

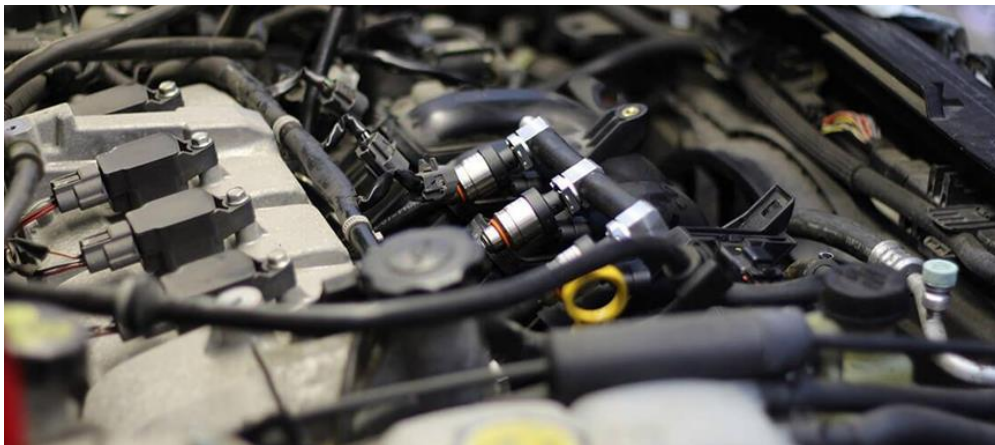


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***« ΜΕΛΕΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ
ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ
ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΔΙΠΛΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΜΕ
ΥΓΡΑΕΡΙΟ Ή ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ
ΑΕΡΙΟ »***



ΓΙΟΥΡΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Α.Μ. 6736

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΕΥΓΕΝΙΟΣ ΣΚΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ, ΜΑΙΟΣ 2021

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου αφορά την μελέτη μετατροπής κινητήρα συμβατικών υγρών καυσίμων σε διπλού καυσίμου με υγραέριο ή συμπιεσμένο φυσικό αέριο.

Η Ανάγκη της σημερινής κοινωνίας να ξεφύγει από τα κοινά συμβατικά καύσιμα και η μόλυνση του περιβάλλοντος ήταν αυτό με οδήγησε μαζί με τον καθηγητή μου στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος.

Περίληψη

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική εισαγωγή για τα καύσιμα και τις μηχανές γενικά.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται λεπτομερώς τα καύσιμα εσωτερικής καύσης. Επίσης παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά της Βενζίνης, του Diesel, του LPG και του C.N.G

Στο κεφάλαιο τρίο γίνεται αναφορά για τις εκπομπές των συμβατικών καυσίμων όπως είναι η βενζίνη, το πετρέλαιο, το L.P.G και τα άλλα συμβατικά καύσιμα που κυκλοφορούν στην αγορά.

Στο κεφάλαιο τέσσερα αναλύονται όλες οι προδιαγραφές που πρέπει να τηρεί η κάθε εγκατάσταση ώστε να μπορεί να γίνει με ασφάλεια η μετατροπή του κινητήρα.

Στο κεφάλαιο πέντε γίνεται λεπτομερείς υπολογισμός του κόστους εγκατάστασης. Μελετάται η εξέλιξη των συστημάτων LPG σε οχήματα και εκτιμάται το κόστος εγκατάστασης.

Στο κεφάλαιο έξι παρουσιάζεται η μελέτη μετατροπής του συστήματος CNG.

Τέλος στο κεφάλαιο επτά παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα.....	5
1. Εισαγωγή.....	6
2. Καύσιμα Κινητήρων Εσωτερικής Καύσης.....	7
2.1 Χαρακτηριστικά Βενζίνης.....	7
2.2 Χαρακτηριστικά Diesel.....	16
2.3 Χαρακτηριστικά L.P.G.....	24
2.4 Χαρακτηριστικά C.N.G.....	28
3. Εκπομπές κινητήρων εσωτερικής καύσης – συσχέτιση με χρησιμοποιούμενο καύσιμο.....	37
3.1 Εκπομπές από την χρήση βενζίνης.....	39
3.2 Εκπομπές από την χρήση ντίζελ.....	41
3.3 Εκπομπές από την χρήση L.P.G.....	46
3.4 Εκπομπές από την χρήση C.N.G.....	50
4. Προδιαγραφές και Προϋποθέσεις εγκατάστασης συστημάτων LPG και CNG σε οχήματα στην Ελλάδα.....	54
4.1 Προδιαγραφές εγκατάστασης-μετατροπής συστήματος LPG.....	54
4.2 Προδιαγραφές εγκατάστασης-μετατροπής συστήματος CNG.....	61
5. Μελέτη κόστους εγκατάστασης – μετατροπής συστήματος LPG.....	68
5.1 Η εξέλιξη των συστημάτων LPG σε οχήματα.....	68
5.2 Εξαρτήματα συστήματος LPG.....	73
5.3 Κόστος Εγκατάστασης.....	80
6. Μελέτη κόστους εγκατάστασης – μετατροπής συστήματος CNG.....	81
6.2 Κόστος Εγκατάστασης.....	88
7. Συμπεράσματα.....	88
Βιβλιογραφία.....	90

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μετατροπή οχημάτων με κινητήρες εσωτερικής καύσης για την χρήση εναλλακτικών καυσίμων είτε εντελώς είτε σε κύκλους διπλού καυσίμου (βενζίνης ή ντίζελ και εναλλακτικού καυσίμου) αποτελεί τα τελευταία χρόνια μια συνήθη διαδικασία, για δύο κύριους λόγους. Πρώτον, τα οχήματα αυτά είναι περιβαλλοντικά πιο «καθαρά» από εκείνα με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης και πέραν της προστασίας του περιβάλλοντος συνήθως έχουν μειωμένη φορολογία και τέλη κυκλοφορίας. Δεύτερον, οι τιμές των εναλλακτικών καυσίμων είναι σημαντικά μικρότερες από τις αντίστοιχες των τυπικών καυσίμων για κινητήρες εσωτερικής καύσης οδηγώντας σε ταχεία απόσβεση της επένδυσης της μετατροπής, όσο και σε μείωση των εξόδων κίνησης για τον χρήστη (οικονομία στο κόστος καυσίμου). Πέραν αυτών, οι κινητήρες που έχουν υποστεί μετατροπή, ειδικά με τα εξελιγμένα συστήματα που βρίσκονται διαθέσιμα στην αγορά, αν μη τι άλλο δεν παρουσιάζουν δυσμενή χαρακτηριστικά όσον αφορά στις βλάβες και στα προβλήματα από την χρήση τους αλλά ίσως και η διάρκεια ζωής τους να βελτιώνεται εξαιτίας των χαρακτηριστικών των εναλλακτικών καυσίμων (όπως θα διαφανεί και παρακάτω).

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η τεχνολογία μετατροπής των βενζινοκίνητων και ντιζελοκίνητων οχημάτων για την χρήση είτε LPG είτε CNG.

2. ΚΑΥΣΙΜΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ

Η απόδοση και ιδιαίτερα η οικονομία καυσίμου των κινητήρων εσωτερικής καύσης δεν πρέπει να εξετάζεται μεμονωμένα, αλλά και στο πλαίσιο του διυλιστηρίου πετρελαίου. Η διύλιση και η διανομή πετρελαίου έχει γενικά συνολική απόδοση περίπου 88% . Το ενεργειακό περιεχόμενο μιας τυπικής βενζίνης είναι 44 MJ / kg ή 31,8 MJ / λίτρο και για ένα τυπικό καύσιμο ντίζελ 42 MJ / kg ή 38,15 MJ / λίτρο. Αυτό δίνει μια αποτελεσματική πρωτογενή ενέργεια 46,7 MJ / kg ή 35,5 MJ/ λίτρο για τη βενζίνη και 43,65 MJ / kg ή 39,95 MJ / λίτρο για το πετρέλαιο ντίζελ. Τα στοιχεία αυτά υπογραμμίζουν επίσης τη διαφορά ενεργειακού περιεχομένου του όγκου μονάδων καυσίμου. Αυτό συχνά παραβλέπεται όταν συγκρίνεται η οικονομία καυσίμου των οχημάτων σε ογκομετρική βάση.

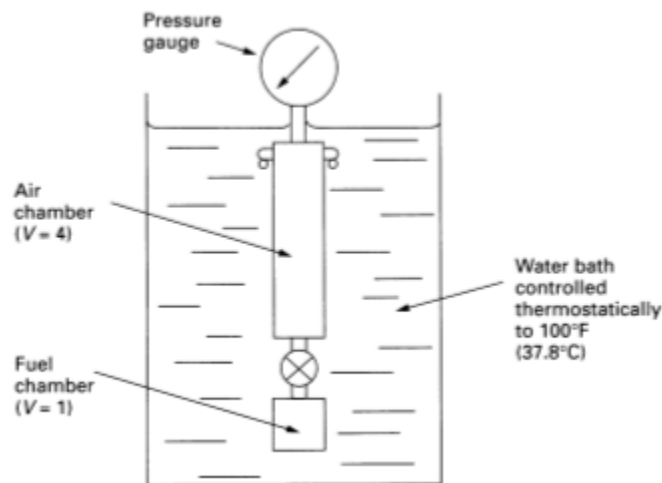
2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

Οι ιδιότητες της βενζίνης συζητούνται διεξοδικά από τους Blackmore και Thomas (1977). Τα δύο πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της βενζίνης είναι η πτητικότητα και ο αριθμός οκτανίων (η αντοχή της στην αυτό-ανάφλεξη).

Η πτητικότητα εκφράζεται σε όρους ποσοστού όγκου που αποστάζεται σε ή κάτω από σταθερές θερμοκρασίες. Εάν μια βενζίνη είναι πολύ πτητική, όταν χρησιμοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, η βενζίνη μπορεί να εξατμίζεται στις γραμμές καυσίμου των κινητήρων με καρμπρατέρ και να σχηματίζει σύννεφα ατμών. Το πρόβλημα αυτό είναι πιο έντονο στα οχήματα που επανεκκινούνται, καθώς κάτω από αυτές τις συνθήκες στα οποία ο χώρος του κινητήρα είναι πιο καυτός. Εάν το καύσιμο δεν είναι αρκετά πτητικό, ο κινητήρας θα είναι δύσκολο να ξεκινήσει, ειδικά σε χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η πτητικότητα επηρεάζει επίσης την οικονομία καυσίμου με ψυχρή εκκίνηση. Οι κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα ξεκινούν σε πολύ πλούσια μίγματα και συνεχίζουν να λειτουργούν με πλούσια μίγματα μέχρι να φθάσουν στην κανονική τους θερμοκρασία λειτουργίας. Αυτό συμβαίνει για να εξασφαλιστεί επαρκής εξάτμιση του καυσίμου. Η αύξηση της πτητικότητας της βενζίνης σε

χαμηλές θερμοκρασίες θα βελτιώσει προφανώς την οικονομία καυσίμου κατά τη διάρκεια και μετά την εκκίνηση. Οι Blackmore και Thomas επισημαίνουν ότι στις ΗΠΑ το 50% όλων των βενζινών καταναλώνεται σε ταξίδια μήκους 10 μιλίων ή λιγότερο. Τα σύντομα ταξίδια έχουν μεγάλη επίδραση στην οικονομία καυσίμου του οχήματος, ωστόσο τα στοιχεία για την κατανάλωση καυσίμων αναφέρονται πάντοτε σε σταθερές συνθήκες.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Τυποποίησης (CEN) έχει ορίσει ένα κοινό πρότυπο για τις χώρες μέλη του και για την αμόλυβδη βενζίνη το πρότυπο αυτό έχει την ονομασία EN 228: 1993 και αυτό περιλαμβάνει οκτώ διαφορετικές προδιαγραφές πτητικότητας. Στη συνέχεια, τα μέλη της CEN μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα εθνικά τους πρότυπα, για να καθορίσουν τις ιδιαίτερες διακυμάνσεις για διαφορετικές εποχές. Η πτητικότητα εκφράζεται επίσης σε όρους πίεσης ατμών Reid (RVP). Η συσκευή Reid παρουσιάζεται στο σχήμα 1 και αποτελείται από ένα θάλαμο καυσίμου συνδεδεμένο σε θάλαμο αέρα τετραπλάσιο του όγκου του. Ο θάλαμος καυσίμου γεμίζεται με ψυχόμενο καύσιμο, συνδέεται με τον θάλαμο αέρα και στη συνέχεια βυθίζεται σε λουτρό νερού στους 37,8 ° C και αναταράσσεται.



Σχήμα 1 Η συσκευή Reid

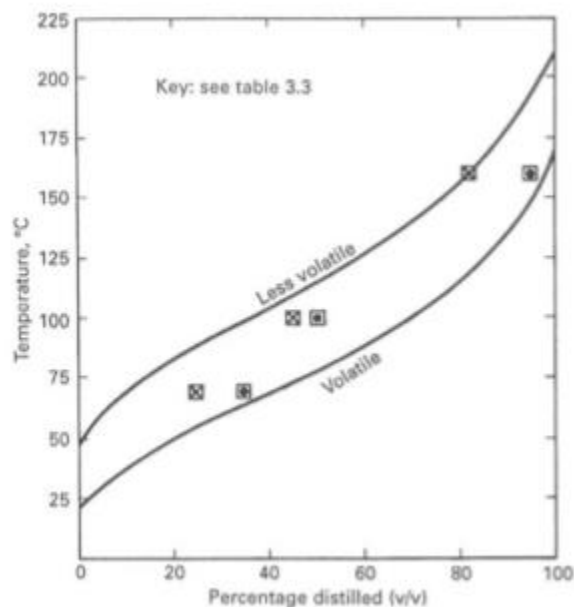
Η μέθοδος καθορίζεται σύμφωνα με τη διαδικασία ASTM D323. Η τελική πίεση πρέπει να διορθωθεί για την ατμοσφαιρική πίεση και την επίδραση της θέρμανσης του αέρα στον θάλαμο αέρα και το αποτέλεσμα είναι μια απόλυτη τιμή.

Η πτητικότητα του καυσίμου που προδιαγράφεται στο BS EN 228: 1993 συγκρίνεται με τις τυπικές προδιαγραφές καυσίμων από τους Blackmore και Thomas στον πίνακα 1. Αυτό σχεδιάζεται με περαιτέρω δεδομένα στο σχήμα 2.

