

Τα οχήματα εκπέμπουν επικίνδυνους ρύπους στην ατμόσφαιρα, όπως  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}$ ,  $\text{HC}$  και  $\text{SO}_2$  οι οποίοι καλούνται πρωτογενείς ρύποι. Ακόμα και μετά τις σημαντικές βελτιώσεις στην τεχνολογία που χρησιμοποιείται για τις μηχανές εσωτερικής καύσης και αυτή των καυσίμων, τα προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που σχετίζονται με την κυκλοφοριακή κίνηση παίρνουν παγκοσμίως ανησυχητικές διαστάσεις.



Εικόνα 1-1. Θεωρητική (τέλεια) καύση.



Εικόνα 1-2. Πραγματική καύση.

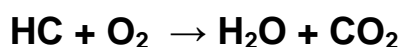
Το Άζωτο – N<sub>2</sub> είναι ένα άκαυστο, άχρωμο, άοσμο και μη δηλητηριώδες αέριο. Είναι το κύριο συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα (N<sub>2</sub>=78%, O<sub>2</sub>=21%, άλλα αέρια=1%) και παρέχεται στον κινητήρα με τον αέρα εισαγωγής. Το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου εξέρχεται σε καθαρή μορφή πάλι με τα καυσαέρια. Ένα μικρό μέρος ενώνεται με το οξυγόνο και σχηματίζει τα οξειδία του αζώτου NO<sub>x</sub> (NO, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> και NO<sub>2</sub>).

Το Οξυγόνο – O<sub>2</sub> είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο, μη δηλητηριώδες αέριο. Είναι το σημαντικότερο συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα. Αναρροφάται μέσω του φίλτρου και είναι απολύτως απαραίτητο για την καύση στον κινητήρα.

Το Νερό – H<sub>2</sub>O αναρροφάται με τον αέρα (υγρασία του αέρα) μέσω του φίλτρου αέρα. Εκτός αυτού δημιουργείται κατά την καύση και αποβάλλεται από την εξάτμιση ως σταγόνες νερού λόγω συμπύκνωσης κατά την κρύα καύση στην φάση της προθέρμανσης. Αποτελεί ακίνδυνο συστατικό των καυσαερίων.

Επικίνδυνοι ρυπαντές είναι οι εξής:

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO), άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC) και οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>). Ειδικά για τους πετρελαιοκινητήρες, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η εκπομπή PM (αιθάλης). \*Τα CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O δεν θεωρούνται ρυπαντές και είναι προϊόντα τέλει καύσης, όπως προκύπτει από την παρακάτω χημική αντίδραση.



Η παραπάνω τέλεια αυτή χημική αντίδραση, θα έπρεπε να πραγματοποιείται στο χώρο καύσης κάθε μηχανής εσωτερικής καύσης, όμως στην πραγματικότητα η καύση δεν είναι σχεδόν ποτέ τέλεια. Αυτό συμβαίνει γιατί οι συνθήκες δεν είναι ιδανικές, ο δε εισερχόμενος ατμοσφαιρικός αέρας δεν περιέχει - όπως είναι γνωστό - μόνο οξυγόνο 21%, αλλά και άζωτο σε ποσοστό 78% περίπου, το οποίο στις συνθήκες περιβάλλοντος παραμένει ουδέτερο στοιχείο, χωρίς να δημιουργεί χημική ένωση με το οξυγόνο. Τι γίνεται όμως με την εισαγωγή του αζώτου στο θάλαμο καύσης και πώς διαμορφώνεται τώρα η προηγούμενη χημική αντίδραση;



Η παραπάνω αντίδραση είναι η χημική αντίδραση ατελούς καύσης. Οι ρυπαντές που δημιουργούνται είναι CO, HC και NOx, και είναι οι τρεις βασικοί ρυπαντές.



↓(Θερμότητα) ↓



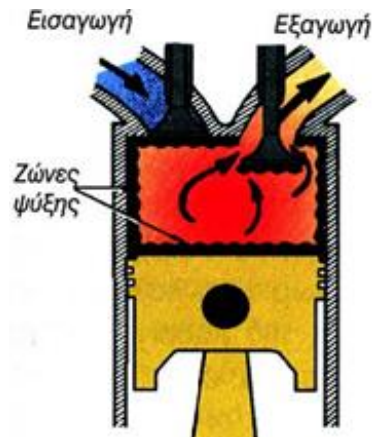
### 1.1 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το CO είναι πρωτογενής ρυπαντής, άχρωμο, άοσμο δηλητηριώδες αέριο. Διαμορφώνεται όταν καίγονται τα καύσιμα που περιέχουν άνθρακα σε συνθήκες όπου το O<sub>2</sub> είναι περιορισμένο στο θάλαμο καύσης. Είναι ελάχιστα ελαφρύτερο από τον αέρα και μπορεί να σχηματίσει εκρηκτικά μίγματα μαζί του. Επίσης δεσμεύει την αιμογλοβίνη του αίματος και έτσι εμποδίζει τη μεταφορά του αίματος στους ιστούς, προκαλώντας το θάνατο. Θεωρητικά, δεν πρέπει να παράγεται CO, αν υπάρχει περισσότερο O<sub>2</sub> απ' αυτό που απαιτείται στη σχέση αέρα - καυσίμου (π.χ. αν το μίγμα είναι πολύ φτωχό). Στην πραγματικότητα όμως παράγεται CO και στην περίπτωση αυτή γιατί υπεισέρχονται και άλλοι λόγοι.

Το CO μετατρέπεται σε CO<sub>2</sub> με περαιτέρω οξείδωση, αλλά ο διαθέσιμος χρόνος αντίδρασης είναι συγκριτικά μικρός και δεν μπορεί να μετατρέψει όλο το υπόλοιπο CO σε CO<sub>2</sub>.

Τρεις είναι οι κυριότεροι λόγοι:

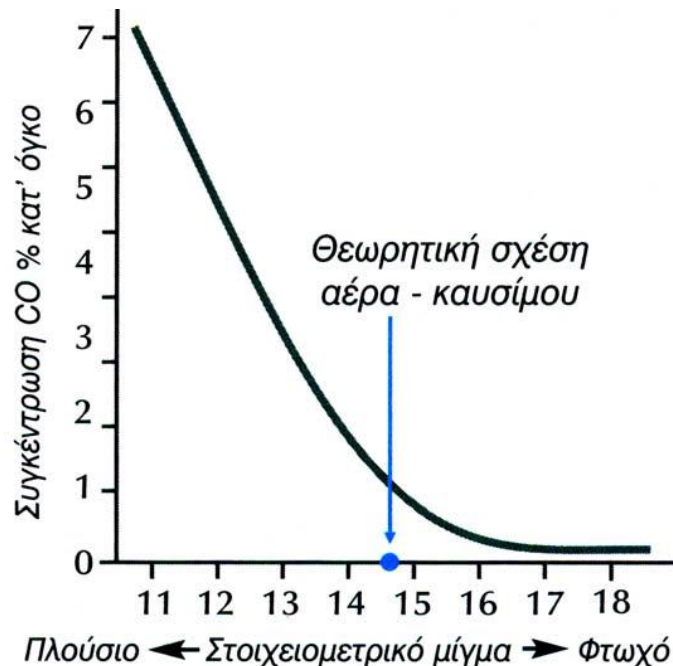
- i. Το CO παράγεται ακόμα και όταν το μίγμα αέρα — καυσίμου είναι πολύ φτωχό.
- ii. Λόγω της δεδομένης ανομοιογενούς διανομής του καυσίμου στο θάλαμο καύσης, πραγματοποιείται ανομοιόμορφη καύση του μίγματος αέρα — καυσίμου.
- iii. Οι θερμοκρασίες γύρω από τα τοιχώματα των κυλίνδρων είναι χαμηλές, οδηγώντας σε ψύξη, που σημαίνει ότι η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή για να πραγματοποιηθεί καύση (Εικόνα 1.1-1).



**Εικόνα 1.1-1.**

Η θερμοκρασία της φλόγας ξαφνικά πέφτει τόσο χαμηλά σε αυτές τις περιοχές ή ζώνες, ώστε η φλόγα σβήνει (ψύχεται), λόγω διασποράς της θερμότητας, μόλις φθάσει τα τοιχώματα. Γι' αυτό οι περιοχές αυτές ονομάζονται ζώνες ψύξης. Η καύση διακόπτεται σε αυτές τις ζώνες ψύξης και δημιουργείται CO. Η συγκέντρωση του CO στην εξαγωγή προσδιορίζεται από τη σχέση αέρα — καυσίμου και αυξομειώνεται ανάλογα με τις μεταβολές της σχέσης αυτής.

Στο σχεδιάγραμμα παρακάτω φαίνεται πως η συγκέντρωση του CO στα καυσαέρια ενός βενζινοκινητήρα πέφτει, καθώς η σχέση αέρα — καυσίμου μεγαλώνει (φτωχό μίγμα).



**Διάγραμμα 1.1-1.**

Απ' ότι φαίνεται ο καλύτερος τρόπος για να μειωθεί η συγκέντρωση του CO στα καυσαέρια, είναι να επιτευχθεί η τέλεια καύση, κάνοντας τη σχέση αέρα -καυσίμου τόσο υψηλή όσο αυτό είναι πρακτικά δυνατό χωρίς να δημιουργηθούν μη αναφλέξιμα μίγματα. Τέλος υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο εκλύεται 0.5 - 1 τόνος CO ανά αυτοκίνητο. Αξίζει να σημειωθεί ότι υψηλές τιμές CO εμφανίζονται συχνά σε δρόμους υψηλής κυκλοφορίας κυρίως όταν συντρέχουν ορισμένες μετεωρολογικές συνθήκες (άπνοια, θερμοκρασιακή αναστροφή).

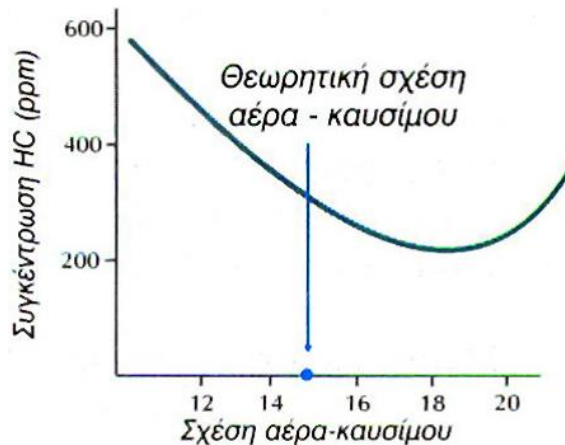
## 1.2 Υδρογονάνθρακες (HC)

Ένας άλλος πρωτογενής ρυπαντής είναι οι άκαυστοι HC, οι οποίοι στην πράξη είναι άκαυστο καύσιμο που εξέρχεται από την εξάτμιση χωρίς να λάβει μέρος στη διαδικασία της καύσης. Από τις ενώσεις αυτές, άλλες περιέχονται ήδη στο καύσιμο υλικό, ενώ οι υπόλοιπες σχηματίζονται κατά την ατελή καύση. Πολλές από αυτές είναι καρκινογόνες ή έχουν μεταλλαξιογόνο δράση.

Όπως προαναφέρθηκε και στο CO, αν το καύσιμο καεί πλήρως στο θάλαμο καύσης, οι HC δεν εκπέμπονται ως καυσαέρια. Στην πραγματικότητα όμως ακόμα και σε αυτή την περίπτωση, εξέρχονται συχνά άκαυστοι HC που προέρχονται από τις παρακάτω περιπτώσεις:

- i. Επικάλυψη βαλβίδων. Κατά τη διάρκεια που οι βαλβίδες εισαγωγής και εξαγωγής είναι ταυτοχρόνως ανοικτές, κάποια ποσότητα HC βγαίνει έξω από το θάλαμο καύσης διαμέσου της βαλβίδας εξαγωγής, χωρίς να καεί.
- ii. Κακή ανάφλεξη. Άκαυστα αέρια μπορεί να παραμείνουν μέσα στο θάλαμο καύσης μετά από κακή ανάφλεξη, όταν το αυτοκίνητο ρολάρει ή όταν ο κινητήρας φρενάρει, οπότε η πεταλούδα γκαζιού είναι κλειστή. Αυτό γίνεται γιατί διοχετεύεται ελάχιστη ποσότητα αέρα μέσα στους κυλίνδρους, καθώς υπάρχει κάποιο καύσιμο που παρέχεται, όταν το αυτοκίνητο είναι στο ρελαντί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή συμπίεση και συγκριτικά πλούσιο μίγμα. Χαμηλή συμπίεση και έλλειψη O<sub>2</sub> προκαλεί όμως ατελή καύση του καυσίμου, που έχει σαν αποτέλεσμα την εκπομπή HC από την εξάτμιση.

- iii. Λανθασμένη αναλογία μίγματος αέρα – καυσίμου. Όταν το μίγμα αέρα - καυσίμου γίνεται πλουσιότερο, η ποσότητα των HC στα καυσαέρια αυξάνει πέρα από ένα ορισμένο σημείο. Αυτό προκαλείται λόγω ατελούς καύσης (έλλειψη οξυγόνου), Αν το μίγμα είναι πολύ φτωχό, η συγκέντρωση των HC θα αρχίσει να αυξάνεται πάλι αντί να μειώνεται, όπως φαίνεται στο ακόλουθο διάγραμμα. Αυτό γίνεται επειδή η έλλειψη καυσίμου προκαλεί μικρή διάδοση της φλόγας, με αποτέλεσμα το καύσιμο να εξέρχεται από το θάλαμο καύσης πριν αυτό καεί πλήρως. Μια άλλη αιτία είναι η κακή ανάφλεξη και η χαμηλή θερμοκρασία της φλόγας, η οποία πέφτει κοντά στις προαναφερθείσες ζώνες ψύξης και εμποδίζει το μίγμα αέρα - καυσίμου ν' αναφλέγει σε αυτές τις περιοχές.

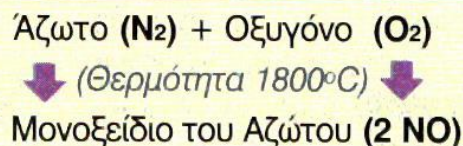


**Διάγραμμα 1.2-1.**

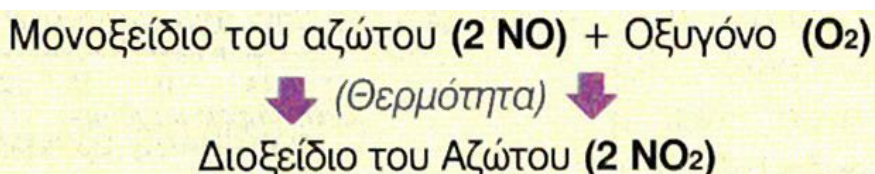
### 1.3 Οξειδία του αζώτου (NO<sub>x</sub>)

Ο χημικός τύπος NO<sub>x</sub> περιλαμβάνει το N<sub>2</sub>, που αποτελεί το 78% του όγκου της ατμόσφαιρας, αν και αδρανές, κάτω από τις υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την καύση σε όλες τις μηχανές εσωτερικής καύσης σχηματίζει χημικές ενώσεις με το O<sub>2</sub> δημιουργώντας NO<sub>x</sub>. Υπάρχουν διάφορες χημικές ενώσεις του N<sub>2</sub> με το O<sub>2</sub> όπου ποικίλουν αναλογός τις συνθήκες κάτω από τις οποίες θα σχηματιστούν, όπως NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, κλπ.

Όλα αυτά ονομάζονται χάρη ευκολίας οξειδία του αζώτου και εκφράζονται ως NO<sub>x</sub>. Πιο συγκεκριμένα, τα NO<sub>x</sub> αποτελούν χημική ένωση του N<sub>2</sub> με το O<sub>2</sub> του μίγματος, όταν η θερμοκρασία μέσα στο θάλαμο καύσης ξεπεράσει τους 1800 °C.

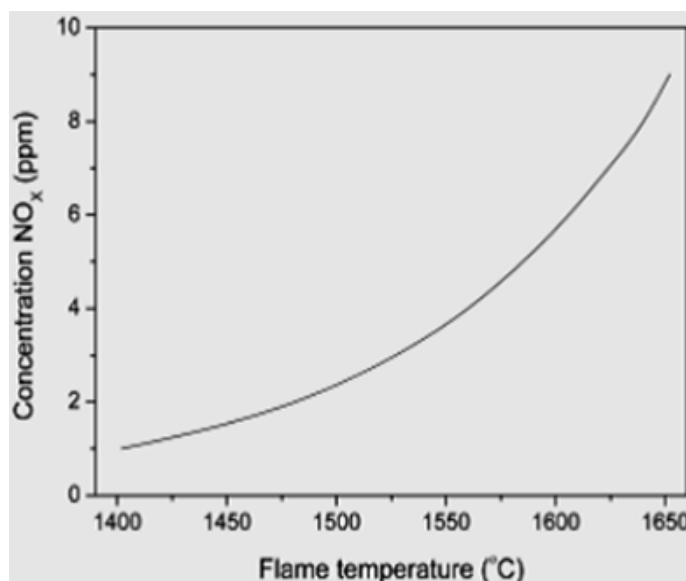


Για να συμβεί αυτό, απαιτείται υψηλή θερμοκρασία, καθώς και μεγάλη συγκέντρωση  $\text{O}_2$ . Συνεπώς τα  $\text{NO}_x$  σχηματίζονται σε φτωχά κυρίως μίγματα κατά τη διάρκεια πλήρους και όχι ατελούς καύσης. Το  $\text{NO}$  οξειδώνεται γρήγορα από το ήδη υπάρχον  $\text{O}_2$  και σχηματίζει το  $\text{NO}_2$ , έναν από τους πιο επιβλαβείς ρυπαντές, αφού συμμετέχει σημαντικά στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους.



Οι παράγοντες που επιδρούν περισσότερο για τη συγκέντρωση των σχηματιζόμενων  $\text{NO}_x$  κατά την καύση είναι:

- i. Η μέγιστη θερμοκρασία που δημιουργείται στο θάλαμο καύσης (διάγραμμα 1.3-1)
- ii. Η σχέση αέρα - καυσίμου.



**Διάγραμμα 1.3-1.** Εξάρτηση του σχηματισμού  $\text{NO}_x$  με την θερμοκρασία.

Ο καλύτερος τρόπος για να μειωθεί η ποσότητα των εξερχόμενων NOx είναι:

- i. Να εμποδιστεί η ανύψωση της θερμοκρασίας μέσα στο θάλαμο καύσης πάνω από τους 1800 °C.
- ii. Να μειωθεί ο χρόνος κατά τον οποίο επιτυγχάνονται υψηλές θερμοκρασίες με κατάλληλη ρύθμιση του χρονισμού ανάφλεξης.
- iii. Να μειωθεί η ποσότητα συγκέντρωσης O<sub>2</sub> με ρύθμιση της σχέσης αέρα - καυσίμου.

Η μικρότερη συγκέντρωση των NOx παρατηρείται σε μία σχέση αέρα - καυσίμου 16:1 περίπου (περιοχή φτωχού μίγματος). Ο λόγος για τον οποίο μειώνεται η συγκέντρωση των NOx, είναι ότι η καύση είναι αργή και εμποδίζει τη θερμοκρασία της φλόγας στο θάλαμο καύσης ν' ανεβεί στο μέγιστο επίπεδο.

#### **1.4 Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>)**

Είναι ένα άχρωμο, άοσμο, άκαυστο και μη δηλητηριώδες αέριο που αποτελεί μέρος της γήινης ατμόσφαιρας. Προκαλείται από την καύση διαφόρων στοιχείων που περιέχουν άνθρακα (π.χ. βενζίνη, πετρέλαιο). Είναι το προϊόν της πλήρους καύσης του άνθρακα, δηλαδή της ταχείας ένωσης αυτού με το οξυγόνο. Με την συζήτηση σχετικά με την αλλαγή του κλίματος από την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας το πρόβλημα της εκπομπής του CO<sub>2</sub> εδραιώθηκε περισσότερο στην συνείδηση του κοινού.

Θεωρείται αέριο θερμοκηπίου δεδομένου ότι παγιδεύει τη θερμότητα (υπέρυθρη ενέργεια) που ακτινοβολείται από τη γη στην ατμόσφαιρα και με αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στη δυνατότητα παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας. Η δυνατότητα συνεισφοράς στο φαινόμενο του θερμοκηπίου άλλων αερίων μετριέται σε σχέση με αυτήν του CO<sub>2</sub>, στο οποίο με βάση διεθνή επιστημονική σύμβαση έχει αποδοθεί η τιμή της μονάδας. Το CO<sub>2</sub> μειώνει την ικανότητα του στρώματος του όζοντος για προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία του ήλιου. Βέβαια ένα μεγάλο ποσοστό που παράγεται, απορροφάται από τα φυτά, τα οποία με τα φύλλα τους και τη βοήθεια του ηλιακού φωτός δεσμεύουν και αποθηκεύουν τον άνθρακα υπό μορφή κυτταρίνης στους κορμούς,

τις ρίζες και στους βλαστούς τους. Ένα ακόμη μεγαλύτερο ποσοστό δεσμεύεται στους ωκεανούς για την παραγωγή τεραστίων ποσοτήτων μικροοργανισμών και κοραλλιών. Λόγω όμως των συνεχώς αυξημένων ποσοτήτων που παράγονται από τις παραπάνω δραστηριότητες των ανθρώπων, η περιεκτικότητα του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα συνεχώς αυξάνεται και αυτό σύμφωνα με τους επιστήμονες θα προκαλέσει, σε σύντομο χρονικό διάστημα, σοβαρά δυσμενή φαινόμενα στον πλανήτη μας.

Αν και το CO<sub>2</sub> δεν θεωρείται ρυπαντής, γιατί βρίσκεται στην ατμόσφαιρα από φυσικές πηγές, παρ' όλα αυτά όταν σε κλειστό χώρο αυξηθεί πολύ, η περιεκτικότητά του O<sub>2</sub> μειώνεται και εμφανίζονται φαινόμενα ασφυξίας.

Η περιεκτικότητά του στα καυσαέρια μαζί με την περιεκτικότητά του O<sub>2</sub>, προσδιορίζουν τη σωστή λειτουργία του συστήματος τροφοδοσίας του καυσίμου και γενικότερα τη σωστή καύση στους κινητήρες εσωτερικής καύσης.

### **1.5 Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)**

Το SO<sub>2</sub> είναι ένας από τους κύριους ρύπους των αστικών περιοχών. Είναι άχρωμο, καυστικής οσμής, άκαυστο αέριο. Διαλύεται στην υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα μετατρέπόμενο σε H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>. Σε ξηρό αέρα οξειδώνεται σε SO<sub>2</sub>, το οποίο μετατρέπεται σε HSO<sub>4</sub>, κύριο συστατικό της όξινης βροχής. Επίσης έχει σημαντική ευθύνη στη δημιουργία του νέφους. Ως ευδιάλυτο, απορροφάται από τα υγρά στο ανώτερο κυρίως τμήμα του αναπνευστικού συστήματος προκαλώντας έκκριση βλέννας. Τελικά πολύ μικρό ποσοστό φτάνει κανονικά στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα. Σε συνδυασμό με τον καπνό και τα σωματίδια, με τα οποία συνήθως συνυπάρχει, μεταφέρεται στους πνεύμονες. Έτσι εξηγείται η συνεργιστική δράση που παρατηρείται μεταξύ SO<sub>2</sub> και σωματιδίων, με αποτέλεσμα τον τριπλασιασμό έως τετραπλασιασμό του ερεθισμού των πνευμόνων.

Εμφανίζεται σε μικρές ποσότητες στα καυσαέρια αν χρησιμοποιείται καύσιμο με περιεκτικότητα S συνήθως σε πετρελαιοκίνητες μηχανές εσωτερικής καύσης (0,3%). Μειώνοντας το ποσοστό S στο καύσιμο μπορεί να μειωθεί αντίστοιχα η εκπομπή SO στα καυσαέρια. Άλλες σημαντικές ανθρωπογενείς

πηγές είναι η διύλιση του πετρελαίου και η βιομηχανική κατεργασία θειούχων ενώσεων.

Σε πολλές χώρες της Ευρώπης η συγκέντρωση του S έχει περιοριστεί σε 0,15% με αποτέλεσμα να αναμένεται μια ελάττωση της εκπομπής SO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα περίπου 25-30%. Ο χρόνος παραμονής του SO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα ανέρχεται σε περίπου έξι εβδομάδες.

## **1.6 Στερεά σωματίδια (Particulate Matter - PM)**

Τα PM είναι μια αόρατη αλλά εξαιρετικά επικίνδυνη μορφή ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Περιλαμβάνεται κάθε υλικό, το οποίο υπό κανονικές συνθήκες περιέχεται στα καυσαέρια σε μορφή στερεού (στάχτη, αιθάλη) ή υγρού σώματος. Τα σωματίδια, υλικά σε στερεά ή υγρή μορφή μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Αναφέρονται ως κλάσμα PM10 (particulate matter 10) όταν έχουν διάμετρο μικρότερη από 10 micra (1 micro είναι 1 εκατομμυριοστό του μέτρου) και χωρίζονται σε 2 κατηγορίες: τα εισπνεύσιμα και τα αναπνεύσιμα.

Τα αναπνεύσιμα έχουν διάμετρο μικρότερη από 2,5 micra και εισχωρούν στους βρόγχους των πνευμόνων μπλοκάροντας τις κυψέλες και δημιουργώντας αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα. Από έρευνες που έχουν γίνει διεθνώς έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει άμεση συσχέτιση της αύξησης του αριθμού των θανάτων με την αύξηση της συγκέντρωσης του αριθμού των PM. Υπάρχουν μοντέλα που προβλέπουν τον αριθμό των θανάτων ανάλογα με τη συγκέντρωση των σωματιδίων ενώ έχει διαπιστωθεί συσχέτιση μεταξύ των ημερών που παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση PM και των περιστατικών εισαγωγής σε νοσοκομεία.

Η σύσταση των PM αποτελείται από βαρέα μέταλλα, πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες – που είναι ιδιαίτερα καρκινογόνοι και άλλες τοξικές ενώσεις.



## 2. Σχηματισμός ρύπων στις μηχανές εσωτερικής καύσης

### 2.1 Φύση και έκταση του προβλήματος

Οι μηχανές otto και diesel είναι σημαντική πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα καυσαέρια των μηχανών otto περιέχουν οξειδία του αζώτου (κυρίως μονοξείδιο του αζώτου, NO, μικρές ποσότητες διοξειδίου του αζώτου, NO<sub>2</sub>, που συμβολίζονται και τα δυο με NO<sub>x</sub>), μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και οργανικές ενώσεις που είναι άκαυστοι ή μερικώς οξειδωμένοι υδρογονάνθρακες (HC). Οι σχετικές ποσότητες εξαρτώνται από την κατασκευή και τις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής (πίνακας 2.1-1).

Σχετικές ποσότητες		
Ρύπος	[g/kg]	
NO <sub>x</sub>	500 -1000 [ppm]	20
CO	1- 2%	200
HC	3000[ppm]	25

**Πίνακας 2.1-1** Σχετικές ποσότητες εκπομπών ρύπων στις μηχανές otto.

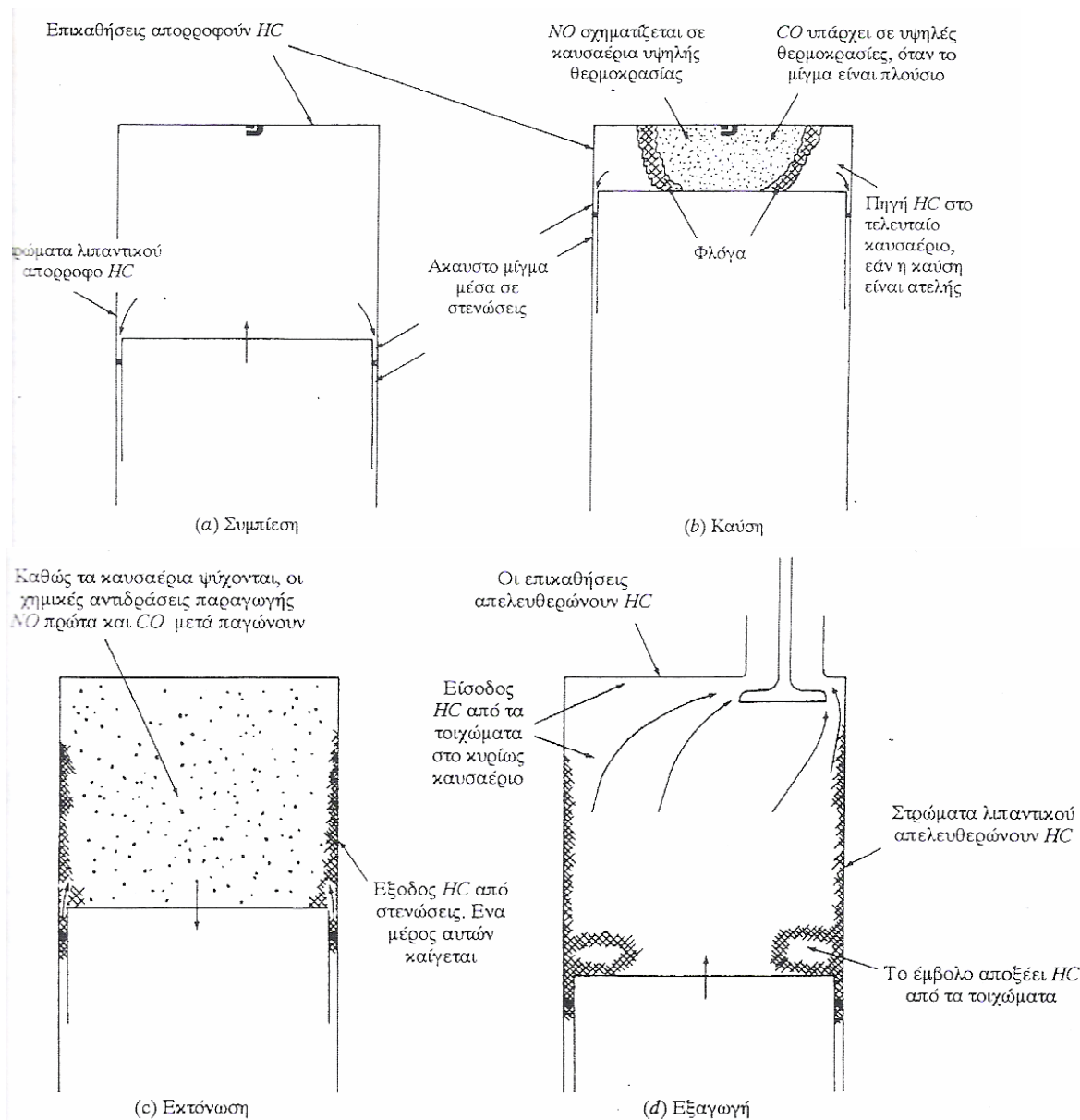
Καυσαέρια που διαφεύγουν από τον κύλινδρο προς την ελαιολεκάνη και αναθυμιάσεις καυσίμου από την δεξαμενή καυσίμου μετά την σβέση της μηχανής, είναι επίσης πηγή άκαυστων υδρογονανθράκων. Στις σύγχρονες μηχανές όμως, οι πηγές αυτές ελέγχονται αποτελεσματικά ανακυκλώνοντας τα αέρια της ελαιολεκάνης στο σύστημα εισαγωγής και της δεξαμενής καυσίμου σε ειδικό δοχείο, όπου απορροφώνται από τον άνθρακα που περιέχεται σε αυτό στο σύστημα εισαγωγής κατά την διάρκεια λειτουργίας της μηχανής. Στις μηχανές diesel οι εκπομπές NO<sub>x</sub> είναι συγκρίσιμες με αυτές των μηχανών otto, ενώ των HC είναι περίπου πέντε φορές μικρότερες από τις αντίστοιχες μηχανές otto. Οι HC στην εξαγωγή μπορούν να συμπυκνωθούν και να δώσουν άσπρο καπνό κατά την εκκίνηση και κατά την περίοδο της προθέρμανσης.

Μερικά είδη υδρογονανθράκων στην εξαγωγή είναι η αιτία της κακοσμίας των μηχανών diesel. Οι μηχανές diesel είναι σημαντική πηγή σωματιδίων (PM). Περίπου 0.2-0.5% της μάζας του καυσίμου εκπέμπεται ως μικρά PM, που αποτελούνται κυρίως από άνθρακα όπου έχουν απορροφηθεί μερικοί HC. Για την μείωση της εκπομπής PM από τις μηχανές diesel, η σύγχρονη τεχνολογία χρησιμοποιεί παγίδες αιθάλης για την κατακράτηση τους. Οι μηχανές diesel δεν είναι σημαντική πηγή εκπομπής CO. Τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται σήμερα στους κινητήρες εσωτερικής καύσης περιέχουν μικρές ποσότητες θείου (S). Η βενζίνη λιγότερο από 600[ppm] κατά βάρος, το πετρέλαιο λιγότερο από 0,5%. Το S οξειδώνεται σε SO<sub>2</sub>, ένα μέρος από το οποίο οξειδώνεται σε SO<sub>3</sub>, το οποίο με νερό δίνει θειικό οξύ.