Πίνακας 1 Πτητικότητα διαφορετικών μιγμάτων βενζίνης

	BS EN 228		Less volatile	Volatile	North-west Europe		Central Africa
	Grade 4	Grade 8			Summer	Winter	
	Min. Max.	Min. Max.					
Reid vapour pressure (bar)	0.45–0.80	0.65–1.00					
Distillate evaporated at 70°C (per cent v/v)	15–45	20–50	10	42	25	35	10
Distillate evaporated at 100°C (per cent v/v)	40–60	43–70	38	70	45	50	38
Distillate evaporated at 160°C (per cent v/v)			80	98	80	95	80
Distillate evaporated at 180°C (per cent v/v)	>85	>85					
Final boiling point °C	215	215					
Residue (per cent v/v)	2	2					
Symbol used in figure 3.13	–	–	–	–	☒	☐	
					16 April to 15 October 1 June to 31 August	Grade 4 Minima Grade 4 Maxima	
					16 October to 15 April 1 September to 31 May	Grade 8 Minima Grade 8 Maxima	

Ο πίνακας 1 δείχνει πώς οι προδιαγραφές της βενζίνης ποικίλλουν ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Η βενζίνη που αποθηκεύεται για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αεριζόμενες δεξαμενές λέγεται ότι «χαλαίει». Αυτό αναφέρεται στην απώλεια των πιο πτητικών συστατικών που είναι απαραίτητα για την εύκολη εκκίνηση του κινητήρα.



Σχήμα 2 Καμπύλες διύλισης για την βενζίνη

Ο αριθμός οκτανίων ενός καυσίμου είναι ένα μέτρο της απόδοσής του στα «χτυπήματα» του κινητήρα. Μια κλίμακα 0-100 σχεδιάζεται με την ανάθεση μιας τιμής 0 στο n-επτάνιο (ένα καύσιμο επιρρεπές στα χτυπήματα), και μια τιμή 100 στο ισο-οκτάνιο (στην πραγματικότητα 2,2,4-τριμεθυλοπεντάνιο, ένα καύσιμο ανθεκτικό στα χτυπήματα). Ένα καύσιμο 95οκτανίων έχει απόδοση ισοδύναμη με εκείνη ενός μείγματος ισο-οκτανίου 95% και 5% n-επτανίου κατ'όγκο. Η απαίτηση οκτανίων ενός κινητήρα ποικίλλει ανάλογα με τη σχέση συμπίεσης, τα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά, καθώς και τις συνθήκες λειτουργίας του. Υπάρχουν δύο κοινά χρησιμοποιούμενες κλίμακες οκτανίων, αριθμός οκτανίων έρευνας (RON) και αριθμός οκτανίων κινητήρα (MON) που καλύπτονται από τα βρετανικά πρότυπα EN 25164: 1994 και EN 25163: 1994 αντίστοιχα. Και τα δύο πρότυπα αναφέρονται στο Ετήσιο Βιβλίο της ASTM (Αμερικανική Εταιρεία για τις Δοκιμές και Υλικά) Πρότυπα Τόμος 05.04 - Μέθοδοι Δοκιμής για την Αξιολόγηση των Μηχανοκίνητων, Ντίζελ και Αεροπορικών Καυσίμων.

Η βελτίωση της ποιότητας μιας βενζίνης μπορεί να επιτευχθεί με προσθήκη ουσιών που ονομάζονται αντικτυπικά ή αντικροτικά (anti-knocks). Αυτές οι ενώσεις μεταθέτουν το “κτύπημα” του κινητήρα σε υψηλότερες τιμές συμπίεσεως, με αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού οκτανίου της βενζίνης. Ως αντικτυπικό, στο παρελθόν χρησιμοποιήθηκε συνήθως ο τετρααιθυλο-μόλυβδος $[(C_2H_5)_4Pb]$. Μια τέτοια προσθήκη μπορεί να αυξήσει τον αριθμό

οκτανίου από 3 μέχρι 20 μονάδες, ανάλογα με την ποσότητα που χρησιμοποιείται και ανάλογα με τον τύπο της βενζίνης (οδηγώντας σε υπέρβαση του ανώτερου αριθμού των 100 οκτανίων). Επίσης, έχει προταθεί και η προσθήκη κατάλληλων ενώσεων μαγγανίου, καθώς και αλκοολών.

Ο τετρααιθυλο-μόλυβδος χρησιμοποιήθηκε και σαν λιπαντικό, δηλαδή δημιουργούσε επικαθίσεις που λίκαιναν τις έδρες των βαλβίδων. Ο μόλυβδος όμως, αφενός είναι ένα επικίνδυνο και τοξικό δηλητήριο και αφετέρου δημιουργεί πρόβλημα στους καταλυτικούς μετατροπείς καυσαερίων. Οι τελευταίοι υιοθετήθηκαν στα περισσότερα αυτοκίνητα από το 1990 - 1991 και από το 1992 έγιναν υποχρεωτικοί σε όλα τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ενώ σήμερα υπάρχουν και σε πολλές μοτοσυκλέτες. Σταδιακά, για τα αυτοκίνητα αυτά άρχισε η διάθεση της αμόλυβδης βενζίνης, στην οποία εισήχθησαν αλκοόλες και αιθέρες. Αρχικά, συνέχισε να διατίθεται παράλληλα και η κλασική βενζίνη με μόλυβδο (Super βενζίνη) για τα παλαιότερα οχήματα.

Η αμόλυβδη σαν αντικροτικό πρόσθετο είχε σε αντικατάσταση του μολύβδου κυρίως κυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, όπως το βενζόλιο. Οι ενώσεις αυτές είναι οι περισσότερες επιβλαβείς για την υγεία, αλλά ένας κινητήρας με αισθητήρα λ και καταλύτη ουσιαστικά εξομοιώνει τα καυσαέρια μιας τέλει καύσης και τους διασπά σε απλούστερες ενώσεις όπως το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα.

Για τα αυτοκίνητα χωρίς καταλύτη και αισθητήρα λ η βενζίνη με μόλυβδο συνέχισε να διατίθεται στην αγορά έως ότου σταδιακά καταργήθηκε καθώς τα παλαιότερα αυτοκίνητα αποσύρονταν από την κυκλοφορία.

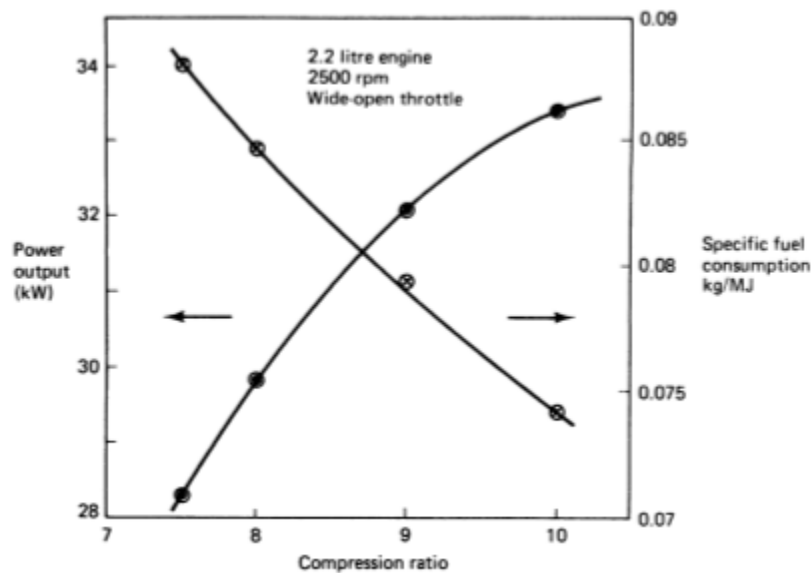
Οι δοκιμές για τον προσδιορισμό του αριθμού οκτανίων εκτελούνται χρησιμοποιώντας τον κινητήρα ASTM-CFR (Cooperative Fuel Research). Είναι ένας κινητήρας με διαφορετική αναλογία συμπίεσης παρόμοιος με τον κινητήρα Ricardo E6. Σε μια δοκιμή ο λόγος συμπίεσης του κινητήρα ποικίλλει για να επιτευχθεί η τυπική ένταση κρούσης. Με την ίδια αναλογία συμπίεσης εντοπίζονται δύο μείγματα καυσίμου αναφοράς των οποίων οι εντάσεις κρούσης εμπεριέχουν εκείνον του δείγματος. Ο αριθμός οκτανίων του δείγματος μπορεί στη συνέχεια να βρεθεί με παρεμβολή. Οι διαφορετικές συνθήκες δοκιμής για τα RON και MON αναφέρονται στο πρότυπο ASTM Volume 05.04 και συνοψίζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2 Βασικές συνθήκες δοκιμής RON και MON

Test conditions	Research octane number	Motor octane number
Engine speed, rpm	600 ± 6	900 ± 9
Crankcase oil, SAE grade	30	30
Oil pressure at operating temperature, psi	25–30	25–30
Crankcase oil temperature	135 ± 15°F (57 ± 8.5°C)	135 ± 15°F (57 ± 8.5°C)
Coolant temperature		
Range	212 ± 3°F (100 ± 1.5°C)	212 ± 3°F (100 ± 1.5°C)
Constant within	± 1°F (0.5°C)	± 1°F (0.5°C)
Intake air humidity, grains of water per lb of dry air	25–50	25–50
Intake air temperature	See ASTM Standards Volume 05.04	100 ± 5°F (38 ± 2.8°C)
Mixture temperature		300 ± 2°F (149 ± 1.1°C)
Spark advance, deg. btdc	13	14–26 depending on compression ratio
Spark plug gap, in.	0.020 ± 0.005	0.020 ± 0.005
Breaker point, gap, in.	0.020	0.020
Valve clearances, in.		
Intake	0.008	0.008
Exhaust	0.008	0.008
Fuel/air ratio	Adjusted for maximum knock	

Ο πίνακας 2 δείχνει ότι ο αριθμός οκτανίων κινητήρα έχει πιο αυστηρές συνθήκες δοκιμής, καθώς η θερμοκρασία του μίγματος είναι μεγαλύτερη και η ανάφλεξη γίνεται νωρίτερα. Δεν υπάρχει απαραίτητα κάποια συσχέτιση μεταξύ MON και RON, καθώς ο τρόπος με τον οποίο τα συστατικά καυσίμων με διαφορετική πτητικότητα που συμβάλλουν στον αριθμό οκτανίων θα διαφέρουν. Επιπλέον, όταν ένας κινητήρας έχει μια μεταβατική αύξηση του φορτίου, παρέχεται περίσσεια καυσίμου. Υπό αυτές τις συνθήκες ο αριθμός οκτανίων των πιο πτητικών συνιστωσών καθορίζει αν συμβαίνει ή όχι κρούση. Μια παγκόσμια περίληψη των αριθμών οκτανίων δημοσιεύεται από την Associated Octel Co. Ltd, Λονδίνο.

Η επιθυμία για καύσιμα υψηλού αριθμού οκτανίων είναι ότι επιτρέπουν τη χρήση υψηλών λόγων συμπίεσης. Οι υψηλότερες αναλογίες συμπίεσης δίνουν αυξημένη ισχύ εξόδου και βελτιωμένη οικονομία. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 3 χρησιμοποιώντας δεδομένα από τους Blackmore και Thomas. Οι απαιτήσεις αριθμού οκτανίων για δεδομένο λόγο συμπίεσης ποικίλλουν ευρέως, αλλά τυπικά ένας λόγος συμπίεσης 7.5 απαιτεί 85 καύσιμο οκτανίου, ενώ ένας λόγος συμπίεσης 10.0 θα απαιτούσε 100 καύσιμα οκτανίου. Υπάρχουν ακόμη και μεγάλες αποκλίσεις στις απαιτήσεις αριθμού οκτανίων μεταξύ υποτιθέμενων ίδιων κινητήρων.



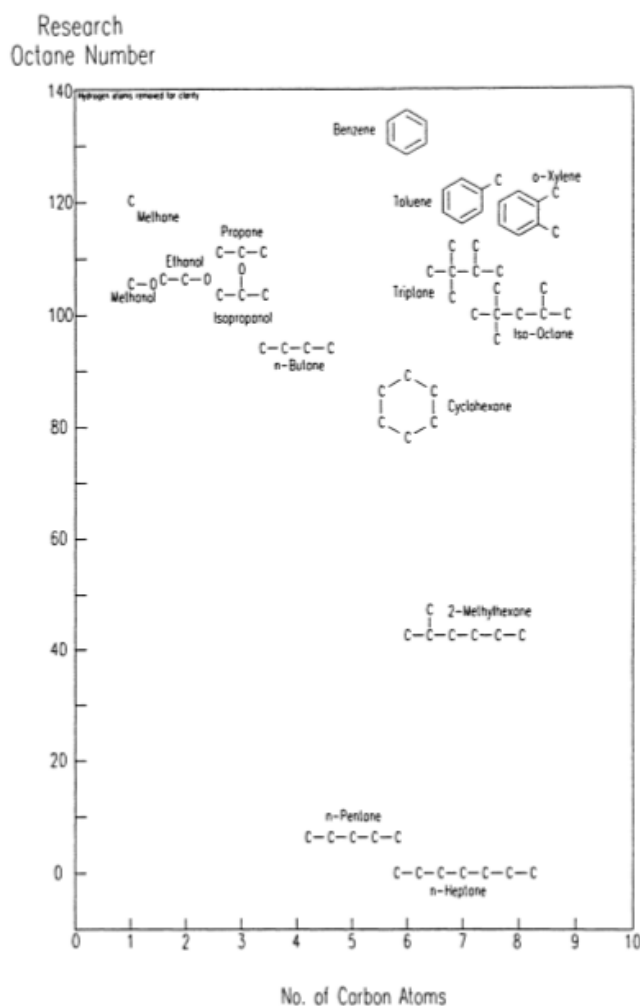
Σχήμα 3 Αποτέλεσμα αλλαγής λόγου συμπίεσης στην έξοδο ισχύος του κινητήρα και την οικονομία καυσίμου

Η σύνθεση του καυσίμου εξαρτάται εν μέρει από την πηγή του αργού πετρελαίου. Το αργό πετρέλαιο από την Άπω Ανατολή τείνει να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες ενώ το πετρέλαιο από τη Βόρεια Θάλασσα τείνει να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αλκάνια. Όταν ένα αργό πετρέλαιο διυλίζεται παράγει αυτό που είναι γνωστό ως Straight Run Gasoline (SRG). Η SRG από το πετρέλαιο της Βόρειας Θάλασσας θα έχει υψηλή περιεκτικότητα σε αλκάνια και θα έχει απαράδεκτα χαμηλό αριθμό οκτανίων (RON περίπου 75). Όταν ένα τέτοιο SRG τύχει κατάλληλης επεξεργασίας, η περιεκτικότητά του σε αλκάνια θα αυξηθεί, αυξάνοντας έτσι τον αριθμό οκτανίων.

Η επίδραση της χημικής δομής στον αριθμό οκτανίων έρευνας (RON) απεικονίζεται στο σχήμα 4. Αυτό δείχνει το πώς ο αριθμός οκτανίων:

- μειώνεται με την αύξηση του μήκους της αλυσίδας.
- αυξάνεται με τον αυξανόμενο αριθμό πλευρικών αλυσίδων για τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα.
- αυξάνει με δομές δακτυλίου (κυκλο-αλκάνια και αρωματικοί υδρογονάνθρακες).

Αυτό μπορεί να φανεί και με τη μελέτη του πίνακα 3, ο οποίος συνοψίζει τους αριθμούς οκτανίων (RON και MON) για ένα ευρύ φάσμα στοιχείων καυσίμου.



Σχήμα 4 Επίδραση της χημικής δομής στον αριθμό RON

Ο πίνακας 3.6 δείχνει με σαφήνεια πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αλκένια και οι δακτυλιοειδείς ενώσεις (και τα κυκλοαλκάνια και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες) για την παραγωγή καυσίμων με υψηλό αριθμό οκτανίων. Ακόμη και πριν από τη νομοθεσία που απαγόρευσε τη χρήση πρόσθετων μολύβδου, είχε πραγματοποιηθεί μεγάλη έρευνα σε εναλλακτικά πρόσθετα για την αύξηση του αριθμού οκτανίων. Ο Taylor απαριθμεί 45 πρόσθετα. Τα οργανικά πρόσθετα είναι πολύ λιγότερο αποτελεσματικά από τα οργανομεταλλικά πρόσθετα. Αυτό είναι ατυχές, δεδομένου ότι οι οργανομεταλλικές ενώσεις τείνουν να είναι τοξικές και

ασυμβίβαστες με τους καταλύτες, καθώς αφήνουν εναποθέσεις που είναι πιθανό να δηλητηριάσουν ή να μπλοκάρουν τον καταλύτη.

Πίνακας 3 Αριθμός οκτανίων για οργανικά συστατικά καυσίμων

Fuel	Formula	Structure	RON	MON
<i>Alkanes</i>				
methane	CH ₄	CH ₄	120	120
ethane	C ₂ H ₆	(CH ₃) ₂	115	99
propane	C ₃ H ₈	CH ₃ (CH ₂)CH ₃	112	97
n-butane	C ₄ H ₁₀	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃	94	89
i-butane	C ₄ H ₁₀	CH(CH ₃) ₃	102	98
n-pentane	C ₅ H ₁₂	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	62	63
i-pentane (2-methylbutane)	C ₅ H ₁₂	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	93	90
n-hexane	C ₆ H ₁₄	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	62	63
i-hexane (2-methylpentane)	C ₆ H ₁₄	CH ₃ CH(CH ₃)(CH ₂) ₂ CH ₃	92	93
i-hexane (2,2-dimethylbutane)	C ₆ H ₁₄	CH ₃ C(CH ₃) ₂ CH ₂ CH ₃	92	93
n-heptane	C ₇ H ₁₆	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	0	0
i-heptane (2,2-dimethylpentane)	C ₇ H ₁₆	CH ₃ C(CH ₃) ₂ (CH ₂) ₂ CH ₃	93	96
i-heptane (2,4-dimethylpentane)	C ₇ H ₁₆	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ CH(CH ₃)CH ₃	83	84
i-heptane (2,2,3-trimethylbutane) [triptane]	C ₇ H ₁₆	CH ₃ C(CH ₃) ₂ CH(CH ₃)CH ₃	112	100
n-octane	C ₈ H ₁₈	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	-20	-17
i-octane (2,2,4-trimethylpentane)	C ₈ H ₁₈	CH ₃ C(CH ₃) ₂ CH ₂ CH(CH ₃)CH ₃	100	100
<i>Alkenes</i>				
1-butene	C ₄ H ₈	CH ₂ CHCH ₂ CH ₃	98	80
2-butene	C ₄ H ₈	CH ₃ CHCHCH ₃	100	84
1-pentene	C ₅ H ₁₀	CH ₂ CH(CH ₂) ₂ CH ₃	91	77
2-methyl-2-butene	C ₅ H ₁₀	CH ₃ C(CH ₃)CHCH ₃	97	85
<i>Cycloalkanes</i>				
cyclopentane	C ₅ H ₁₀	(CH ₂) ₅	101	95
cyclohexane	C ₆ H ₁₂	(CH ₂) ₆	83	77
cycloheptane	C ₇ H ₁₄	(CH ₂) ₇	39	41
cyclooctane	C ₈ H ₁₆	(CH ₂) ₈	71	58
<i>Aromatics</i>				
benzene	C ₆ H ₆		-	115
toluene (methylbenzene)	C ₆ H ₅ CH ₃		120	109
xylene (dimethylbenzene)	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂		118	115

Ο Πίνακας 4 δείχνει τη σχετική αποτελεσματικότητα μερικών οργανομεταλλικών προσθέτων. Ο πίνακας 4 πρέπει να χρησιμοποιηθεί με εξαιρετική προσοχή, επειδή η αποτελεσματικότητα ενός προσθέτου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως:

- η συγκέντρωση που χρησιμοποιείται (η αποτελεσματικότητα μειώνεται με τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις και
- η σύνθεση της βενζίνης. Τα πρόσθετα που είναι αποτελεσματικά με αλκάνια μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματικά με αρωματικούς υδρογονάνθρακες.

Αυτοί και άλλοι παράγοντες που συζητήθηκαν λεπτομερώς από τους Owen και Coley.

Πίνακας 4 Αποτελεσματικότητα όργανο-μεταλλικών προσθέτων σε σχέση με τον απαγορευμένο τετραεθυλικό μόλυβδο, σε σχέση με την μάζα του μετάλλου.

Compound	Formula	Effectiveness
MMT	$\text{CH}_3\text{C}_5\text{H}_4\text{Mn}(\text{CO})_3$	1.65
Tetraethyl lead	$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	1.00
Iron pentacarbonyl	$\text{Fe}(\text{CO})_5$	0.88
Nickel carbonyl	$\text{Ni}(\text{CO})_4$	0.50
Tetraethyl tin	$\text{Sn}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$	0.13

MMT – Methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl.

2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ DIESEL

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του καυσίμου ντίζελ είναι ο αριθμός κετανίων, καθώς δείχνει πόσο εύκολα το καύσιμο αυτοαναφλέγεται. Το ιξώδες είναι επίσης σημαντικό, ειδικά για τα χαμηλότερης ποιότητας καύσιμα που χρησιμοποιούνται στις μεγαλύτερες μηχανές. Μερικές φορές είναι απαραίτητο να υπάρχουν θερμαινόμενες γραμμές καυσίμων. Ένα άλλο πρόβλημα με τα καύσιμα ντίζελ είναι ότι, σε χαμηλές θερμοκρασίες, τα συστατικά μεγάλης μοριακής μάζας μπορούν να καταβυθιστούν για να σχηματίσουν μια κηρώδη απόθεση. Αυτό ορίζεται από την άποψη του σημείου σύνδεσης του ψυχρού φίλτρου.

Το κοινό πρότυπο του ευρωπαϊκού οργανισμού τυποποίησης (CEN) για το πετρέλαιο ντίζελ είναι το EN 590: 1993 και αυτό περιλαμβάνει έξι διαφορετικές προδιαγραφές θερμοκρασίας σημείου σύνδεσης του ψυχρού φίλτρου από -20°C έως 5°C (Πίνακας 5).

Πίνακας 5 Ιδιότητες και προδιαγραφές καυσίμων Ντίζελ

Property		BS EN 590
Viscosity at 40°C, mm ² /s		2.0–4.5
Density at 15°C, kg/m ³		820–860
Cetane number	min.	49
Carbon residue, Ramsbottom		
per cent by mass on 10 per cent residue	max.	0.3
Distillation, recovery at 350°C, per cent by volume	min.	85
Flashpoint, closed		
Pensky–Martins °C	min.	55
Water content, mg/kg	max.	200
Sediment, mg/l	max.	24
Ash, per cent by mass	max.	0.01
Sulphur	max.	0.05
Copper corrosion test	max.	1
Cold filter plugging point (°C) max.	Summer (16 Mar–21 Oct)	–5
	Winter (22 Oct–15 Mar)	–15

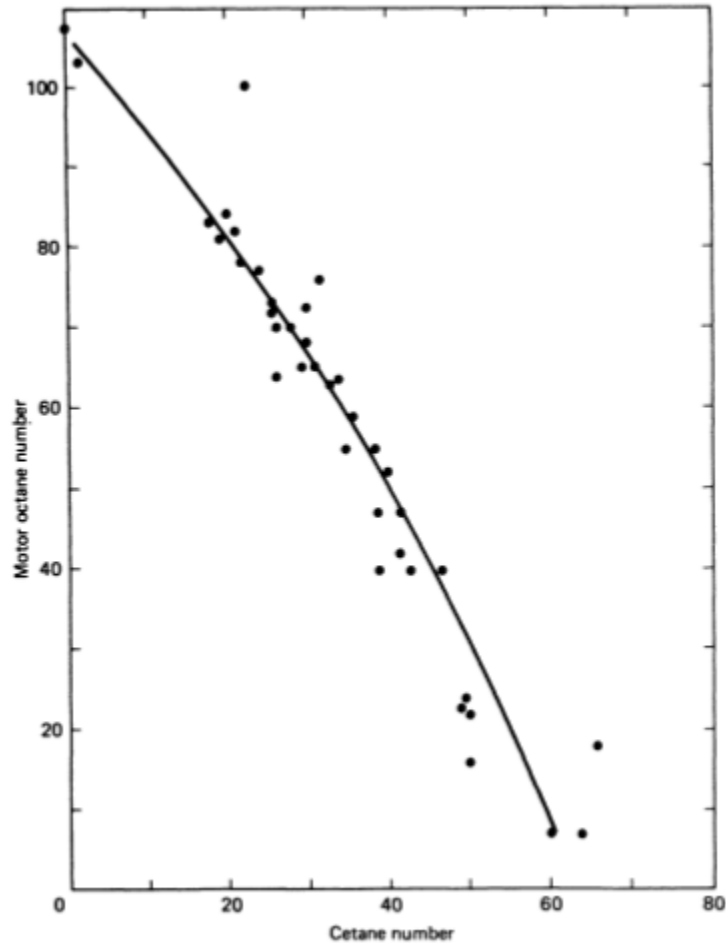
Το σημείο ανάφλεξης είναι η θερμοκρασία στην οποία το υγρό πρέπει να θερμανθεί ώστε οι ατμοί του να σχηματίσουν ένα εύφλεκτο μείγμα με τον αέρα σε ατμοσφαιρική πίεση. Δεδομένου ότι το σημείο ανάφλεξης του καυσίμου ντίζελ είναι τουλάχιστον 55 ° C. αυτό το καθιστά ασφαλέστερο καύσιμο για αποθήκευση στη συνέχεια σε σχέση με τη βενζίνη και τη κηροζίνη. Τα σημεία ανάφλεξης της βενζίνης και της κηροζίνης είναι περίπου -40 ° C και 30 ° C αντίστοιχα.

Εάν ένας κινητήρας λειτουργεί σε καύσιμο με πολύ χαμηλό αριθμό κετανίων, θα υπάρχει το λεγόμενο χτύπημα Ντίζελ. Το χτύπημα του ντίζελ προκαλείται από την υπερβολική ταχύτητα καύσης και είναι αποτέλεσμα μακράς περιόδου καθυστέρησης της ανάφλεξης, καθώς κατά την περίοδο αυτή το καύσιμο εγχέεται και αναμιγνύεται με τον αέρα για να σχηματίσει ένα εύφλεκτο μίγμα. Η ανάφλεξη πραγματοποιείται μόνο αφού η πίεση και η θερμοκρασία υπερβούν ορισμένους περιορισμούς για αρκετό χρόνο και τα καύσιμα με υψηλό αριθμό κετανίων είναι εκείνα που αναφλέγονται εύκολα.

Όπως και με τον αριθμό οκτανίων, κατασκευάζεται μια κλίμακα 0-100. Η αρχικά τιμή 0 αποδόθηκε στην α-μεθυλοναφθαλίνη (C₁₀H₇CH₃, μια ναφθενική ένωση με κακές ιδιότητες αυτανάφλεξης) και μια τιμή 100 αποδόθηκε στο η-κετάνιο (C₁₆H₃₄, αλκάνιο ευθείας αλυσίδας με καλές ιδιότητες αυτανάφλεξης). Ένα καύσιμο 65 κετανίων θα είχε απόδοση καθυστέρησης

ανάφλεξης ισοδύναμη με εκείνη ενός μείγματος 65% n-cetane και 35% α-μεθυλοναφθαλίνης κατ' όγκο. Ένα ισοκετάνιο, το επταμεθυλονονάνιο (HMN), χρησιμοποιείται τώρα για τον καθορισμό του πυθμένα της κλίμακας με αριθμό κετανίων 15.

Οι δοκιμές για τον προσδιορισμό του αριθμού κετανίων στο BS5580: 1978 αναφέρονται στο ετήσιο βιβλίο ASTM Standards Volume 05.04. Οι δοκιμές πραγματοποιούνται με κινητήρα ASTM-CFR εφοδιασμένο με ειδικό όργανο μέτρησης της καθυστέρησης ανάφλεξης. Με τις τυπικές συνθήκες λειτουργίας, ο λόγος συμπίεσης του κινητήρα ρυθμίζεται ώστε να παρέχει μια τυπική περίοδο καθυστέρησης με το προς δοκιμή καύσιμο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται με μείγματα καυσίμου αναφοράς για να βρεθούν οι λόγοι συμπίεσης για την ίδια περίοδο καθυστέρησης. Όταν η αναλογία συμπίεσης του προς δοκιμή καυσίμου περιέχεται από αυτές από τα καύσιμα αναφοράς, ο αριθμός κετανίων του καυσίμου δοκιμής εντοπίζεται με παρεμβολή. Όπως θα περίμενε κανείς, τα καύσιμα με υψηλό αριθμό κετανίων έχουν χαμηλό αριθμό οκτανίων και αντίστροφα. Αυτή η σχέση φαίνεται στο σχήμα 5 χρησιμοποιώντας δεδομένα από τον Taylor (1985b). Παρατηρείται ότι υπάρχει μια μόνο γραμμή, δείχνοντας έτσι την ανεξαρτησία της σύνθεσης του καυσίμου.



Σχήμα 5 Σχέση μεταξύ αριθμού οκτανίων και κετανίων για τα καύσιμα ντίζελ.