Γενικά οι συγκεντρώσεις των ρύπων στα καυσαέρια των μηχανών διαφέρουν από τις τιμές που προκύπτουν αν υποτεθεί χημική ισορροπία. Για αυτό χρειάζεται η γνώση του ακριβούς χημικού μηχανισμού σχηματισμού αυτών και η κινητική των αντιδράσεων του μηχανισμού αυτού, για να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι συγκεντρώσεις των ρύπων. Οι αντιδράσεις σχηματισμού και καταστροφής μερικών από τους ρύπους αυτούς είναι στενά συνδεδεμένες με την διαδικασία καύσης του καυσίμου.

Στην εικόνα 2.1-1 δίνεται ποιοτικά η διαδικασία σχηματισμού των διαφόρων ρύπων μέσα στον κύλινδρο μιας μηχανής εσωτερικής καύσης κατά τις διάφορες φάσεις λειτουργίας της.

Το NO παράγεται στις περιοχές υψηλής θερμοκρασίας των καυσαερίων, πίσω από το μέτωπο της φλόγας, με αντίδραση N<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>. Όσο πιο ψηλές θερμοκρασίες υπάρχουν, τόσο περισσότερο NO παράγεται. Καθώς τα καυσαέρια ψύχονται κατά την φάση της εκτόνωσης, η αντίδραση σχηματισμού NO «παγώνει» και οι ποσότητες NO που παραμένουν είναι πολύ μεγαλύτερες από αυτές που αντιστοιχούν σε χημική ισορροπία στις συνθήκες που επικρατούν την στιγμή αυτή. Το CO, παράγεται επίσης κατά την διαδικασία της καύσης. Με πλούσια μίγματα καυσίμου και αέρα δεν υπάρχει αρκετό O<sub>2</sub> να κάψει όλον τον άνθρακα του καυσίμου σε CO<sub>2</sub>. Επίσης στις υψηλές θερμοκρασίες των καυσαερίων, ακόμη και όταν υπάρχει περίσσεια O<sub>2</sub>, το CO<sub>2</sub> διασπάται σε CO και επομένως οι συγκεντρώσεις του CO είναι μεγάλες. Αργότερα στην φάση της εκτόνωσης η διαδικασία σχηματισμού CO «παγώνει», όπως συμβαίνει και με το NO.



**Εικόνα 2.1-1** Συγκεντρωτική παρουσίαση των μηχανισμών σχηματισμού των ρύπων HC, CO και NO στην μηχανή otto.

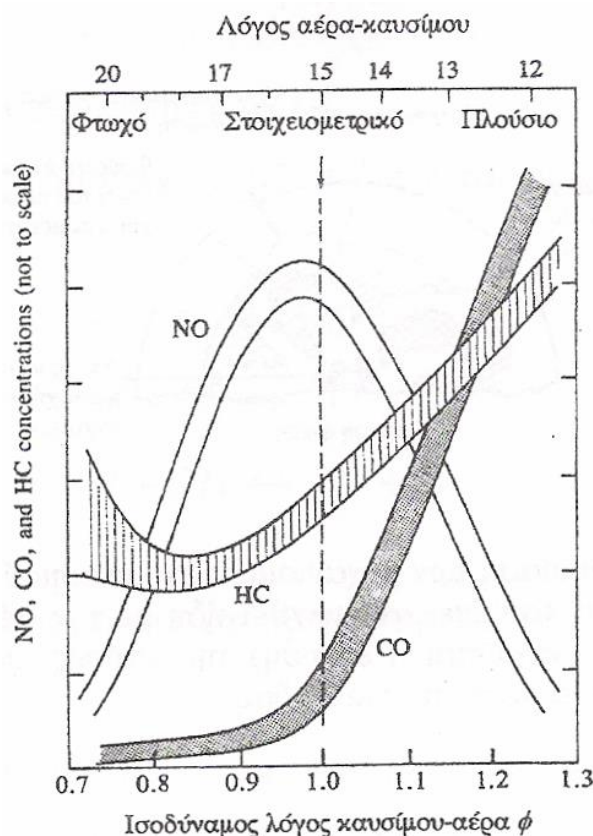
Οι HC έχουν διάφορες πηγές. Κατά την συμπίεση και την καύση οι μεγάλες πιέσεις που επικρατούν μέσα στον κύλινδρο, αναγκάζουν κάποια αέρια του κυλίνδρου να οδηγηθούν μέσα σε στενές περιοχές του κυλίνδρου, όπως είναι τα διάκενα μεταξύ εμβόλου, ελατηρίων εμβόλου και κυλίνδρου. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των αερίων είναι άκαυστο μίγμα καυσίμου-αέρα. Επειδή οι περιοχές αυτές είναι πολύ στενές, η φλόγα της καύσης δεν μπορεί να εισχωρήσει σε αυτές, με αποτέλεσμα να παραμένουν εκεί HC. Αργότερα κατά την εκτόνωση και εξαγωγή, τα αέρια αυτά βγαίνουν από τις στενές περιοχές και αποτελούν μια πηγή HC. Άλλη πιθανή πηγή άκαυστων HC είναι τα τοιχώματα του

θαλάμου καύσης. Στα τοιχώματα η καύση δεν μπορεί να ολοκληρωθεί, επειδή η θερμοκρασία τους είναι σχετική χαμηλή, με αποτέλεσμα να παραμένουν εκεί άκαυστοι HC. Το φαινόμενο αυτό συμβαίνει σε ένα στρώμα πάχους 0,1 [mm] και είναι πιο έντονο όταν πάνω στα τοιχώματα υπάρχουν διάφορες επικαθίσεις. Τρίτη πηγή άκαυστων HC είναι το λεπτό στρώμα λιπαντικού που επικάθεται πάνω στα τοιχώματα του κυλίνδρου, του εμβόλου και ίσως της κεφαλής. Το στρώμα αυτό του λιπαντικού απορροφά HC πριν την καύση, με αποτέλεσμα να μην καούν και τους αποδίδει μετά την καύση άκαυστους. Μια τελική πηγή άκαυστων HC είναι η μη τέλεια καύση σε τμήματα του κύκλου λειτουργίας στα οποία η φλόγα δεν αναπτύσσεται κανονικά επειδή η ταχύτητα καύσης είναι μικρή. Τέτοιες συνθήκες καύσης μπορεί να δημιουργηθούν κατά τις μεταβατικές περιόδους λειτουργίας κατά τις οποίες ο συνδυασμός του λόγου αέρα-καυσίμου, τις προπορείας έναυσης και του ποσοστού ανακυκλούμενου καυσαερίου δεν είναι ο κατάλληλος.

Οι άκαυστοι HC βγαίνουν από τον κύλινδρο κατά την φάση της διαφυγής των καυσαερίων, αφού αναμειχθούν με την κυρίως μάζα των καυσαερίων, κατά το τέλος της φάσης της εξαγωγής, οπότε το έμβολο αποξέει τα καυσαέρια από τα τοιχώματα του κυλίνδρου και τα ωθεί προς την βαλβίδα εξαγωγής. Ένα σημαντικό μέρος των άκαυστων HC που αναφέρθηκαν παραπάνω, οξειδώνεται κατά την εκτόνωση και εξαγωγή. Το ποσό που οξειδώνεται εξαρτάται από την θερμοκρασία και την συγκέντρωση  $O_2$  που συναντούν κατά την ανάμειξη με το κυρίως καυσαέριο.

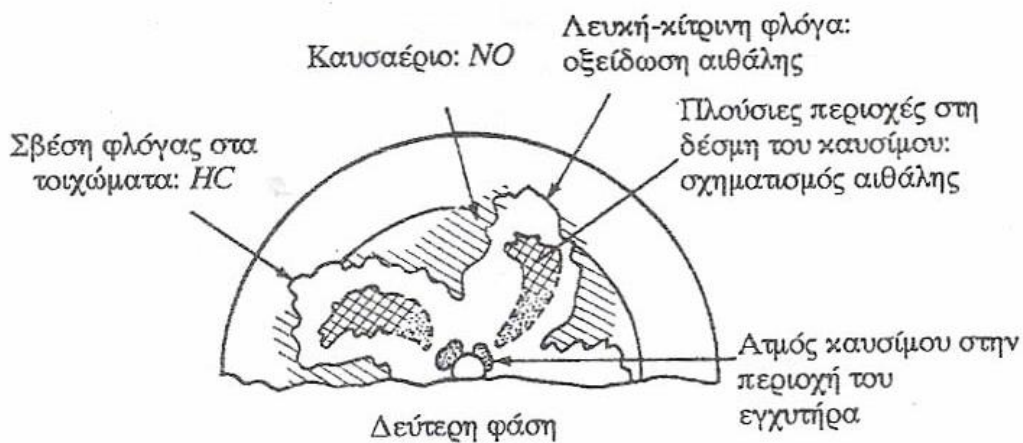
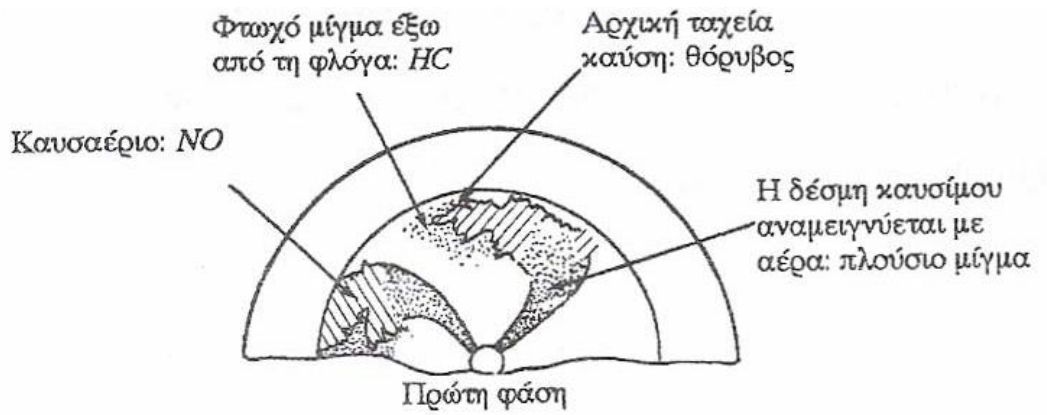
Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που προσδιορίζουν τις εκπομπές ρύπων στις μηχανές otto είναι ο ισοδύναμος λόγος καυσίμου-αέρα ( $\phi$ ). Στην εικόνα 2.1-2 φαίνεται ποιοτικά πως μεταβάλλονται οι ρύποι NO, CO και HC με τον λόγο  $\phi$ . Οι μηχανές otto λειτουργούν με λόγο  $\phi$  γύρω στο 1. Απο την εικόνα 2.1-2 προκύπτει ότι για φτωχότερο μίγμα οι εκπομπές ελαττώνονται έως ότου η καύση δεν είναι πια ομαλή, λόγω πολύ φτωχού μίγματος, οπότε οι εκπομπές HC αυξάνονται. Το όριο αυτό του φτωχού μίγματος είναι για  $\phi$  από 0,7 έως 0,8. Η μορφή των καμπυλών δείχνει την δυσκολία ελέγχου των ρύπων. Στις κρύες μηχανές, που η εξάτμιση του καυσίμου δεν είναι εύκολη, η παροχή καυσίμου αυξάνει σε σχέση με την παροχή αέρα για να υπάρξει αναφλέξιμο μίγμα στον κύλινδρο, δηλαδή το μίγμα γίνεται πλούσιο και οι εκπομπές CO και HC είναι αυξημένες. Σε μερικά φορτία μπορεί να χρησιμοποιηθεί φτωχό μίγμα, οπότε οι εκπομπές CO και HC είναι μειωμένες, ενώ οι εκπομπές NO βρίσκονται σε

μέσα επίπεδα. Χρήση ανακυκλούμενου καυσαερίου για αλλοίωση του μίγματος στην εισαγωγή μειώνει τις εκπομπές NO, αλλά χειροτερεύει την ποιότητα της καύσης.



**Εικόνα 2.1-2** Μεταβολή των συγκεντρώσεων των HC,CO και NO στην εξαγωγή μιας συμβατικής μηχανής otto, σε συνάρτηση του ισοδύναμου λόγου καυσίμου-αέρα

Στην μηχανή diesel γίνεται έγχυση του καυσίμου μέσα στον κύλινδρο λίγο πριν αρχίσει η καύση. Για τον λόγο αυτό ο διασκορπισμός του καυσίμου και η ανάμειξή του με τον αέρα δεν είναι ομοιόμορφος. Ο σχηματισμός των ρύπων εξαρτάται πάρα πολύ από τον διασκορπισμό του καυσίμου και από το πώς μεταβάλλεται ο διασκορπισμός αυτός με τον χρόνο. Στην εικόνα 2.1-3 φαίνεται πως οι διάφορες περιοχές της δέσμης του καυσίμου και της φλόγας επηρεάζουν το σχηματισμό NO, άκαυστων HC και PM κατά την διάρκεια της πρώτης φάσης (καύση καυσίμου που έχει ήδη αναμειχτεί με τον αέρα) και της δεύτερης φάσης (καύση καυσίμου του οποίου συνεχίζεται η έγχυση) της καύσης, σε μηχανή diesel απευθείας εγχύσεως με στροβιλισμό του αέρα μέσα στον κύλινδρο.



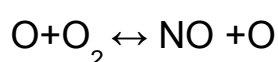
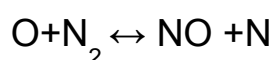
**Εικόνα 2.1-3** Συγκεντρωτική παρουσίαση των μηχανισμών σχηματισμού ρύπων κατά την διάρκεια της πρώτης και δεύτερης φάσης της καύσης.

Τα  $\text{NO}_x$  σχηματίζονται στις περιοχές υψηλής θερμοκρασίας των αερίων, όπως και στις μηχανές  $\text{otto}$ , αλλά η θερμοκρασία και ο λόγος καυσίμου – αέρα διαφοροποιούνται από περιοχή σε περιοχή και ο ρυθμός σχηματισμού τους είναι μεγαλύτερος εκεί όπου ο λόγος  $\phi$  είναι κοντά στο 1. Αιθάλη σχηματίζεται στον πλούσιο σε καύσιμο πυρήνα της δέσμης μέσα στην περιοχή της φλόγας, όπου ο ατμός του καυσίμου θερμαίνεται καθώς έρχεται σε επαφή με τα ζεστά καυσαέρια. Η αιθάλη στην συνέχεια οξειδώνεται στην περιοχή της φλόγας, όταν έρχεται σε επαφή με άκαυστο  $\text{O}_2$ , δίνοντας το λαμπερό κίτρινο χρώμα. Άκαυστοι  $\text{HC}$  και αλδεΐδες σχηματίζονται σε περιοχές όπου η φλόγα σταματήσει είτε επάνω στα τοιχώματα ή επειδή υπάρχει μεγάλη περίσσεια αέρα που εμποδίζει την έναρξη ή την συνέχιση της καύσης. Επίσης το καύσιμο στην περιοχή του ακροφυσίου εξατμίζεται μετά το τέλος της έγχυσης και δεν προλαβαίνει να καεί πλήρως, οπότε είναι άλλη μια πηγή  $\text{HC}$ .

## 2.2 Οξείδια του αζώτου (NOx)

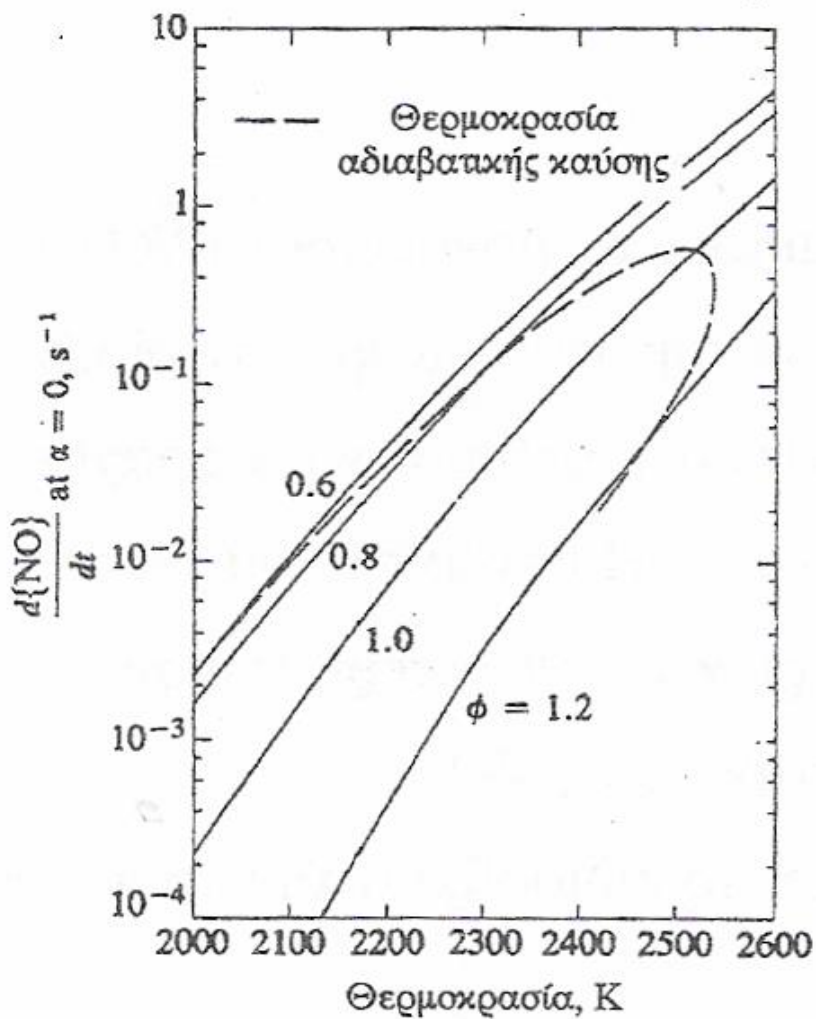
Από τα οξείδια του αζώτου, το NO είναι αυτό που παράγεται κυρίως μέσα στον κύλινδρο των μηχανών. Κύρια πηγή είναι η οξείδωση του N<sub>2</sub> του ατμοσφαιρικού αέρα. Μπορεί βέβαια να παραχθεί και από N<sub>2</sub> του καυσίμου, όταν αυτό είναι αρκετό. Η βενζίνη περιέχει ασήμαντη ποσότητα ενώσεων του N<sub>2</sub>. Το πετρέλαιο περιέχει μεγαλύτερη ποσότητα, αλλά είναι και πάλι πολύ μικρή για να επηρεάσει την παραγωγή NO.

Οι χημικές εξισώσεις που προσδιορίζουν την παραγωγή NO είναι οι εξής:



Από τις εξισώσεις αυτές προκύπτει ότι η παραγωγή NO εξαρτάται έντονα από την θερμοκρασία.

Το NO παράγεται στο μέτωπο της φλόγας και στα καυσαέρια που αφήνει πίσω της η φλόγα. Άλλα το μέτωπο της φλόγας είναι πολύ λεπτό (περίπου 0,1 [mm]) και ο χρόνος που διαρκεί η καύση σε ένα τόσο λεπτό στρώμα είναι ελάχιστος. Τα καυσαέρια που αφήνει πίσω τους η φλόγα συμπιέζονται καθώς η καύση προχωρεί με αποτέλεσμα η θερμοκρασία τους να ανεβαίνει. Για τον λόγο αυτή η ποσότητα NO που παράγεται μέσα στα καυσαέρια είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την ποσότητα που παράγεται στο μέτωπο της φλόγας, η οποία μπορεί να θεωρηθεί αμελητέα. Επομένως η παραγωγή NO δεν εξαρτάται βασικά από την διαδικασία της καύσης αλλά από τις συνθήκες που επικρατούν μέσα στα καυσαέρια μετά την καύση. Οι υψηλές θερμοκρασίες και μεγάλες συγκεντρώσεις οξυγόνου οδηγούν σε μεγάλους ρυθμούς παραγωγής NO όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα.

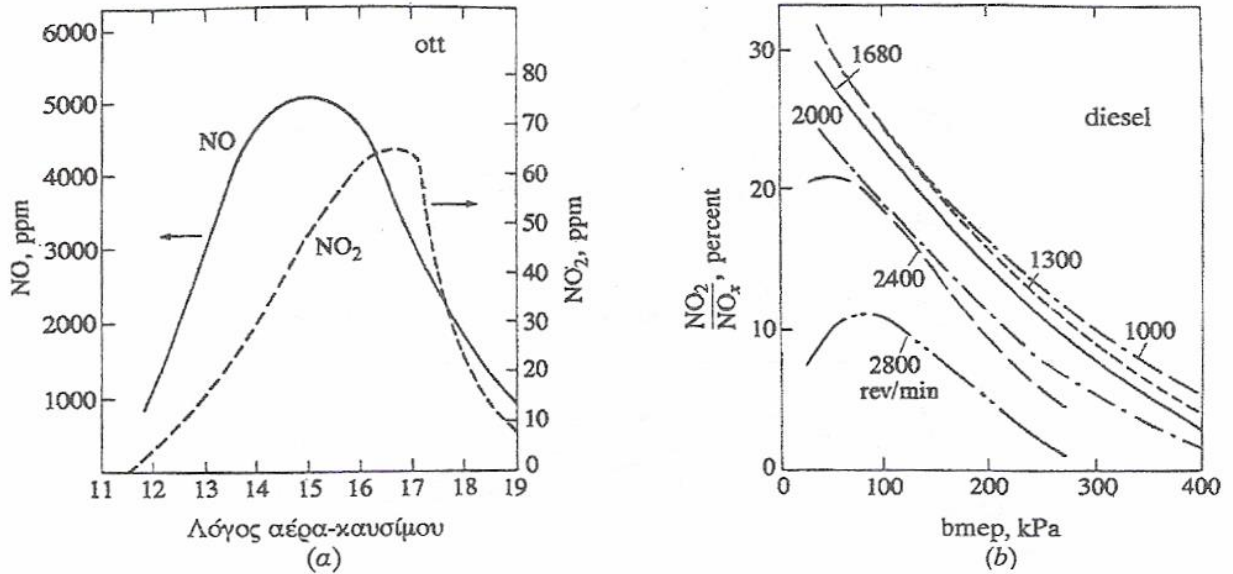


**Εικόνα 2.2-1** Ρυθμός παραγωγής NO συναρτήση της θερμοκρασίας, για διάφορες τιμές του λόγου  $\phi$  και πίεσης 15 [atm]. Η διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί σε θερμοκρασία αδιαβατικής καύσης κηροζίνης με αέρα 700[K] και 15[atm].

Η ποσότητα  $NO_2$  που παράγεται από τις μηχανές otto είναι αμελητέα σε σχέση με την ποσότητα του NO, ενώ στις μηχανές diesel ανέρχεται στο 10 έως 30% όλων των  $NO_x$  που παράγονται.

Στην εικόνα 2.2-2 φαίνονται οι εκπομπές NO και  $NO_2$  μιας μηχανής otto (a) και μηχανής diesel (b).



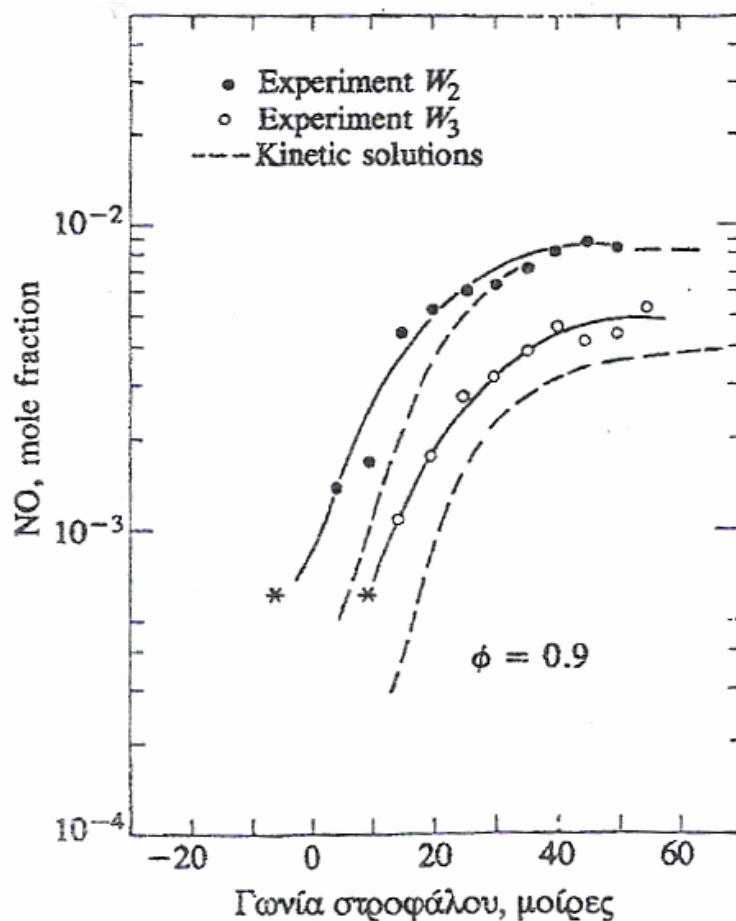


**Εικόνα 2.2-2** Συγκεντρώσεις NO και NO<sub>2</sub> στην εξαγωγή μηχανής otto, σε συνάρτηση του λόγου αέρα-καυσίμου, και πλήρες φορτίο(a). Συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub> ως ποσοστό των συνολικών NO<sub>x</sub> στην εξαγωγή μηχανής diesel, σε συνάρτηση του φορτίου και της ταχύτητας (b).

### 2.2.1 Σχηματισμός NO<sub>x</sub> στις μηχανές otto

Στις μηχανές otto το καύσιμο και ο αέρας (και το ανακυκλούμενο καυσαέριο όταν υπάρχει) αναμειγνύονται στο σύστημα εισαγωγής και κατά την φάση της εισαγωγής αναμειγνύονται με το παραμένον στον κύλινδρο καυσαέριο. Έτσι ο λόγος καυσίμου-αέρα και το καυσαέριο είναι ομοιόμορφα μέσα στον κύλινδρο κατά την καύση. Τμήμα του μίγματος που καίγεται νωρίτερα συμπιέζεται σε μεγαλύτερη θερμοκρασία μετά την καύση. Τμήμα του μίγματος που καίγεται αργότερα συμπιέζεται τελικά σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

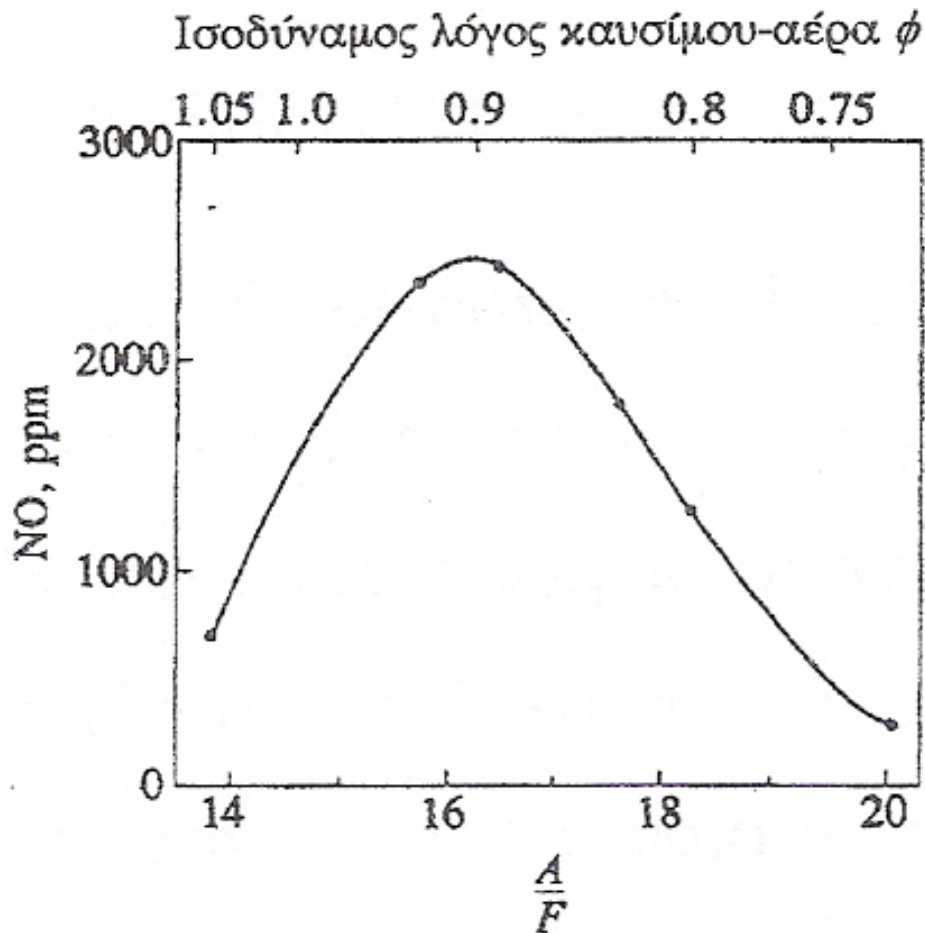
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι σε μηχανές που δεν υπάρχει σημαντική κίνηση των αερίων μέσα στον κύλινδρο, μεγαλύτερες συγκεντρώσεις NO υπάρχουν κοντά στον σπινθηριστή, επειδή από εκεί αρχίζει η καύση. Αυτό φαίνεται στην εικόνα 2.2.1-2, όπου το σημείο μετρήσεων του πειράματος W<sub>2</sub> είναι πιο κοντά προς τον σπινθηριστή.



**Εικόνα 2.2.1-2** Μετρημένες συγκεντρώσεις NO σε δυο σημεία του κυλίνδρου. \*Το σημείο μετρήσεων του πειράματος  $W_2$  είναι πιο κοντά προς το σπινθηριστή.

Οι σπουδαιότεροι παράμετροι μιας μηχανής που επηρεάζουν τις εκπομπές NO είναι ο ισοδύναμος λόγος καύσιμο-αέρα ( $\phi$ ), το ποσοστό καυσαερίου που περιέχεται μέσα στο άκαυστο μίγμα του κυλίνδρου και η προπορεία έναυσης. Το ποσοστό καυσαερίου στο άκαυστο μίγμα εξαρτάται από το ανακυκλούμενο καυσαέριο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των NOx και από το παραμένον από τον προηγούμενο κύκλο λειτουργίας καυσαέριο.

Στην εικόνα 2.2.1-3 φαίνεται η επίδραση του ισοδύναμου λόγου  $\phi$  στις εκπομπές NO. Μέγιστη εκπομπή παρουσιάζεται για  $\phi = 0.9$ , παρόλο που μέγιστη θερμοκρασία επικρατεί για  $\phi=1.1$ . Αυτό συμβαίνει επειδή για  $\phi=0.9$  η συγκέντρωση  $O_2$  είναι μεγαλύτερη και εξουδετερώνει την μειωτική επίδραση της σχετικά μειωμένης θερμοκρασίας.

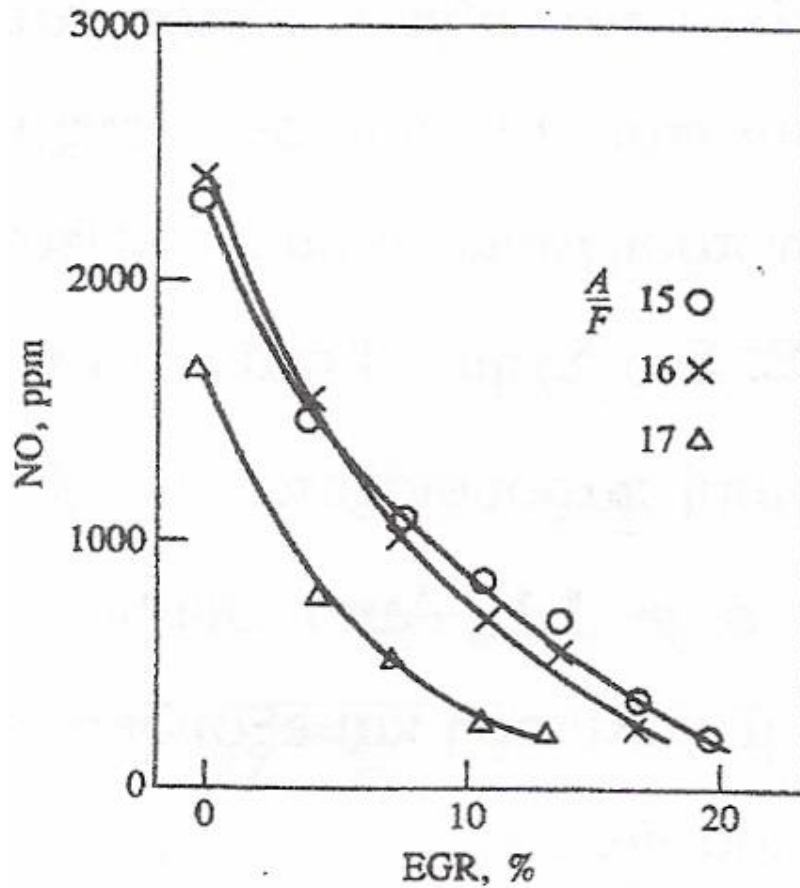


**Εικόνα 2.2.1-3** Μεταβολή της συγκέντρωσης NO στην εξαγωγή, σε συνάρτηση του λόγου αέρα-καυσίμου και ισοδύναμου λόγου καυσίμου αέρα. Μηχανή otto, 1600[rpm]  $\eta_v = 0.5$ , προπορεία έναυσης για μέγιστη ροπή.

### Ποσοστό καυσαερίου.

Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό καυσαερίου (EGR) στο μίγμα, τόσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία μετά την καύση και επομένως τόσο μικρότερη είναι η συγκέντρωση NO. Παράλληλα όμως μειώνεται ο ρυθμός καύσης και μπορεί να παρουσιαστεί ασταθής καύση. Η ασταθής καύση δεν είναι επιθυμητή, για αυτό το ποσοστό καυσαερίου δεν μπορεί να ξεπεράσει ορισμένα όρια.

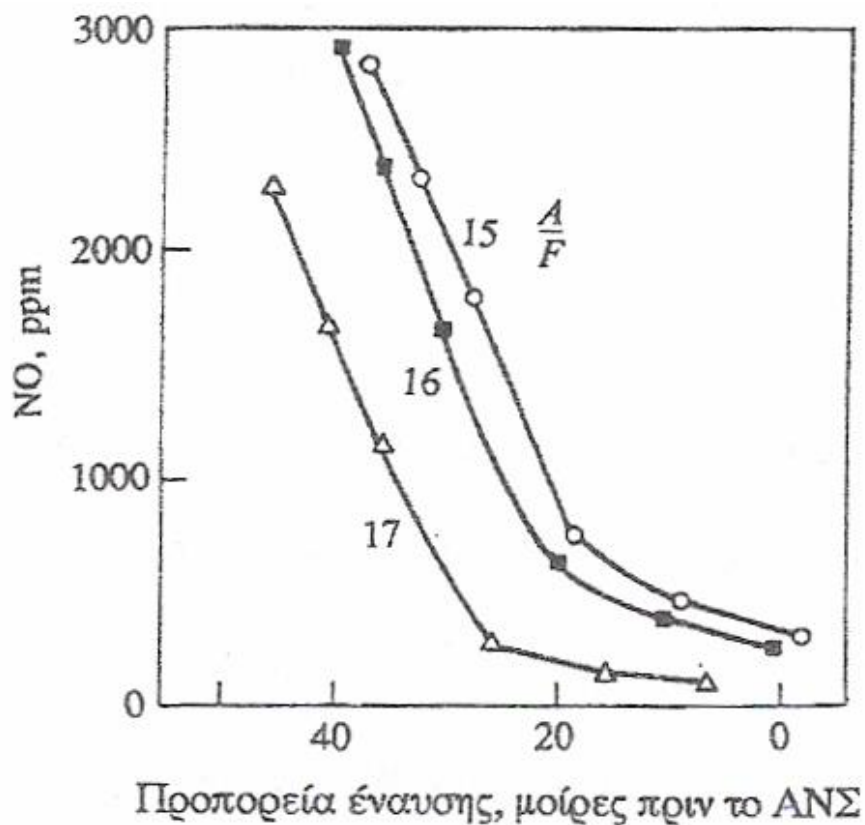
Στην εικόνα 2.2.1-4 φαίνεται η επίδραση του ανακυκλούμενου καυσαερίου στην εκπομπή NO. Για ποσοστό EGR 15-25% παρατηρείται μεγάλη μείωση της εκπομπής. Το ποσοστό αυτό EGR είναι το μέγιστο που μπορεί να δεχθεί μια μηχανή σε μερικά φορτία.



**Εικόνα 2.2.1-4** Μεταβολή εκπομπής NO σε συνάρτηση του ανακυκλούμενου καυσαερίου (EGR). Μηχανή otto, 1600[rpm],  $\eta_v=0.5$ , προπορεία έναυσης για μέγιστη ροπή.

### Προπορεία έναυσης.

Η προπορεία έναυσης επηρεάζει σημαντικά την εκπομπή NO. Μεγάλη προπορεία έναυσης αυξάνει την πίεση και την θερμοκρασία της καύσης επειδή η καύση γίνεται σε μικρότερο όγκο άρα αυξάνει η συγκέντρωση του NO. Μικρή προπορεία έναυσης προκαλεί το αντίθετο αποτέλεσμα. Η επίδρασή της στην εκπομπή NO φαίνεται στην εικόνα 2.2.1-5.



**Εικόνα 2.2.1-5.** Μεταβολή εκπομπής NO σε συνάρτηση της προπορείας έναυσης. Μηχανή otto, 1600[rpm],  $\eta_v = 0.5$ . Το αριστερό πέρασ των καμπυλών αντιστοιχεί σε προπορεία έναυσης για μέγιστη ροπή, για κάθε λόγο A/F.

### 2.2.2 Σχηματισμός NO<sub>x</sub> στις μηχανές diesel.

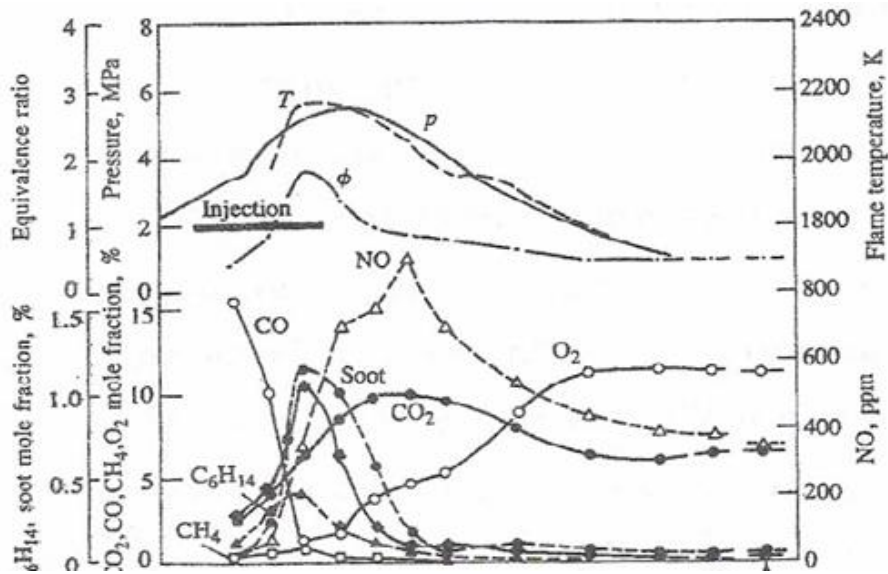
Ο μηχανισμός σχηματισμού του NO και του NO<sub>x</sub> είναι ο ίδιος και για τις μηχανές otto και για τις μηχανές diesel. Η σημαντική διαφορά είναι βέβαια ότι στην μηχανή diesel ή έγχυση του καυσίμου γίνεται λίγο πριν αρχίσει η καύση και συνήθως συνεχίζεται και μετά την έναρξη της καύσης, επομένως η ανάμειξή του με τον αέρα δεν είναι ομοιόμορφη. Άρα δεν είναι ομοιόμορφη ούτε η θερμοκρασία ούτε η σύνθεση του καυσαερίου. Επιπλέον η σύνθεση μεταβάλλεται συνεχώς λόγω της ανάμειξης των καυσαερίων, του αέρα και των ατμών καυσίμου του άκαυστου μίγματος.

Από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω προέκυψε ότι η σύνθεση του μίγματος που ευνοεί τον σχηματισμό NO, είναι γύρω από την στοιχειομετρική και ότι η πιο κρίσιμη περίοδος του κύκλου λειτουργίας της μηχανής για τον σχηματισμό του NO είναι αυτή κατά την οποία η θερμοκρασία μέσα στον κύλινδρο είναι μέγιστη, δηλαδή γύρω στο ANΣ. Μετά η θερμοκρασία μειώνεται, γενικά λόγω της εκτόνωσης και της ανάμειξης των αερίων. Έτσι ο μηχανισμός σχηματισμού και διάσπασης του NO «παγώνει» πολύ πιο νωρίς στην μηχανή diesel, με αποτέλεσμα η μείωση του NO μετά την μέγιστη τιμή του να είναι πολύ πιο μικρή σε σχέση με την μηχανή otto.

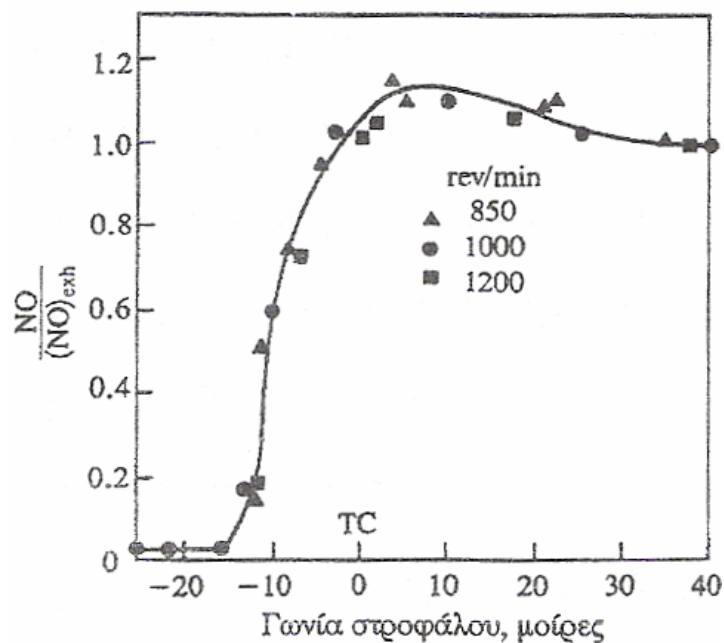
Στην εικόνα 2.2.2-1 φαίνεται ότι πράγματι η συγκέντρωση του NO είναι μέγιστη εκεί όπου ο τοπικός ισοδύναμος λόγος αντιστοιχεί σε μετάβαση του μίγματος από πλούσιο σε φτωχό και η συγκέντρωση μειώνεται καθώς το μίγμα γίνεται τοπικά (στο σημείο λήψης του δείγματος) όλο και πιο φτωχό.

Στην εικόνα 2.2.2-2 φαίνεται το «πάγωμα» της συγκέντρωσης του NO μετά την μέγιστη τιμή του. Η μέγιστη συγκέντρωση εμφανίζεται περίπου 20° μετά την έναρξη της καύσης και μειώνεται ελάχιστα. Η ταχύτητα της μηχανής δεν επηρεάζει την συμπεριφορά αυτή. Η προπορεία έγχυσης του καυσίμου επηρεάζει επίσης την συγκέντρωση NO. Αύξηση της προπορείας προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης, επειδή αυξάνει την μέγιστη θερμοκρασία. Την ίδια επίδραση έχει και η αύξηση του φορτίου. Η αύξηση του φορτίου εκφράζεται με την αύξηση του ολικού ισοδύναμου λόγου φ.

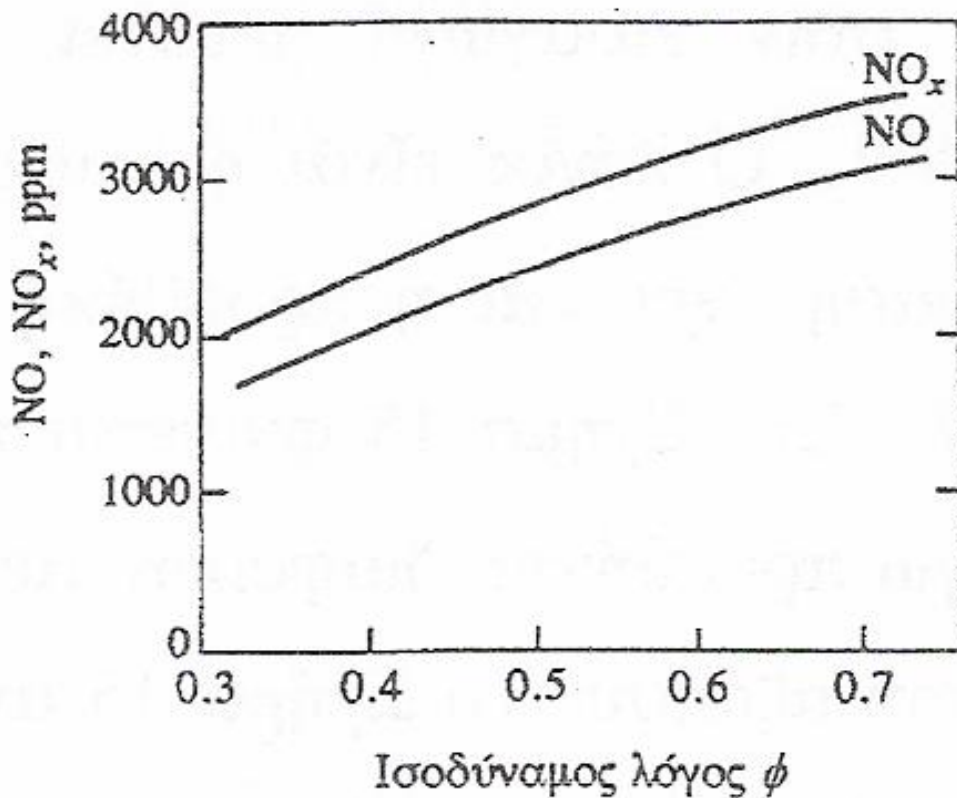
Στην εικόνα 2.2.2-3 φαίνεται η μεταβολή των συγκεντρώσεων NO και NO<sub>x</sub> σε συνάρτηση του ολικού ισοδύναμου λόγου φ. Η αύξηση των συγκεντρώσεων οφείλεται στο ότι η αύξηση του ολικού λόγου φ αυξάνει τις περιοχές του κυλίνδρου στις οποίες υπάρχει μίγμα γύρω από το στοιχειομετρικό. Το NO<sub>2</sub> είναι 10-20% των συνολικών NO<sub>x</sub>. Η μείωση των εκπομπών NO με την μείωση του ολικού λόγου φ, που παρατηρείται στην εικόνα 2.2.2-3, είναι πολύ πιο βραδεία από την αντίστοιχη μείωση που παρατηρείται στις μηχανές otto (εικόνα 2.2.2-3). Ο λόγος είναι το ανομοιόμορφο μίγμα που υπάρχει στις μηχανές diesel που είναι αιτία για ύπαρξη περιοχών με μίγμα γύρω στο στοιχειομετρικό, παρόλο το μικρό ολικό λόγο φ.



**Εικόνα 2.2.2-1** Συγκεντρώσεις αιθάλης, NO και άλλων προϊόντων καύσης μετρημένες στο σημείο S, σε συνάρτηση της γωνίας στροφάλου, για μηχανή diesel απευθείας εγχύσεως.  $p$  πίεση κυλίνδρου,  $T$  μέση θερμοκρασία,  $\phi$  τοπικός ισοδύναμος λόγος. Διάμετρος κυλίνδρου 95 [mm], διαδρομή εμβόλου 110[mm], σχέση συμπίεσης 14,6. Εγχυτήρας με 4 οπές διαμέτρου 0,2 [mm].



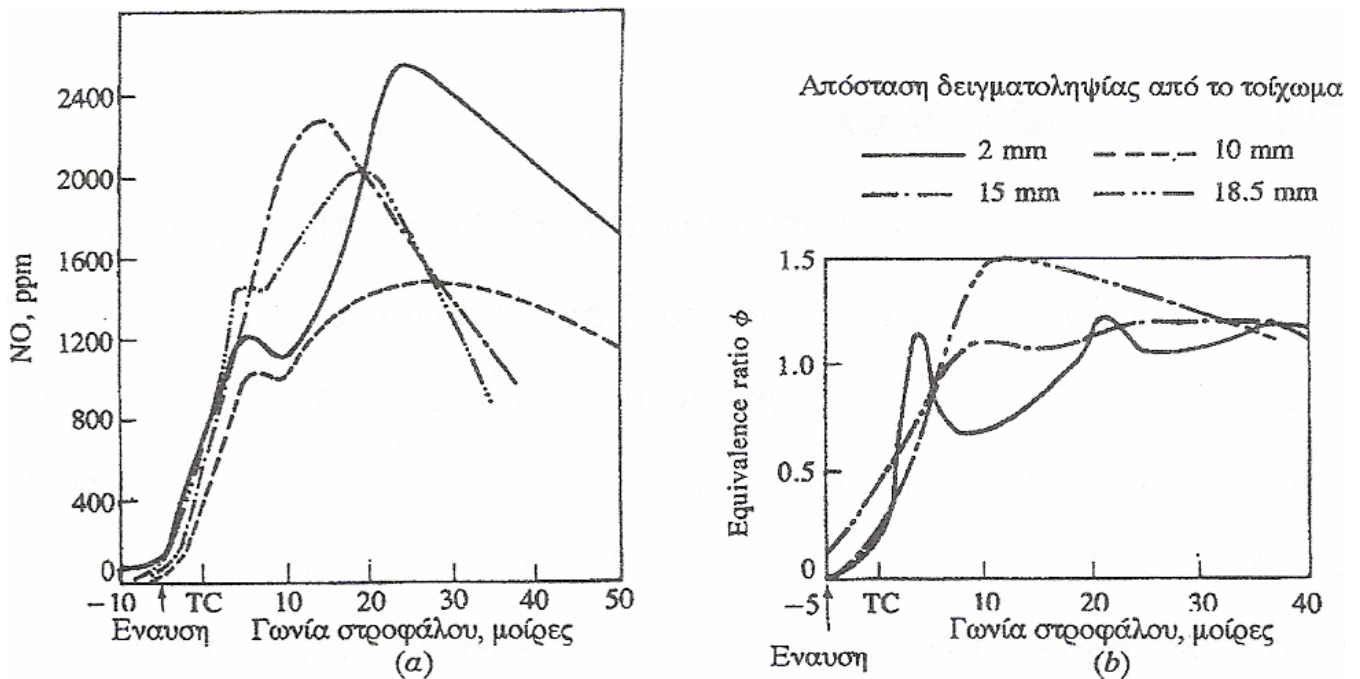
**Εικόνα 2.2.2-2** Λόγος μέσης συγκέντρωσης NO του κυλίνδρου προς την συγκέντρωση NO στην εξαγωγή, σε συνάρτηση της γωνίας στροφάλου, για μηχανή diesel απευθείας εγχύσεως. Ισοδύναμος λόγος  $\phi$  0,6, προπορεία έγχυσης  $27^\circ$  πριν το ANΣ.



**Εικόνα 2.2.2-3** Συγκεντρώσεις NO και NO<sub>x</sub>, σε συνάρτηση του ολικού λόγου  $\phi$  (ή του φορτίου), για μηχανή diesel απευθείας εγχύσεως. Ταχύτητα 1000[rpm], προπορεία έγχυσης 27° πριν το ANΣ.

Στις μηχανές diesel έμμεσου εγχύσεως, το NO σχηματίζεται κυρίως μέσα στον προθάλαμο καύσης και στην συνέχεια μεταφέρεται στον κυρίως θάλαμο, όπου οι αντιδράσεις «παγώνουν», επειδή εκεί γίνεται ταχεία ανάμειξη των καυσαερίων με αέρα. Στον προθάλαμο όμως επικρατεί συνήθως, με εξαίρεση στα μικρά φορτία, πλούσιο μίγμα, με αποτέλεσμα κατά την εκτόνωση των καυσαερίων στον κυρίως θάλαμο να γίνεται κάποια αραίωση του μίγματος προς στοιχειομετρικές συνθέσεις, οπότε κάποια πρόσθετη ποσότητα NO μπορεί να σχηματιστεί στον κυρίως θάλαμο καύσης. Στην **εικόνα 2.2.2-3** φαίνονται τοπικές συγκεντρώσεις NO (a) και τοπικές τιμές του λόγου  $\phi$  (b) σε διάφορες θέσεις του προθαλάμου καύσης μιας μηχανής diesel εμμέσου εγχύσεως. Στις μηχανές αυτές η διαδικασία σχηματισμού και σταθεροποίησης του NO έχει ολοκληρωθεί ενώ η διαδικασία της καύσης βρίσκεται ακόμη στην μέση.

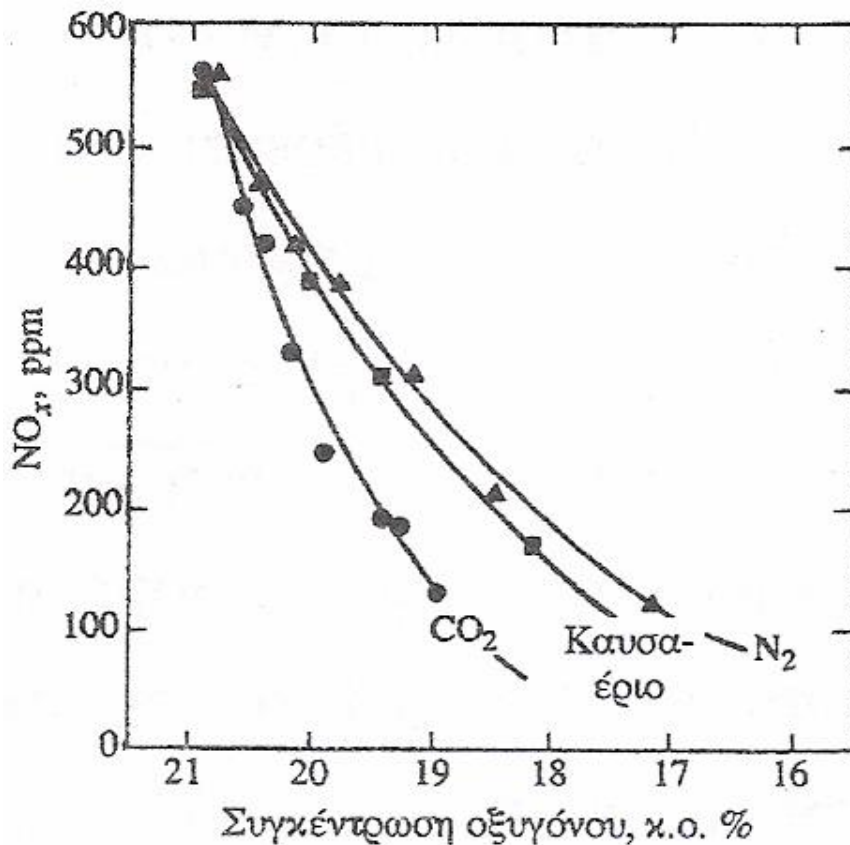




**Εικόνα 2.2.2-4** – (a) μετρημένη συγκέντρωση NO και (b) υπολογισμένος ισοδύναμος λόγος  $\phi$  σε διάφορες θέσεις του προθαλάμου μιας μηχανής diesel εμμέσου εγχύσεως σε συνάρτηση της γωνίας στροφάλου. Ταχύτητα 1000[rpm], έγχυση στις  $13^\circ$  πριν το ANΣ, έναυση στις  $50^\circ$  πριν το ANΣ.

Προσθήκη καυσαερίου στην εισαγωγή μειώνει την παραγωγή NO και επομένως την εκπομπή  $\text{NO}_x$ . Ο λόγος είναι η μείωση της θερμοκρασίας. Την ίδια επίδραση έχει και η προσθήκη άλλων αερίων, αντί για καυσαέριο όπως  $\text{CO}_2$  και  $\text{N}_2$ .

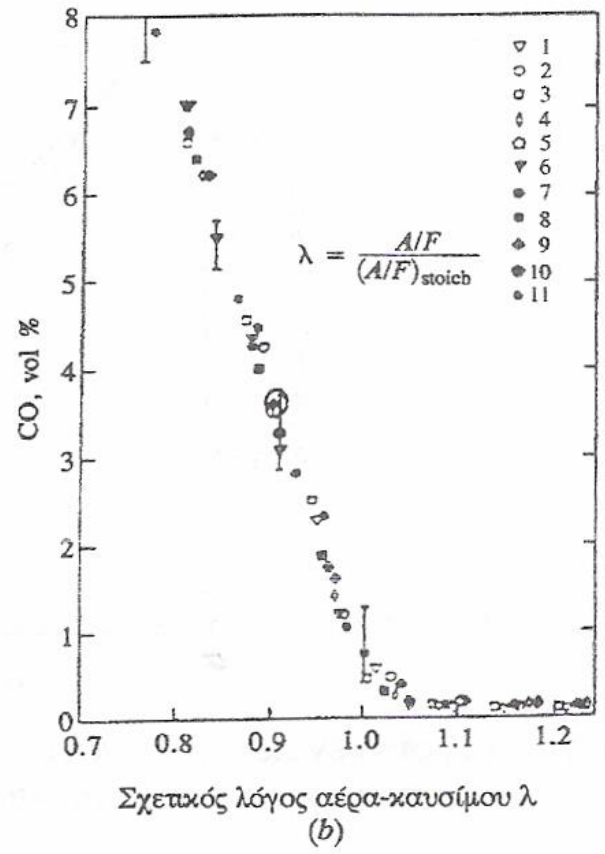
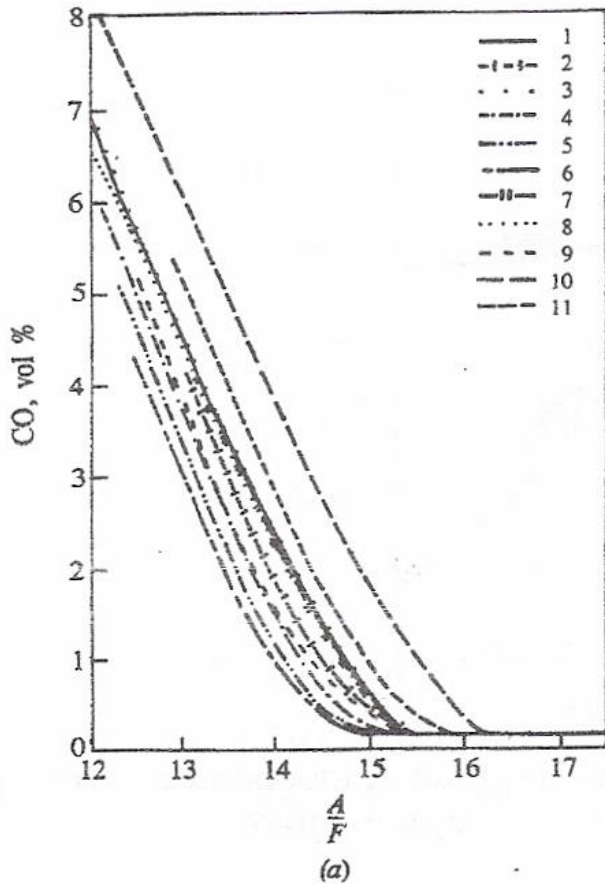
Στην εικόνα 2.2.2-5 φαίνεται πως επιδρά η μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου, λόγω προσθήκης διαφόρων αερίων στην εισαγωγή στην συγκέντρωση  $\text{NO}_x$ . Η εικόνα 2.2.2-5 αναφέρεται σε μηχανή απευθείας εγχύσεως (DI direct injection). Η ίδια τάση επικρατεί και στις μηχανές εμμέσου εγχύσεως.



**Εικόνα 2.2.2-5** επίδραση της μείωσης της συγκέντρωσης οξυγόνου, λόγω προσθήκης διαφόρων αερίων στην εισαγωγή, στην συγκέντρωση των οξειδίων του αζώτου για μηχανή diesel απευθείας εγχύσεως. Διάμετρος κυλίνδρου 140 [mm] διαδρομή εμβόλου 152 [mm], σχέση συμπίεσης 14,3 στροφές 1300 [rpm], έγχυση 4° πριν το ΑΝΣ.

### 2.3 Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

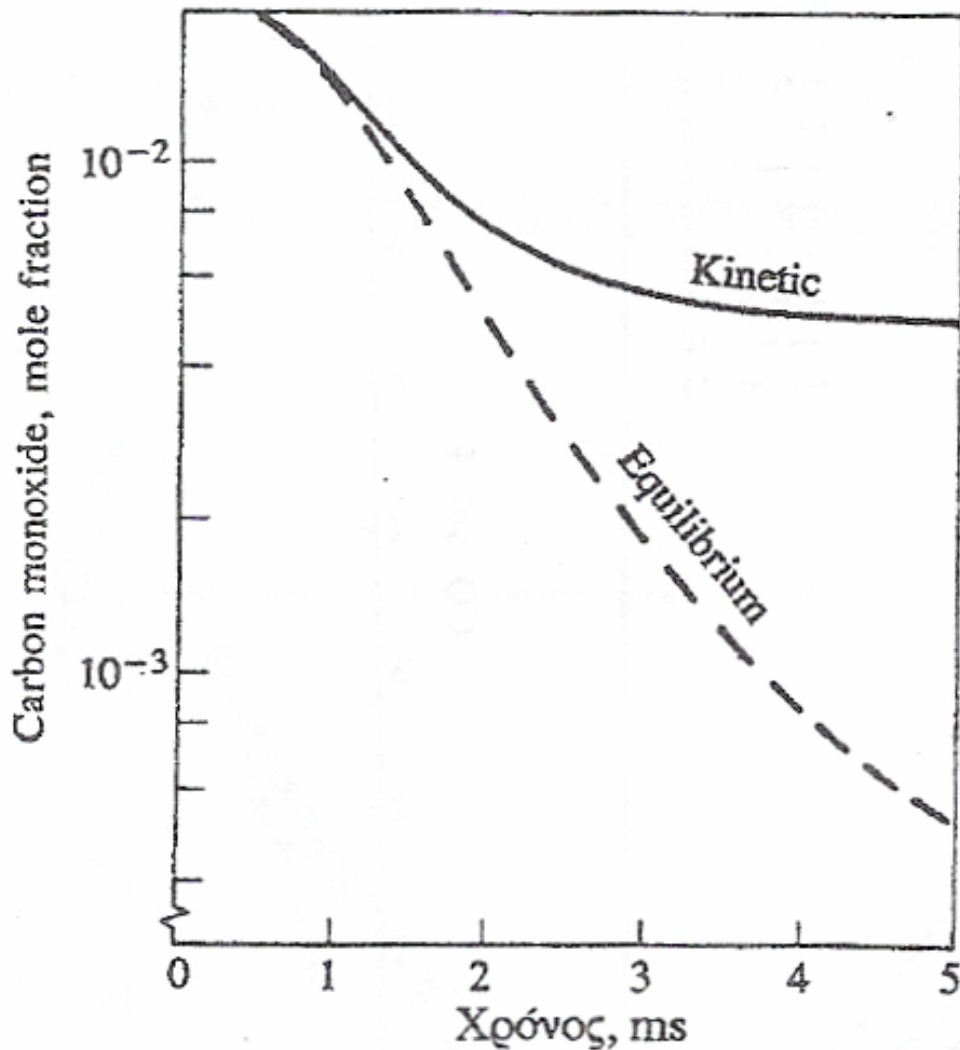
Η εκπομπή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από τις μηχανές εσωτερικής καύσης εξαρτάται κυρίως από τον ισοδύναμο λόγο καυσίμου-αέρα φ. Στην εικόνα 2.3-1 φαίνεται η περιεκτικότητα του καυσαερίου της μηχανής otto σε CO για διάφορα καύσιμα. Όσο πιο πλούσιο είναι το μίγμα τόσο περισσότερο CO περιέχεται στα καυσαέρια. Οι μηχανές otto συνήθως λειτουργούν με μίγμα κοντά στο στοιχειομετρικό, σε μερικά φορτία και λίγο πλούσιο σε πλήρες φορτίο. Γι αυτό η εκπομπή CO είναι σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τον περιορισμό της.



**Εικόνα 2.3-1.** Μεταβολής της εκπομπής CO μηχανής otto για καύσιμα διαφόρου λόγου H/C. (a) σε συνάρτηση του λόγου αέρα – καυσίμου, (b) σε συνάρτηση του σχετικού λόγου αέρα καυσίμου λ.

Οι μηχανές diesel αντίθετα λειτουργούν πάντα με φτωχό μείγμα και επομένως η εκπομπή CO σε αυτές είναι αμελητέα και δεν χρειάζεται καμία άλλη διερεύνηση.

Η στάθμη CO που παρατηρείται στην εξαγωγή των μηχανών otto, είναι μικρότερη από αυτήν που έχει μετρηθεί μέσα στον κύλινδρο, αλλά πολύ μεγαλύτερη από τις τιμές χημικές ισορροπίας στις συνθήκες τις εξαγωγής. Στην εικόνα 2.3-2 φαίνεται η διαφορά των πραγματικών εκπομπών και των εκπομπών χημικής ισορροπίας συναρτήση του χρόνου κατά την φάση της εκτόνωσης.



**Εικόνα 2.3-2** Πραγματική συγκέντρωση CO και συγκέντρωση χημικής ισορροπίας κατά την φάση της εκτόνωσης σε μηχανή otto με στοιχειομετρικό μείγμα.