Μερικές φορές χρησιμοποιείται ένας δείκτης κετανίου, καθώς οι μοναδικές πληροφορίες που χρειάζονται είναι το ιζώδες και η πυκνότητα του καυσίμου χωρίς να χρειάζονται δοκιμές κινητήρα. Ο δείκτης κετανίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για απλά αποστάγματα πετρελαίου χωρίς πρόσθετα.

Ο Πίνακας 6 παρουσιάζει τους αριθμούς κετανίων ορισμένων συστατικών καθαρού καυσίμου. Αυτή η μελέτη από τους Hurn and Smith προκλήθηκε από την ανάγκη χρήσης καταλυτικά πυρολυμένων συστατικών στο πετρέλαιο ντίζελ και άλλων συστατικών με χαμηλότερες τιμές κετανίου. Η μελέτη περιλάμβανε μελέτες της καθυστέρησης ανάφλεξης (σε υψηλή πίεση και σε διάφορες θερμοκρασίες).

Πίνακας 6 Αριθμός κετανίων συστατικών καυσίμου ντίζελ.

Fuel	Formula	Cetane number
<i>Alkanes</i>		
n-heptane	C ₇ H ₁₆	56
n-octane	C ₈ H ₁₈	64
n-decane	C ₁₀ H ₂₂	77
n-dodecane	C ₁₂ H ₂₆	88
n-tetradecane	C ₁₄ H ₃₀	96
n-hexadecane (cetane)	C ₁₆ H ₃₂	100
heptamethylnonane	C ₁₆ H ₃₂	15
octadecane	C ₁₈ H ₃₈	103
<i>Alkenes</i>		
1-octene	C ₈ H ₁₆	41
1-decene	C ₁₀ H ₂₀	60
1-dodecene	C ₁₂ H ₂₄	71
1-tetradecene	C ₁₄ H ₂₈	83
1-hexadecene	C ₁₆ H ₃₂	84
1-octadecene	C ₁₈ H ₃₆	90
<i>Ring structures</i>		
α-methylnaphthalene	C ₁₀ H ₇ CH ₃	0
methylcyclohexane	C ₆ H ₁₁ CH ₃	20
decahydronaphthalene (decalin, two 'cyclohexanes' side-by-side)	C ₁₀ H ₁₈	42
dicyclohexyl (two 'cyclohexanes' end-to-end)	C ₁₂ H ₂₂	47

Σε όλη τη διάρκεια των δεκαετιών 980 και 990 υπήρξε μια σταθερή σχετική μείωση της χρήσης του καυσίμων πετρελαίου (τα βαρέα κλάσματα από αργό πετρέλαιο που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση και μερικούς μεγάλους πετρελαιοκινητήρες), ενώ ταυτόχρονα υπήρξε αντίστοιχη αύξηση στη ζήτηση για τα μεσαία αποστάγματα (που περιλαμβάνει κηροζίνες και ντίζελ).

Συνέπεια αυτών των αλλαγών στη ζήτηση είναι ότι τα μεσαία αποστάγματα και τα βαρύτερα κλάσματα πρέπει να μετατραπούν σε καύσιμο πετρέλαιο και βενζίνη. Η πυρόλυση των βαρύτερων κλασμάτων παράγει καύσιμο ντίζελ με χαμηλό αριθμό κετανίων, οπότε η διάσπαση πρέπει να συνδυαστεί με υδρογόνωση (υδροπυρόλυση). Η υδροπυρόλυση μετατρέπει πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις σχηματίζοντας μονοκυκλικές ενώσεις με πλευρικές αλυσίδες. Με περαιτέρω υδρογόνωση αυτές οι πλευρικές αλυσίδες αποσπώνται και γίνονται αλκάνια. Τα αλκάνια υψηλότερης μοριακής μάζας διασπώνται για να δημιουργήσουν αλκένια και αλκάνια και τα αλκένια υδρογονώνονται για να σχηματίσουν αλκάνια. Μία εναλλακτική μέθοδος για την αύξηση του αριθμού κετανίων είναι η χρήση προσθέτων.

Η άλλη βασική απαίτηση διύλισης με καύσιμο ντίζελ είναι η αφαίρεση του θείου. Το 1985, τα επίπεδα θείου ήταν συνήθως στο εύρος 0,2-0,5% κατά μάζα. Στις ΗΠΑ, το επίπεδο θείου μειώθηκε στο 0,05% κατά μάζα το 1993 και η Ευρώπη υιοθέτησε αυτό το επίπεδο το 1996. Τα επίπεδα θείου μειώθηκαν επειδή το θείο σχηματίζει: (α) διοξείδιο του θείου (SO_2) το οποίο οξειδώνεται στο SO_3 και συνδυάζεται με νερό για να σχηματίσει θειικό οξύ (H_2SO_4), ένα συστατικό όξινης βροχής ή (β) θειικά άλατα (SO_4) που συμβάλλουν στους σωματιδιακούς ρύπους. Το θείο απομακρύνεται με υδροαποθείωση, κατά την οποία το καύσιμο αντιδρά με υδρογόνο παρουσία ενός καταλύτη κοβαλτίου και μολυβδαίνιου. Το υδρόθειο (H_2S) που δημιουργεί αυτή η διαδικασία πρέπει στη συνέχεια να μετατραπεί σε στοιχειακό θείο. Τα καύσιμα ντίζελ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο έχουν χαμηλότερη λιπαντικότητα, χαμηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και μειωμένη σταθερότητα, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα για την αντιστάθμιση.

Οι πρόσθετες ουσίες στο ντίζελ για τη βελτίωση του αριθμού κετανίου αναφέρονται επίσης ως επιταχυντές ανάφλεξης. Οι συγκεντρώσεις τους είναι μεγαλύτερες από εκείνες των πρόσθετων κατά του χτυπήματος που χρησιμοποιούνται στη βενζίνη. Τυπικά, επιτυγχάνεται μία βελτίωση της κατά έξι μονάδες 6 στην κλίμακα κετανίου με την προσθήκη 1% κατ' όγκο νιτρικού αμυλίου, $C_5H_{11}ONO_2$. Άλλες αποτελεσματικές ουσίες είναι το νιτρικό αιθύλιο, το $C_2H_5NO_2$ και το νιτρώδες αιθύλιο, το C_2H_5NO . Ωστόσο, το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο πρόσθετο είναι επί του παρόντος ο νιτρικός 2-αιθυλοεξυλεστέρας (2EHN), λόγω της καλής απόκρισης του σε ένα ευρύ φάσμα καυσίμων και του συγκριτικά χαμηλού κόστους. Η προσθήκη 1000 ppm του 2EHN θα αυξήσει την τιμή κετανίων κατά περίπου 5 μονάδες. Σε ορισμένα μέρη του κόσμου υπάρχει νομοθεσία που περιορίζει την περιεκτικότητα σε άζωτο των καυσίμων ντίζελ. Αυτό συμβαίνει επειδή, αν και η μάζα του αζώτου είναι αμελητέα από εκείνη που είναι διαθέσιμη στον τον αέρα, το άζωτο που δεσμεύεται με καύσιμο συνεισφέρει δυσανάλογα στον σχηματισμό νιτρικού οξειδίου. Κάτω από αυτές τις συνθήκες μπορούν να χρησιμοποιηθούν υπεροξείδια, όπως διβουτυρικό βουτυλο-υπεροξείδιο.

Η καθυστέρηση ανάφλεξης είναι πιο έντονη σε χαμηλές ταχύτητες λόγω της μειωμένης θερμοκρασίας και πίεσης κατά τη συμπίεση. Η ψυχρή εκκίνηση μπορεί να είναι ένα πρόβλημα και συνήθως διορθώνεται με την παροχή μιας εγκατάστασης στην αντλία ψεκασμού για την

έγχυση περίσσειας καυσίμου. Υπό έντονες συνθήκες, ενδέχεται να χρειαστούν πρόσθετα βοηθήματα εκκίνησης, όπως θερμαντήρες, ή πτητικά καύσιμα με υψηλό αριθμό κετανίου, όπως ο αιθέρας, μπορούν να προστεθούν στον αέρα εισαγωγής.

Το καύσιμο ντίζελ περιέχει μόρια με περίπου 12-22 άτομα άνθρακα και πολλά από τα συστατικά υψηλότερης μοριακής μάζας (όπως το κετάνιο, $C_{16}H_{34}$) θα ήταν στερεά σε θερμοκρασία δωματίου εάν δεν αναμιγνύονταν με άλλους υδρογονάνθρακες. Έτσι, όταν ψύχεται το καύσιμο ντίζελ, θα επιτευχθεί ένα σημείο στο οποίο τα συστατικά μεγαλύτερης μοριακής μάζας θα αρχίσουν να στερεοποιούνται και θα σχηματίζουν ένα κηρώδες ίζημα. Μόλις 2 τοις εκατό κερι από το διάλυμα μπορεί να είναι αρκετό για να πήξει σε γέλη το υπόλοιπο 98 τοις εκατό. Αυτό θα επηρεάσει τις ιδιότητες ροής και (πιο σοβαρά σε ελαφρώς υψηλότερη θερμοκρασία) θα εμποδίσει το φίλτρο στο σύστημα έγχυσης καυσίμου. Αυτά και άλλα συναφή θέματα χαμηλής θερμοκρασίας συζητούνται εκτενώς από τους Owen και Coley, οι οποίοι επισημαίνουν έως και το 20% του καυσίμου ντίζελ μπορεί να αποτελείται από αλκάνια υψηλότερης μοριακής μάζας. Θα ήταν ανεπιθύμητο να απομακρυνθούν αυτά τα αλκάνια, δεδομένου ότι έχουν υψηλότερες βαθμολογίες κετανίου από πολλά άλλα συστατικά. Αντ' αυτού, χρησιμοποιούνται τα πρόσθετα κατά της πύκνωσης που τροποποιούν το σχήμα των κρυστάλλων κεριού.

Οι κρύσταλλοι κεριού τείνουν να σχηματίζουν λεπτές «πλάκες» οι οποίες μπορούν να επικαλύπτονται και να αλληλοσυνδέονται. Τα πρόσθετα κατά του φαινομένου δεν εμποδίζουν το σχηματισμό κεριού. Λειτουργούν τροποποιώντας το σχήμα των κρυστάλλων κεριών σε μια δενδριτική μορφή (που μοιάζει με βελόνα), και αυτό μειώνει την τάση των κρυστάλλων κεριού να αλληλοσυνδέονται. Οι κρύσταλλοι εξακολουθούν να συλλέγονται στο εξωτερικό του φίλτρου, αλλά δεν εμποδίζουν τη διέλευση του υγρού καυσίμου. Τα πρόσθετα αυτά στην εμπορική χρήση είναι συμπολυμερή αιθυλενίου και οξικού βινυλεστέρα ή άλλων συμπολυμερών αλκενο-εστέρα. Η απόδοση αυτών των προσθέτων ποικίλλει ανάλογα με τα διαφορετικά καύσιμα και η βελτίωση μειώνεται όσο αυξάνεται ο ρυθμός δοσολογίας. Είναι δυνατό για 200 ppm πρόσθετου να μειωθεί η θερμοκρασία του ψυχρού φίλτρου (CFPP) κατά περίπου 10 K.

Όπως σημειώθηκε στην προηγούμενη ενότητα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν πρόσθετα με καύσιμο ντίζελ χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο για να αντισταθμιστεί η χαμηλότερη λιπαντικότητά τους, η χαμηλότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα και μειωμένη σταθερότητα. Για να

αποκατασταθεί η λιπαντικότητα καυσίμου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο σε καύσιμο με 0,2% θείο κατά μάζα, απαιτείται δοσολογία της τάξης των 100 mg / l. Απαιτείται προσοχή στην επιλογή του προσθέτου, εάν δεν αλληλοεπιδρά δυσμενώς με άλλα πρόσθετα.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν υπόκειται κανονικά στη νομοθεσία, αλλά εάν τα καύσιμα έχουν πολύ χαμηλή αγωγιμότητα τότε υπάρχει ο κίνδυνος δημιουργίας στατικού ηλεκτρικού φορτίου. Αν ένα πετρελαιοφόρο γεμάτο με βενζίνη γεμίσει με ντίζελ τότε υπάρχει το ενδεχόμενο σχηματισμού εύφλεκτου μείγματος. Η αγωγιμότητα των μη επεξεργασμένων καυσίμων ντίζελ χαμηλού θείου μπορεί να είναι μικρότερη από 5 pS / m. Αγωγιμότητα άνω των 100 pS / m μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη λίγων ppm ενός στατικού προσθέτου διασποράς με βάση το χρώμιο. Τα καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο και τα καύσιμα που έχουν υποβληθεί σε υδρογονοκατεργασία για τη μείωση της περιεκτικότητας σε αρωματικές ουσίες είναι επίσης επιρρεπή στον σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων. Είναι γνωστό ότι αποικοδομούν το καουτσούκ νεοπρενίου και νιτριλίου, αλλά αυτό μπορεί να προληφθεί χρησιμοποιώντας αντιοξειδωτικά όπως οι φαινυλενοδιαμίνες (κατάλληλες μόνο σε καύσιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο) ή παρεμποδισμένες φαινόλες. Άλλα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στα καύσιμα ντίζελ είναι:

Τα απορρυπαντικά (για παράδειγμα, αμίνες και αμίδια) που χρησιμοποιούνται για την αναστολή του σχηματισμού εναποθέσεων καύσης. Οι σημαντικότερες είναι οι εναποθέσεις γύρω από τα ακροφύσια των εγχυτήρων που παρεμβαίνουν στον σχηματισμό ψεκασμού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε κακή ανάμειξη αέρα / καυσίμου και εκπομπές σωματιδίων. Ένα τυπικό επίπεδο δοσολογίας είναι 100-200 ppm.

Τα αντιψυκτικά (για παράδειγμα οι αλκοόλες ή οι γλυκόλες) έχουν υψηλή συγγένεια με το νερό και είναι διαλυτά στο πετρέλαιο κίνησης. Το νερό εμφανίζεται μέσω μόλυνσης και ως συνέπεια του υγρού αέρα πάνω από το καύσιμο σε εξαεριζόμενες δεξαμενές που ψύχεται κάτω από τη θερμοκρασία σημείου δρόσου. Εάν σχηματιστεί πάγος, τότε θα μπορούσε να μπλοκάρει τόσο τους σωλήνες καυσίμου όσο και τα φίλτρα.

Βιοκτόνα Τα αναερόβια βακτηρίδια μπορούν να σχηματίσουν αναπτύξεις στη διεπαφή νερού / ντίζελ σε δεξαμενές αποθήκευσης και αυτές είναι ικανές να μπλοκάρουν τα φίλτρα καυσίμου.