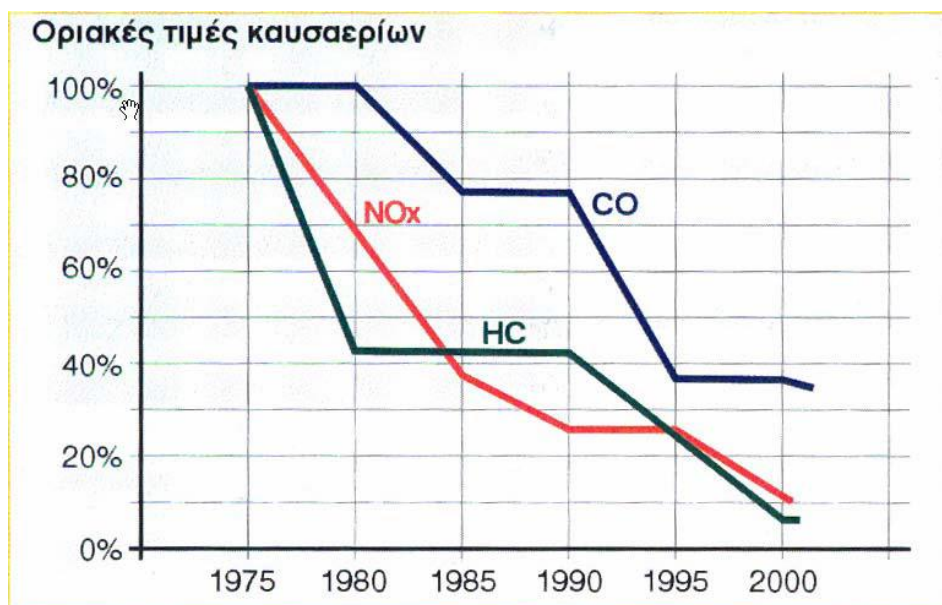
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η συγκέντρωση CO εξαρτάται κυρίως από το λόγο  $\phi$ . Όσο πιο ομοιόμορφο και φτωχό είναι το μίγμα, τόσο λιγότερο CO παράγεται. Σε πολυκύλινδρες μηχανές η ανομοιομορφία του λόγου  $\phi$  από κύλινδρο σε κύλινδρο αυξάνει τη συγκέντρωση του CO. Επίσης επειδή κατά την προθέρμανσης της μηχανής χρειάζεται πλουσιότερο μίγμα, οι εκπομπές CO στη φάση αυτής της λειτουργίας είναι πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες κατά την λειτουργία σε κανονική θερμοκρασία. Τέλος κατά την μεταβατική περίοδο, όπως είναι η επιτάχυνση και η επιβράδυνση, το μίγμα δεν είναι πολύ ομοιόμορφο με αποτέλεσμα οι εκπομπές CO να είναι αυξημένες.

### 3. Μέτρα και νομοθεσία περιορισμού της ρύπανσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση και τη χώρα μας.

Η κατασκευή, εμπορία και συντήρηση του αυτοκινήτου σήμερα αποτελεί έναν σημαντικό κλάδο της οικονομίας και ταυτόχρονα επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα της ζωής. Από την δεκαετία του '70 έγιναν σοβαρές προσπάθειες με νομοθετικές ρυθμίσεις για την μείωση της ρύπανσης της ατμόσφαιρας δεδομένου ότι με τον αυξανόμενο αριθμό οχημάτων αυξανόταν συνεχώς και η επιβάρυνση της ατμόσφαιρας από τα καυσαέρια τους.

#### 3.1 Νομοθεσία EOBD

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος δημιουργήθηκε στις ΗΠΑ και εφαρμόστηκε στα αυτοκίνητα ένα σύστημα αυτοδιάγνωσης μέσα από το σύστημα ηλεκτρονικής διαχείρισης του κινητήρα, για τον εντοπισμό πληροφοριών που έχουν σχέση με τα καυσαέρια. Το σύστημα ονομάστηκε OBD (On - Board - Diagnose) και δίνει την δυνατότητα στον οδηγό, να βλέπει στο ταμπλό των οργάνων του αυτοκινήτου, εάν το σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων με τον καταλυτικό μετατροπέα και τα ηλεκτρονικά του κινητήρα λειτουργούν σωστά.



**Διάγραμμα 3.1-1** Σταδιακή μείωση των ρύπων στην πολιτεία της Καλιφόρνια όπου άρχισαν να εφαρμόζονται αυστηρά μέτρα ελέγχου των εκπεμπόμενων καυσαερίων.

Το ίδιο το σύστημα OBD, δίνει την δυνατότητα με την βοήθεια κατάλληλης συσκευής, στο συνεργείο να κάνει άμεσο έλεγχο για την καλή λειτουργία του κινητήρα. Από τις αρχές του 2000 αυτό το σύστημα διάγνωσης εφαρμόστηκε σαν EOBD (Europe-on-board-Diagnose) και στην Ευρωπαϊκή Ένωση, αρχικά για τους βενζινοκινητήρες και στην συνέχεια και για τους πετρελαιοκινητήρες. Αυτό το σύστημα διάγνωσης έφερε θετικά αποτελέσματα στην μείωση εκπομπών των καυσαερίων από τα αυτοκίνητα και συνέβαλε σημαντικά στην διατήρηση της ποιότητας του αέρα.

Αύξηση των νέων οχημάτων και της κατανάλωσης καυσίμου

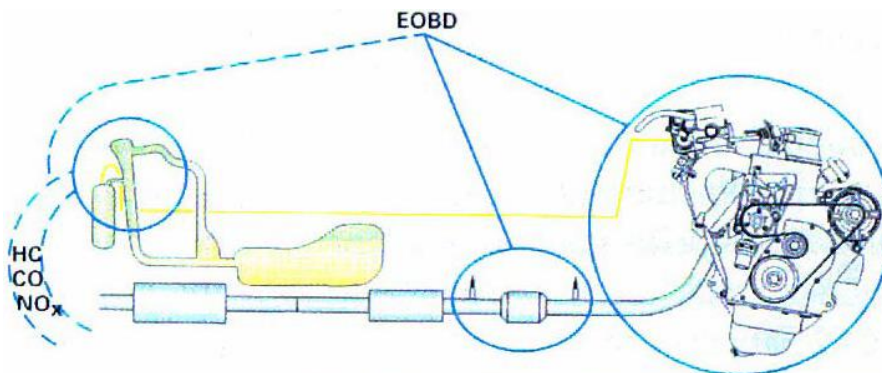


**Διάγραμμα 3.1-2** Σύγκριση μεταξύ κατανάλωσης καυσίμου και νεο-κυκλοφορούντων οχημάτων στην Γερμανία.

Η νομοθεσία ορίζει τις προδιαγραφές, οι οποίες σήμερα είναι αρκετά αυστηρές και οι αυτοκινητοβιομηχανίες κατασκευάζουν τα αυτοκίνητα σύμφωνα με τις απαιτήσεις αυτής της νομοθεσίας. Τα μέτρα που λαμβάνονται σε συνδυασμό με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την προσπάθεια της αυτοκινητοβιομηχανίας για καθαρότερα αυτοκίνητα έχουν δώσει σημαντικά αποτελέσματα.

Οι απαιτήσεις που έχουν τεθεί από την νομοθεσία προς τους κατασκευαστές των αυτοκινήτων και που αφορούν την διάγνωση EOBD είναι οι παρακάτω:

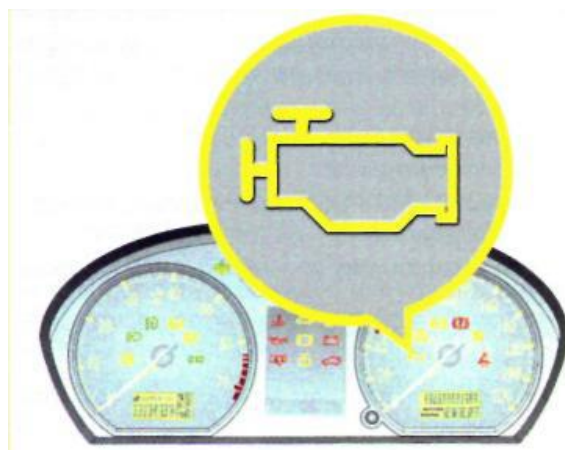
- Έλεγχος όλων των εξαρτημάτων, τα οποία είναι σημαντικά για την ποιότητα των καυσαερίων.
- Δυνατότητα διάγνωσης των κύριων ρυπαντών των καυσαερίων
- Τυποποιημένη υποδοχή διάγνωσης με καλή πρόσβαση από το κάθισμα του οδηγού.
- Οπτική προειδοποιητική ένδειξη, όταν τα σημαντικά για την εκπομπή καυσαερίων εξαρτήματα παρουσιάζουν βλάβες λειτουργίας ή για την ποιότητα των εκπομπών καυσαερίων.
- Προστασία του καταλύτη.
- Αποθήκευση σφαλμάτων.
- Τυποποιημένοι κωδικοί σφαλμάτων για όλους τους κατασκευαστές οχημάτων.
- Ένδειξη σφαλμάτων και με κοινή διαγνωστική συσκευή εμπορίου.
- Εμφάνιση των συνθηκών λειτουργίας, κατά τις οποίες παρατηρήθηκε ένα σφάλμα.
- Κανονισμοί για το πότε και πώς πρέπει να εμφανιστεί ένα σφάλμα καυσαερίων.
- Τυποποιημένες ονομασίες-συντμήσεις εξαρτημάτων, συστημάτων και σφαλμάτων.



**Εικόνα 3.1-1** Σχηματικό διάγραμμα εξαρτημάτων που ελέγχονται.

Γι' αυτό πρέπει επιπρόσθετα να χρησιμοποιηθεί ο έλεγχος των ρυπαντών μέσω της ηλεκτρονικής διαχείρισης του κινητήρα με διάφορους τρόπους ως γρήγορη διαπίστωση των βλαβών από τον οδηγό με το άναμμα της ενδεικτικής λυχνίας στο ταμπλό των οργάνων, από τον επισκευαστή με το διαγνωστικό μηχάνημα ή από τον τροχονόμο απ' ευθείας μέσω μιας συσκευής εμφάνισης στοιχείων διάγνωσης.

Επίσης με το σύστημα EOBD υπάρχει η δυνατότητα της εμφάνισης της απόστασης ή της χρονικής στιγμής που διανύθηκε από το αυτοκίνητο από την στιγμή που άναψε η προειδοποιητική λυχνία μέχρι τη στιγμή του ελέγχου.



**Εικόνα 3.1-2** Ενδεικτική λυχνία βλαβών του κινητήρα.

### **3.2 Πρότυπα εκπομπών ρύπων Ευρωπαϊκής Ένωσης EURO**

Μέσα στα πλαίσια της προώθησης μιας ενιαίας αντιρρυπαντικής τεχνολογίας και μιας ολοκληρωμένης πρόληψης και ελέγχου της ρύπανσης, η Ε.Ε. έχει θεσπίσει οδηγίες και κανονισμούς για τα όρια εκπομπών καυσαερίων των οχημάτων. Οι νόρμες αυτές εγκρίνονται από την Κομισιόν, το ευρωπαϊκό κοινοβούλιο και το πρωθυπουργικό συμβούλιο και βασίζονται σε πορίσματα διαφόρων μελετών από ειδικούς, πανεπιστημιακούς φορείς, ινστιτούτα κ.α. Για κάθε κατηγορία υπάρχει ένα όριο (EURO) σχετικά με την ποσότητα που εκλύεται από την εξάτμιση ενός οχήματος. Το όριο αυτό διαμορφώνεται από μια συγκεκριμένη διαδικασία μέτρησης, τον κύκλο NEDC, καθώς οι εκπομπές δεν είναι οι ίδιες όταν ένα αυτοκίνητο εκκινεί με κρύα μηχανή ή έχει τεθεί σε λειτουργία ώρες πριν, ή όταν ένα αυτοκίνητο έχει διανύσει 5.000 χλμ. ή 80.000 χλμ.



Στον πίνακα 3.2-1 παρουσιάζονται τα πρότυπα εκπομπών της Ε.Ε. για επιβατικά οχήματα.

Πρότυπο	Ημερομηνία	CO	HC	HC+NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM
<b>Diesel</b>						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	0.14 (0.18)
Euro 2, IDI	1996.01	1.0	-	0.7	-	0.08
Euro 2, DI	1996.01 <sup>a</sup>	1.0	-	0.9	-	0.10
Euro 3	2000.01	0.64	-	0.56	0.50	0.05
Euro 4	2005.01	0.50	-	0.30	0.25	0.025
Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	0.50	-	0.23	0.18	0.005 <sup>e</sup>
Euro 6	2014.09	0.50	-	0.17	0.08	0.005 <sup>e</sup>
<b>Βενζίνη</b>						
Euro 1†	1992.07	2.72 (3.16)	-	0.97 (1.13)	-	-
Euro 2	1996.01	2.2	-	0.5	-	-
Euro 3	2000.01	2.30	0.20	-	0.15	-
Euro 4	2005.01	1.0	0.10	-	0.08	-
Euro 5	2009.09 <sup>b</sup>	1.0	0.10 <sup>c</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
Euro 6	2014.09	1.0	0.10 <sup>c</sup>	-	0.06	0.005 <sup>d,e</sup>
<p>· Στα στάδια Euro 1..4, τα επιβατικά οχήματα &gt; 2,500 kg έπαιρναν έγκριση ως οχήματα της κατηγορίας N<sub>1</sub>.</p> <p>† Οι τιμές στις παρενθέσεις είναι σύμφωνα με τα νόμιμα όρια παραγωγής (COP)</p> <p>a - μέχρι τις 1999.09.30 (μετά από την ημερομηνία αυτή οι κινητήρες DI πρέπει να λειτουργούν εντός των ορίων των IDI)</p> <p>b - 2011.01 για όλα τα μοντέλα</p> <p>c - και για τους HC χωρίς μεθάνιο 0.068 g/km</p> <p>d - εφαρμόσιμο μόνο για οχήματα που χρησιμοποιούν κινητήρες αμέσου εγχύσεως</p> <p>e - έχει προταθεί να αλλάξει σε 0.003 g/km χρησιμοποιώντας τη μέθοδο μέτρησης PMP</p>						

**Πίνακας 3.2-1.** Πρότυπα εκπομπών ευρωπαϊκής ένωσης για επιβατικά οχήματα (κατηγορία M1.) g/km.

Η μείωση των εκπομπών για τα νέας τεχνολογίας οχήματα είναι πραγματικά εντυπωσιακή και κυμαίνεται για ένα όχημα τύπου EURO IV από 89% για το CO έως 96.8% για τα NO<sub>x</sub> και 99.6% για τα PM. Αξίζει να σημειωθεί ότι η σύγκριση με παλαιότερης τεχνολογίας συμβατικά οχήματα θα οδηγούσε σε ακόμη πιο θεαματικά αποτελέσματα. Με βάση τις παραπάνω εκπομπές και τη συντηρητική παραδοχή ότι στο σύνολό τους τα συμβατικά οχήματα δεν είναι παλαιότερα του τύπου ΕΟΕ 15-04 κι επίσης ότι τα συμβατικά οχήματα διανύουν ετήσια κατά πολύ λιγότερα χιλιόμετρα (περίπου 7.000 χλμ.) από ένα αντίστοιχο καταλυτικό (το οποίο υπολογίζεται ότι διανύει περί τα 12.000 χλμ.).

Προκύπτει ότι τα συμβατικά ευθύνονται για το 66% των ετήσιων εκπομπών CO από τα EURO I.X. οχήματα, το 80% των εκπομπών NO<sub>x</sub> και το 90% των εκπομπών HC. Με άλλα λόγια, εάν το σύνολο του στόλου των EURO I.X. οχημάτων αποτελούσαν σήμερα μόνο καταλυτικά οχήματα, οι συνολικές εκπομπές από τα EURO I.X. θα παρουσίαζαν μείωση περίπου 45% στο CO, 65% στα NO<sub>x</sub> και 85% στα PM.

Στους πίνακες 3.2-2 και 3.2-3 παρουσιάζονται τα πρότυπα εκπομπών για βαρέως τύπου οχήματα.

Πρότυπο	Ημερομηνία	Δοκιμή	CO	HC	NO <sub>x</sub>	PM	Αιθάλη
Euro I	1992, < 85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, > 85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	1996.10		4.0	1.1	7.0	0.25	
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	1999.10, EEVs only	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000.10	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10 0.13 <sup>a</sup>	0.8
Euro IV	2005.10		1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	2008.10		1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro VI†	2013.04 <sup>b</sup>		1.5	0.13	0.4	0.01	
† Προτάθηκε στις 21/12/2007 a – για κινητήρες με όγκο εμβολισμού μικρότερο από 0.75 dm <sup>3</sup> ανά κύλινδρο b – 2014.10 για όλα τα μοντέλα							

**Πίνακας 3.2-2.** Πρότυπα εκπομπών Ευρωπαϊκής Ένωσης για Κινητήρες Diesel βαρέως τύπου, g/kWh.

Είναι πραγματικά εντυπωσιακή η μείωση των εκπομπών με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η η οποία για όλους τους ρύπους υπερβαίνει σημαντικά το ποσοστό του 50% για τα νεότερης τεχνολογίας οχήματα (2000 και μεταγενέστερα). Ιδιαίτερη επισήμανση αξίζει η θεαματική μείωση των σωματιδιακών εκπομπών.

Πρότυπο	Ημερομηνία	Δοκιμή	CO	NMHC	CH <sub>4</sub> <sup>a</sup>	NO <sub>x</sub>	PM <sup>b</sup>
Euro III	1999.10, EEVs only	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
	2000.10	ETC	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 0.21 <sup>c</sup>
Euro IV	2005.10		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03
Euro VI†	2013.04 <sup>d</sup>		4.0	0.16 <sup>e</sup>	0.5	0.4	0.01
† Προτάθηκε στις 21/12/2007 a – μόνο για κινητήρες αερίου (Euro III-V: μόνο NG, Euro VI: NG + LPG) b – μη εφαρμόσιμο για κινητήρες με αέριο καύσιμο στα στάδια Euro III-IV c – για κινητήρες με όγκο εμβολισμού μικρότερο από 0.75 dm <sup>3</sup> ανά κύλινδρο d – 2014.10 για όλα τα μοντέλα e – THC για κινητήρες diesel							

**Πίνακας 3.2-3.** Πρότυπα εκπομπών για κινητήρες Diesel και Αερίου, δοκιμή ETC g/kWh.

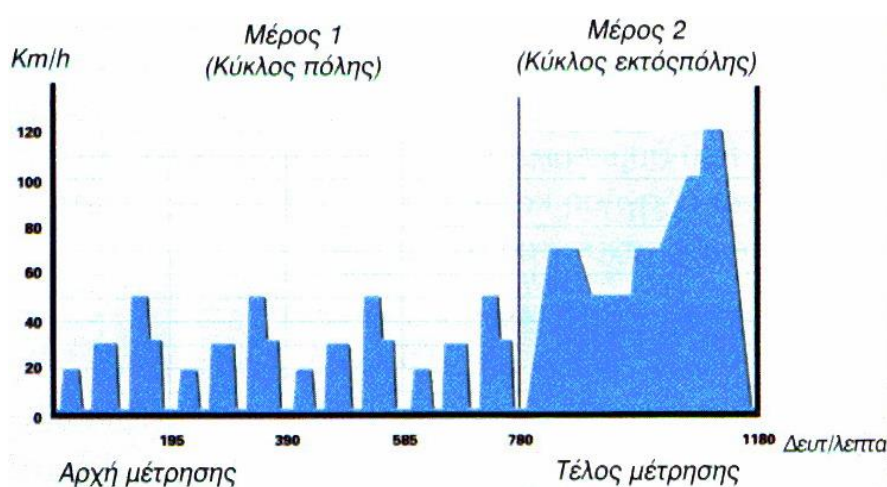
Βάσει των παραπάνω συνάγεται ότι αναμένεται σημαντική βελτίωση στα επίπεδα τόσο των εκπομπών NO<sub>x</sub> όσο και των PM, με την προϋπόθεση ότι τα παλαιότερης τεχνολογίας οχήματα θ' αντικατασταθούν με νεότερα αντιρρυπαντικής τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν οι εκπομπές στην περίπτωση που το 75% των συμβατικών οχημάτων αντικαθίσταται με νεότερης τεχνολογίας οχήματα (EURO II, III, IV, V). Γενικά, οι μειώσεις για όλους τους ρύπους, όσον αφορά τα βαρέα οχήματα, υπερβαίνουν το 30%, με σημαντικότερη μέση μείωση αυτή στις εκπομπές σωματιδίων (άνω του 50%). Ανάλογες είναι οι μειώσεις και στα λεωφορεία.

Η συνεισφορά των δικύκλων είναι σημαντική στις εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων, ενώ υπάρχουν βάσιμες ενδείξεις για σημαντικές εκπομπές σωματιδίων από τα δίχρονα δίκυκλα. Ως προς τα σωματίδια δεν υπάρχουν ακόμη στοιχεία προκειμένου να εκτιμηθούν ποσοτικά οι εκπομπές τους. Εκτιμάται ότι με την ανανέωση του στόλου των συμβατικών δίκυκλων με άλλα νέας τεχνολογίας αναμένεται σημαντικότερη μείωση στις εκπομπές HC, η οποία μπορεί να φτάσει το 63% εφόσον αντικατασταθεί το σύνολο του στόλου. Μια πιο ρεαλιστική προσέγγιση αντικατάστασης του 30% του στόλου, θα οδηγήσει σε μείωση 20% επί των εκπομπών. Αυτό σημαίνει ότι το σύνολο των εκπομπών HC από τις οδικές μεταφορές θα μειωθεί κατά 7% περίπου.

### 3.2.1 Κύκλος NEDC

Η μέθοδος μέτρησης εκπομπών ρύπων στην Ευρώπη ακολουθεί τον κύκλο NEDC (New European Driving Cycle) ο οποίος αποτελείται από τέσσερις επαναλαμβανόμενους κύκλους μέτρησης και έναν υπεραστικό κύκλο, τον EUDC (Extra Urban Driving Cycle). Ο κύκλος NEDC περιλαμβάνει μεταξύ άλλων κρύα εκκίνηση, περίπου 4χλμ. αστικής οδήγησης με συγκεκριμένα start/stop σημεία, συγκεκριμένες ταχύτητες και αλλαγές σχέσεων, καθώς και 7χλμ. οδήγησης σε αυτοκινητόδρομο υψηλής ταχύτητας μέχρι και 120χλμ/ώρα. Τα σύγχρονα επιβατικά αυτοκίνητα οφείλουν να έχουν τα ίδια όρια και μετά τα 100.000χλμ. χρήσης.

Υποτίθεται πως ο κύκλος NEDC αντιπροσωπεύει την τυπική χρήση των αυτοκινήτων στους ευρωπαϊκούς δρόμους. Ωστόσο, μελέτες του ΕΜΠ έχουν δείξει πως σε καμία περίπτωση δεν ισχύουν οι επιεικείς νόρμες για την οδήγηση στην Αθήνα όπου η ιδιαίτερη μορφολογία του λεκανοπεδίου επιβαρύνει σημαντικά την λειτουργία ενός αυτοκινήτου και συνάμα αυξάνει τις εκπομπές ρύπων.



Εικόνα 3.2.1-1 Κύκλος οδήγησης NEDC

### 3.3 Υποχρεωτικός περιοδικός έλεγχος καυσαερίων ΚΤΕΟ – ΚΕΚ

Ο υποχρεωτικός περιοδικός έλεγχος των καυσαερίων για όλα τα οχήματα εφαρμόζεται στην Ελλάδα με την έναρξη του θεσμού του Περιοδικού Τεχνικού Ελέγχου στα ΚΤΕΟ (Κέντρα Τεχνικού Ελέγχου Οχημάτων). Μέχρι τότε γινόταν έλεγχος

καυσαερίων για τα βενζινοκίνητα οχήματα, με βάση την Υ.Α.6565/81 (ΦΕΚ 148/Β/13-3-81) ως προς την εκπομπή CO με αναλυτές θερμικής αγωγιμότητας και για τα πετρελαιοκίνητα οχήματα με βάση την Υ.Α. 14350/82 (ΦΕΚ 260/Β/7-5-(ΦΕΚ 260/Β/7-8-1981 ) ως προς τα εκπεμπόμενα PM με φωτοηλεκτρική μέθοδο από τα διάφορα συνεργεία πεδίου του Υπουργείου Μεταφορών, τα οποία έκαναν τυχαίους ελέγχους στους δρόμους και κυρίως μόνον στις μεγάλες πόλεις.

Στην συνέχεια με τον υπ.αρ. 2052/Αρθ.3 νόμο (ΦΕΚ 4/Α/5-6-1992) καθιερώνεται ειδικός έλεγχος καυσαερίων για όλες τις κατηγορίες των κυκλοφορούντων οχημάτων. Σύμφωνα με τον νόμο όλα τα κυκλοφορούντα οχήματα πρέπει να είναι εφοδιασμένα με κάρτα ελέγχου καυσαερίων (Κ.Ε.Κ.) με την οποία να πιστοποιείται ο έλεγχος καυσαερίων του οχήματος. Σύμφωνα με τον νόμο, όλα τα οχήματα τα οποία τίθενται σε κυκλοφορία μετά την έναρξη εφαρμογής του ως άνω ελέγχου καυσαερίων, υποχρεούνται να υποστούν για πρώτη φορά τον έλεγχο αυτό το αργότερο ένα έτος μετά την ημερομηνία έκδοσης της άδειας κυκλοφορίας τους.

Η κάρτα ελέγχου καυσαερίων μπορεί να χορηγηθεί είτε από τα δημόσια και ιδιωτικά Κ.Τ.Ε.Ο., είτε από πιστοποιημένα από το Υπουργείο Μεταφορών συνεργεία αυτοκινήτων. Το έντυπο της Κάρτας Ελέγχου Καυσαερίων (Κ.Ε.Κ.), όπως ορίζεται στο άρθρο 3 του Νόμου 205Ζ'92 (Α' 94) χορηγείται σε όλα τα αυτοκίνητα εφόσον:

α) Έχουν ελεγχθεί σύμφωνα με την Φ50/94474/4556/94 υπ. απόφαση προκειμένου περί βενζινοκίνητων ή υγραεριοκίνητων αυτοκινήτων και την Φ50/94475/4557/94 υπ. απόφαση προκειμένου περί πετρελαιοκίνητων αυτοκινήτων ως προς τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια των ρύπων

β) Έχει καταβληθεί από τον κάτοχο του αυτοκινήτου το προβλεπόμενο αντίτιμο για την έκδοση της.

Η ισχύς της Κ. Ε. Κ. είναι:

α) Ετήσια, για τα Ε.Ι.Χ. και φορτηγά αυτοκίνητα μικτού βάρους μέχρι 3.5 τόνους.

β) Εξαμηνιαία, για τα Ε.Δ.Χ. φορτηγά με μικτό βάρος πάνω από 3.5 τόνους και λεωφορεία.

Η απόκτηση της νέας ΚΕΚ πρέπει να γίνεται εντός της διάρκειας ισχύος της προηγούμενης ΚΕΚ. Το έντυπο της ΚΕΚ είναι δημόσιο έγγραφο και ο οδηγός του αυτοκινήτου πρέπει να έχει μαζί του κατά την κυκλοφορία του αυτοκινήτου. Σε περίπτωση ακύρωσης, απώλειας ή αντικατάστασης της για οποιονδήποτε λόγο απαιτείται η έκδοση νέας ΚΕΚ με νέο αύξοντα αριθμό.

ΕΛΕΓΧΟΙ ΓΙΑ ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΚΕΚ					
1. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΟΡΗΓΗΣΗ ΚΕΚ					
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΕΛΕΓΚΤΗ	Τ Ι Μ Ε Σ Ρ Υ Π Ω Ν				
	ΣΤΡΟΦΕΣ / ΛΕΠΤΟ	CO %	HC PPm	λ	ΚήC
	800			-	
	2500				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ:					
2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ					
ΕΡΓΟΣΤ. ΚΑΤΑΣΚ.		ΕΓΚΡΙΣΗ ΤΥΠΟΥ			
ΤΥΠΟΣ		ΑΛΛΑΓΗ			
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΔΙΟΥ ή ΚΤΕΟ (Ακύρωση ΚΕΚ λόγω υπερβολικών εκπομπών)					
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ ΥΠΟΓΡΑΦΗ ΕΛΕΓΚΤΗ	Τ Ι Μ Ε Σ Ρ Υ Π Ω Ν				
	ΣΤΡΟΦΕΣ / ΛΕΠΤΟ	CO %	HC PPm	λ	ΚήC
	800			-	
	2500				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΛΕΓΧΟΥ:					

**Εικόνα 3.3-1** Κάρτα καυσαερίων

### 3.4 Όρια εκπομπών καυσαερίων κατά την Ελληνική Νομοθεσία

Για τον τεχνικό έλεγχο των βενζινοκίνητων και υγραεριοκίνητων οχημάτων οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης των ρύπων μονοξειδίου του άνθρακα και υδρογονανθράκων καθώς και η περιοχή στην οποία επιτρέπεται να κυμαίνεται ο συντελεστής "λ" προσδιορίζονται ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής του οχήματος και με το έτος έκδοσης της πρώτης άδειας κυκλοφορίας.

Οι τιμές αυτές καθορίζονται με βάση την Υ.Α.50/94474/4556(ΦΕΚ 829/Β/8-11- 4) όπως αναγράφονται στους παρακάτω πίνακες.

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 1</b>		
<b>Οχήματα με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα Λειτουργία κινητήρα</b>		
<b>Ρυπαντής</b>	<b>Ρελαντί</b>	<b>2500 ± 300 στρ/λεπτό</b>
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)%	< 0,5	< 0,3
Υδρογονάνθρακες (HC) ppm	< 120	< 100
Συντελεστής «λ»	0,97 ÷ 1,03 στις 2500 ± στρ./λεπτό	

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 2</b>		
<b>Οχήματα με αρρύθμιστο τριοδικό ή οξειδωτικό καταλυτικό μετατροπέα Λειτουργία κινητήρα</b>		
<b>Ρυπαντής</b>	<b>Ρελαντί</b>	<b>2500 ± 300 στρ/λεπτό</b>
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)%	< 1,2	< 1
Υδρογονάνθρακες (HC) ppm	< 220	< 200

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 3</b> <b>Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης</b> <b>πρώτης άδειας κυκλοφορίας πριν από την 1.10.1986</b> <b>Λειτουργία κινητήρα</b>		
<b>Ρυπαντής</b>	<b>Ρελαντί</b>	<b>2500±300 στρ/λεπτό</b>
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)%	< 4,5	< 4
Υδρογονάνθρακες (HC) ppm	< 800	< 700

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ 4</b> <b>Οχήματα συμβατικής τεχνολογίας με έτος έκδοσης πρώτης</b> <b>άδειας κυκλοφορίας από την 1.10.1986 και έπειτα</b> <b>Λειτουργία κινητήρα</b>		
<b>Ρυπαντής</b>	<b>Ρελαντί</b>	<b>2500±300 στρ/λεπτό</b>
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)%	< 3,5	< 3
Υδρογονάνθρακες (HC) ppm	< 500	< 400

**Πίνακας 3.4-1(1-2-3-4). Επιτρεπόμενα όρια.**

Σε αυτοκίνητα με σύστημα τριοδικού ρυθμιζόμενου καταλυτικού μετατροπέα η μέγιστη περιεκτικότητα των καυσαερίων σε HC, CO, το ρελαντί, καθώς και ο συντελεστής "λ" επιτρέπεται να φθάνουν τα όρια που ορίζει ο κατασκευαστής.

Σε αυτοκίνητα συμβατικής τεχνολογίας που έχουν κινητήρες δίχρονους ή κινητήρες WANKEL ισχύουν οι παραπάνω πίνακες 3 και 4 ανάλογα με το έτος έκδοσης πρώτης άδειας κυκλοφορίας, χωρίς όμως να ελέγχεται η συγκέντρωση των υδρογονανθράκων



στα καυσαέρια τους. Στον δειγματοληπτικό έλεγχο των βενζινοκίνητων και υγραεριοκίνητων οχημάτων συμβατικής τεχνολογίας στο δρόμο, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές της συγκέντρωσης των ρυπαντών στα καυσαέρια καθορίζονται όπως αυτές στους πίνακες 3 και 4 αυξημένες κατά 0,5% για το CO και κατά 100 ppm για τους HC.

Στον δειγματοληπτικό έλεγχο των βενζινοκίνητων και υγραεριοκίνητων οχημάτων αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, με ρυθμιζόμενο τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα, οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές της συγκέντρωσης των ρύπων στα καυσαέρια καθορίζονται όπως αυτές του πίνακα 1 αυξημένες κατά 0,1% για το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και κατά 10 ppm για τους υδρογονάνθρακες (HC).

Η διαδικασία μέτρησης των καυσαερίων είναι συγκεκριμένη και ορίζεται από την ίδια Υ.Α.50/94474/4556 (ΦΕΚ 829/Β/8-11-94) όπου ορίζονται και οι τιμές των εκπεμπόμενων ρύπων.

Για τον τεχνικό έλεγχο των πετρελαιοκίνητων οχημάτων τα όρια εκπομπής θολερότητας στα καυσαέρια προσδιορίζονται από έναν συντελεστή απορρόφησης «Κ». Τα όρια του συντελεστή απορρόφησης «Κ» που λαμβάνονται σαν μέγιστες οριακές τιμές είναι:

- i. Για πετρελαιοκινητήρες με φυσική αναρρόφηση «Κ»  $\leq 2,5/m$
- ii. Για πετρελαιοκινητήρες με υπερπλήρωση «Κ»  $\leq 3,0/ m$ .

### **3.5 Μελλοντικές ενέργειες**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση κατέληξε σε νέα πιο αυστηρά όρια για τις εκπομπές CO<sub>2</sub> των οχημάτων, τα οποία θα ισχύουν από το 2021. Το ανώτατο όριο εκπομπής CO<sub>2</sub> για τα καινούργια επιβατικά αυτοκίνητα που πωλούνται στην Ε.Ε. θα πρέπει να μειωθεί στα 95 γρ./χλμ έως το 2020.

Το εν λόγω νομοσχέδιο δείχνει ότι η Ευρώπη θα συνεχίσει να είναι πρωτοπόρος στον τομέα της μείωσης της εκπομπής CO<sub>2</sub> από τα αυτοκίνητα, καθώς ο στόχος των 95 γρ./χλμ ισοδυναμεί με εξοικονόμηση 50 εκατομμυρίων τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως. Ωστόσο, το

κόστος της καινοτομίας πρέπει να είναι κοινωνικά αποδεκτό και οικονομικά εφικτό, τόσο για τους καταναλωτές όσο και τους κατασκευαστές.

Επίσης ειδοποιός διαφορά είναι ότι θα εισαχθεί νέος κύκλος δοκιμών που θα αντικατοπτρίζουν καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης.

Οι ευρωβουλευτές τονίζουν ότι θα πρέπει να τεθεί το συντομότερο δυνατό σε ισχύ η νέα παγκόσμια διαδικασία δοκιμών ελαφρών οχημάτων (WLTP), που ανέπτυξε ο ΟΗΕ και που αντανακλά καλύτερα τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Σύμφωνα με την Κομισιόν, η νέα διαδικασία δοκιμών θα πρέπει να τεθεί σε ισχύ έως το 2017. Τα μέλη επισημαίνουν ότι, σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, πολλοί κατασκευαστές έχουν εκμεταλλευτεί τις αδυναμίες στην τρέχουσα διαδικασία παρουσιάζοντας στοιχεία σχετικά με την κατανάλωση καυσίμων και την εκπομπή CO<sub>2</sub> των οχημάτων που δεν αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές συνθήκες οδήγησης. Ωστόσο η ACEA δεν συμφωνεί σε αυτό. Η Ένωση Ευρωπαϊκών Αυτοκινητοβιομηχανιών, μέσω του γενικού της γραμματέα Ivan Hodac, δήλωσε ότι τα όρια ήταν πολύ αυστηρά, τα αυστηρότερα του κόσμου, κάνοντας το κόστος παραγωγής να αυξηθεί κατακόρυφα στην Ευρώπη, κάνοντας την αγορά της μη ανταγωνιστική

Η ACEA αναφέρει επίσης ότι το μέτρο μείωσης των μέσω εκπομπών CO<sub>2</sub> προτίνεται σε λάθος χρονική στιγμή, αφού η οικονομική κρίση που μαστίζει την Ευρώπη έχει πλήξει σημαντικά τις πωλήσεις νέων αυτοκινήτων. Ο στόχος των 95 γρ/χλμ θα επιβαρύνει την τιμή ενός αυτοκινήτου περίπου επιπλέον με 1.000 ευρώ, με την Κομισιόν να υποστηρίζει ότι το μέτρο θα μειώσει το κόστος των καυσίμων στον καταναλωτή, αφού κάθε χρόνο θα πρέπει να καταναλώνει περίπου 340 ευρώ λιγότερα, ενώ σε ένα κύκλο 13 ετών, θα έχει εξοικονομήσει περίπου 3.000 έως 4.000 ευρώ.

Οι ηγέτες των μεγαλύτερων Ευρωπαϊκών κατασκευαστών προτείνουν αλλαγή πλεύσης σχετικά με τους κανόνες εκπομπών, υποστηρίζοντας πως πρέπει να παρθούν άλλα μέτρα για την μείωση των εκπομπών, όπως την περιεκτικότητα των καυσίμων σε άνθρακα, την συμπεριφορά των οδηγών, τις υποδομές και στην ανάπτυξη “ευφυών” συστημάτων μεταφορών.

## 4. Τεχνολογίες μείωσης εκπομπών ρύπων

Οι σύγχρονες κοινωνίες επιδεικνύουν μεγάλο ενδιαφέρον για την προστασία του περιβάλλοντος και ταυτόχρονα διακατέχονται από ανησυχία για τις κλιματολογικές αλλαγές, που χρόνο με τον χρόνο γίνονται περισσότερο έντονες. Συγκεκριμένα, το 2002 η Ε.Ε. εξέφρασε την ανησυχία της, θέτοντας μία σειρά μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος. Οι περιορισμοί σχετίζονται με τη συγκέντρωση των ρύπων. Το ενδιαφέρον αυτό οδήγησε τους κατασκευαστές μηχανών εσωτερικής καύσης να κατευθύνουν την εξέλιξη τους θέτοντας πρωταρχικό στόχο τη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων, χωρίς να επηρεάζεται η αξιοπιστία και ο βαθμός απόδοσης.

Έτσι εστίασαν οι κατασκευαστές πέραν της βελτίωσης των μηχανών εσωτερικής καύσης και του εισερχόμενου μίγματος, στην διαχείριση των καυσαερίων, δηλαδή του αποτελέσματος της καύσης του μίγματος αλλά και στον έλεγχο του θορύβου ως αποτέλεσμα ηχορύπανσης. Η τεχνολογία έκανε μεγάλα βήματα σχετικά με την βελτίωση με εμφανή αποτελέσματα ως προς την αντοχή των υλικών, την απόδοση και την αξιοπιστία.

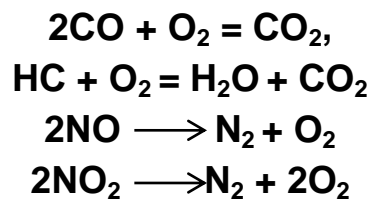
### 4.1 Καταλυτικός μετατροπέας

Καταλυτικός μετατροπέας είναι η ουσία όπου με την παρουσία της διευκολύνει μία χημική αντίδραση, χωρίς όμως να λαμβάνει μέρος στην συγκεκριμένη αντίδραση. Στην περίπτωση του αυτοκινήτου, η χημική αντίδραση είναι η ένωση του οξυγόνου με τα προϊόντα της ατελούς καύσης που γίνεται στο θάλαμο καύσης της μηχανής του οχήματος.

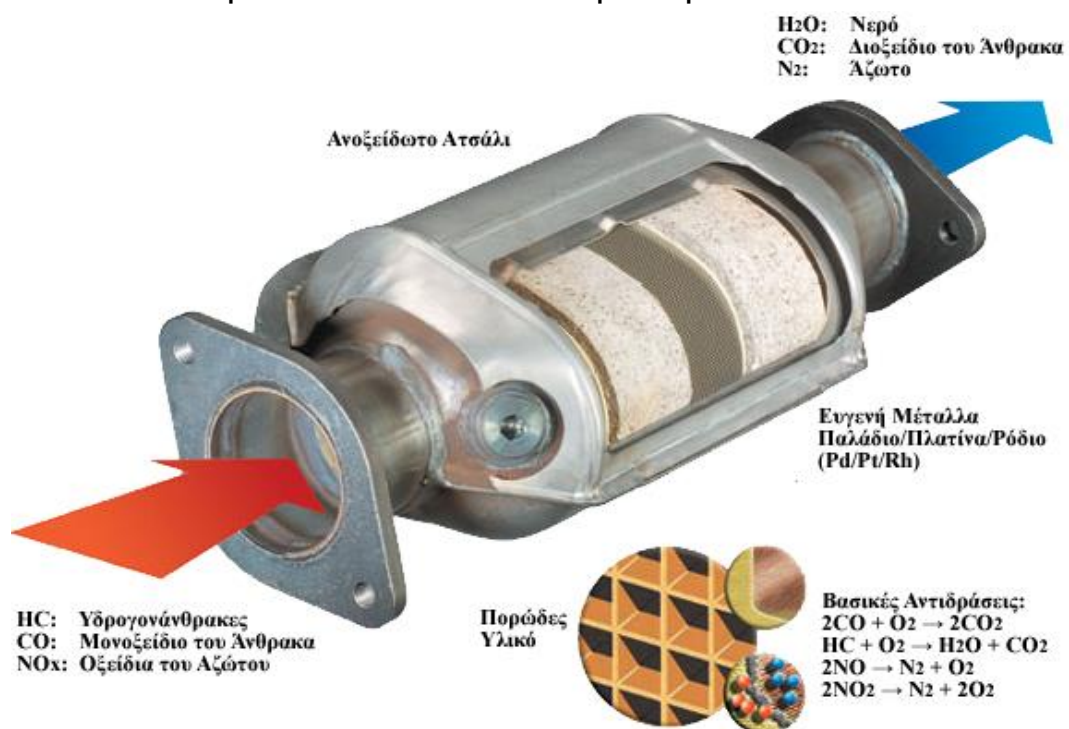
Ο καταλυτικός μετατροπέας τώρα σαν εξάρτημα του αυτοκινήτου, έχει διαστάσεις λίγο μεγαλύτερες από ένα σιλανσιέ εξάτμισης και τοποθετείται στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων (εξάτμιση) αφαιρώντας κατά ένα μεγάλο ποσοστό τις βλαβερές για τον άνθρωπο ουσίες που υπάρχουν στα καυσαέρια του αυτοκινήτου. Μέσα στον καταλυτικό μετατροπέα υπάρχει ένα

πορώδες κεραμικό υλικό με πολύ μεγάλη επιφάνεια από την οποία περνάνε τα καυσαέρια και ενώνονται με το οξυγόνο. Με άλλα λόγια οξειδώνονται. Έτσι εξηγούνται και οι μεγάλες θερμοκρασίες που αναπτύσσονται μέσα στους καταλύτες.

Περνώντας λοιπόν τα καυσαέρια μέσα από τους πόρους του κεραμικού υλικού έρχονται σε επαφή με το οξυγόνο (ενώνονται) και μεταμορφώνονται ως εξής:



Φυσικά μέσα στην βενζίνη υπάρχουν και άλλα συστατικά όπως προσμίξεις του θείου οι οποίες όταν έρχονται σ' επαφή με το νερό εκτελείται μία χημική αντίδραση και δημιουργείται το υδρόθειο που έχει και αυτήν τη γνωστή δυσάρεστη οσμή. Όλα αυτά βέβαια γίνονται με την βοήθεια των ευγενών μετάλλων που περιέχουν οι καταλύτες (ρόδιο, παλάδιο, πλατίνα). Έτσι μπορούμε να εξηγήσουμε και το φαινόμενο των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται μέσα στον καταλυτικό μετατροπέα



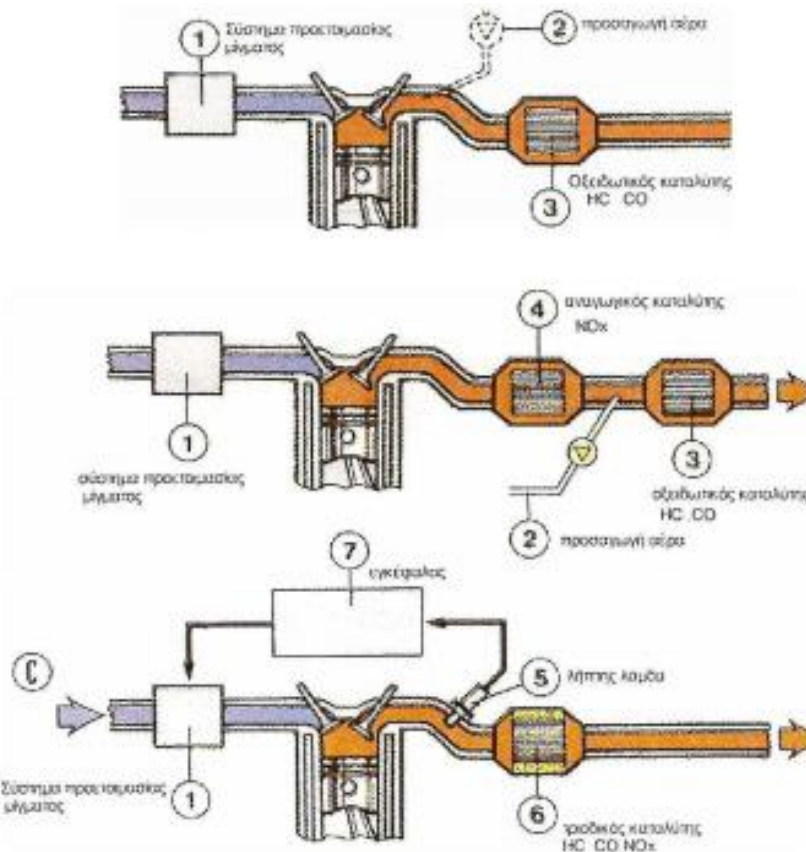
**Εικόνα 4.1-1.** Οξειδοαναγωγική διαδικασία

Λόγω της καύσης (οξειδωση) των καυσαερίων που πραγματοποιείται μέσα στον καταλυτικό μετατροπέα, οι θερμοκρασίες ξεκινούν από τους 270 °C και φτάνουν τους 800 °C. Αυτές είναι οι κανονικές θερμοκρασίες που εξασφαλίζουν και την ομαλή λειτουργία του. Εάν όμως οι θερμοκρασία υπερβεί του 800°C και φτάσει τους 1200 °C, τότε αυτό θα είναι καταστροφικό για τον καταλυτικό μετατροπέα. Φτάνουν 5-10 λεπτά λειτουργίας του σ' αυτήν την θερμοκρασία για να λιώσουν το κεραμικό υλικό που υπάρχει μέσα του.

Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας συνήθως οφείλεται σε πρόβλημα στο σύστημα ανάφλεξης, όταν δηλαδή η βενζίνη δεν καίγεται όλη και κάποια ποσότητα διαφεύγει μέσω της εξάτμισης και καταλήγει στον καταλυτικό μετατροπέα.

Τα είδη των καταλυτικών μετατροπέων είναι:

- i. Ο οξειδωτικός
- ii. Ο μειωτικός
- iii. Ο δυοδικός
- iv. Ο τριοδικός που με την σειρά του χωρίζεται σε τριοδικό μη ρυθμιζόμενο και σε τριοδικό ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο.



**Εικόνα 4.1-2.** Είδη καταλυτών ανάλογα με τη λειτουργία του.

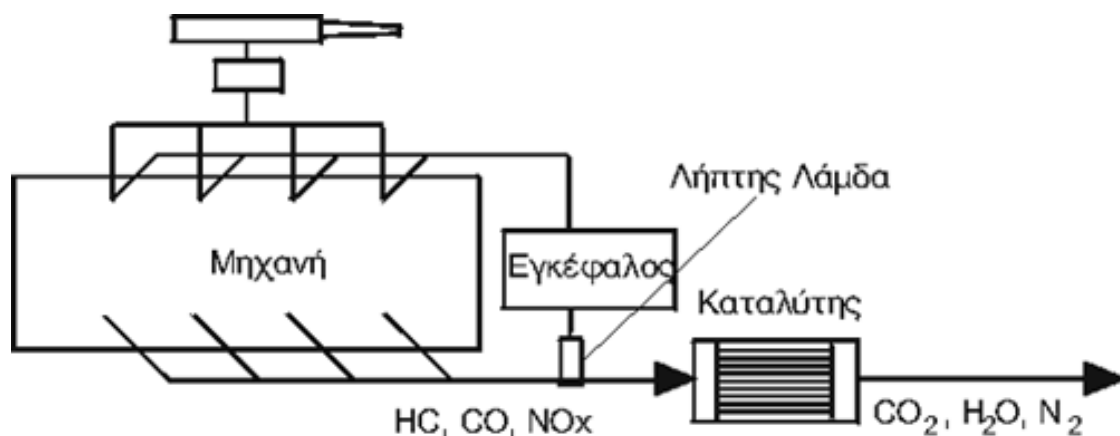
Ο οξειδωτικός καταλύτικος μετατροπέας μειώνει την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε CO και HC μόνο κατά 60% έως 80% περίπου. Τα τελευταία χρόνια όμως δεν χρησιμοποιείται σχεδόν καθόλου, όπως άλλωστε και οι μειωτικοί και δυαδικοί καταλύτες. Αντίθετα οι τριοδικοί καταλύτες, μη ρυθμιζόμενοι και ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενοι είναι οι πλέον διαδεδομένοι στην κατασκευή οχημάτων.

Ο τριοδικός μη-ρυθμιζόμενος καταλύτικος μετατροπέας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτοκίνητα που διαθέτουν καρμπυρατέρ ή σύστημα ψεκασμού, γιατί εκτελεί ένα απλό μηχανικό έργο. Ο τριοδικός ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενος καταλύτικος μετατροπέας μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε οχήματα που διαθέτουν ψεκασμό με ηλεκτρονική ανάφλεξη, γιατί σ' αυτήν την περίπτωση η σύνθεση των καυσαερίων που δέχεται προς επεξεργασία ο εγκέφαλος είναι ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενη. Πιο συγκεκριμένα ο τριοδικός ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενος καταλύτικος μετατροπέας ονομάζεται έτσι γιατί μπορεί να μετατρέψει και τα τρία βλαβερά για τον άνθρωπο αέρια ( HC, CO , NO<sub>x</sub> ) σε μη βλαβερά σε μια μόνοφάση. Αυτό το είδος καταλύτη έχει τη δυνατότητα να μειώνει τα τρία ανεπιθύμητα καυσαέρια κατά 90% περίπου.

Η λειτουργία του είναι βασισμένη στην χρήση της πληροφορικής και της ηλεκτρονικής τεχνολογίας που τα τελευταία χρόνια εισέβαλε και στον χώρο του αυτοκινήτου. Πιο απλά, τα καυσαέρια, κατά την έξοδό τους από την εξαγωγή (εξάτμιση) περνάνε από έναν ανιχνευτή οξυγόνου, που ονομάζεται «λ», (λάμδα), ο οποίος με τη σειρά του ανιχνεύει πόση είναι η περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο, δηλαδή εάν το μίγμα που καίγεται στο θάλαμο καύσης είναι φτωχό ή πλούσιο.

Κατόπιν στέλνει την πληροφορία αυτή σ' έναν μικρουπολογιστή και εκείνος με τη σειρά του επεξεργάζεται την πληροφορία, και εφ' όσον είναι συνδεδεμένος και με διάφορα άλλα εξαρτήματα του κινητήρα (ψεκασμός, ανάφλεξη, κλπ.) στέλνει τις κατάλληλες εντολές με αποτέλεσμα να διορθωνεται το μίγμα που εισέρχεται προς καύση (εικόνα 4.1-2). Όλα αυτά βέβαια γίνονται σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Με αυτόν τον τρόπο καταφέρνουμε την πληρέστερη καύση και επομένως την χαμηλότερη εκπομπή καυσαερίων.

Η παράμετρος της αναλογίας του μίγματος βενζίνης – αέρα ονομάστηκε λάμδα «λ», και συμβολίζεται διεθνώς με το ελληνικό γράμμα λ. Όπως ήδη προαναφέραμε, η αποστολή του «λ» είναι η πληροφόρηση του εγκεφάλου για την περιεκτικότητα των καυσαερίων σε οξυγόνο.

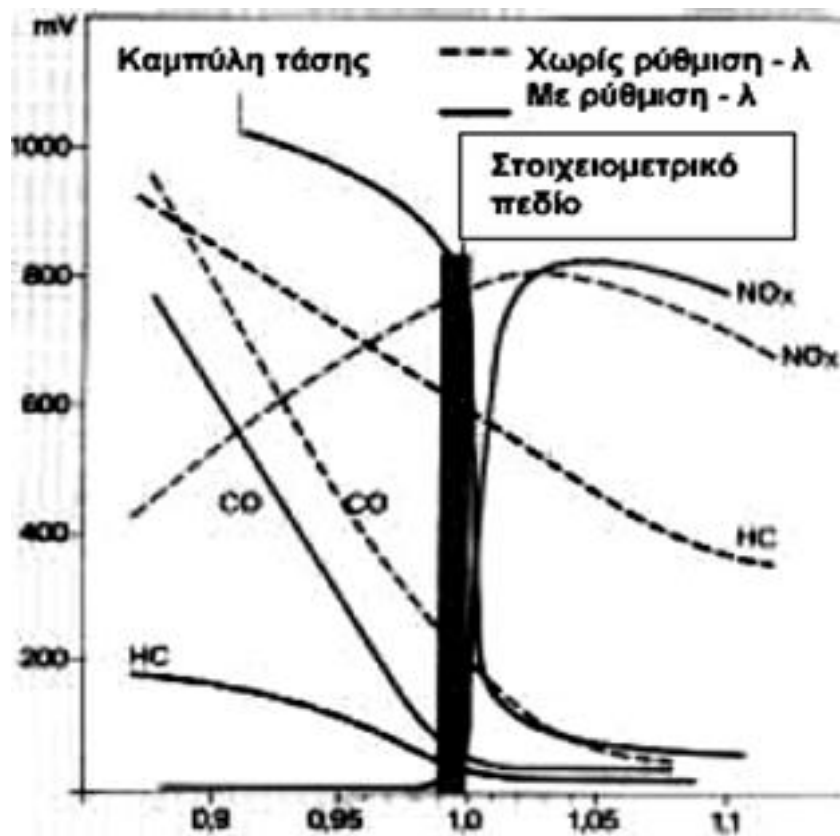


**Εικόνα 4.1-3.** Λειτουργία συστήματος εξάτμισης

Ο αισθητήρας αυτός λοιπόν για να κάνει σωστά τη δουλειά του, είναι τοθετημένος συνήθως πάνω στο σύστημα της εξαγωγής των καυσαερίων δηλ. στην εξάτμιση, και μάλιστα πριν τον καταλύτη. Στέλνοντας λοιπόν τις πληροφορίες που συλλέγει από τα καυσαέρια (οξυγόνο), δίνει την δυνατότητα στον εγκέφαλο να διορθώσει την αναλογία του καυσίμου-αέρα.

Όταν η τιμή του «λ» ισούτε με 1 τότε αυτό σημαίνει ότι οξειδώνονται όλα τα μόρια του καυσίμου με τα ελεύθερα μόρια του οξυγόνου με αποτέλεσμα να υπάρχει τέλεια καύση και καθόλου εκπομπή καυσαερίων. Αυτό όμως είναι μόνο θεωρητικά δυνατό, ειδικά όταν πρόκειται για έναν κινητήρα διότι είναι αδύνατο να λειτουργεί πάντα με «λ» ίσο με 1 γιατί θα αντιμετωπίζαμε προβλήματα κατά την εκκίνησή του σε κρύα κατάσταση. Γι' αυτό άλλωστε στο χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μέχρι να ζεσταθεί ο κινητήρας ο «λ» δεν λειτουργεί.

Τα τελευταία χρόνια ωστόσο έχει βρεθεί η λύση για το πρόβλημα. Προστέθηκε μια ηλεκτρική αντίσταση στον «λ» και έτσι θερμαίνεται γρηγορότερα με αποτέλεσμα την μείωση των ρύπων ακόμη και σε κρύα κατάσταση του κινητήρα.



**Διάγραμμα 4.1-1** Στοιχειομετρικό πεδίο «λ», μέσα στο οποίο επιτυγχάνεται μείωση και των τριών ρύπων.

Οι τιμές του «λ» μπορούν να μετρηθούν με πολλούς τρόπους:

- i. Με τον απλό αναλυτή καυσαερίων στην έξοδο του καταλύτη.
- ii. Με ένα MULTI USE TESTER που συνήθως συνδέεται παράλληλα στον εγκέφαλο.
- iii. Με ένα απλό πολύμετρο, όπου μπορούμε να πάρουμε τιμές κατευθείαν από τον «λ» συνδέοντάς το παράλληλα με το καλώδιο που στέλνει πληροφορίες στον εγκέφαλο. Εκεί οι τιμές που παίρνουμε είναι mV και κυμαίνονται από 400mV έως 600mV.

Οι κατασκευαστές των καταλυτικών μετατροπέων δίνουν διάρκεια ζωής στους καταλύτες από 70000χλμ. έως τα 100000χλμ. Αυτό όμως δεν είναι απόλυτο γιατί μπορεί να υπάρξει πρόωρη φθορά του ή ακόμη γήρανσή του από παράγοντες εξωγενείς. Ωστόσο μπορεί να βρούμε καταλυτικούς μετατροπείς που έχουν ξεπεράσει τα 100000χλμ. και παρ' όλα αυτά να λειτουργούν



άψογα. Ουσιαστικά λοιπόν δεν υπάρχει όριο ζωής. Ο νόμος είναι σαφής στο θέμα αυτό. Όσο ο καταλύτικός μετατροπέας εκτελεί σωστά τα καθήκοντά του και καθαρίζει τα καυσαέρια κρατώντας τα όρια εκπομπής τους χαμηλά, τότε θεωρείται εντάξει. Από τη στιγμή που δεν καλύπτει τα όρια απαιτείται η άμεση αντικατάστασή του.

Οι μεγάλοι εχθροί του είναι συνήθως η βενζίνη με μόλυβδο, η οποία ωστόσο έχει σταματήσει να χρησιμοποιείται, η κακή τροφοδοσία, η κακή ανάφλεξη και η γήρανσή του. Ο μόλυβδος ουσιαστικά δηλητηριάζει τον καταλύτικό μετατροπέα γιατί επικάθεται στους πόρους του με αποτέλεσμα να μην περνάνε τα καυσαέρια μέσα από αυτούς και να μην λειτουργεί η οξειδωση, άρα να μην εξυπηρετεί τον σκοπό του.

Στην τροφοδοσία και στην ανάφλεξη τα προβλήματα μπορεί να επιτρέψουν την εισροή μιας ποσότητας άκαυστης βενζίνης στους σωλήνες της εξάτμισης και του καταλύτικού μετατροπέα, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η θερμοκρασία του καταλύτη, λόγω ανάφλεξης της βενζίνης, από 800°C περίπου βαθμούς σε 1200°C όπου είναι και το σημείο τήξης ροδίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να λειώσει το κεραμικό υλικό του και να μην λειτουργεί πια κανονικά. Για τον ίδιο ακριβώς λόγο απαγορεύεται και να προσπαθούμε να βάλουμε μπροστά ένα καταλυτικό αυτοκίνητο σπρώχνοντάς το.

Τέλος για το θέμα της γήρανσης μπορούμε να πούμε μόνο, ότι επειδή ποτέ δεν βάζουμε βενζίνη στο αυτοκίνητό μας από ένα σταθερό βενζινάδικο, και ποτέ δεν είμαστε σίγουροι για την ποιότητα του καυσίμου που χρησιμοποιούμε, γι' αυτό λέμε ότι ο καταλυτικός μετατροπέας του αυτοκινήτου μας κάποτε καταστρέφεται. Αυτός είναι και ο λόγος που δίνουμε τα 100000χλμ ως όριο ζωής του.

Ο καταλυτικός μετατροπέας δεν είναι σε καμία περίπτωση φίλτρο ώστε να κατακρατεί βλαβερές ουσίες. Απλά μετατρέπει τη σύνθεσή των καυσαερίων από βλαβερά σε μη βλαβερά στο μεγαλύτερο ποσοστό τους (90%). Αποτεείται από ρόδιο, παλάδιο και πλατίνα. Πρόκειται λοιπόν για ευγενή και ακριβά μέταλλα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή κοσμημάτων, στην ιατρική, στην φαρμακοβιομηχανία, στην ηλεκτρονική και σε πολλές ακόμη εφαρμογές.

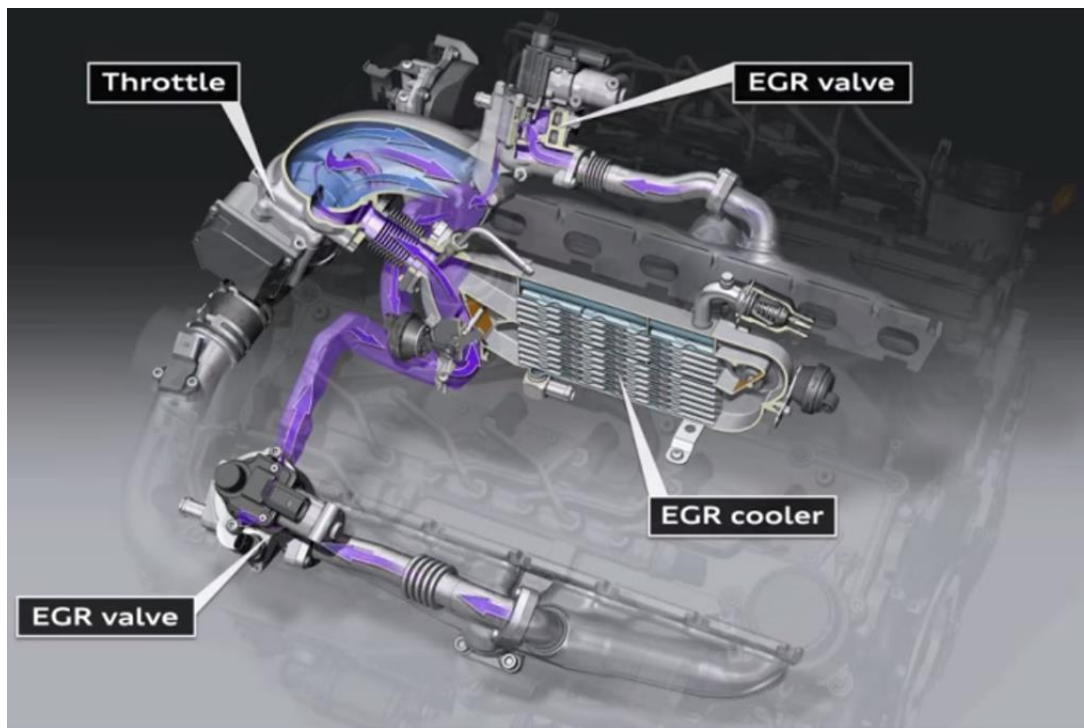
## 4.2 Ανακυκλοφορία καυσαερίων (EGR)

Η τεχνική ανακυκλοφορίας των καυσαερίων (exhaust gas recirculation) χρησιμοποιείται για την μείωση των NO<sub>x</sub> στα καυσαέρια των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Τα NO<sub>x</sub> δημιουργούνται σε μεγάλη ποσότητα στον θάλαμο καύσης, όταν αναπτύχθουν υψηλές θερμοκρασίες (πάνω από 2000° C). Σε αυτή την περίπτωση, ο τριοδικός καταλυτικός μετατοπέας δεν μπορεί να τα αναγάγει, με αποτέλεσμα να εκπέμπονται στο περιβάλλον. Αυτό συμβαίνει κατά την καύση "φτωχού" μίγματος, δηλαδή σε συνθήκες χαμηλού φορτίου του κινητήρα.

Η λειτουργία της βαλβίδας EGR συνίσταται στο να ανοίγει, υπό ορισμένες συνθήκες, μια μικρή δίοδο ανάμεσα στην πολλαπλή εξαγωγής και στην πολλαπλή εισαγωγής, οπότε ένα μέρος των καυσαερίων αναρροφάται στο προς καύση μίγμα. Η ποσότητα των αδρανών αυτών καυσαερίων αντικαθιστά ένα μέρος του ατμοσφαιρικού αέρα στο προς καύση μίγμα με αποτέλεσμα την μείωση της θερμοκρασίας καύσης, άρα και την μείωση των NO<sub>x</sub>. Σήμερα σε κάθε σύγχρονο κινητήρα χρησιμοποιούνται υδρόψυκτα συστήματα EGR με εναλλάκτη θερμότητας που μειώνουν την θερμοκρασία των κατ' επιστροφή καυσαερίων. Εδώ υπάρχουν δύο πλεονεκτήματα, ότι μειώνεται ο όγκος ώστε να χωρά περισσότερη ποσότητα καυσαερίων στους κυλίνδρους και μειώνεται και η θερμοκρασία τους φτάνοντας στους θαλάμους καύσης μειώνοντας παράλληλα και τα NO<sub>x</sub>. Υπάρχουν διάφορα συστήματα ψύξης όπως στον τρίλιτρο V6 TDI της Audi (εικόνα 4.2-1) όπου συναντάμε δύο κυκλώματα κυκλοφορίας χαμηλής και υψηλής θερμοκρασίας αυξάνοντας την απόδοση του όλου συστήματος.

Η ανακυκλοφορία καυσαερίων πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του '70 σε μοντέλα της GM στις Η.Π.Α. σε βενζινοκίνητα οχήματα, πριν η χρήση τριοδικών καταλυτικών μετατατροπέων υποσκελίσει την τεχνική αυτή, καθώς όπως προαναφέρθηκε οι τριοδικοί καταλυτικοί μετατροπείς είναι ιδιαίτερος ικανοί στην απομάκρυνση των NO<sub>x</sub>. Στην Ευρώπη η ανακυκλοφορία καυσαερίων χρησιμοποιείται σε σχεδόν όλα τα νέα αυτοκίνητα και μικρά φορτηγά που κινούνται με πετρέλαιο μετά την επιβολή του προτύπου εκπομπών ρύπων Euro II το 1996. Ουσιαστικά η

απόδοσή της και η αξιοπιστία της τελειοποιήθηκε από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 και μετά με την εξέλιξη της ηλεκτρονικής και τον ακριβή έλεγχο των βαλβίδων του συστήματος.



**Εικόνα 4.2-1** Audi 3.0L V6

Στα σύγχρονα συστήματα ψεκασμού η βαλβίδα EGR, πέρα από τη μείωση εκπομπής των NOx, χρησιμεύει επίσης:

- i. Στην μείωση της κατανάλωσης καυσίμου κατά την λειτουργία με μεσαία και χαμηλά φορτία. Επειδή εισάγεται καυσαέριο στην πολλαπλή εισαγωγής μετά την πεταλούδα, γίνεται μείωση των απωλειών πεταλούδας. Οι απώλειες πεταλούδας, είναι απώλεια ισχύος που καταναλώνεται από τον κινητήρα για την δημιουργία υποπίεσης στην πολλαπλή εισαγωγής, όταν η πεταλούδα γκαζιού είναι κλειστή ή μερικώς κλειστή.
- ii. Στην αύξηση της γωνίας της προπορείας έναυσης (αβάνς), όσο διαρκεί η λειτουργία της EGR. Το μίγμα είναι λιγότερο ευαίσθητο σε κρουστική καύση, άρα μπορεί να αυξηθεί η προπορεία έναυσης για καλύτερη απόδοση του κινητήρα.