Τα αντι-αφριστικά (ενώσεις με βάση τη σιλικόνη 10-20 ppm) διευκολύνουν την ταχεία και πλήρη πλήρωση των δεξαμενών καυσίμου οχημάτων.

2.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ L.P.G.

Το μείγμα των αερίων υδροποιημένων υδρογονανθράκων C₃-C₄ (προπάνιο και βουτάνιο), που ονομάζεται συνημμένο υδροποιημένο αέριο ή υγραέριο (LPG), είναι ένας ιδιαίτερος ενεργειακός φορέας, που συγκαταλέγεται μεταξύ της ομάδας εναλλακτικών καυσίμων. Το υγραέριο έχει περισσότερες από 1000 διαφορετικές χρήσεις, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών στη βιομηχανία, έργων πολιτικού μηχανικού, την κοινοτική οικονομία, τη γεωργία, τα νοικοκυριά και τις μεταφορές. Λόγω της απλοποιημένης διοικητικής μέριμνας των μεταφορών που εξασφαλίζει τη διαφοροποίηση της προσφοράς, τη διαθεσιμότητα πηγών και κυρίως τις περιβαλλοντικές πτυχές, το LPG παρουσιάζει υψηλή δυναμική παραγωγής και κατανάλωσης. Η παγκόσμια παραγωγή αυτού του καυσίμου έρχεται κοντά σε 280 εκατομμύρια τόνους.

Μόνο ένα μικρό μέρος της παγκόσμιας παραγωγής LPG, περίπου 10%, χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία κινητήρων εσωτερικής καύσης.

Το υδροποιημένο αέριο παράγεται από τρεις κύριες πηγές:

- Ως παραπροϊόν από την degasolining του φυσικού αερίου
- Ως παραπροϊόν από τη σταθεροποίηση του πετρελαίου στην περιοχή εξόρυξης αργού πετρελαίου,
- Ως παραπροϊόν από τη διύλιση πετρελαίου σε διυλιστήριο.

Το φυσικό αέριο περιέχει κυρίως μεθάνιο, αλλά και άλλες ουσίες, μεταξύ των οποίων και βαρύτερους υδρογονάνθρακες, συμπεριλαμβανομένων των C₃ και C₄. Το αέριο αυτό ονομάζεται "υγρό" και η προετοιμασία του για τη μεταφορά απαιτεί την αφαίρεση του κλάσματος LPG. Πρόσθετες ποσότητες LPG λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της σταθεροποίησης του αργού πετρελαίου σε μια θέση εξόρυξης, που αποτελεί μέρος του παραγωγού πετρελαίου για τη μεταφορά. Εκτιμάται ότι σε παγκόσμιο επίπεδο περίπου το 60% του υγραερίου παράγεται έτσι. Το καθαρισμένο "υγρό αέριο" περιέχει κυρίως προπάνιο, βουτάνιο και ισοβουτάνιο σε

χρήση ως καύσιμο κινητήρων απαιτεί συχνότερα τη μείωση της περιεκτικότητας σε θείο στο επίπεδο που απαιτείται από τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.

Η τεχνολογία της παραγωγής καυσίμων κινητήρων μπορεί να είναι πολύ πιο περίπλοκη σε περιπτώσεις όπου ένα καύσιμο κανονικής ποιότητας πρέπει να παράγεται από διάφορα συστατικά με διαφορετική χημική σύνθεση. Η πρόσθετη τεχνολογική και υλικοτεχνική επιπλοκή στην παραγωγή του μπορεί να είναι μια μεταβολή των ιδιοτήτων αυτού του καυσίμου ανάλογα με την εποχή του έτους και τις κλιματικές συνθήκες.

Οι απαιτήσεις ποιότητας για το υγραέριο στην Ελλάδα είναι οι ίδιες όπως στο πρότυπο EN 589 + A1: 2012. Οι μόνες διαφορές σχετίζονται με τις επονομαζόμενες χειμερινές παραμέτρους, τις οποίες κάθε χώρα καθορίζει επαρκώς στις κλιματικές συνθήκες της. Το υγραέριο στην Ελλάδα, από το 2007, υπόκειται στο ίδιο εθνικό σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου των καυσίμων, όπως τα άλλα καύσιμα, δηλαδή οι βενζίνες και τα καύσιμα ντίζελ.

Αυτό που είναι χαρακτηριστικό των απαιτήσεων ποιότητας του υγραερίου είναι ότι δεν περιέχουν τη σύνθεση υδρογονανθράκων. Από την άλλη πλευρά, οι παραγωγοί δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν όποιο μείγμα επιθυμούν, επειδή η ανάγκη χρήσης συγκεκριμένων χημικών συνθέσεων οφείλεται στις απαιτήσεις για άλλες βασικές ιδιότητες που επηρεάζουν τη λειτουργία του κινητήρα. Αυτές οι παράμετροι περιλαμβάνουν:

- Αριθμός οκτανίων κινητήρα
- Σχετική τάση ατμών στους 40°C
- Θερμοκρασία κατά την οποία η τάση ατμών δεν είναι χαμηλότερη από 150kPa

Για την σωστή και οικονομική καύση σε μια μηχανή απαιτείται επαρκής τιμή του αριθμού οκτανίων κινητήρα (≥ 89). Έμμεσα, το πρότυπο διασφαλίζει ότι το υγραέριο ως καύσιμο κινητήρων έχει αριθμό οκτανίων έρευνας, που χρησιμοποιείται για τον χαρακτηρισμό των βενζινών, σε επίπεδο υψηλότερο από 95, συχνά πάνω από 100.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το LPG εξατμίζεται σε βαθμό 100% σε έναν κύλινδρο, κάτι που δεν συμβαίνει για τις βενζίνες και ιδιαίτερα για τα καύσιμα ντίζελ. Η πλήρης εξάτμιση είναι ένας

παράγοντας που αποφασίζει ότι το υγραέριο, παρά το ενδεχόμενο χαμηλότερης θερμικής αξίας από τη βενζίνη, δεν χρειάζεται να καταναλώνεται σε υψηλότερες ποσότητες.

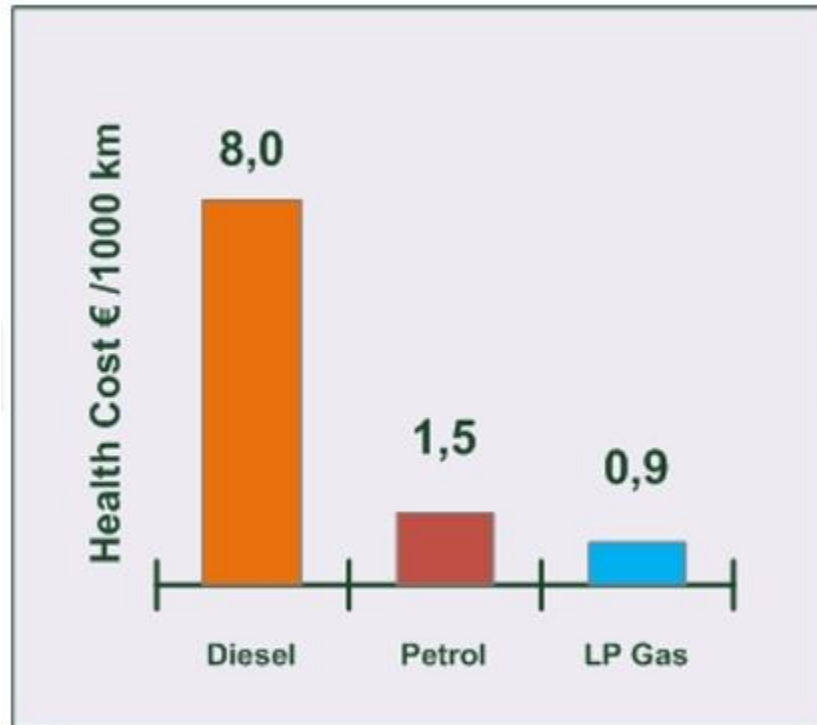
Οι διαθέσιμες πηγές εξαρτημάτων LPG, η αύξηση της παραγωγής φυσικού αερίου από μη συμβατικές πηγές, συνοδευόμενες από υδρογονάνθρακες C₃-C₄, καθώς και οι εκθέσεις σχετικά με την παραγωγή προπανίου από τη μετατροπή βιομάζας δείχνουν ότι το καύσιμο αυτό έχει καλές προοπτικές για την αύξηση της προσφοράς και την περαιτέρω εξάπλωση χρήσης του.

Το υγραέριο είναι ένα εξαιρετικό καύσιμο, το οποίο αποδεικνύεται όχι μόνο από τη διαθεσιμότητα αλλά και από το κόστος παραγωγής. Η σύγκριση κόστους ή ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή σύγχρονων βενζινών ή καυσίμων ντίζελ δείχνει ότι η παραγωγή υγραερίου είναι πολύ φθηνότερη. Το υγραέριο θεωρείται σωστά ως φιλικό προς το περιβάλλον καύσιμο, όχι μόνο λόγω του κόστους παραγωγής, αλλά και λόγω κοινωνικών και οικολογικών κερδών. Ένα πολύ επικίνδυνο και κοινωνικά δαπανηρό συστατικό των αερίων που εκπέμπονται από κινητήρες εσωτερικής καύσης είναι τα σωματίδια (PM). Η σύγκριση του κόστους υγείας του κινητήρα παρουσιάζεται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7 Εκτίμηση κόστους υγείας σε σχέση με τις εκπομπές από διάφορα καυσαέρια

Component of exhaust gases	Health costs, EUR/t
PM _{2,5}	160.000
SO ₂	10.000
NO ₂	15.700
VOC	700
CO	20

Οι κινητήρες που τροφοδοτούνται με αυτόματο αέριο εκπέμπουν ασύγκριτα μικρότερες ποσότητες αυτών των συστατικών, γεγονός που προκαλεί ότι το συνολικό κοινωνικό κόστος χρήσης διαφορετικών καυσίμων κινητήρων είναι χαμηλότερο για το υγραέριο (Σχήμα 7).



Σχήμα 7 Κόστος υγείας σε σχέση με χρησιμοποιούμενα καύσιμα κινητήρων

Η υψηλότερη θερμογόνος δύναμη LPG, σε σύγκριση με τη βενζίνη και το πετρέλαιο κίνησης, μαζί με υψηλότερη αναλογία υδρογόνου προς άνθρακα, οδηγεί σε εκπομπές χαμηλότερων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα ($73,6 \text{ g CO}_2 / \text{MJ}$, ενώ για τη βενζίνη είναι $85,8 \text{ CO}_2 / \text{MJ}$, - $87,4 \text{ g CO}_2 / \text{MJ}$). Η χρήση του υγραερίου ως εναλλακτικό καύσιμο κινητήρων απαιτεί σχετικά μικρές και όχι δαπανηρές προσαρμογές σε κινητήρες με ανάφλεξη με σπινθήρα. Οι παραγωγοί αυτοκινήτων διαδραματίζουν μεγαλύτερο και σημαντικότερο ρόλο στη διάδοση του LPG και παρατήρησαν τα οικονομικά και οικολογικά κέρδη από τη χρήση αυτών των κινητήρων και πιο συχνά προσφέρουν αυτοκίνητα με εργοστασιακά εγκατεστημένα συστήματα LPG. Δημιουργεί μια θετική εικόνα για το LPG ως καύσιμο φιλικό προς το περιβάλλον, οικονομικό και απόλυτα ασφαλές.

2.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ C.N.G.

Το φυσικό αέριο παράγεται από πηγάδια φυσικού αερίου ή συνδέεται με την παραγωγή αργού πετρελαίου. Το φυσικό αέριο (NG) αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄), αλλά συχνά περιέχει ιχνοστοιχεία αιθανίου, προπανίου, αζώτου, ηλίου, διοξειδίου του άνθρακα, υδροθείου και υδρατμών. Το μεθάνιο είναι το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Συνήθως περισσότερο από το 90% του φυσικού αερίου είναι το μεθάνιο, η λεπτομέρεια των συνθέσεων φυσικού αερίου όπως φαίνεται στον Πίνακα 8. από το Shasby.

Πίνακας 8 Σύσταση φυσικού αερίου

Compositi on	Formula	Volume Fraction (%)			
		Ref. 1	Ref. 2	Ref. 3	Ref. 4
Methane	CH ₄	94.00	92.07	94.39	91.82
Ethane	C ₂ H ₆	3.30	4.66	3.29	2.91
Propane	C ₃ H ₈	1.00	1.13	0.57	-
Iso-Butane	i- C ₄ H ₁₀	0.15	0.21	0.11	-
N-Butane	n- C ₄ H ₁₀	0.20	0.29	0.15	-
Iso-	i-	0.02	0.10	0.05	-
Pentane	C ₅ H ₁₂				
N-Pentane	n- C ₅ H ₁₂	0.02	0.08	0.06	-
Nitrogen	N ₂	1.00	1.02	0.96	4.46
Car.Dioxi de	CO ₂	0.30	0.26	0.28	0.81
Hexane	C ₆ + (C ₆ H ₁₄)	0.01	0.17	0.13	-
Oxygen	O ₂	-	0.01	<0.01	-
Carbon Monoxide	CO	-	<0.01	<0.01	-
Total	-	100	100	100	100

Σύμφωνα με τον Srinivasan, στη σύνθεση του φυσικού αερίου περισσότερο από 98% είναι μεθάνιο. Το φυσικό αέριο μπορεί να συμπιεστεί, έτσι ώστε να μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί ως συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG). Το CNG απαιτεί πολύ μεγαλύτερο όγκο για την αποθήκευση της ίδιας μάζας φυσικού αερίου και τη χρήση πολύ υψηλής πίεσης σε περίπου 200 bar ή 2,900 psi. Το φυσικό αέριο είναι ασφαλέστερο από τη βενζίνη από πολλές απόψεις. Η θερμοκρασία ανάφλεξης για το φυσικό αέριο είναι υψηλότερη από τη βενζίνη και το ντίζελ. Επιπλέον, το φυσικό αέριο είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και θα διαχέεται γρήγορα προς τα πάνω αν παρουσιαστεί ρήξη. Η βενζίνη και το πετρέλαιο ντίζελ θα συγκεντρωθούν

χαμηλά, αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο είναι μη τοξικό και δεν θα μολύνει τα υπόγεια ύδατα εάν χυθεί. Οι προηγμένες συμπιεσμένες μηχανές φυσικού αερίου εγγυώνται σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των συμβατικών βενζινοκινητήρων και πετρελαιοκινητήρων. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο είναι μια σε μεγάλο βαθμό διαθέσιμη μορφή ορυκτής ενέργειας και συνεπώς μη ανανεώσιμη. Ωστόσο, το CNG έχει ορισμένα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τη βενζίνη και το ντίζελ από περιβαλλοντική άποψη. Πρόκειται για καθαρότερο καύσιμο σε σχέση με τις βενζίνες ή το ντίζελ όσον αφορά τις εκπομπές. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο θεωρείται ως μια περιβαλλοντικά καθαρή εναλλακτική λύση στα καύσιμα αυτά.