Με την λειτουργία της EGR, προφανώς μειώνεται η ισχύς του κινητήρα. Έτσι, η λειτουργία της ακυρώνεται ή μειώνεται στις παρακάτω καταστάσεις λειτουργίας :

- i. Στο πλήρες φορτίο ή στην απότομη επιτάχυνση
- ii. Στην λειτουργία με κρύο κινητήρα
- iii. Στο ρελαντί (προκαλεί ασταθές ρελαντί)
- iv. Σε λειτουργία του κινητήρα σε μεγάλο υψόμετρο (έλλειψη επαρκούς οξυγόνου στον ατμοσφαιρικό αέρα)
- v. Σε πολύ υψηλή θερμοκρασία του αέρα εισαγωγής (για αποφυγή υπερθέρμανσης των ακροφυσίων).

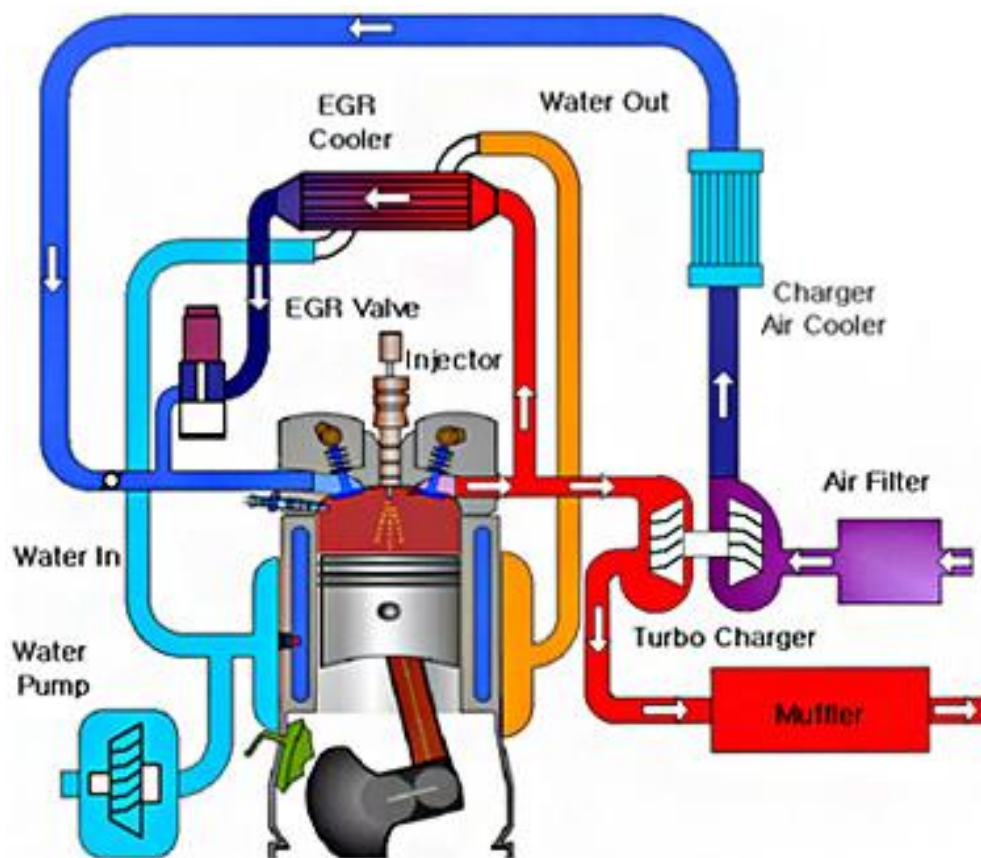
Υπάρχουν δυο τύποι βαλβίδων EGR:

- i. Οι βαλβίδες που ενεργοποιούνται με τη δημιουργία υποπίεσης από την πολλαπλή εισαγωγής. Στους παλαιότερους τύπους η υποπίεση εφαρμοζόταν όταν ο κινητήρας έφτανε σε θερμοκρασία λειτουργίας με κάποιο διακόπτη ON-OFF, συνήθως θερμικό, στους νεότερου τύπου κινητήρες (κατασκευής μετά το 1990) με εντολή γείωσης από την κεντρική μονάδα ελέγχου.
- ii. Οι βαλβίδες που ενεργοποιούνται ηλεκτρονικά, άμεσα, με ηλεκτρικό σήμα από την κεντρική μονάδα ελέγχου. Έχουν τα πλεονεκτήματα της γρήγορης απόκρισης, της μεγάλης ροής ενώ επιπλέον δεν καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο.

Οι ηλεκτρονικά ενεργοποιούμενες βαλβίδες διακρίνονται, επίσης, στους εξής τύπους:

- i. Πολλαπλή βαλβίδα της General Motors: ενεργοποιεί έως τρία ανοίγματα με τρία ανεξάρτητα πηνία και μπορεί να δώσει επτά διαφορετικές παροχές (υπάρχει και αντίστοιχος με δύο πηνία).

- ii. Γραμμική (linear) βαλβίδα: Διαθέτει ένα πηνίο και ενεργοποιείται με σήμα τάσης με διαμόρφωση κατά πλάτος (PWM σήμα φόρτισης), επιτρέποντας μεταβαλλόμενη παροχή. Οι βαλβίδες αυτού του τύπου διαθέτουν συνήθως και αισθητήρα θέσης (ποτενσιόμετρο), που πληροφορεί την ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου για την θέση ανοίγματος της βαλβίδας.
- iii. Η γραμμική βαλβίδα με βηματικό κινητήρα. Βαλβίδες αυτού του τύπου είναι παρόμοιες με τις βαλβίδες ρύθμισης ρελαντί. Έχουν το πλεονέκτημα της ακριβούς ρύθμισης και δεν χρειάζονται αισθητήρα θέσης.

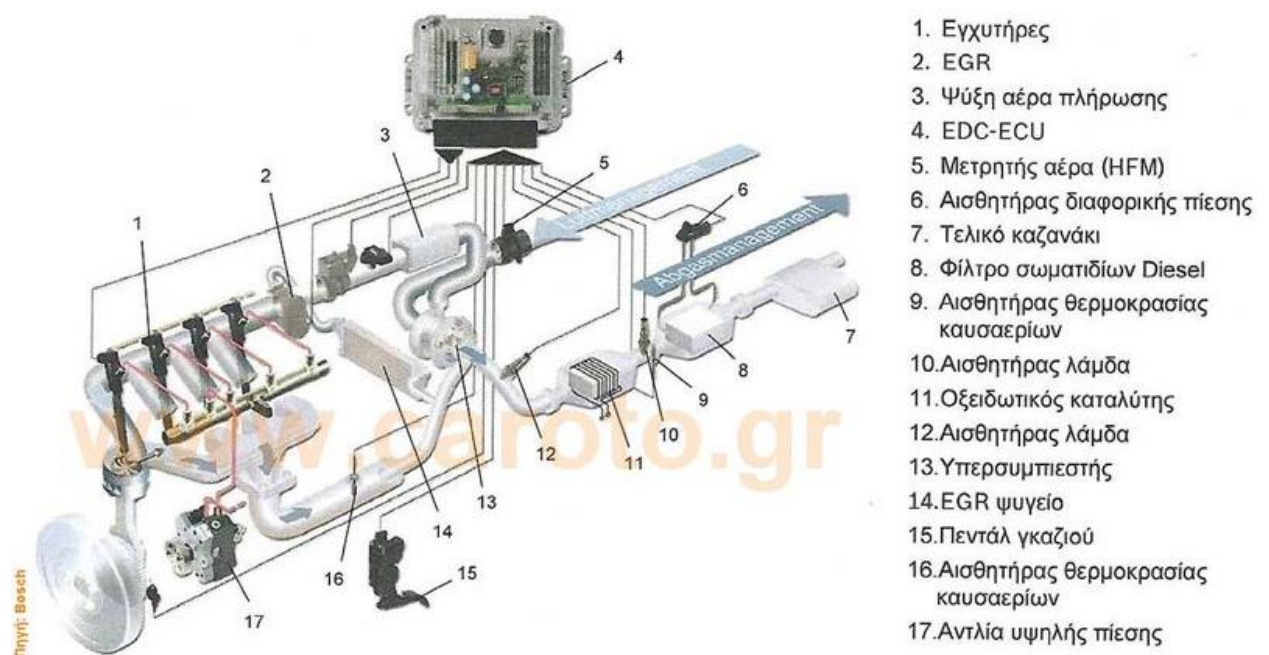


**Εικόνα 4.2-2.** Σύστημα ανακύκλωσης καυσαερίων.

### 4.3 Φίλτρα σωματιδίων Diesel DPF

Τα φίλτρα σωματιδίων Diesel φιλτράρουν και απομακρύνουν τα σωματίδια (PM) από τα καυσαέρια των οχημάτων. Είναι πολύ αποτελεσματικά και συνήθως απομακρύνουν παραπάνω από το 90% των PM που περιέχονται στα καυσαέρια. Τα PM συλλέγονται υπό την μορφή αιθάλης η οποία στην συνέχεια απομακρύνεται με θερμική αναγέννηση για την αποφυγή δυσλειτουργίας του φίλτρου δηλαδή η αιθάλη καίγεται ώστε να μην φράσσεται το φίλτρο.

Το φίλτρο σε αναλογία με τον όγκο του, έχει μία μέγιστη χωρητικότητα συγκέντρωσης καταλοίπων, η οποία κατά τη διάρκεια της ζωής του μειώνεται σιγά-σιγά, λόγω της επικάλυψης των υπολειμμάτων λιπαντικού που μεταφέρονται από τα καυσαέρια (όπως συμβαίνει στους καταλύτες των βενζινοκίνητων οχημάτων), επηρεάζοντας ταυτόχρονα την ικανότητα φιλτραρίσματος. Η ποσότητα των καταλοίπων που συσσωρεύονται, προστίθεται αθροιστικά στα υπολείμματα που ήδη υπάρχουν από προηγούμενες πλήρεις ή διακεκομμένες αναγεννήσεις και υπολογίζεται ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα (ροπή και στροφές) κατά τη διάρκεια των διαδρομών που διανύει το αυτοκίνητο. Σε περίπτωση που το πετρέλαιο είναι υψηλής περιεκτικότητας σε θείο η συγκέντρωση των PM αυξάνεται δραματικά.



Εικόνα 4.3-1 Σύστημα DPF

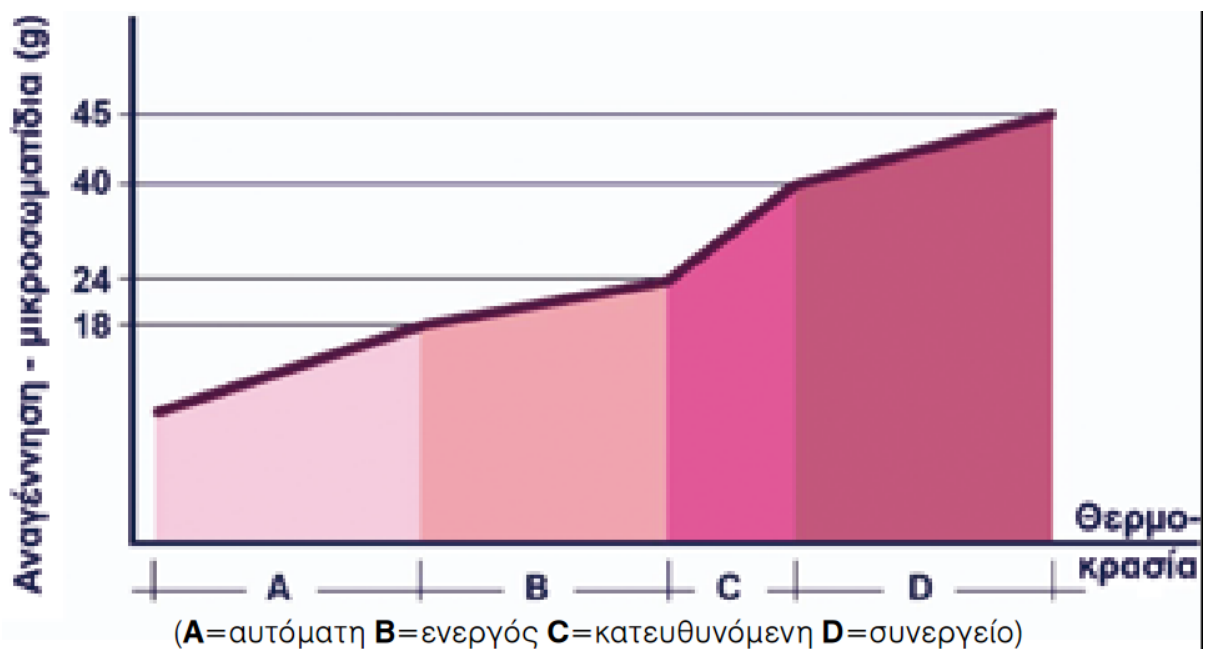
Η μονάδα ελέγχου του κινητήρα για να μπορέσει να ξεκινήσει και να ελέγξει την αναγέννηση του φίλτρου, χρησιμοποιεί μια σειρά από αισθητήρες οι οποίοι μετρούν τη θερμοκρασία και την πίεση σε κρίσιμα σημεία στην εξάτμιση. Στην όλη διαδικασία, συμμετέχει και ο μετρητής μάζας αέρα, ο οποίος με τις δικές του παραμέτρους επεξεργάζεται τα στοιχεία για τη βαθμονόμηση ενός απόλυτα χρονισμένου μεταψεκασμού, ώστε να ανέβει η θερμοκρασία των καυσαερίων και του φίλτρου DPF.

#### 4.3.1 Αναγέννηση DPF

- i. Αυτόματη αναγέννηση. Με φορτία του κινητήρα αρκετά υψηλά, η θερμοκρασία των καυσαερίων φτάνει στους 300-500°C, με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται αυτόματα η καύση των καταλοίπων που έχουν επικαθίσει μέσα στο φίλτρο
- ii. Ενεργός αναγέννηση Όταν ο τρόπος οδήγησης δεν επιτρέπει την δημιουργία των απαιτούμενων συνθηκών για την αυτόματη αναγέννηση του κορεσμένου φίλτρου, τότε επεμβαίνει η μονάδα ελέγχου του κινητήρα, διαμορφώνοντας τις παραμέτρους λειτουργίας του έτσι, ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία των καυσαερίων μέχρι την οριακή τιμή ενεργοποίησης της αναγέννησης του φίλτρου DPF. Ο βαθμός κορεσμού του φίλτρου DPF υπολογίζεται από τη μονάδα ελέγχου του κινητήρα, σύμφωνα με δύο μοντέλα υπολογισμού. Για να μπορεί να πραγματοποιηθεί η αναγέννηση του φίλτρου DPF, η μονάδα ελέγχου του κινητήρα ρυθμίζει την παροχή του εισερχόμενου αέρα μέσω της πεταλούδας της EGR ή και απενεργοποιεί τελείως τις επιλογές της EGR, εισάγει ένα μετα-ψεκασμό, μετά το βασικό ψεκασμό, ώστε το καύσιμο που ψεκάζεται να αυτοαναφλέγεται μέσα στον καταλυτικό μετατροπέα με σκοπό η θερμοκρασία που να φτάνει τους 620°C. Η πίεση υπερτροφοδοσίας διαμορφώνεται έτσι ώστε να εμποδίζει τη μη ομαλή διανομή της κινητήριας ροπής.
- iii. Κατευθυνόμενη αναγέννηση. Εάν οι συνθήκες οδήγησης δεν επιτρέπουν την ενεργοποίηση της ενεργού αναγέννησης, η μονάδα ελέγχου του κινητήρα, αφού εκτιμήσει την οριακή τιμή των καταλοίπων μέσα στο φίλτρο, ενεργοποιεί τη λυχνία του DPF έτσι ώστε να επισημάνει στον οδηγό ότι το

αυτοκίνητο πρέπει να οδηγηθεί για τον απαραίτητο χρόνο με πιο σταθερή ταχύτητα ώστε να δημιουργηθούν οι συνθήκες που είναι απαραίτητες για την αναγέννηση.

- iv. Αναγέννηση στο συνεργείο. Εάν οι κατευθυνόμενες αναγεννήσεις δεν ολοκληρωθούν σωστά μέσα στο φίλτρο αυξάνεται η συσσώρευση των καταλοίπων, και όταν φτάσει το όριο των 40gr καθίσταται απαραίτητη η αναγέννηση στο συνεργείο. Στην περίπτωση που η συσσώρευση φτάσει τα 45gr, η αναγέννηση δεν είναι πλέον σε θέση να ελευθερώσει το φίλτρο που πρέπει να αντικατασταθεί. Η βαλβίδα EGR Στους σύγχρονους κινητήρες με φίλτρο DPF, η πεταλούδα εμπλουτισμού μίγματος, που βρίσκεται πριν την εισαγωγή της βαλβίδας EGR, επιτρέπει την παράταση της επιστροφής των καυσαερίων ακόμα και όταν η πίεση μέσα στην πολλαπλή εισαγωγής φτάνει σε πολύ υψηλές τιμές. Επίσης ο εμπλουτισμός, επιτρέπει το σχηματισμό πλούσιου μείγματος, πράγμα απαραίτητο για να επιτευχθούν υψηλές θερμοκρασίες στα καυσαέρια κατά τη διάρκεια της αναγέννησης του φίλτρου DPF.



**Εικόνα 4.3.1-1** Μέθοδοι αναγέννησης DPF



#### 4.4 Παγίδες οξειδίων του αζώτου (NSR)

Η ανακάλυψη των ερευνητών της Toyota της ονομαζόμενης τεχνολογίας αποθήκευσης και αναγωγής των NO<sub>x</sub> (NO<sub>x</sub> Storage and Reduction, NSR), αποτέλεσε μία νέα πρόκληση στην απευθείας μείωση των NO<sub>x</sub> που εκπέμπονται από τα οχήματα. Η βασική αρχή του μηχανισμού της αντίδρασης του συστήματος NSR έχει πλήρως διασαφηνιστεί. Κάτω από οξειδωτικές συνθήκες, το NO μετατρέπεται σε NO<sub>2</sub> από την πλατίνα του καταλυτικού μετατροπέα και αποθηκεύεται στην επιφάνεια του παγιδευόμενου από Ba προκαλώντας χημική αντίδραση.

Η τεχνολογία NSR αποτελεί μια ιδιαίτερα αποτελεσματική λύση στην αντιμετώπιση της μείωσης των εκπομπών NO<sub>x</sub> και ήδη εφαρμόζεται στην Ιαπωνία, όπου η περιεκτικότητα της βενζίνης σε S είναι χαμηλή. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μειονέκτημα των καταλυτών NSR έγκειται στο γεγονός ότι σχηματίζονται θειούχες ενώσεις στην επιφάνεια του καταλύτη με αποτέλεσμα να παρεμποδίζουν σημαντικά την αποθήκευση των NO<sub>x</sub>. Στη φάση της απελευθέρωσης, εξουδετερώνονται τα παγιδευμένα στοιχεία με τη βοήθεια μίας χημικής αντίδρασης, ενώ ο κινητήρας λειτουργεί με πλούσιο μίγμα. Τα NO<sub>x</sub> μετατρέπονται σε ουδέτερα αέρια (κυρίως N<sub>2</sub>). Με αυτό τον τρόπο η παγίδα NO<sub>x</sub> έχει καθαριστεί, και είναι έτοιμη να κατακρατήσει καινούργια ποσότητα NO<sub>x</sub>.

Λόγω της ευαισθησίας που παρουσιάζουν οι παγίδες NO<sub>x</sub> στα SO<sub>x</sub>, η εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στην Ευρώπη και την Αμερική, όπου η περιεκτικότητα του καυσίμου σε S είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές στην Ιαπωνία, απαιτεί την ανάπτυξη κατάλληλων συστημάτων ανθεκτικών στο S.

Ένα τέτοιο σύστημα έχει πρόσφατα δημοσιευτεί από την Toyota, σύμφωνα με το οποίο, έχει προστεθεί TiO και LiO στο σύστημα, προκειμένου να παρεμποδίζεται η δηλητηρίαση των κέντρων του Ba από το θείο.

#### 4.5 Επιλεκτική καταλυτική αναγωγή (SCR)

Το σύστημα SCR (Selective Catalytic Redyction) είναι ένα σύστημα μετεπεξεργασίας καυσαερίων για τη μείωση των εκπομπών NO<sub>x</sub> έως και 40% στους πετρελαιοκινητήρες, σε αντίθεση με την ανακυκλοφορία καυσαερίων η οποία έχει στόχο την ελάττωση σχηματισμού NO<sub>x</sub>. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα με τη βοήθεια ενός καταλύτη χρησιμοποιώντας NH<sub>3</sub> ως παράγωγα μείωσης, που δημιουργείται από ουρία που προστίθεται στα καυσαέρια.

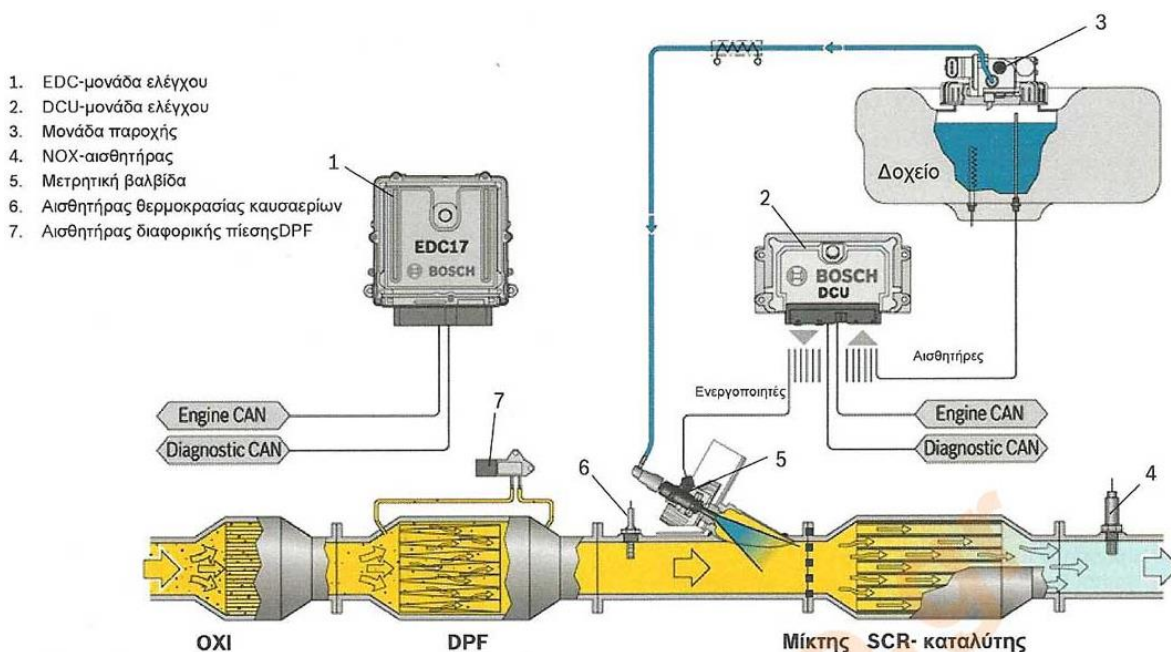
Οι ανεπεξέργαστες εκπομπές από την ανάφλεξη του μίγματος (αέρα-πετρελαίου) είναι κυρίως CO, HC, PM και NO<sub>x</sub>. Ενώ το CO και οι HC μετατρέπονται από τον καταλύτη οξειδωσης και οι PM αφαιρούνται από το DPF, τα NO<sub>x</sub> δεν μπορεί να μετατραπεί σε κάποιο από αυτά τα συστήματα επεξεργασίας καυσαερίων παρά μόνο να μειωθεί ο σχηματισμός του όπως προαναφέρθηκε.

Τα NO<sub>x</sub> είναι επιβλαβή και παράγονται ειδικά σε υψηλές θερμοκρασίες ανάφλεξης. Επειδή οι μοντέρνοι και υψηλής απόδοσης κινητήρες εσωτερικής καύσης, ειδικά οι πετρελαιοκινητήρες με υπερτροφοδότηση και άμεσο ψεκασμό, έχουν υψηλές θερμοκρασίες ανάφλεξης, αυτό επιφέρει διένεξη μεταξύ των εκπομπών NO<sub>x</sub> και της μείωσης κατανάλωσης καυσίμων. Διάφορες αναβαθμίσεις στον κινητήρα σε συνδυασμό με επανακυκλοφορία καυσαερίων εξασφαλίζουν τις προδιαγραφόμενες εκπομπές NO<sub>x</sub> και άλλων ρύπων.

Το σύστημα ξεκινά να λειτουργεί αφού ο μετατροπέας SCR έχει φτάσει στην θερμοκρασία λειτουργίας. Αυτό υπολογίζεται από την τιμή του αισθητήρα θερμοκρασίας καυσαερίων. Αφού επιτευχθεί η θερμοκρασία λειτουργίας η αντλία ουρίας ενεργοποιείται και εφαρμόζει πίεση στο μπεκ ψεκασμού ουρίας. Η μονάδα ελέγχου SCR υπολογίζει την ποσότητα AdBlue που χρειάζεται για τον καθαρισμό των ρύπων καυσαερίων, σύμφωνα με το εκπεμπόμενο NO<sub>x</sub>. Η εκπεμπόμενη ποσότητα NO<sub>x</sub> υπολογίζεται από τη μονάδα ελέγχου του συστήματος ισχύος σύμφωνα με τις συνθήκες λειτουργίας του κινητήρα. Όταν

επιτευχθούν οι κατάλληλες συνθήκες το μπεκ ψεκασμού ουρίας εισάγει το AdBlue μέσα στην καυτή ροή καυσαερίων όπου αρχίζει να εξατμίζεται. Με θερμόλυση (μια χημική αντίδραση κατά την οποία μια χημική ουσία διασπάται τουλάχιστον σε δύο χημικές ουσίες όταν θερμαίνεται) και υδρόλυση (μια χημική αντίδραση κατά την οποία ένα ή περισσότερα μόρια νερού διαχωρίζονται σε ιόντα υδρογόνου και υδροξειδίου) το AdBlue αποσυντίθεται σε  $\text{NH}_3$  και σε  $\text{CO}_2$ . Ένας αναμίκτης μπροστά από τον μετατροπέα SCR ενισχύει τη χημική αντίδραση και παρέχει μια πιο ίση διανομή  $\text{NH}_3$  στον μετατροπέα SCR και αυξάνει την αποτελεσματικότητά του. Μετά την πλήρη αποσύνθεση του AdBlue η  $\text{NH}_3$  συσσωρεύεται στις διόδους του καταλύτη τύπου ζεόλιθου ενώ το  $\text{CO}_2$  απλά ρέει. Εάν το  $\text{NO}_x$  περάσει διαμέσου των διόδων, αντιδρά χημικά με την αμμωνία  $\text{NH}_3$  και μειώνεται σε ακίνδυνο  $\text{N}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ . Ανάλογα με τις συνθήκες λειτουργίας υπάρχει μια μετατόπιση  $\text{NH}_3$  που δεν αποθηκεύεται στον καταλύτη τύπου ζεόλιθου.

Για την αποφυγή εκπομπής αμμωνίας, έχει τοποθετηθεί ένας καταλύτης ολίσθησης στο περίβλημα του μετατροπέα SCR με κίνηση προς τα κάτω από τον καταλύτη τύπου ζεόλιθου. Αυτός ο καταλύτης ολίσθησης προκαλεί οξειδωση στην αμμωνία  $\text{NH}_3$  και την μετατρέπει σε ακίνδυνο άζωτο  $\text{N}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ .



**Εικόνα 4.5-1** Σύστημα επιλεκτικής καταλυτικής αναγωγής

### 4.5.1 AdBlue

Το AdBlue είναι το βασικό συστατικό της τεχνολογίας που καταστέλλει τα NOx και το χρησιμοποιούν διάφοροι κατασκευαστές (Mercedes-Benz BlueTEC, Mazda κ.α.).

Πρόκειται για ένα πρόσθετο αμμωνιούχο διάλυμα που πληρώνεται και αποθηκεύεται σε υγρή μορφή σε μία μικρή δεξαμενή, στα επιβατικά συνήθως κάτω από πορτμπαγκάζ. Το AdBlue αποτελείται από 32,5% ουρία, μία αζωτούχα ένωση αραιωμένη σε απιονισμένο νερό, ειδικά εξελιγμένη ώστε να μειώνει τα επικίνδυνα αέρια της εξάτμισης.

Στους 170°C η ουρία μετατρέπεται σε NH<sub>3</sub> η οποία συγκεντρώνεται στο καταλυτικό μετατροπέα και λειτουργεί καταλυτικά μειώνοντας δραματικά τα NOx. Η κεντρική μονάδα ελέγχου του κινητήρα ελέγχει τον ψεκασμό του AdBlue ώστε να υπάρχει πάντοτε ικανοποιητική ποσότητα αμμωνίας στον καταλυτικό μετατροπέα.

Το AdBlue δεν είναι τοξικό, είναι ελαφρώς αλκαλικό διάλυμα με pH = 9, δεν είναι εύφλεκτο ή εκρηκτικό αλλά είναι οξειδωτικό. Εάν κάποια ποσότητα εκχυθεί έξω από το δοχείο δημιουργείται αρχικά ολισθηρότητα και κατόπιν κρυσταλλοποιήται. Ανάλογα με τον τύπο του οχήματος είναι και το ρεζερβουάρ του AdBlue. Ενδεικτικά αναφέρουμε πως το ρεζερβουάρ σε μία Mercedes-Benz R 320 BlueTEC γεμίζει με 28 λίτρα ενώ στην GL 320 BlueTEC με 32 λίτρα. Σύμφωνα με την Mercedes-Benz απαιτούνται 0,1 λίτρα ανά 100 χλμ ώστε η αναπλήρωση του AdBlue να συμπίπτει με τα προγραμματισμένα service του αυτοκινήτου. Από την άλλη, οι επαγγελματίες οδηγοί μπορούν να το προμηθευτούν ακόμη και από μεγάλα πρατήρια υγρών καυσίμων.

## 5. Εναλλακτικά καύσιμα

Σήμερα γίνονται μεγάλες προσπάθειες ώστε η κίνηση των οχημάτων να μην στηρίζεται πλέον στα εξαντλούμενα αποθέματα ορυκτών καυσίμων, αλλά στην ηλιακή ενέργεια ή σε άλλες πιο φιλικές ενώσεις ώστε να παράγονται προϊόντα καύσης φιλικά προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον.

### 5.1 Υγραέριο LPG

#### Γενικά

Είναι μίγμα προπανίου ( $C_3H_8$ ) και βουτανίου ( $C_4H_{10}$ ) και είναι παραπροϊόν του πετρελαίου στα διυλιστήρια. Μέχρι πρόσφατα καίγονταν σαν άχρηστο υλικό. Παράγεται κυρίως στη Σαουδική Αραβία, Η.Π.Α., Ρωσία. Υποδομή για τη χρήση του ως καύσιμο υπάρχει στην Ολλανδία, Γερμανία, Δανία, Αλγερία και Ιράν.

Με τον όρο «υγραέριο» ή LPG αναφερόμαστε σε όλα τα υδροποιημένα αέρια που προέρχονται από το πετρέλαιο. Βέβαια, το LPG που χρησιμοποιείται στα σύγχρονα αυτοκίνητα είναι μίγμα προπανίου και βουτανίου, η ακριβής σύνθεση του οποίου εξαρτάται άμεσα από διάφορους παράγοντες, όπως είναι για παράδειγμα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Το συγκεκριμένο καύσιμο έχει υψηλό αριθμό οκτανίου και επομένως δεν είναι απαραίτητη η προσθήκη σε αυτό μολύβδου ή άλλων προσθέτων. Επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα του είναι ότι δεν περιέχει καθόλου S. Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα, σε συνδυασμό με τριοδικό καταλύτη, επιτυγχάνοντας πολύ χαμηλές εκπομπές ρύπων

#### Χρήση του υγραερίου στην αυτοκίνηση

Στην Ολλανδία και στην Ιταλία το υγραέριο έχει εδώ και αρκετά χρόνια γνωρίσει μεγάλη διάδοση ως εναλλακτικό καύσιμο για τα αυτοκίνητα, κυρίως λόγω της ανταγωνιστικής τιμής του. Τα αυτοκίνητα που καταναλώνουν υγραέριο δεν είναι κατασκευασμένα έτσι από την αρχή, αλλά είναι εφοδιασμένα με

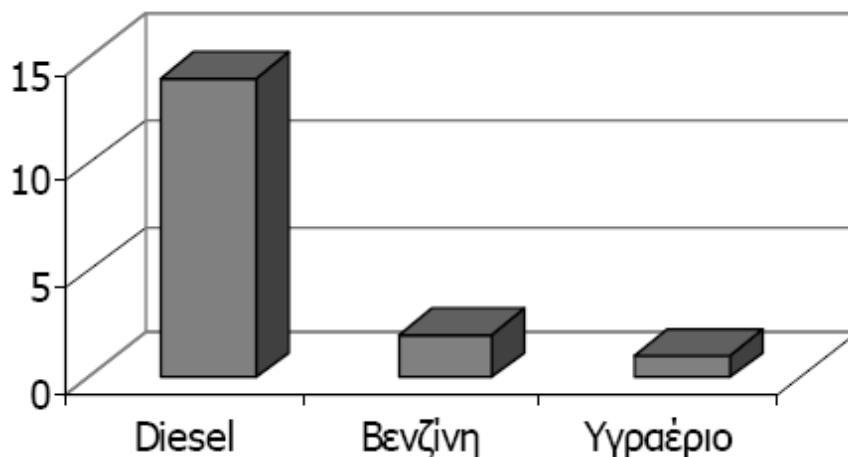
ειδικές εγκαταστάσεις μετατροπής, διατηρώντας τη δυνατότητα να κινηθούν και με βενζίνη, ανάλογα με την επιθυμία του οδηγού.

Την εποχή της μεγάλης διάδοσης του υγραερίου στην Ολλανδία και την Ιταλία αναπτύχθηκε μια ολόκληρη βιομηχανία τέτοιων συστημάτων. Τα πρώτα χρόνια της διάδοσης τους έγινε αντιληπτό, εκτός από την οικονομία, ότι το υγραέριο ήταν ένα ιδιαίτερα καθαρό καύσιμο. Με την εφαρμογή, όμως, σύγχρονης αντιρρυπαντικής τεχνολογίας στα αυτοκίνητα το πλεονέκτημα αυτό σε σύγκριση με τη βενζίνη χάθηκε. Με την ολοκληρωτική επικράτηση των συστημάτων ψεκασμού βενζίνης στους κινητήρες των αυτοκινήτων έπρεπε να εξελιχθούν αντίστοιχα συστήματα και για το υγραέριο.

Τα νέα αυτά συστήματα έχουν κάνει την εμφάνιση τους στην αγορά και τα αποτελέσματα από τη χρήση τους είναι ενθαρρυντικά, κυρίως στις περιπτώσεις όπου κάποιος κατασκευαστής αυτοκινήτων συνεργάστηκε με κάποια από τις εταιρείες κατασκευής τέτοιων συστημάτων. Στη χειρότερη περίπτωση ένα σύγχρονο σύστημα υγραεριοκίνησης επιτυγχάνει εκπομπές ρύπων ανάλογες με αυτές ενός σύγχρονου «καταλυτικού» αυτοκινήτου και στην καλύτερη (όπου δηλαδή έχει συνεργαστεί και κάποια αυτοκινητοβιομηχανία) η μείωση των εκπομπών ακόμα και σε σύγκριση με τα σύγχρονα αυτοκίνητα είναι σημαντική. Σε σύγκριση με τους κινητήρες ντίζελ τα αποτελέσματα είναι ακόμα πιο θετικά.

Συγκρίνοντας μεταξύ τους τα τρία καύσιμα, βενζίνη, ντίζελ και υγραέριο, σε σχέση με τις εκπομπές των τριών κυριότερων ρύπων, η κατάταξη έχει ως εξής:

- Τις μικρότερες εκπομπές CO και HC έχει το υγραέριο και τις μεγαλύτερες η βενζίνη.
- Τις μικρότερες εκπομπές NOx έχει πάλι το υγραέριο, αλλά τις μεγαλύτερες τις έχει το πετρέλαιο.
- Το πλεονέκτημα του υγραερίου έναντι του πετρελαίου όμως είναι μεγαλύτερο λόγω της απουσίας των οξειδίων του θείου και των σωματιδίων αιθάλης (καπνού).



**Διάγραμμα 5.1-1.** Συγκριτικές εκπομπές μικροσωματιδίων.

Το όφελος βέβαια για το περιβάλλον στις πόλεις από τη χρήση τέτοιων λεωφορείων ή ακόμα και απορριμματοφόρων και φορτηγών διανομής είναι κάτι παραπάνω από προφανές.

Σήμερα στη Βιέννη κυκλοφορούν περισσότερα από 370 υγραεριοκίνητα αστικά λεωφορεία της MAN, τα οποία αποτελούν το 70% του στόλου της αυστριακής πρωτεύουσας. Οφείλουμε να ομολογήσουμε πάντως πως σημαντικά βήματα προς την κατεύθυνση αυτή έχουν γίνει επίσης και στην χώρα μας, όπου από το 1999 επιτρέπεται η χρήση αυτοκινήτων με καύσιμο το φυσικό αέριο. Ήδη, στην Αθήνα κυκλοφορούν τα πρώτα 400, οικολογικά λεωφορεία. Η επιτυχία της χρήσης του υγραερίου και η επικείμενη είσοδος του φυσικού αερίου στην αγορά ήταν το κίνητρο για την εξέλιξη τροποποιημένων κινητήρων που καταναλώνουν υγραέριο ή φυσικό αέριο. Όλοι σχεδόν οι μεγάλοι κατασκευαστές βαρέων οχημάτων όπως η MAN, η RENAULT, η IVECO και η DAF έχουν σήμερα τις δικές τους προτάσεις. Η προθυμία των κατασκευαστών στα βαρέα οχήματα να συμμετέχουν στην εξέλιξη αυτής της τεχνολογίας (σε αντίθεση με τα μικρά αυτοκίνητα) οφείλεται στο ότι η αγορά έτσι κι αλλιώς είναι μικρή αλλά οι παραγγελίες είναι μαζικές, αφού αφορούν κυρίως στόλους.

Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι γραμμές παραγωγής είναι ευέλικτες, για να ικανοποιούν τις ιδιαίτερες προτιμήσεις κάθε πελάτη. Σε ό,τι αφορά το κόστος, η τιμή ενός λεωφορείου που καταναλώνει υγραέριο είναι 10% μεγαλύτερη από αυτήν ενός πετρελαιοκίνητου. Αν τοποθετηθεί στο πετρελαιοκίνητο κάποια

παγίδα αιθάλης, τότε οι τιμές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα. Οι απαιτήσεις συντήρησης από την άλλη είναι περίπου οι ίδιες. Η κατανάλωση υγραερίου σε σχέση με το πετρέλαιο, σε πραγματικά λίτρα ανά 100 χιλιόμετρα είναι κατά 70-80%) μεγαλύτερη. Αν η τιμή του υγραερίου είναι αρκετά χαμηλή, τότε η απόσβεση ενός τέτοιου λεωφορείου ή φορτηγού διαρκεί 12 χρόνια με την υπόθεση ότι το όχημα διανύει 50.000 Km το χρόνο. Όμως, στην περίπτωση ενός μεγάλου στόλου οχημάτων πρέπει να συνυπολογιστεί και το κόστος εγκατάστασης ενός πλήρους σταθμού ανεφοδιασμού (δεξαμενές, αντλίες, διατάξεις ασφαλείας).

## 5.2 Φυσικό αέριο

Από όλα τα εναλλακτικά καύσιμα το φυσικό αέριο είναι το προσφορότερο, ειδικά για κατοικημένες περιοχές. Μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου υπάρχουν διαδεδομένα σε πολλές περιοχές του κόσμου, ενώ παράλληλα είναι εύκολο να εξαχθεί. Επίσης παράγει χαμηλά ποσοστά ρύπων που έχουν αντίκτυπο στην υγεία του ανθρώπου και στο περιβάλλον, πράγμα που αποτελεί το μεγάλο του πλεονέκτημα.

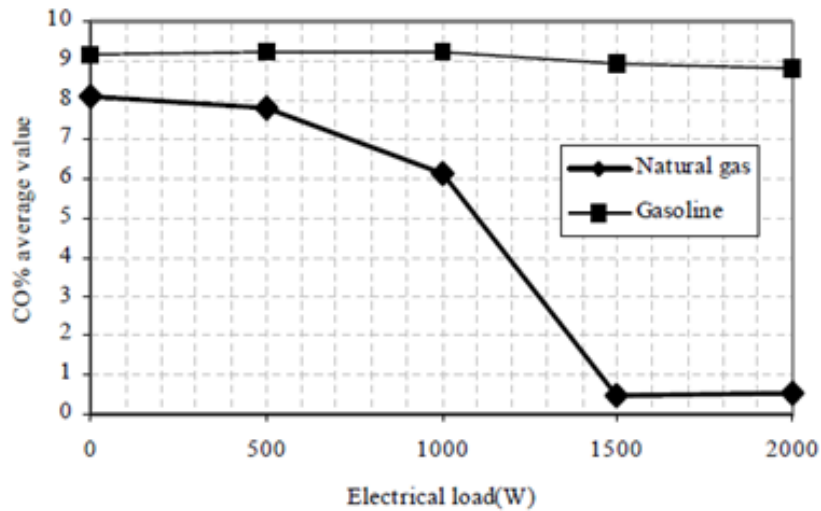
Το φυσικό αέριο αποτελείται από 80 - 90% μεθάνιο και το υπόλοιπο ποσοστό αποτελείται από αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο, που επίσης είναι αέρια που είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα.;

Συγκρινόμενο με το πετρέλαιο και την βενζίνη το φυσικό αέριο εκπέμπει στο περιβάλλον τους παρακάτω ρυπαντές

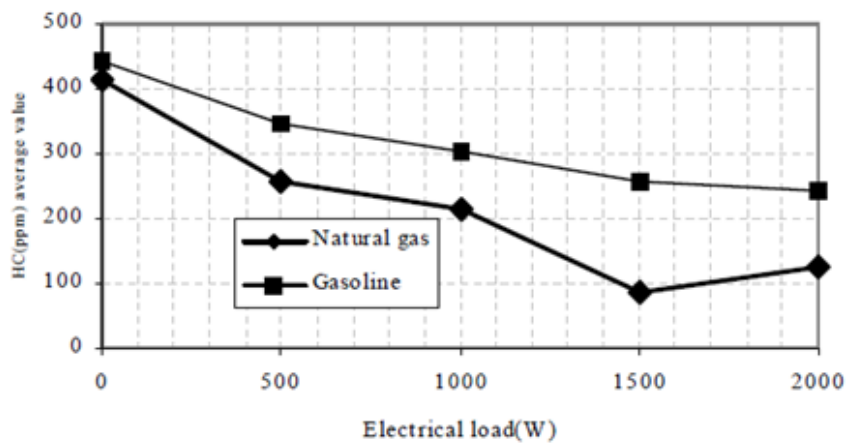
<b>Ρυπαντές</b>	<b>Φυσικό αέριο</b>
NOx	Λιγότερα ποσοστά
Sox	Λιγότερα ποσοστά
PM	Λιγότερα ποσοστά
CO	Ίδια ποσοστά
HC)	Ίδια ποσοστά
CO <sub>2</sub>	Ίδια ποσοστά
CH <sub>4</sub>	Λιγότερα ποσοστά

**Πίνακας 5.2-1.** Σύγκριση φυσικού αερίου με πετρέλαιο και βενζίνη

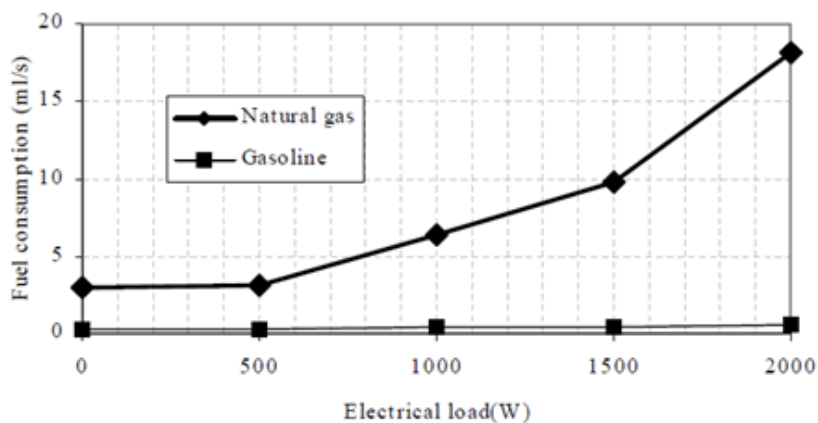




**Διάγραμμα 5.2-2.** Μέση τιμή CO για τη βενζίνη και το φυσικό αέριο κατά τη διάρκεια των δοκιμών μεταβαλλόμενου φορτίου.



**Διάγραμμα 5.2-1.** Μέση τιμή HC για τη βενζίνη και το φυσικό αέριο κατά τη διάρκεια των δοκιμών μεταβαλλόμενου φορτίου.



**Διάγραμμα 5.2-2.** Κατανάλωση καυσίμων.

## 5.3 Βιοκαύσιμα

Βιοκαύσιμο είναι το υγρό ή αέριο καύσιμο που παράγεται από βιομάζα. Η βιομάζα είναι πιθανώς η πρώτη πηγή ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο υπό τη μορφή πυρράς και είναι το μη απολιθωμένο και βιοαποικοδομήσιμο οργανικό υλικό προερχόμενο από φυτά, ζώα και μικροοργανισμούς. Περιλαμβάνει επίσης προϊόντα, παραπροϊόντα, υπολείμματα και απόβλητα από τη γεωργία, τη δασοκομία και σχετικές βιομηχανίες καθώς επίσης και τα μη απολιθωμένα και βιοαποικοδομήσιμα οργανικά κλάσματα βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Περιλαμβάνει επίσης αέρια και υγρά που ανακτώνται από την αποσύνθεση μη απολιθωμένου και βιοαποικοδομήσιμου οργανικού υλικού.

### 5.3.1 Βιοαέριο

Καθώς τα φυτά και τα ζώα αποσυντίθενται παράγουν ένα άχρωμο και άοσμο αέριο το μεθάνιο. Το μεθάνιο είναι πλούσιο σε ενέργεια και αποτελεί το κύριο συστατικό του βιοαερίου.

Το βιοαέριο είναι πολύ σταθερό, μη τοξικό, άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ενεργειακά σε μηχανές εσωτερικής καύσης. Παρ' όλα αυτά το μικρό ποσοστό υδρόθειου που περιέχει το μίγμα, ενδέχεται να του προσδώσει μια ελαφρώς δύσοσμη μυρωδιά ιδίως κατά την καύση. Η τιμή του ωστόσο, κυμαίνεται λίγο πάνω από το 50% της τιμής της βενζίνης.

Χρησιμοποιούμε ένα αντιδραστήρα υδρόλυσης της βιομάζας και στη συνέχεια ένα δεύτερο βιοαντιδραστήρα όπου εκεί γίνεται η μεθανική ζύμωση για την παραγωγή του βιοαερίου. Παράγεται το βιοαέριο και στη συνέχεια το απόβλητο το οποίο περιέχει οργανικό φορτίο που πορεύει να βιοαποικοδομηθεί, αποβάλλεται καθαρισμένο στο περιβάλλον. Το βιοαέριο το οποίο είναι μίγμα μεθανίου και διοξειδίου του άνθρακα επειδή έχει λίγο άνθρακα, καίγεται με λιγότερους ρύπους απ' ότι η βενζίνη.

Στη Σουηδία ήδη αρκετά οχήματα κινούνται με μεθάνιο και λειτουργούν σταθμοί βιοαερίου. Παράλληλα, το αναβαθμισμένο

βιοαέριο μπορεί να διοχετευθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου, όπως πλέον γίνεται στην Ολλανδία, τη Σουηδία και την Ελβετία και να χρησιμοποιηθεί για ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Πειραματικά χρησιμοποιείται και για παραγωγή  $H_2$  τροφοδοτώντας κυψέλες καυσίμου.



**Εικόνα 5.3.1-1** Αντλία βιοαερίου

### 5.3.2 Βιοντίζελ

Με εξαίρεση το κραμβέλαιο, το οποίο και είναι η κύρια πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ, το ηλιέλαιο, το καλαμποκέλαιο, το βαμβακέλαιο, το ελαιόλαδο που συναντούνται κυρίως στην Ν.Ευρώπη, και κατά επέκταση στην Ελλάδα, σε συνδυασμό με μερικά απόβλητα όπως είναι τα προτηγανισμένα έλαια εμφανίζονται να αποτελούν ελκυστικές πρώτες ύλες για την παραγωγή βιοντίζελ.

Η ανάγκη για ευθύ αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων και οι αυστηρές προδιαγραφές των μοντέρνων πετρελαιοκινητήρων απαιτούν τη βελτίωση της ποιότητας του πετρελαίου. Η ανάπτυξη των προϊόντων βιομάζας ως υποκατάστατα του πετρελαίου κίνησης είναι μια ελκυστική προοπτική καθώς θα βοηθούσε την βελτίωση της ποιότητας του. Η εμπορική υποκατάσταση του πετρελαίου κίνησης με μεθυλεστέρες του κραμβέλαιου είναι ήδη γεγονός σε πολλές χώρες της κεντρικής ευρώπης.

Είναι γενικότερα γνωστό ότι το βιοντίζελ δεν είναι τοξικό, δεν έχει αρωματικές ενώσεις, έχει μεγαλύτερη βιοαποικοδομησιμότητα από το πετρέλαιο, μολύνει λιγότερο τη θάλασσα όσο και τη στεριά και δεν περιέχει σχεδόν καθόλου θείο. Είναι επίσης περισσότερο ασφαλή κατά την μεταφορά και την χρήση του, με μειωμένη τοξικότητα και δεν περιέχει καθόλου σχεδόν καρκινογενή συστατικά.

Βασικό πλεονέκτημα της χρήσης των μεθυλεστέρων των φυτικών ελαίων είναι το γεγονός ότι ανεξάρτητα από την πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τους, η προσθήκη τους στο κλασικό πετρέλαιο κίνησης βελτιώνει σημαντικά τις εκπομπές σωματιδίων τα οποία αποτελούν το σημαντικότερο μειονέκτημα των πετρελαιοκινητήρων. Το βιοντίζελ παράγεται κυρίως στην Ευρώπη από την ελαιοκράμβη, ενώ η σόγια κατέχει ανάλογη θέση στις Η.Π.Α. Στην Ελλάδα το καπνέλαιο, το βαμβακέλαιο, το ντοματέλαιο και διάφορες ποικιλίες ελαίων από καρπούς της ελαοκράμβης είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν.

#### **5.4 Μεθανόλη, Αιθανόλη**

Είναι η αλκοόλη του μεθανίου ή μεθυλική αλκοόλη με χημικό τύπο  $\text{CH}_3\text{OH}$ . Παράγεται από πετρέλαιο, φυσικό αέριο, γαιάνθρακες και βιομάζα. Είναι δηλαδή παγκόσμιο αέριο. Στη φύση υπάρχει κατά 73,2% στους γαιάνθρακες, κατά 14,5% στο αργό πετρέλαιο και κατά 12,3% στο φυσικό αέριο.

Παρόμοιο καύσιμο με τη μεθανόλη είναι και η αιθανόλη που με μια λέξη τις λέμε αλκοόλες. Οι αλκοόλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους πετρελαιοκινητήρες δίχως να απαιτηθούν μεγάλες αλλαγές. Εκείνο που απαιτείται είναι μια, ας την πούμε έτσι, αυξημένη υποβοήθηση της δυνατότητας ανάφλεξης του καυσίμου. Και τα δύο παραπάνω καύσιμα μπορούν να παραχθούν από βιομάζα, όπως για παράδειγμα από τα υποπροϊόντα της υλοτομίας (φύλλα, ρίζες, φλοιούς) ή από τα άχυρα των σιτηρών, πράγμα που σημαίνει πως με την καύση τους στις Μ.Ε.Κ. δεν παρουσιάζουν καμία αρνητική συνεισφορά στην αύξηση του  $\text{CO}_2$  της ατμόσφαιρας. Τα καύσιμα αυτά καίγονται δίχως να παράγεται καθόλου καπνός και παράγουν ένα πολύ μικρό ποσοστό σωματιδίων. Ακόμα τα ποσοστά των  $\text{NO}_x$  είναι πολύ χαμηλά. Όμως από τις αλκοόλες μπορούν να παραχθούν βλαβερές για την υγεία του ανθρώπου αλδεΐδες, σε περίπτωση ατελούς καύσης τους.

Ακόμα, οι μέθοδοι που εφαρμόζονται σήμερα για την παραγωγή της αιθανόλης είναι πολύ ενεργοβόρες και συνεπώς αντιοικονομικές. Πιθανόν όμως στο μέλλον, νέες μέθοδοι πιο οικονομικές να αναπτυχθούν και η αιθανόλη να παράγεται μαζικότερα.

Το μεγάλο μειονέκτημα εξάλλου της μεθανόλης είναι η τοξικότητά της. Επιπλέον η μεθανόλη αντιδρά με το λάστιχο, με κάποια πλαστικά και μέταλλα και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την γρήγορη φθορά του κινητήρα και του συστήματος τροφοδοσίας καυσίμου.

Τόσο η μεθανόλη όσο και η αιθανόλη σε φυσιολογικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας είναι υγρά, πράγμα που σημαίνει ότι μπορούν να μεταφερθούν και να αποθηκευθούν εύκολα. Όμως η ποσότητα των αλκοολών που παράγονται από τα υλικά που προαναφέραμε είναι περιορισμένη. Εξ' αιτίας αυτού του περιορισμού και η χρήση των αλκοολών σαν εναλλακτικών καυσίμων είναι σχεδόν απαγορευτική.

### **5.5 Διμεθυλαιθέρας (D.M.E)**

Ο διμεθυλαιθέρας είναι ένα εναλλακτικό καύσιμο πολλά υποσχόμενο για το μέλλον. Μπορεί να παραχθεί από φυσικό αέριο ή βιομάζα, με μέθοδο κατά την οποία το αρχικό προϊόν κατεργάζεται πολύ αποτελεσματικά. Ο διμεθυλαιθέρας δεν είναι τοξικός και παράγει πολύ χαμηλό ποσοστό ρύπων. Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις Μ.Ε.Κ. που χρησιμοποιούν σαν κύριο καύσιμο το πετρέλαιο και την βενζίνη χωρίς αυτές να υποστούν ουδεμία μετατροπή, πράγμα που σημαίνει ότι μπορεί να έχουμε ένα πολύ μεγάλο βαθμό συμπίεσης του καυσίμου αυτού. Με άλλα λόγια ο διμεθυλαιθέρας είναι ένα καύσιμο παρόμοιο με το υγραέριο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ίδιο δίκτυο αποθήκευσης, μεταφοράς και πώλησης με αυτό.

Προς το παρόν, η παραγωγή του διμεθυλαιθέρα είναι πολύ δαπανηρή, αλλά αυτή τη στιγμή βρίσκεται σε εξέλιξη μια καινούρια μέθοδος παραγωγής του που θα έχει σαν συνέπεια την κατακόρυφη πτώση της τιμής του.

### **5.6 Σπορέλαια (Μεθυλεστέρας - RME)**

Τα σπορέλαια, μετά από ειδική κατεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στους περισσότερους κινητήρες εσωτερικής καύσης, δίχως την ανάγκη οι κινητήρες αυτοί να υποστούν μεγάλες μετατροπές.

Είναι ένα ανανεώσιμο καύσιμο, καύσιμο δηλαδή που μπορεί να παράγεται από τον άνθρωπο ανάλογα με τις ανάγκες που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα με το πετρέλαιο και την βενζίνη σαν συμπληρωματικό τους καύσιμο. Υπάρχει συνεπώς, με την έννοια αυτή, εύλογο ενδιαφέρον από χώρες όπως η Γερμανία και η Αυστρία, όπου τα πειράματα συνεχίζονται για την ανάμιξη πετρελαίου ή βενζίνης με σπορέλαια σε ποσοστό 10-20%, ώστε το μίγμα αυτό να χρησιμοποιηθεί πλέον σαν καύσιμο στους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Μειονέκτημα όμως είναι ότι τα σπορέλαια είναι δαπανηρά και ενεργοβόρα στην παραγωγή τους και η καλλιέργεια των φυτών απ' όπου προέρχονται οι σπόροι απαιτεί μεγάλες και εύφορες εκτάσεις γης. Ένα επίσης μειονέκτημα των σπορέλαιων αν χρησιμοποιηθούν σαν καύσιμα στους κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι ότι εκπέμπουν μεγαλύτερες ποσότητες ΝΟx και σωματιδίων από ότι εκπέμπουν οι κινητήρες εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν σαν καύσιμο το πετρέλαιο και βενζίνη.

## 5.7 Υδρογόνο

Το υδρογόνο παράγεται με πιο απλές αντιδράσεις, τη διάσπαση του νερού με τη βοήθεια ενέργειας που θα μπορούσε να αντικατασταθεί με ηλιακή υπό προϋποθέσεις. Το νερό διασπάται με αυτή την απλή αλλά σπουδαία αντίδραση η οποία έχει το μεγαλύτερο οικονομικό ενδιαφέρον αλλά δυστυχώς δεν έχει επιτευχθεί ακόμα η συμφέρουσα οδός. Η βιομάζα είναι μια πρώτη υλη που με μικροοργανισμούς μπορεί να μας δώσει υδρογόνο στη συνήθη θερμοκρασία.

Το πρόβλημα με όλες τις μορφές ενέργειας, που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν χωρίς περιβαλλοντικό κόστος τα συμβατικά καύσιμα (ηλιακή, αιολική και ενέργεια από τις υδατοπτώσεις), είναι ότι δεν μπορούν να αποθηκευτούν σε μεγάλη κλίμακα και επομένως, δεν μπορούν να διατεθούν στο εμπόριο. Το υδρογόνο είναι η ιδανική λύση. Με τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης και τη χρησιμοποίηση της ηλιακής ενέργειας θα μπορέσει να υπάρξει απεριόριστη διαθεσιμότητα υδρογόνου ως πηγή ενέργειας και μάλιστα με μηδαμινή περιβαλλοντική επιβάρυνση.

Το πιο ενθαρρυντικό στοιχείο για το υδρογόνο είναι ότι οι εκπομπές των οχημάτων που το χρησιμοποιούν ως κινητήρια μορφή ενέργειας αποτελούνται ουσιαστικά από νερό και πρακτικά

καθόλου CO<sub>2</sub>. Έτσι με την προϋπόθεση ότι για την παραγωγή του δεν θα χρησιμοποιηθούν καθόλου ορυκτά καύσιμα, δεν θα υπάρχει καμία επιβάρυνση στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επίσης δεδομένου ότι ξαναδημιουργείται το νερό μπορούμε να μιλάμε για ανανεώσιμο καύσιμο, για μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και κατά συνέπεια λύνουμε το ενεργειακό πρόβλημα όριστικά με απόλυτα φιλικό τρόπο προς το περιβάλλον.

Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι της μεταφοράς του υδρογόνου στο αυτοκίνητον εξαιτίας της χαμηλής ενεργειακής του πυκνότητας. Οι μέχρι σήμερα έρευνες προσανατολίζονται στην αποθήκευση κρυογενικού υδρογόνου, αφού μόνο τότε το υδρογόνο είναι υγρό και διαθέτει ικανοποιητική ενεργειακή πυκνότητα. Χρειάζεται όμως να μειωθούν οι απώλειες που προκαλούνται από την τεράστια διαφορά θερμοκρασίας (-253 °C) με περαιτέρω έρευνα.

## 5.8 Συμπεράσματα

Εν κατακλείδι εστιάζουμε στα προβλήματα που δημιουργούνται και πρέπει να λυθούν για να πούμε με σιγουριά ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα εναλλακτικά καύσιμα στην κίνηση των αυτοκινήτων.

Το πρόβλημα παραγωγής του βιοαερίου είναι ίσως πιο περίπλοκο απ' ότι είναι η παραγωγή της βιοαιθανόλης. Το πρόβλημα που υπάρχει εδώ είναι η μικρή σχετική ταχύτητα της μεθανικής ζύμωσης, αυτό σημαίνει μεγάλοι βιοαντιδραστήρες, μεγάλοι όγκοι εγκαταστάσεων. Θα πρέπει εδώ η επιστημονική έρευνα να μειώσει το χρόνο της ζύμωσης για να μειώσει τον όγκο των εγκαταστάσεων και βέβαια το κόστος.

Για την παραγωγή βιοαιθανόλης με την υπάρχουσα τεχνολογία απαιτείται απόσταση δηλαδή μία διεργασία οποία χρειάζεται ενέργεια, δηλαδή πετρέλαιο. Πιο συγκεκριμένα απαιτείται ένα κιλό πετρέλαιο για να παράγουμε ένα κιλό οινόπνευμα. Αυτό σημαίνει ότι το ενεργειακό ισοζύγιο στην προκειμένη περίπτωση είναι αρνητικό και η χρήση αυτού του εναλλακτικού καυσίμου στα μεταφορικά μέσα αδόκιμη. Κατά συνέπεια υπάρχει εδώ ένα σημαντικό πρόβλημα μείωσης της ενεργειακής κατανάλωσης στο

εργοστάσιο παραγωγής της βιοαιθανόλης. Ήδη με την έρευνα που έχει γίνει στα τελευταία 25 χρόνια καταφέραμε να την μειώσουμε στο μισό. Όμως θα πρέπει να την μηδενίσουμε. Βέβαια σε βραχυπρόθεσμη βάση η βιοαιθανόλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν πρόσθετο στην βενζίνη. Η ριζική λύση θα είναι η υδρόλυση της κυτταρίνης για την παραγωγή γλυκόζης και έπειτα με αλκοολική ζύμωση, βιοαιθανόλη. Η παραγωγή βιοαιθανόλης 100% χωρίς κατανάλωση ενέργειας είναι ένα μεγάλο πρόβλημα που απασχολεί την παγκόσμια διεθνή κοινότητα.

Για την παραγωγή υδρογόνου, το εμπόδιο είναι ότι για να γίνει η αντίδραση θερμικής διάσπασης του νερού χρειαζόμαστε  $4600^{\circ}\text{C}$ , θερμοκρασία απαγορευτική δεδομένου ότι δεν βρίσκονται υλικά για να κατασκευάσουμε τον αντιδραστήρα παραγωγής υδρογόνου. Επίσης η υψηλή θερμοκρασία που απαιτείται για τη διάσπαση δημιουργεί αρνητικό ισοζύγιο. Έτσι για να έχουμε ωφέλιμη ενέργεια θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα καταλύτη ώστε να ρίξουμε την θερμοκρασία διάσπασης κάτω από τους  $1000^{\circ}\text{C}$ . Ένα άλλο μεγάλο εμπόδιο είναι η εκρηκτική του ικανότητα.



## 6. Ηλεκτρικά οχήματα

Σαν ηλεκτρικό αυτοκίνητο θεωρείται το όχημα εκείνο που η παροχή της απαραίτητης ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται από την αποθηκευμένη ενέργεια των συσσωρευτών που φέρει. Επίσης υπάρχουν αυτοκίνητα τα οποία κινούνται με ηλεκτρική ενέργεια αλλά έχουν την δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας πάνω στο αυτοκίνητο, με διάφορους τρόπους, ώστε να εξασφαλίζεται η τροφοδοσία ενός ηλεκτροκινητήρα.

Τέτοια αυτοκίνητα είναι τα ηλιακά αυτοκίνητα, τα υβριδικά και τα αυτοκίνητα με κινητήρες κυψελών καυσίμου (fuel cells). Από τα πρώτα βήματα της αυτοκίνησης το ηλεκτρικό αυτοκίνητο έπαιξε πρωταγωνιστικό ρόλο. Ειδικά μέχρι να λυθεί στα βενζινοκίνητα αυτοκίνητα το πρόβλημα της χειροκίνητης εκκίνησης (μανιβέλα), τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα υπερτερούσαν και σε κυκλοφορία (34.000 κινούνταν το 1912 στην Αμερική), αλλά και σε επιδόσεις (ταχύτητα από 32-48 χλμ/ώρα). Στη συνέχεια όμως το ηλεκτρικό αυτοκίνητο δεν είχε την εξέλιξη που προδιαγραφόταν, παρά τις προσπάθειες κατασκευής βιώσιμων εμπορικών μοντέλων.

Τα ηλεκτρικά αποτελούν μια εναλλακτική λύση για απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα. Βρίσκονται στο επίκεντρο σχεδιασμού για «πράσινες» μεταφορές καθώς δεν παράγουν καυσαέρια και παράλληλα με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, η ρύπανση του αέρα περιορίζεται σε τοπικό επίπεδο.

Αν και θεωρείται ως η πιο προσιτή λύση για μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα, εντούτοις υπάρχει η απόδειξη ότι τα ηλεκτρικά οχήματα είναι τόσο «πράσινα» όσο η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούν. Συγκεκριμένα, αν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα τροφοδοτούνται με ρεύμα που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων, τότε απελευθερώνουν αέρια του θερμοκηπίου, ωστόσο και πάλι οι εκπομπές είναι αρκετά χαμηλότερες συγκριτικά με τις εκπομπές των αυτοκινήτων που διαθέτουν μηχανές εσωτερικής καύσης.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα για να είναι φιλικά προς το περιβάλλον θα πρέπει η πηγή απ'όπου φορτίζονται να μην σχετίζεται με ορυκτά καύσιμα και άλλες ρυπογόνες πηγές. Η

ενέργεια θα πρέπει να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές με μεταφορά ενέργειας σε ηλεκτρική και από μονάδες συμπαραγωγής.