Το πεπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) χρησιμοποιείται από καιρό σε σταθερούς κινητήρες, αλλά η εφαρμογή του CNG ως καυσίμου κινητήρων μεταφοράς έχει προχωρήσει σημαντικά την τελευταία δεκαετία με την ανάπτυξη ελαφρών κυλίνδρων αποθήκευσης υψηλής πίεσης. Πολλά εναλλακτικά καύσιμα έχουν αναγνωριστεί ως έχοντα σημαντικό δυναμικό παραγωγής χαμηλότερων συνολικών εκπομπών ρύπων σε σύγκριση με τη βενζίνη και το ντίζελ. Το φυσικό αέριο, έχει αναγνωριστεί ως κύριο υποψήφιο για εφαρμογές μεταφοράς μεταξύ αυτών των καυσίμων για διάφορους λόγους. Ο Shasby εντόπισε τρεις βασικούς εξ' αυτών, ο πρώτος λόγος είναι η διαθεσιμότητα, ο δεύτερος λόγος είναι η περιβαλλοντική συμβατότητα του και ο τρίτος λόγος είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συμβατικούς κινητήρες ντίζελ και βενζίνης. Τα λειτουργικά έξοδα είναι άλλοι λόγοι, όπου τα οχήματα που κινούνται με φυσικό αέριο έχουν θεωρητικά σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των πετρελαιοκίνητων οχημάτων, η βάση για το επιχείρημα αυτό είναι το χαμηλότερο κόστος ανά μονάδα ενέργειας φυσικού αερίου σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Το επιχείρημα όμως είναι κάπως πιο περίπλοκο από αυτό. Ενώ είναι αλήθεια ότι στη συντριπτική πλειοψηφία χωρών το φυσικό αέριο είναι φθηνότερο από τη βενζίνη ή το ντίζελ, η ανάλυση μπορεί να καταλήξει διαφορετικά. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο (CNG) είναι ελκυστικό για πέντε λόγους. (1) Είναι το μόνο καύσιμο φθηνότερο από τη βενζίνη ή το ντίζελ. (2) Έχει εγγενώς χαμηλότερες εκπομπές ατμοσφαιρικής ρύπανσης. (3) έχει χαμηλότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. (4) Η χρήση του επεκτείνει τη διάρκεια ζωής για τις προμήθειες πετρελαίου και (5) υπάρχουν μεγάλες ποσότητες καυσίμων στη Βόρεια Αμερική, Ρωσία και πρόσφατα στην νοτιοανατολική λεκάνη της Μεσογείου.

Οι δυσκολίες με το CNG προκύπτουν από την εμβέλεια του οχήματος, την αποθήκευση καυσίμων, το κόστος υποδομής και την εξασφάλιση επαρκούς προσφοράς. Η σημασία της εμβέλειας ως ένα χαρακτηριστικό του οχήματος έχει εξεταστεί στην σχετική βιβλιογραφία. Το πρόσθετο βάρος των μπαταριών ή των κυλίνδρων αποθήκευσης απαιτεί σημαντικό επιπλέον βάρος του πλαισίου, απαιτώντας ακόμη περισσότερους κυλίνδρους καυσίμου και αποθήκευσης ή μπαταρίες. Μια μεγάλη αύξηση στον αριθμό των οχημάτων με CNG θα απαιτούσε νέους αγωγούς φυσικού αερίου και άλλες υποδομές. Αν και τα αποθέματα φυσικού αερίου είναι μεγάλα, δεν είναι σαφές εάν η εξόρυξη θα μπορούσε να διπλασιαστεί σε πολλά χρόνια χωρίς αύξηση του κόστους εξόρυξης.

Σύμφωνα με τον Lave, τα οχήματα φυσικού αερίου παρουσιάζουν σημαντικές δυνατότητες για τη μείωση των εκπομπών αερίων και σωματιδίων. Υπάρχουν τυχόν προβλήματα για εφαρμογές συμπιεσμένου φυσικού αερίου, όπως η αποθήκευση επί πλοίου λόγω της χαμηλής αναλογίας ενεργειακού όγκου, το χτύπημα σε υψηλά φορτία και η υψηλή εκπομπή μεθανίου και μονοξειδίου του άνθρακα σε ελαφρά φορτία. Ωστόσο, αυτά μπορούν να ξεπεραστούν από τις κατάλληλες τεχνικές σχεδιασμού, διαχείρισης καυσίμων και επεξεργασίας καυσαερίων. Οι ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του καυσίμου του CNG παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9 Ιδιότητες του CNG

CNG Properties	Value
Density (kg/m ³)	0.72
Flammability limits (volume % in air)	4.3-15
Flammability limits (Ø)	0.4-1.6
Autoignition temperature in air (°C)	723
Minimum ignition energy (mJ) ^b	0.28
Flame velocity (ms ⁻¹) ^b	0.38
Adiabatic flame temperature (K) ^b	2214
Quenching distance (mm) ^b	2.1
Stoichiometric fuel/air mass ratio	0.069
Stoichiometric volume fraction %	9.48
Lower heating value (MJ/kg)	45.8
Heat of combustion (MJ/kg _{fuel}) ^b	2.9

Τα περισσότερα υφιστάμενα οχήματα φυσικού αερίου χρησιμοποιούν βενζινοκινητήρες, τροποποιημένους με μετασκευές μετατροπής μετά την αγορά και διατηρώντας τις δυνατότητα χρήσης των δύο καυσίμων. Οι μετατροπές των οχημάτων με δύο καύσιμα γενικά υποφέρουν από απώλεια ισχύος και μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα ευστάθειας λόγω του σχεδιασμού

και / ή της εγκατάστασης των πακέτων αναβαθμίσεων. Στις περιπτώσεις όπου το αντίστοιχο γίνεται σε πετρελαιοκινητήρα, το φυσικό αέριο ως καύσιμο κινητήρων ντίζελ προσφέρει το πλεονέκτημα της μείωσης των εκπομπών οξειδίων του αζώτου, σωματιδίων και διοξειδίου του άνθρακα, διατηρώντας ταυτόχρονα την υψηλή απόδοση του συμβατικού κινητήρα ντίζελ.

Τα οχήματα ενός καυσίμου που έχουν βελτιστοποιηθεί για συμπιεσμένο φυσικό αέριο είναι πιθανό να είναι σημαντικά πιο ελκυστικά όσον αφορά τις επιδόσεις και κάπως πιο ελκυστικά από πλευράς κόστους. Σύμφωνα με τον Poulton, ένα όχημα με ένα μόνο καύσιμο με φυσικό αέριο πρέπει να είναι ικανό για παρόμοια ισχύ, παρόμοια ή υψηλότερη απόδοση και ως επί το πλείστον χαμηλότερες εκπομπές από ένα ισοδύναμο όχημα βενζίνης. Ένα τέτοιο όχημα θα είχε πολύ μικρότερη εμβέλεια, εκτός εάν οι δεξαμενές καυσίμων γίνουν πολύ μεγάλες, πράγμα που θα συνεπαγόταν περαιτέρω ποινές σε βάρος, χώρο, απόδοση και κόστος. Οι περιορισμοί της εμβέλειας των οχημάτων του CNG θα μειωθούν σημαντικά εάν αντικατασταθεί το LNG ως καύσιμο.

Ο αριθμός οκτανίων του φυσικού αερίου είναι περίπου 130, πράγμα που σημαίνει ότι οι κινητήρες θα μπορούσαν να λειτουργούν σε αναλογία συμπίεσης μέχρι 16: 1 χωρίς "χτυπήματα" ή εκρήξεις. Πολλοί από τους κατασκευαστές αυτοκινήτων έχουν ήδη κατασκευάσει οχήματα με σύστημα τροφοδοσίας φυσικού αερίου και ο καταναλωτής δεν χρειάζεται να πληρώσει για το κόστος των κιτ μετατροπής και των απαιτούμενων αξεσουάρ. Το πιο σημαντικό είναι ότι το φυσικό αέριο μειώνει σημαντικά τις εκπομπές CO₂ κατά 20-25% σε σύγκριση με τη βενζίνη, επειδή οι απλές χημικές δομές του φυσικού αερίου (κυρίως το μεθάνιο - CH₄) περιέχουν ένα άτομο άνθρακα σε σύγκριση με το ντίζελ (C₁₅H₃₂) και τη βενζίνη (C₈H₁₈). Όπως και το μεθάνιο και το υδρογόνο είναι ένας τύπος αερίου ελαφρύτερο από τον αέρα και μπορούν να αναμιχθούν για να μειώσουν τις εκπομπές οχημάτων κατά 50% επιπλέον.

Η σύνθεση του φυσικού αερίου ποικίλλει σημαντικά με την πάροδο του χρόνου και από τόπο σε τόπο. Η περιεκτικότητα σε μεθάνιο είναι τυπικά 70-90%. Σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία, το φυσικό αέριο υφίσταται ως αέριο και έχει χαμηλή πυκνότητα. Δεδομένου ότι η ογκομετρική πυκνότητα ενέργειας (joules / m³) είναι τόσο χαμηλή, το φυσικό αέριο αποθηκεύεται συχνά σε συμπιεσμένη κατάσταση (CNG) σε υψηλή πίεση αποθηκευμένο σε

δοχεία πίεσης. Τα χαρακτηριστικά καυσίμου του CNG παρουσιάζεται στον Πίνακα 10 παρακάτω.

Πίνακας 10 Χαρακτηριστικά του CNG ως καυσίμου

CNG Characteristics	Value
Vapour density	0.68
Auto Ignition	700°C
Octane rating	130
Boiling point (Atm. Press)	-162°C
Air-Fuel Ratio (Weight)	17.24
Chemical Reaction With Rubber	No
Storage Pressure	20.6Mpa
Fuel Air Mixture Quality	Good
Pollution CO-HC-NOx	Very Low
Flame Speed m per sec	0.63
Combust. ability with air	4-14%

Σύμφωνα με τον Roulton, το φυσικό αέριο έχει υψηλό αριθμό οκτανίων, για καθαρό μεθάνιο το RON = 130 και επιτρέπει σε έναν ειδικό κινητήρα να χρησιμοποιεί υψηλότερο λόγο συμπίεσης για να βελτιώσει τη θερμική αποδοτικότητα κατά περίπου 10% πάνω από αυτόν του βενζινοκινητήρα. Έχει προταθεί ότι ο βελτιστοποιημένος κινητήρας CNG θα πρέπει να είναι έως 20 τοις εκατό πιο αποδοτικός, αν και αυτό δεν έχει ακόμη αποδειχθεί. Συνεπώς, το πεπιεσμένο φυσικό αέριο μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί σε μηχανές εσωτερικής καύσης με χρήση σπινθήρα. Έχει επίσης ευρύτερο εύρος ευφλεκτότητας από τη βενζίνη και το ντίζελ. Η βέλτιστη απόδοση από το φυσικό αέριο επιτυγχάνεται όταν καίγεται σε ένα μίγμα στην κλίμακα $A = 1,3$ έως 1,5, αν και αυτό οδηγεί σε απώλεια ισχύος, η οποία μεγιστοποιείται ελαφρώς από το στοιχειομετρικό μίγμα αέρα / αερίου.

Επιπλέον, η χρήση του φυσικού αερίου βελτιώνει την απόδοση θερμάνσεως του κινητήρα και μαζί με τη βελτιωμένη θερμική απόδοση του κινητήρα αντισταθμίζουν περισσότερο την ποινή καυσίμου που προκαλείται από τις βαρύτερες δεξαμενές αποθήκευσης. Το φυσικό αέριο πρέπει να είναι σε συγκέντρωση 5% έως 15% προκειμένου να αναφλεγεί, καθιστώντας απίθανη την ανάφλεξη στο ανοιχτό περιβάλλον. Τα τελευταία και πιο συχνά αναφερόμενα πλεονεκτήματα έχουν να κάνουν με τη ρύπανση. Τα ποσοστά ποικίλουν ανάλογα με την πηγή, αλλά τα οχήματα καύσης φυσικού αερίου εκπέμπουν σημαντικά μικρότερες ποσότητες ρύπων από ό, τι τα πετρελαιοκίνητα οχήματα. Οι υδρογονάνθρακες εκτός του μεθανίου μειώνονται περίπου κατά 50%, το NO_x κατά 50-87%, το CO₂ κατά 20-30%, το CO κατά 70-95% και η καύση φυσικού

αερίου δεν παράγει σχεδόν καθόλου σωματίδια. Τα οχήματα που κινούνται με φυσικό αέριο δεν εκπέμπουν βενζόλιο και 1,3-βουταδιένιο που είναι τοξίνες που εκπέμπονται από οχήματα με κινητήρα ντίζελ.

Η χρήση του φυσικού αερίου ως καυσίμου οχημάτων υποστηρίζεται ότι παρέχει πολλά οφέλη στα εξαρτήματα του κινητήρα και μειώνει αποτελεσματικά τις απαιτήσεις συντήρησης. Δεν αναμιγνύεται ή αραιώνει το λιπαντικό λάδι και δεν προκαλεί εναποθέσεις στους θαλάμους καύσης και στα μπουζί στο βαθμό που το κάνει η χρήση της βενζίνης, επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής για τα δαχτυλίδια του εμβόλου και το μπουζί. Στη λειτουργία πετρελαιοκίνητου καυσίμου με διπλό καύσιμο αναφέρεται μειωμένη φθορά του κινητήρα, με αποτέλεσμα την αναμενόμενη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του κινητήρα.

Η χρήση φυσικού αερίου σε μετατροπή κινητήρα βενζίνης ανάφλεξης με σπινθήρα (SI) αναμένεται να οδηγήσει σε εύρος ζωής του κινητήρα τουλάχιστον τόσο καλό όσο αυτή του αρχικού χωρίς μετατροπή. Λόγω της πολύ χαμηλής ενεργειακής πυκνότητάς σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία δωματίου, το φυσικό αέριο πρέπει να συμπιεστεί και να αποθηκευτεί στο όχημα σε υψηλή πίεση - τυπικά 20 MPa, 200 bar ή 2.900 psi. Η εναλλακτική μέθοδος αποθήκευσης είναι σε υγρή μορφή σε θερμοκρασία -162°C . Λόγω της περιορισμένης χωρητικότητας των περισσότερων ενσωματωμένων συστημάτων αποθήκευσης CNG, ένα τυπικό όχημα που τροφοδοτείται με φυσικό αέριο θα χρειαστεί να ανεφοδιαστεί με καύσιμο δύο έως τρεις φορές πιο συχνά όσο ένα παρόμοιο βενζινοκίνητο ή πετρελαιοκίνητο όχημα - ένας τυπικός κινητήρας CNG που τροφοδοτείται με καύσιμο έχει εμβέλεια 150-200 χιλιόμετρα και ένα φορτηγό ή λεωφορείο περίπου 300-400 χιλιόμετρα.

Είναι πιθανό ότι ο απαιτούμενος χώρος και το βάρος των συστημάτων αποθήκευσης καυσίμου CNG θα πέσουν στο μέλλον ως αποτέλεσμα της βελτιωμένης αποτελεσματικότητας του κινητήρα όπως με τα ειδικά σχέδια και τις ελαφριές δεξαμενές αποθήκευσης. Όταν ένα όχημα λειτουργεί με CNG, περίπου το 10% της επαγόμενης ροής αέρα αντικαθίσταται από αέριο το οποίο προκαλεί αντίστοιχη πτώση της ισχύος του κινητήρα. Από πλευράς απόδοσης, ο κινητήρας με δύο καύσιμα που έχει μετατραπεί θα έχει κατά κανόνα 15-20 τοις εκατό μέγιστη μείωση ισχύος από αυτή για την έκδοση βενζίνης. Όταν μια μετατροπή κινητήρα ντίζελ τροφοδοτείται με αέριο μπορεί να επιτευχθεί περισσότερη ισχύς κινητήρα λόγω του

πλεονάζοντος αέρα που διατίθεται, ο οποίος, λόγω των περιορισμών του καπνού, δεν καταναλώνεται πλήρως. Επειδή το φυσικό αέριο έχει χαμηλό αριθμό κετανίων, απαιτείται μετατροπή ανάφλεξης με σπινθήρα για τους κινητήρες ντίζελ, προσθέτοντας στο κόστος μετατροπής. Παρόλο που μπορεί να είναι διαθέσιμη περισσότερη ισχύς, η εμπειρία έχει δείξει ότι οι μετατροπές κινητήρων SI συνήθως χαμηλώνουν ώστε να αποφεύγονται οι υπερβολικές θερμοκρασίες καύσης που οδηγούν σε προβλήματα ανθεκτικότητας εξαρτημάτων. Μια μετατροπή διπλού καυσίμου πετρελαίου / αερίου μπορεί να έχει απώλεια απόδοσης, σε σχέση με την τροφοδοσία με πετρέλαιο ντίζελ μόνο. Μια απώλεια θερμικής απόδοσης κατά 15-20% αναφέρθηκε σε μια επίδειξη φορτηγών βαρέως φορτίου διπλού καυσίμου στον Καναδά, όπου το φυσικό αέριο παρείχε το 60% της συνολικής απαίτησης για καύσιμα κατά τη λειτουργία με δύο καύσιμα. Ένα άλλο μειονέκτημα του μεθανίου είναι ότι πρόκειται για ένα αέριο θερμοκηπίου με παράγοντα αναγκαστικής θέρμανσης πολλές φορές μεγαλύτερο από το κύριο αέριο του θερμοκηπίου, το CO₂, η διαρροή αερίου ή η εκπομπή οχημάτων, και το μέγεθος της απελευθέρωσης θα έχει αντίκτυπο στις εκπομπές GHG συνολικά σε σχέση με τη βενζίνη ή το ντίζελ που αντικαθιστά. Οι πτυχές ασφαλείας της μετατροπής των οχημάτων σε φυσικό αέριο προκαλούν ανησυχία σε πολλούς ανθρώπους. Ωστόσο, η χαμηλή πυκνότητα του μεθανίου σε συνδυασμό με υψηλή θερμοκρασία αυτανάφλεξης, για το CNG είναι 540 ° C σε σύγκριση με 227-5000°C για βενζίνη και 2570°C για καύσιμο ντίζελ και υψηλότερα όρια ευφλεκτότητας δίνουν στο αέριο υψηλό ρυθμό διασποράς και καθιστούν την πιθανότητα ανάφλεξης σε περίπτωση διαρροής αερίου πολύ μικρότερη από τη βενζίνη ή το ντίζελ.

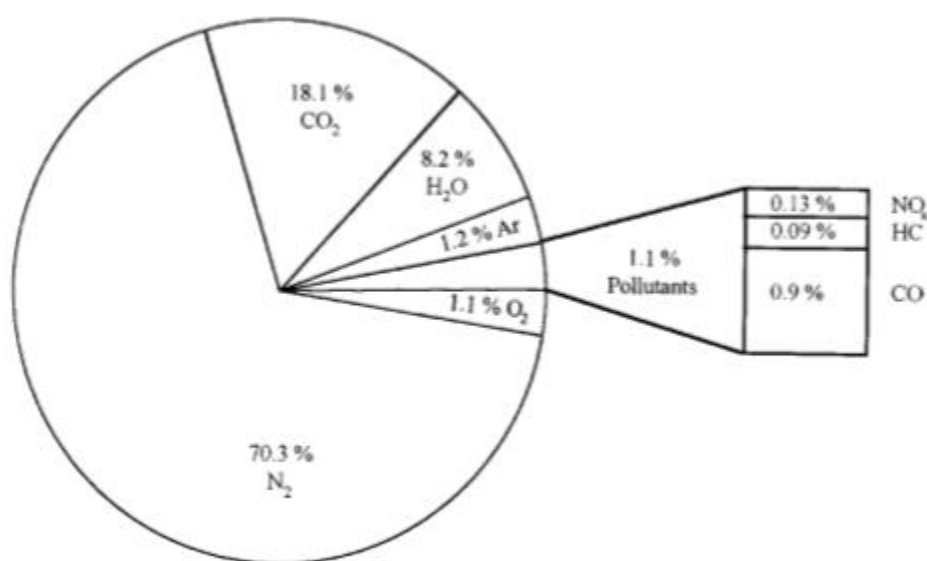
Επιπλέον, το φυσικό αέριο δεν είναι ούτε τοξικό, καρκινογόνο ούτε καυστικό. Η μέγιστη μέγιστη πίεση λειτουργίας για έναν κύλινδρο αποθήκευσης οχήματος είναι συνήθως μεταξύ 20 και 25 MPa - συνήθως 20 MPa. Οι κύλινδροι ελέγχονται πριν από την εγκατάσταση σε πίεση 30 MPa (300 bar ή 4.350 psi) ή σε επίπεδο που ανταποκρίνεται στις τοπικές απαιτήσεις. Οι κανονισμοί ασφαλείας καθορίζουν μια περιοδική επανεξέταση, συνήθως σε πενταετή διαστήματα, συμπεριλαμβανομένης δοκιμασίας πίεσης και εσωτερικής επιθεώρησης για τη διάβρωση. Υπάρχουν δύο τρόποι ανεφοδιασμού με CNG, ο πρώτος είναι γρήγορος και ο δεύτερος αργός. Η γρήγορη πλήρωση είναι εκεί που οι χρόνοι ανεφοδιασμού είναι συγκρίσιμοι με αυτούς που εμπλέκονται με συμβατικά υγρά καύσιμα. Η γρήγορη πλήρωση απαιτεί κανονικά αποθήκευση υψηλής πίεσης (25 MPa) στο σταθμό ανεφοδιασμού, αν και μια εναλλακτική λύση

είναι να χρησιμοποιηθεί ένας συμπιεστής μεγέθους για να γεμίζει τα οχήματα απευθείας χωρίς ενδιάμεση αποθήκευση. Ένας τυπικός μεσαίος σταθμός ανεφοδιασμού με έξοδο συμπιεστή γύρω στα 300 m³ / ώρα θα είναι σε θέση να εξυπηρετήσει 30 λεωφορεία ή 300 αυτοκίνητα σε περίοδο 12 ωρών. Η αργή πλήρωση είναι όπου ένα ή περισσότερα οχήματα συνδέονται απευθείας με μια τροφοδοσία χαμηλής πίεσης μέσω ενός συμπιεστή σε σχετικά μεγάλες χρονικές περιόδους χωρίς την εγκατάσταση αποθήκευσης υψηλής πίεσης. Για πολλές λειτουργίες στόλου, η εγκατάσταση ανεφοδιασμού θα βρίσκεται στο γκαράζ του στόλου, με διανομείς τοποθετημένους δίπλα στους χώρους στάθμευσης των οχημάτων. Ένα όχημα CNG θα ανεφοδιάζεται δύο με τρεις φορές πιο συχνά όσο ένα αντίστοιχο βενζίνης ή ντίζελ. Αυτό έχει προφανείς συνέπειες για τους σταθμούς ανεφοδιασμού καυσίμων του CNG και τους τοπικούς περιορισμούς της ροής της κυκλοφορίας. Το γεγονός ότι το αέριο παραδίδεται με αγωγούς παρά με δεξαμενόπλοιο, ωστόσο, μετριάξει τόσο τη ροή της κυκλοφορίας όσο και τους οδικούς κινδύνους. Μια πρόσθετη μέριμνα είναι το κόστος σύνδεσης με αγωγό αερίου που έχει την πίεση και την ικανότητα ροής για να καλύψει τη ζήτηση

3. ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΗΣ – ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΚΑΥΣΙΜΟ

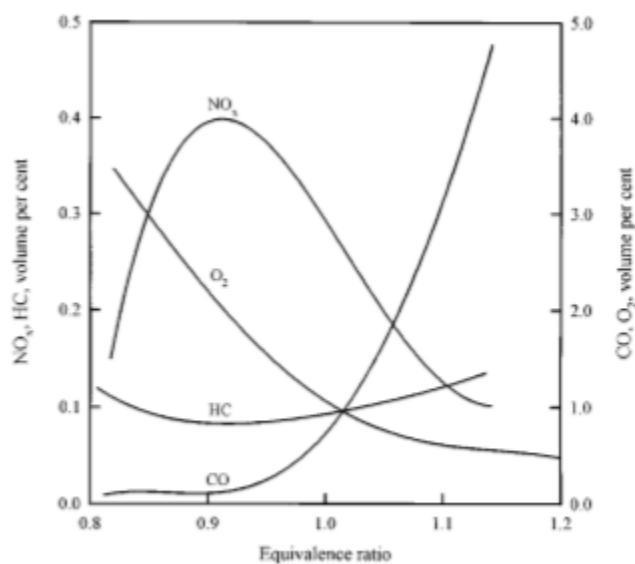
Η τεράστια αύξηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης που προκαλείται από τις διεργασίες καύσης καθιστά απαραίτητο να βρεθούν λύσεις για τη μείωση τους. Λίγο μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο αναγνωρίστηκε ότι μεγάλο μέρος αυτού του προβλήματος προκαλείται από την εκπομπή καυσαερίων από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης. Τα αίτια και ο έλεγχος αυτού του προβλήματος αποτέλεσαν το στόχο μιας τεράστιας έρευνας και ανάπτυξης, η οποία συνεχίζεται.

Η αντίδραση που προκαλεί η διαδικασία στους κινητήρες προκαλεί την παραγωγή όχι μόνο των CO_2 , H_2O και H_2 , αλλά και των διαφόρων ρύπων που βρίσκονται στα καυσαέρια του κινητήρα. Οι κύριοι ρύποι που υπόκεινται στη νομοθεσία για τις εκπομπές καυσαερίων είναι το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οι άκαυτοι υδρογονάνθρακες (HC) και τα αζωτούχα οξείδια (NO_x). Άλλοι σημαντικοί ρύποι που περιέχονται στις εκπομπές καυσαερίων είναι οι αλδεϋδες (ενώσεις H-C-O), τα συστατικά που παράγονται με χρήση καυσίμων με μόλυβδο, το οξείδιο του θείου (SO_2) και τα αιωρούμενα σωματίδια (συμπεριλαμβανομένης της αιθάλης), ειδικά σε κινητήρες ντίζελ. Μια τυπική σύνθεση καυσαερίων (δοκιμή ECE) παρουσιάζεται στο σχήμα 8.



Σχήμα 8 Σύνθεση καυσαερίων χωρίς καταλυτική μετατροπή στην δοκιμή ECE

Οι εκπομπές ρύπων ποικίλλουν μεταξύ των διαφόρων κινητήρων και εξαρτώνται από μεταβλητές όπως ο χρόνος ανάφλεξης, το φορτίο, η ταχύτητα και ειδικότερα ο λόγος καυσίμου / αέρα. Το σχήμα 9 δείχνει τυπικές μεταβολές των συγκεντρώσεων ρύπων με τον λόγο καυσίμου / αέρα για έναν κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα.



Σχήμα 9 Εκπομπές κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα για διαφορετικούς λόγους καυσίμου αέρα

Το μερίδιο της τοξικότητας που μπορεί να αποδοθεί στους ρύπους ICE είναι καλά κατανοητό, το περίγραμμα του οποίου δίνεται στο επόμενο τμήμα μαζί με τις συγκεντρώσεις μέγιστου χώρου εργασίας (ΜΑΚ).

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO): Λόγω της ισχυρής προσκόλλησης του στην αιμοσφαιρίνη, ακόμη και χαμηλές συγκεντρώσεις μπορεί να είναι επαρκείς για να προκαλέσουν ανεπάρκεια. Η τιμή ΜΑΚ είναι 33 mgm^{-3} .

Ακατέργαστοι υδρογονάνθρακες (HC): Γενικά προκαλούν ερεθισμό στους βλεννογόνους στους ανθρώπους

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂): Ακόμη και χαμηλές συγκεντρώσεις προκαλούν ερεθισμό των πνευμόνων, βλάβη των ιστών και ερεθισμό των βλεννογόνων. Υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού οξέος. Η τιμή ΜΑΚ είναι 9 mgm^{-3} .

Μονοξειδίο του αζώτου (NO): Μειώνει τη λειτουργία των πνευμόνων και ερεθίζει τους βλεννογόνους στον άνθρωπο. Υπάρχει κίνδυνος σχηματισμού νιτρικού οξέος. Η τιμή MAK είναι 9 mgm^{-3} .

Αλδεϋδες (ενώσεις H-C-O): Έχουν ναρκωτική επίδραση. Ορισμένες από αυτές τις ενώσεις πιστεύεται ότι προκαλούν καρκίνο, η τιμή MAK (για παράδειγμα φορμαλδεϋδης) είναι 0.6 mgm^{-3} .

Μόλυβδος: Μειώνει την απορρόφηση οξυγόνου του αίματος. Η τιμή MAK είναι 0.1 mgm^{-3} .