Στην αγορά είναι διαθέσιμα πλέον οχήματα με συσσωρευτές και ηλεκτροκινητήρα ώστε να κινούνται αξιοποιώντας την ηλεκτρική ενέργεια. Η φόρτιση γίνεται σε κανονικές πρίζες και απαιτούνται 7-8 ώρες. Η ενέργεια που απαιτείται για μια πλήρη φόρτιση είναι 9,66kWh. Ενδεικτικά διαδρομή 80χλμ έχει κόστος 1,32 ευρώ (με χρήση της χαμηλότερης βραδινής χρέωσης της ΔΕΗ και το κόστος μειώνεται σε 0,90 ευρώ) ενώ ένα συμβατικό βενζινοκίνητο αυτοκίνητο με μέση κατανάλωση καυσίμου 6λίτρα/100km θα χρειαζόταν για 80km να δαπανήσει περίπου 7 ευρώ σε βενζίνη.

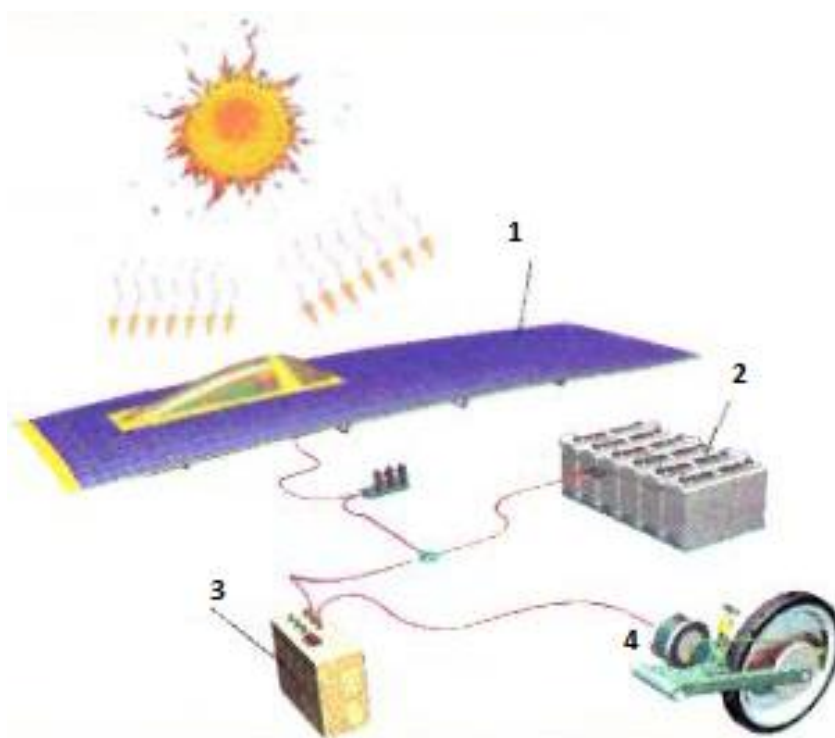
Έχει προηγηθεί μεγάλη εκστρατεία για τα βραχυπρόθεσμα οφέλη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, ωστόσο μακροπρόθεσμα δεν αποδεικνύεται και τόσο επιτυχημένη τεχνολογία. Για να μετατραπεί σε φιλικότερη τεχνολογία προς το περιβάλλον θα πρέπει να αφαιρεθεί ο άνθρακας από το ευρωπαϊκό ηλεκτρικό δίκτυο.

Η δυνατότητα για κάλυψη της μέγιστης απόστασης από τα ηλεκτρικά οχήματα είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις καιρικές συνθήκες, τη λειτουργία του κλιματιστικού, την επιτάχυνση, τον τρόπο οδήγησης κλπ. Ορισμένοι σχεδιαστές έχουν εγκαταστήσει φωτοβολταϊκά συστήματα νέας τεχνολογίας στην οροφή του κάθε οχήματος με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο μέγιστος αριθμός. Επίσης η δυνατότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας λόγω του φρεναρίσματος προσδίδει μεγαλύτερο χρόνο ζωής στην μπαταρία, αυξημένη δυνατότητα επιτάχυνσης και ακόμη μεγαλύτερη αυτονομία στα ηλεκτρικά αυτοκίνητα.

Ο κύριος λόγος που δεν έχει διαδοθεί η χρήση της ηλεκτρικής ενέργειας ως εναλλακτικό καύσιμο είναι η απουσία συχνών σταθμών φόρτισης. Οι εταιρείες μελετούν την πρόταση σχεδιασμού μπαταρίας ανάλογες με την καθημερινή απόσταση που διανύει κάθε οδηγός. Επίσης η μπαταρία έχει υψηλό κόστος κατασκευής με αποτέλεσμα το κόστος του οχήματος να είναι πολύ υψηλό σε σύγκριση με τα οχήματα που λειτουργούν με συμβατά καύσιμα, χρειάζονται αντικατάσταση κάθε μερικά χρόνια είναι πολύ βαριές και ογκώδης.

## 7. Ηλιακά οχήματα

Το ηλιακό αυτοκίνητο είναι ένα πειραματικό προς το παρόν αυτοκίνητο, το οποίο κινείται με τη βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα. Τον ηλεκτροκινητήρα τροφοδοτούν με τάση συσσωρευτές, οι οποίοι φορτίζονται από συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων.



**Διάγραμμα 7-1** Σχηματικό διάγραμμα ηλιακού αυτοκινήτου.

- 1)Συστοιχία φωτοβολταϊκών στοιχείων
- 2)Συστοιχία συσσωρευτών κίνησης
- 3)Ελεγκτής (Ρυθμιστής) ηλεκτροκινητήρα
- 4)Ηλεκτροκινητήρας - μετάδοση κίνησης

Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια από τη συστοιχία των φωτοβολταϊκών στοιχείων πηγαίνει κατευθείαν στον ηλεκτροκινητήρα και αν περισσεύει ενέργεια φορτίζει τους συσσωρευτές μέσα από τον ελεγκτή τάσης. Όταν οι συνθήκες δεν είναι οι κατάλληλες, ο ηλεκτροκινητήρας τροφοδοτείται με ενέργεια από τους συσσωρευτές.

## 8. Υβριδικά Οχήματα

Τα υβριδικά οχήματα προσπαθούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των ηλεκτρικών και των συμβατικών αυτοκινήτων με βενζινοκινητήρα ή ντίζελ. Χρησιμοποιούν μηχανές εσωτερικής καύσης και ηλεκτρικούς κινητήρες μαζί με συστοιχία μπαταριών (πολύ μικρότερη σε σύγκριση με τα ηλεκτρικά οχήματα).

Η λογική λειτουργίας των υβριδικών αυτοκινήτων, είναι η χρήση του καθενός από τα συστήματα κίνησης στον τομέα όπου αυτό είναι καλύτερο. Σε χαμηλές ταχύτητες, λειτουργεί μόνο ο ηλεκτροκινητήρας κινώντας το αυτοκίνητο αθόρυβο και χωρίς ρύπους. Χαμηλές ταχύτητες συναντώνται κυρίως στην πόλη όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση ρύπων, λόγω αυξημένης κίνησης η λειτουργία του ηλεκτρικού κινητήρα συμβάλλει στην μειωμένη εκπομπή ρύπων. Όταν χρειαστεί το μέγιστο της ισχύος του αυτοκινήτου συνήθως υπάρχει η δυνατότητα να δουλεύουν ταυτόχρονα ο ηλεκτροκινητήρας και ο βενζινοκινητήρας. Στην πόλη ο ηλεκτροκινητήρας δουλεύει περισσότερο έτσι η εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει μέχρι το 40%, ενώ στον αυτοκινητόδρομο όπου απαιτείται η μέγιστη ισχύς η οικονομία μειώνεται στο 20%.

Το κύριο πλεονέκτημα του υβριδικού οχήματος είναι ότι το ρεύμα που χρησιμοποιούν παράγεται μέσα στο όχημα σε ελεγχόμενες συνθήκες, έτσι αποφεύγεται η ρύπανση του περιβάλλοντος για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που θα χρειαζόταν το όχημα να φορτιστεί. Επειδή, ο βενζινοκινητήρας δεν είναι υποχρεωμένος να λειτουργεί συνέχεια μιας και ο ηλεκτροκινητήρας μπορεί να ξεκινά και να σταματά σχεδόν ακαριαία η μηχανή σβήνει στα φανάρια και γενικά κατά τη διάρκεια που το όχημα είναι σε στάση αποφεύγοντας έτσι τη σπατάλη που έχουμε σήμερα. Ακόμα στα υβριδικά αυτοκίνητα είναι δυνατόν να σχεδιαστεί ο βενζινοκινητήρας για να δουλεύει σε μία μικρή περιοχή στροφών με τη βέλτιστη απόδοση.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια παράγεται από τα ίδια οχήματα, η διείσδυση τους στην αγορά ήταν σχετικά εύκολη. Επίσης, χρησιμοποιούν τις ίδιες εγκαταστάσεις προμήθειας ενέργειας που χρησιμοποιούνται από τα συμβατικά

οχήματα, έτσι δεν απαιτούν επενδύσεις σε νέες υποδομές υποστήριξης. Ακόμη, προσφέρουν στο χρήστη σημαντική οικονομία καυσίμου, την ίδια ή και μεγαλύτερη αυτονομία σε σύγκριση με τα συμβατικά οχήματα. Τα υβριδικά αυτοκίνητα έχουν πλέον αποκτήσει ένα μικρό μερίδιο στην αγορά το οποίο αυξάνεται συνεχώς ενώ περισσότερα εργοστάσια κατασκευής διαθέτουν ένα αυξανόμενο αριθμό μοντέλων που προσφέρουν διάφορες μορφές και τεχνολογικές λύσεις.

Το πιο εντυπωσιακό χαρακτηριστικό όμως των υβριδικών αυτοκινήτων (και κάτι που το έχουν κληρονομήσει από τα ηλεκτροκίνητα) είναι η δυνατότητα του ηλεκτροκινητήρα να λειτουργεί κατά την διάρκεια του φρεναρίσματος σαν γεννήτρια φορτίζοντας τις μπαταρίες και διευκολύνοντας το έργο των φρένων, εξοικονομώντας έτσι μεγάλα ποσά ενέργειας που έτσι και αλλιώς θα πήγαιναν χαμένα.

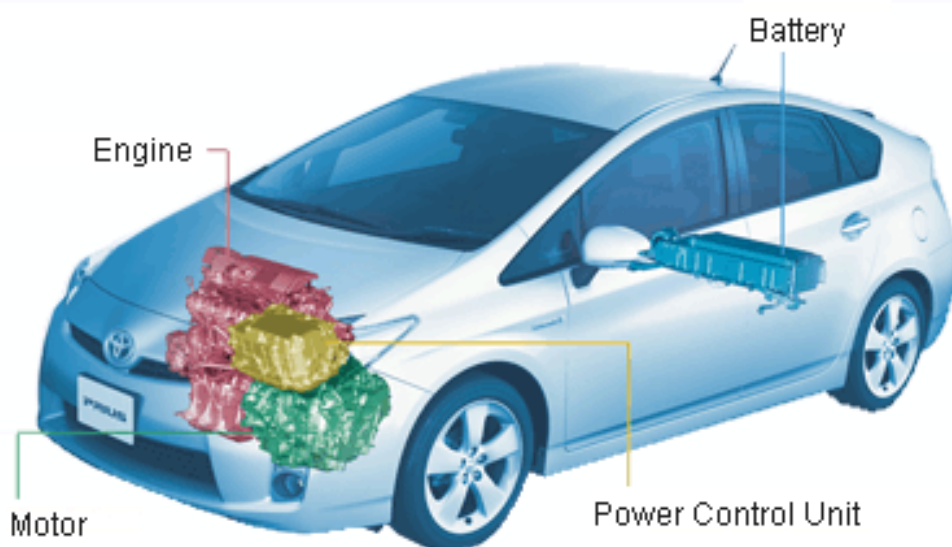
Με την πάροδο του χρόνου όλο και περισσότερα οχήματα τείνουν να χαρακτηρίζονται ως υβριδικά, αν και πολλά από αυτά δεν ανήκουν στην κατηγορία των πλήρως υβριδικών αυτοκινήτων αλλά έχουν ενσωματώσει διάφορες μικροϋβριδικές εφαρμογές. Μία σημαντική παράμετρος που χαρακτηρίζει τη λειτουργία τους είναι ο συντελεστής υβριδοποίησης ο οποίος υπολογίζεται ως ο λόγος της ισχύος του ηλεκτροκινητήρα (ή των ηλεκτροκινητήρων) και της συνολικής ισχύος του οχήματος (άθροισμα της ισχύος του θερμικού κινητήρα και του ηλεκτροκινητήρα ή των ηλεκτροκινητήρων). Διαχωρίζονται τους στις ακόλουθες τρεις υποκατηγορίες σύμφωνα με τα αντίστοιχα λειτουργικά χαρακτηριστικά τους:

- i. Μικροϋβριδικά (Micro Hybrid): Είναι αυτά που διαθέτουν τη λειτουργία της αυτόματης κράτησης (διακοπής λειτουργίας) και επανεκκίνησης του κινητήρα. Διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα με ισχύ ίση με 4kW – 6kW, συντελεστή υβριδοποίησης ενδεικτικά ίσο με 5% ενώ αναμένεται μία εκτιμώμενη βελτίωση της κατανάλωσης ίση με 5% – 7%.
- ii. Ελαφρώς υβριδικά (Mild Hybrid): Είναι αυτά που διαθέτουν τη λειτουργία της αυτόματης κράτησης και επανεκκίνησης και επιπρόσθετα, τη συμμετοχή του ηλεκτροκινητήρα στην προώθηση και την ανάκτηση ενέργειας. Διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα (ή ηλεκτροκινητήρες)

με ισχύ ίση με 10kW – 15kW, συντελεστή υβριδοποίησης ενδεικτικά ίσο με 10% ενώ αναμένεται μία εκτιμώμενη βελτίωση της κατανάλωσης ίση με 12% – 18%.

- iii. Πλήρως υβριδικά: Είναι αυτά που διαθέτουν τη λειτουργία της αυτόματης κράτησης και επανεκκίνησης, τη συμμετοχή του ηλεκτροκινητήρα στην προώθηση, την ανάκτηση ενέργειας και επιπρόσθετα έχουν τη δυνατότητα να κινούνται ως αμιγώς ηλεκτρικά. Διαθέτουν ηλεκτροκινητήρα (ή ηλεκτροκινητήρες) με ισχύ ίση με 30kW – 50kW, συντελεστή υβριδοποίησης ενδεικτικά ίσο με 25%

Όμως όπως τα νομίσματα έχουν δύο όψεις, έτσι και τα υβριδικά οχήματα. Εκτός από τα θετικά ότι μειώνουν τους εκπεμπόμενους ρύπους και την κατανάλωση καυσίμων διαθέτουν και κάποια αρνητικά χαρακτηριστικά. Παρ' όλο που έχουν καλύτερες επιδόσεις από τα συμβατικά οχήματα, τα υβριδικά έχουν υψηλότερο κόστος. Τα περισσότερα έχουν μικρή χωρητικότητα στο πορτ-μπαγκάζ. Το αυξημένο βάρος, λόγω μπαταριών επιδρά στην οδική τους συμπεριφορά. Όπως έχει προαναφερθεί οι μπαταρίες φορτίζονται από το φρενάρισμα, δυστυχώς ο τρόπος αυτός δεν είναι αρκετός για να φορτιστούν γρήγορα. Αποτέλεσμα αυτού είναι ο ηλεκτροκινητήρας να μην μπορεί να λειτουργήσει για πολύ χρόνο και σε μεγάλες αποστάσεις να χρησιμοποιείται και η μηχανή εσωτερικής καύσης.



**Εικόνα 8-1.1** Διάταξη υβριδικού οχήματος

## 9. Οχήματα κυψελών καυσίμου

Η κυψέλη καυσίμου είναι ένας ηλεκτροχημικός μετατροπέας ενέργειας που μετατρέπει την χημική ενέργεια του καυσίμου απευθείας σε ηλεκτρική παράγοντας συνεχή ηλεκτρική τάση. Συνήθως, η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από καύσιμα πραγματοποιείται σε πολλά στάδια ενεργειακών μετατροπών. Η κυψέλη καυσίμου παρακάμπτει όλες τις μετατροπές, αφού παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω μόνο ενός σταδίου, χωρίς να εμπλέκονται κινούμενα μέρη κατά τη διαδικασία της μετατροπής αυτής.

Η κυψέλη καυσίμου παράγει συνεχή ηλεκτρική τάση απευθείας από καύσιμο. Η αρχή λειτουργίας μιας κυψέλης καυσίμου μοιάζει με αυτή ενός ηλεκτροχημικού συσσωρευτή. Η κυψέλη καυσίμου αποτελείται από έναν ηλεκτρολύτη, ένα θετικό και ένα αρνητικό ηλεκτρόδιο και παράγει συνεχή ηλεκτρική τάση μέσω ηλεκτροχημικών αντιδράσεων. Σε αντίθεση με έναν ηλεκτροχημικό συσσωρευτή, μια κυψέλη καυσίμου απαιτεί συνεχή τροφοδοσία καυσίμου και οξυγόνου. Επιπρόσθετα, τα ηλεκτρόδια της κυψέλης δεν υποβάλλονται σε αλλαγές ως προς τη χημική τους σύσταση. Οι μπαταρίες, ως γνωστόν, παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω ηλεκτροχημικών αντιδράσεων. Η πραγματοποίηση αυτών των αντιδράσεων βασίζεται σε αντιδρώντα στοιχεία, τα οποία ήδη υπάρχουν μέσα στους συσσωρευτές. Εξαιτίας αυτού, οι μπαταρίες εκφορτίζονται, όταν τα αντιδρώντα εξαντλούνται. Μία κυψέλη καυσίμου δε μπορεί να «εκφορτιστεί» εφόσον το καύσιμο και το οξυγόνο τροφοδοτούνται διαρκώς. Τυπικά αντιδρώντα στοιχεία για τις κυψέλες καυσίμου είναι το υδρογόνο και το οξυγόνο, όχι κατά ανάγκην υψηλής καθαρότητας. Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει αρκετό οξυγόνο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις κυψέλες καυσίμου.

Τέλος, τα προϊόντα που παράγονται από την ηλεκτροχημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα μέσα στην κυψέλη καυσίμου είναι νερό και αρκετή ποσότητα θερμότητας.

## **10. Δράσεις μείωσης εκπεμπόμενων ρύπων**

Η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα με στόχο να συμβαδίζουν με τα αντίστοιχα νομοθετικά μέτρα, επιτυγχάνεται μέσω της τεχνολογικής εξέλιξης των οχημάτων. Έτσι απαιτείται η συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων όπως είναι η βιομηχανία καυσίμου, η πολιτεία, οι οδηγοί και η αυτοκινητοβιομηχανία.

Η αντικατάσταση παλιών οχημάτων με οχήματα που ανταποκρίνονται σε αυστηρότερα όρια ρύπων, αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέσα μείωσης των εκπομπών που προέρχονται από την οδική κυκλοφορία. Η μέση ηλικία του στόλου των οχημάτων μπορεί να μειωθεί με ποικίλα μέσα, όπως σχέδια απόσυρσης οχημάτων, οικονομικά κίνητρα για την αγορά νέων οχημάτων, καθώς και απαγόρευση εισαγωγής παλιών οχημάτων. Η περιβαλλοντική απόδοση ενός στόλου οχημάτων μπορεί επίσης να βελτιωθεί με την εφαρμογή κατάλληλων σχεδίων ελέγχου και συντήρησης οχημάτων. Με την κατάλληλη συντήρηση, οχήματα μεγαλύτερης ηλικίας μπορεί να έχουν αντίστοιχη περιβαλλοντική απόδοση με μικρότερης ηλικίας οχήματα. Ο έλεγχος των οχημάτων στην Ε.Ε. πραγματοποιείται μέσω συγκεκριμένων διαδικασιών που έχουν καθοριστεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο (Council of the European Union 1996 και Council of the European Union 2000).

### **10.1 Αύξηση ενεργειακής απόδοσης οχημάτων**

Η Ε.Ε. έχει δημιουργήσει προγράμματα που στοχεύουν στην αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και στην μείωση των εκπομπών, προωθώντας την χρήση μεταφορικών μέσων υψηλής ενεργειακής απόδοσης, προωθώντας παράλληλα εναλλακτικά καύσιμα και νέες τεχνολογίες με βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση.

Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα Marco Polo βασιζόμενο στον στόχο της Ε.Ε., στοχεύει στην μετάθεση 13,6δισ tn/km φορτίου ετησίως, από τις οδικές μεταφορές σε θαλάσσιες και σιδηροδρομικές μεταφορές. Επίσης η ευρωπαϊκή πρωτοβουλία "Thematic strategy on air pollution" ενισχύει την χρήση εναλλακτικών καυσίμων, με στόχο την αντικατάσταση έως το 20%



της συνολικής ποσότητας των συμβατικών καυσίμων με εναλλακτικά καύσιμα μέχρι το 2020.

Το σχέδιο δράσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των οχημάτων (European Commission 2000d) προτείνει μέτρα για τη δημιουργία κινήτρων με στόχο την αύξηση του μέσου αριθμού επιβατών στα οχήματα, την προώθηση νέων και εναλλακτικών τεχνολογιών, την ενίσχυση της χρήσης ενεργειακά αποδοτικών μέσων μεταφοράς, και τη γενικότερη αλλαγή της στάσης των πολιτών προς τις μεταφορές. Με στόχο την δραστική μείωση των εκπομπών από την οδική κυκλοφορία, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει μια στρατηγική (European Commission 2005c), η οποία αποτελείται από τρία βασικά στοιχεία:

- i. Δημιουργία συμφωνιών με κατασκευαστές οχημάτων για τη μείωση των εκπομπών, που προέρχονται από τα νέα οχήματα μέσω της τεχνολογικής αναβάθμισης των οχημάτων.
- ii. Οικονομικά κίνητρα για την ενίσχυση της επιλογής οχημάτων φιλικών προς το περιβάλλον από τους αγοραστές. Η ευρωπαϊκή επιτροπή προτείνει την φορολόγηση των νέων οχημάτων σε σχέση με τις εκπομπές που παράγουν. (European Commission 2005d)
- iii. Βελτίωση του βαθμού πληροφόρησης του καταναλωτή για την ενεργειακή απόδοση των οχημάτων.

## 10.2 Φορολόγηση Εκπομπών

Η φορολόγηση των αυτοκινήτων με βάση τις εκπομπές CO<sub>2</sub> μπορεί δυνητικά να μειώσει τις εκπομπές διαμορφώνοντας τη ζήτηση των καταναλωτών και θέτοντας οικονομικά κίνητρα για τους κατασκευαστές αυτοκινήτων και τους προμηθευτές καυσίμων.

Ένα σύστημα φορολόγησης με βάση τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ενισχύει την ενημέρωση των καταναλωτών για το ζήτημα και καθιστά συμμετοχούς τους οδηγούς και τους ιδιοκτήτες αυτοκινήτων. Η πρόσφατη εμπειρία από κράτη μέλη της Ε.Ε. έδειξε ότι η εφαρμογή τέτοιων φορολογικών μέτρων μπορούν να

επηρεάσει σημαντικά τη συμπεριφορά και τη ζήτηση των καταναλωτών.

Τα φορολογικά μέτρα παρέχουν ισχυρά κίνητρα καθώς ενθαρρύνουν, για παράδειγμα, την ταχεία ανανέωση του στόλου των αυτοκινήτων και παρακινούν τους καταναλωτές να στραφούν προς τα αυτοκίνητα με χαμηλότερη ρύπανση.

Στην Ελλάδα όπως και σε άλλες χώρες μέλη της Ε.Ε. εφαρμόζεται η αρχή «Ο ρυπαίνων πληρώνει». Ο φόρος κατανάλωσης υπολογίζεται επί τον κυβισμό του οχήματος και διαφοροποιείται ανάλογα με τις εκπομπές CO<sub>2</sub>, την ηλικία, τον τύπο και γενικά την κατάσταση του οχήματος. Οι συντελεστές του φόρου κατανάλωσης που επιβάλλεται στην Ελλάδα παρουσιάζονται στον πίνακα.

Πρώτη ταξινόμηση στην Ελλάδα έως το έτος 2000	Κατηγορία	Κυλινδρισμός κινητήρα (κυβ. εκατ.)	Ετήσια τέλη κυκλοφορίας (σε Ευρώ)
	A'	Έως 300	22
	B'	301-785	55
	Γ'	786-1.071	120
	Δ'	1.072-1.357	135
	Ε'	1.358-1.548	225
	ΣΤ'	1.549-1.738	250
	Ζ'	1.739-1.928	280
	Η'	1.929-2.357	615
	Θ'	2.358-3.000	820
	Ι'	3.001-4.000	1.025
	Κ'	4.001 και άνω	1.230

Πρώτη ταξινόμηση στην Ελλάδα από το έτος 2001 έως το 2005	Κατηγορία	Κυλινδρισμός κινητήρα	Ετήσια τέλη κυκλοφορίας (σε Ευρώ)
	A'	Έως 300	22
	B'	301-785	55
	Γ'	786-1.071	120
	Δ'	1.072-1.357	135
	Ε'	1.358-1.548	240
	ΣΤ'	1.549-1.738	265
	Ζ'	1.739-1.928	300
	Η'	1.929-2.357	630
	Θ'	2.358-3.000	840
	Ι'	3.001-4.000	1.050
	Κ'	4.001 και άνω	1.260

Πρώτη ταξινόμηση στην Ελλάδα από το έτος 2006 και μετά	Κατηγορία	Κυλινδρισμός κινητήρα	Ετήσια τέλη κυκλοφορίας (σε Ευρώ)
	A'	Έως 300	22
	B'	301-785	55
	Γ'	786-1.071	120
	Δ'	1.072-1.357	135
	Ε'	1.358-1.548	255
	ΣΤ'	1.549-1.738	280
	Ζ'	1.739-1.928	320
	Η'	1.929-2.357	690
	Θ'	2.358-3.000	920
	Ι'	3.001-4.000	1.150
	Κ'	4.001 και άνω	1.380

**Πίνακας 10.2-1.** Ετήσια τέλη κυκλοφορίας βάση εκπομπών CO<sub>2</sub>

### 10.3 Οικολογική οδήγηση – Αλλαγές στον τρόπο οδήγησης

Η οικολογική οδήγηση αποτελεί ένα έξυπνο τρόπο οδήγησης, ο οποίος συμβάλλει στη μειωμένη κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων. Είναι ένας τρόπος οδήγησης που μπορεί εύκολα να εφαρμοστεί τόσο από τους οδηγούς επιβατικών αυτοκινήτων όσο και από τους επαγγελματίες οδηγούς φορτηγών και λεωφορείων.

Σε μεγάλες ταχύτητες η αντίσταση του ανέμου αυξάνεται γρήγορα. Για παράδειγμα στα 110km/h περίπου χρειάζεται 20%-25% περισσότερο καύσιμο απ' ό τι στα 90km/h. Επιπλέον, η ταχύτητα πρέπει να είναι σταθερή και χαμηλή όπου αυτό είναι δυνατό, όπως και η εναλλαγή ταχυτήτων να γίνεται μεταξύ των 2000 – 2500RPM.

Ο κύκλος κατανάλωσης καυσίμου είναι πάντα πιο αυξημένος στην πόλη απ' ό τι στον αυτοκινητόδρομο, λόγω της διαρκούς ανάγκης για συνεχόμενες εναλλαγές φρένου – γκαζιού και όχι λόγω της χαμηλής ταχύτητας. Το απότομα πάτημα του γκαζιού αυξάνει δραματικά την κατανάλωση καυσίμου. Το φρενάρισμα σπαταλά την ενέργεια που χρησιμοποιήθηκε για την κίνηση του αυτοκινήτου. Αυτό που πρέπει να κάνουν οι οδηγοί είναι να κοιτούν όσο το δυνατό πιο μπροστά κατά την οδήγηση, έτσι ώστε να μπορούν να προσαρμόσουν την ταχύτητα του οχήματος νωρίς, χωρίς να χρειάζεται να φρενάρουν μέχρι να ακινητοποιηθεί το όχημα.

Η χρήση του κλιματισμού αυξάνει κατά 10% την κατανάλωση, σε ταχύτητες μεγαλύτερες των 80km/h, η περιορισμένη χρήση του έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη κατανάλωση σε σύγκριση με το άνοιγμα του παραθύρου, το οποίο αυξάνει την αντίσταση του οχήματος στον αέρα.

Η σχάρα οροφής επιβαρύνει τον αεροδυναμικό συντελεστή του αυτοκινήτου, με αποτέλεσμα να χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου για να λειτουργήσει ο κινητήρας. Επίσης, χρειάζεται μεγαλύτερη ποσότητα καυσίμου όταν αυξάνεται το βάρος του οχήματος. Επίσης όταν το όχημα βρίσκεται σε καλή κατάσταση (πραγματοποιούνται συχνά service, σωστή πίεση των ελαστικών), οι εκπομπές ρύπων διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα και η κατανάλωση είναι μικρή.

## 11. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτή την εργασία είναι ότι με τους συνεχείς αυστηρούς νόμους που επιβάλλει η Ε.Ε. περί εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα, όλες οι αυτοκινητοβιομηχανίες κινούνται πλέον στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, αλλά και στη βελτίωση των ήδη υπαρχόντων, με τις οποίες θα εξοπλίζουν τα οχήματα που παράγουν, και οι οποίες θα εναρμονίζονται με τις νομοθεσίες της έχοντας όσο το δυνατόν λιγότερες βλαβερές συνέπειες για το περιβάλλον. Επίσης, στρέφονται προς τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων και για την απεξάρτηση από το πετρέλαιο και τα παράγωγα του, αλλά κυρίως επειδή αυτά παρουσιάζουν μικρότερες εκπομπές αερίων που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αρκετές χώρες προετοιμάζονται να υποδεχτούν τις νέες αυτές τεχνολογίες, φτιάχνοντας υποδομές, ώστε τα νέα οχήματα να μπορούν να εφοδιάζονται με καύσιμα (όσα θα λειτουργούν με εναλλακτικά καύσιμα), αλλά και με ηλεκτρική ενέργεια (ηλεκτρικά αυτοκίνητα).

Τέλος, ως βασικοί στόχοι που τίθενται για το μέλλον από τις αυτοκινητοβιομηχανίες μπορεί να λεχθεί ότι είναι:

- i. Ο έλεγχος των εκπεμπόμενων ρύπων από τα οχήματα και οι εναρμόνιση με τους όλο και πιο αυστηρούς νόμους που τίθενται.
- ii. Τα εναλλακτικά καύσιμα (διαθεσιμότητα και σύνθεση αυτών).
- iii. Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας.

## Βιβλιογραφία

Καπετανάκης Γ., Καραμπίλας Π., Κουντουράς Λ., Κουτσούκος Βλ. Αυτοκίνητο και περιβάλλον, Ι.Δ.Ε.Ε.Α., Αθήνα 2003.

Αραπατσάκος Ι. Χαράλαμπος, Καρκάνης Ν. Αναστάσιος, Σπάρης Δ. Παναγιώτης Το φυσικό αέριο ως καύσιμο σε τετράχρονο βενζινοκινητήρα, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2004.

Ζέρβας Ε., Ραφομανίκης Σ., Επίδραση του βάρους και της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου στις εκπομπές CO<sub>2</sub> των ΙΧ αυτοκινήτων, Ecole des Mines de Nantes, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 2005.

Ζαννίκος Φ., Καλλίγερος Σ., Στούρνας Σ., Καραβαλόκης Γ., Λόης Ε., Αναστόπουλος Γ., Καρώνης Δ., Εκτίμηση πρώτων υλών για την παραγωγή βιοντήζελ στην Ελλάδα, ΕΛΙΝΟΙΛ Α.Ε, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Μακρής Β., Κέκος Δ., Χριστακόπουλος Π., Καινοτομίες στην παραγωγή βιοαιθανόλης ως βιοκαυσίμου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Σαφάκας Α., Νέγκας Δ., Τα υβριδικά αυτοκίνητα στην εξελικτική πορεία της νέας τεχνολογίας των οχημάτων, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2002.

Κ.Α.Π.Ε , Συνοπτικός Οδηγός για τα «Καθαρά» Καύσιμα και τις Τεχνολογίες Οχημάτων, Energy Saving Trust, London Αύγουστος 2005.

«Βρώμικο» ρεύμα κάνει τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα ρυπογόνα | EcoNews.gr. (2012).ECONEWS. Retrieved April 27, 2013.

Αλέξανδρος Μπούκουρης. (1998). Μονοξείδιο Του Ανθρακα (CO). kybernografoi.gr. Retrieved March 20, 2013.

Εναλλακτικά Καύσιμα. (n.d.).ecoformula. Retrieved April 30, 2013,

ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ. (2009).www.air-quality.gr. Retrieved March 20, 2013.

Υβριδικά Οχήματα (Hybrid Electric Vehicles – HEV). (2012). Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας & Κλιματικής Αλλαγής. Retrieved April 4, 2013.

Γεώργιος Μήλτσιος “Μηχανές εσωτερικής καύσης” ,Σημειώσεις στο θεωρητικό μέρος I.

Γεώργιος Μήλτσιος “Μηχανές εσωτερικής καύσης” ,Σημειώσεις στο θεωρητικό μέρος II.

Πολύδωρος Σταυρόπουλος, Θωμάς Μανίκας “Καταλύτες αυτοκινήτων” εκδοτικός όμιλος “ΙΩΝ”,2000.

Ευρωπαϊκή και Ελληνική Νομοθεσία για την ατμοσφαιρική ρύπανση, Παύλος Κασσωμένος, Παν/μιο Ιωαννίνων 06/04/09.