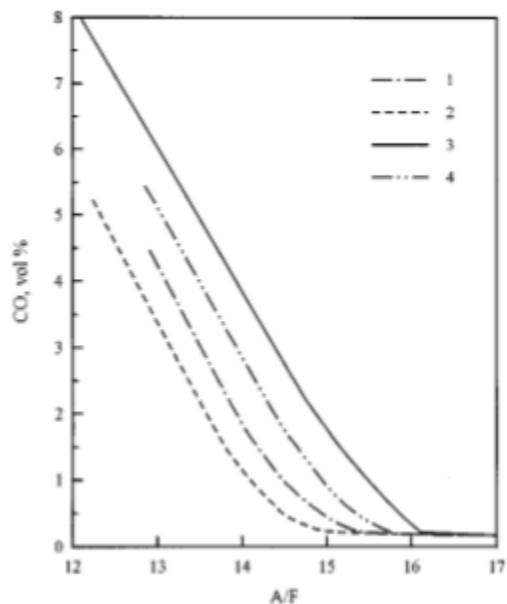
Θειούχο οξείδιο (SO₂): Προκαλεί φλεγμονές των βλεννογόνων. Είναι η κύρια αιτία παραγωγής θεικού οξέος στην ατμόσφαιρα. Η τιμή MAK είναι 2 mgm^{-3} .

Σωματίδια: Μέρος των σωματιδίων μπορεί να εισέλθει στους πνεύμονες, πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα τον κίνδυνο για την υγεία. Τα σωματίδια περιέχουν επίσης αιθάλη (ως καθαρό άνθρακα ή με εναποτιθέμενους υδρογονάνθρακες). Η αιθάλη πιστεύεται ότι έχει καρκινογόνο δράση.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): Οι υπερβολικές συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε ανεπάρκεια. Συντελεί γενικά στη μακροπρόθεσμη περιβαλλοντική ζημία που προκαλείται από τις ατμοσφαιρικές μεταβολές (θέρμανση του πλανήτη ή φαινόμενο θερμοκηπίου). Η τιμή MAK του διοξειδίου του άνθρακα είναι 9000 mgm^{-3} .

3.1 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΒΕΝΖΙΝΗΣ

Οι εκπομπές CO επηρεάζονται κυρίως από τον λόγο αέρα / καυσίμου. Το σχήμα 10 δείχνει τα επίπεδα CO στα καυσαέρια μιας συμβατικής μηχανής ανάφλεξης με σπινθήρα για αρκετές συνθέσεις καυσίμου που διαφέρουν στην αναλογία H / C.



Σχήμα 10 Μεταβολή στις εκπομπές μονοξειδίου κινητήρα βενζίνης για μεταβολή του λόγου υδρογόνου άνθρακα και την μεταβολή του λόγου καυσίμου αέρα

Για έναν συγκεκριμένο λόγο αέρα / καυσίμου, οι συγκεντρώσεις CO ποικίλλουν ανάλογα με τη σύνθεση του χρησιμοποιημένου καυσίμου. Όσο υψηλότερη είναι η αναλογία H / C τόσο χαμηλότερες θα είναι οι συγκεντρώσεις. Για μια συγκεκριμένη σύνθεση καυσίμου, για τα πλούσια σε καύσιμα μείγματα, οι συγκεντρώσεις CO αυξάνονται σταθερά με τη μείωση του λόγου αέρα / καυσίμου. Για τα μειγμάτων καυσίμων, οι συγκεντρώσεις CO ποικίλλουν ελάχιστα με τον λόγο αέρα / καυσίμου. Οι κινητήρες βενζίνης λειτουργούν συχνά σε σύνθεση που είναι σχεδόν πλούσιο σε καύσιμα με πλήρες φορτίο, πράγμα που σημαίνει σημαντικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Ακόμα και για τα μειωμένα καύσιμα μείγματα, κάποιο CO θα προκύψει λόγω της κακής ανάμιξης, των τοπικών πλούσιων περιοχών, της ελλιπούς καύσης και επίσης επειδή δεν υπάρχει αρκετός χρόνος για την επίτευξη ισορροπίας της οξείδωσης του CO σε CO₂.

Οι εκπομπές HC οφείλονται κυρίως στην ατελή καύση καυσίμων υδρογονανθράκων. Τα βασικά συστατικά των άκαυστων υδρογονανθράκων είναι αρωματικοί υδρογονάνθρακες (βενζόλιο, τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο), ολεφίνες (πχ. Προπάνιο, αιθυλένιο), ακετυλένιο και παραφίνη (πχ μεθάνιο). Οι άκαυτοι υδρογονάνθρακες θα παραμείνουν μόνο σε εκείνες τις περιοχές όπου δεν μεταδίδεται η φλόγα, όπως κενά κοντά στη φλάντζα κυλινδροκεφαλής, στην κορυφή του

εμβόλου, στους δακτυλίους του εμβόλου και στα μπουζί. Οι εκπομπές HC σχηματίζονται επίσης λόγω της εσφαλμένης έναυσης καθώς και λόγω της αποκόλλησης του φίλτρου λίπανσης.

Το σχήμα 9 δείχνει ότι τα οξείδια του αζώτου φθάνουν στο μέγιστο σε ελαφρά περίσσεια αέρα. Η παραγωγή αυτών των συστατικών ενισχύεται από υψηλές τοπικές θερμοκρασίες αιχμής και αντίστοιχη περίσσεια αέρα. Οι υψηλές θερμοκρασίες ενθαρρύνουν τη διάσπαση των N_2 και O_2 στα ατομικά τους συστατικά. Ο υπερβολικός αέρας εξασφαλίζει την ύπαρξη επαρκούς οξυγόνου. Όλες οι παράμετροι που σχετίζονται με τον κινητήρα (π.χ. φορτίο, λόγος αέρα / καυσίμου, γωνία ανάφλεξης, συμπιεσμένη ροπή), επηρεάζουν τις εκπομπές NO_x . Οι εκπομπές NO_x αντιπροσωπεύουν περίπου το 90-98% όλων των εκπομπών NO_x κατά τη λειτουργία του κινητήρα.

Οι αλδεΐδες είναι υδρογονάνθρακες με επιπλέον ενσωματωμένα άτομα οξυγόνου. Αυτές οι ενώσεις O-H-O παράγονται κυρίως κατά την καύση καυσίμων με υψηλό περιεχόμενο οξυγόνου, π.χ. αλκοόλες. Ένας σημαντικός εκπρόσωπος αυτής της ομάδας ρύπων είναι η φορμαλδεΐδη ($HCHO$) η οποία υπόκειται ήδη σε κανονισμούς σε μέρη όπως η Καλιφόρνια.

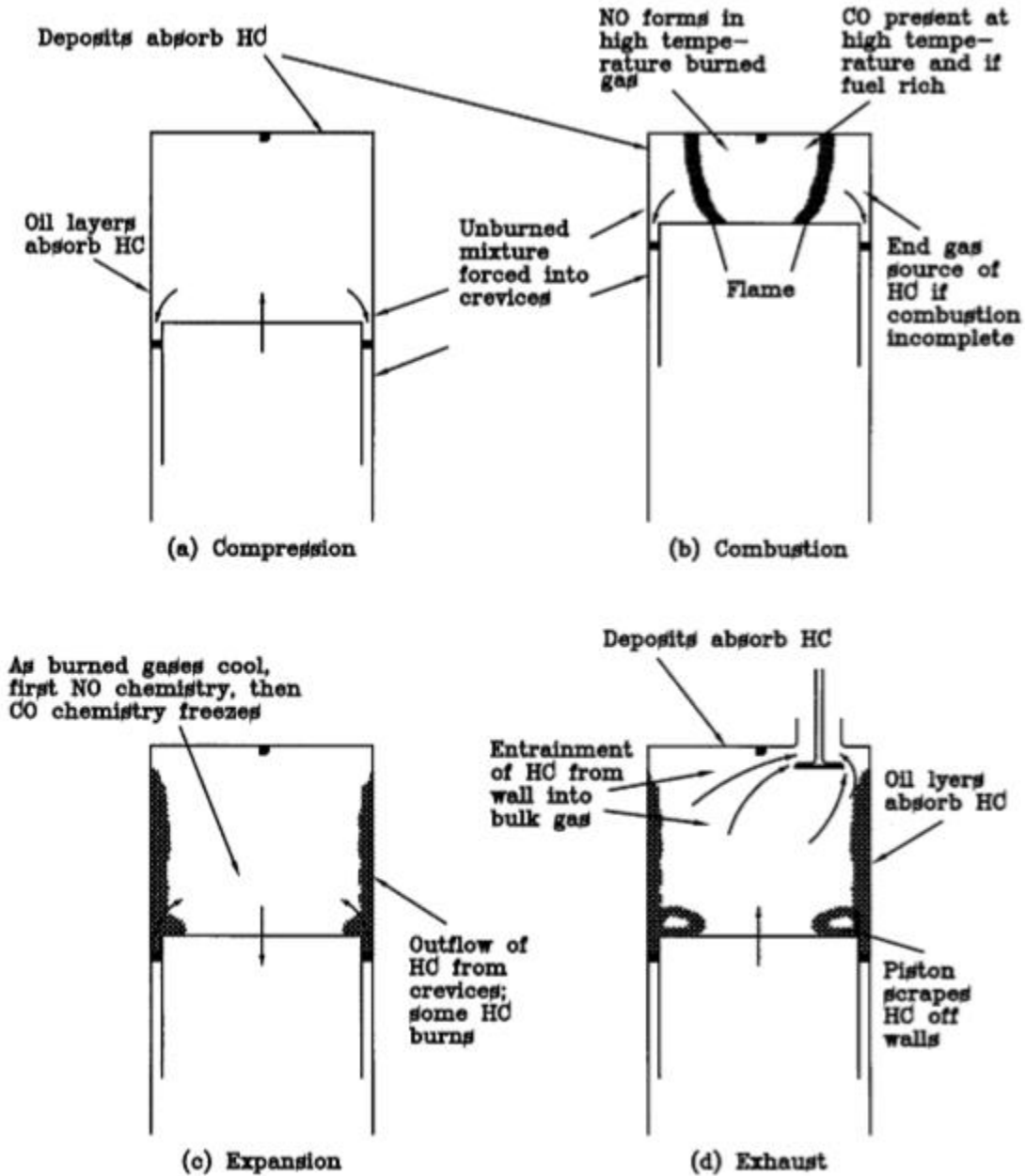
Οι εκπομπές μολύβδου των κινητήρων ανάφλεξης με σπινθήρα προκαλούνται αποκλειστικά από πρόσθετα μολύβδου που περιέχονται στη βενζίνη. Ο μολύβδος απαντάται συνήθως σε πρόσθετα κατά του χτυπήματος που βασίζονται σε ενώσεις χλωρίου και βρωμίου, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μείωση της υψηλής θερμοκρασίας ζέσεως του μολύβδου. Η χρήση προσθέτων μολύβδου μειώνεται ραγδαία καθώς μολύνουν τους καταλυτικούς μετατροπείς που χρησιμοποιούνται σήμερα. Μια ποιοτική απεικόνιση των μηχανισμών σχηματισμού HC, CO και NO σε έναν κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα δίνεται στο Σχήμα 11.

3.2 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΝΤΙΖΕΛ

Ο μέσος λόγος αέρα / καυσίμου που υπάρχει στον θάλαμο καύσης ανά κύκλο είναι πολύ υψηλότερος στον κινητήρα ντίζελ από ό, τι στον κινητήρα SI. Λόγω της έλλειψης ομοιογένειας του μείγματος που δημιουργείται από τη στρωματοποίηση, ωστόσο, υπάρχουν εξαιρετικά «πλούσιες» τοπικές ζώνες. Αυτό παράγει υψηλές συγκεντρώσεις CO που μειώνονται σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό με μεταοξειδωση. Όταν αυξάνεται ο λόγος περίσσειας αέρα, οι

πτώση θερμοκρασίας προκαλεί μείωση του ρυθμού μετά-οξειδωσης (οι αντιδράσεις «παγώνουν»). Συνεπώς, οι συγκεντρώσεις CO των κινητήρων ντίζελ είναι πολύ χαμηλότερες από αυτές των κινητήρων SI. Οι βασικές αρχές του σχηματισμού CO είναι πάντως οι ίδιες.

Δεδομένου ότι το μείγμα καυσίμου αέρα δεν είναι ομοιογενές καθ 'όλη τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης πετρελαίου, υπάρχουν εξαιρετικά υψηλές αναλογίες υπερβολικού αέρα σε ορισμένες ζώνες.



Σχήμα 11 Σχηματισμός HC, CO και NO σε έναν κινητήρα ανάφλεξης με σπινθήρα

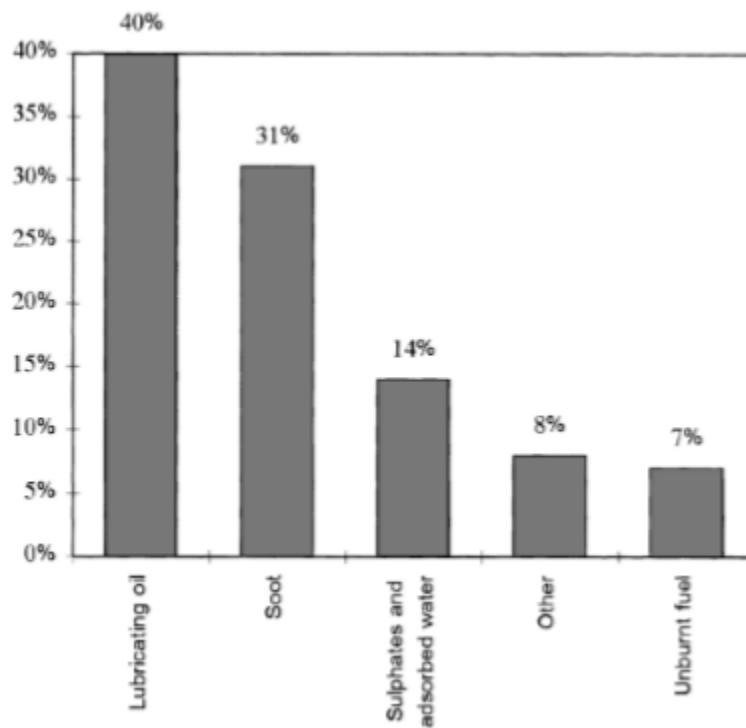
Όσο υψηλότερη είναι η αναλογία αέρα / καυσίμου, τόσο χαμηλότερη είναι η τοπική θερμοκρασία. Αυτό σημαίνει ότι οι χημικές αντιδράσεις προχωρούν αρκετά αργά ή μπορεί ακόμη και να «παγώσουν», οδηγώντας έτσι σε αυξημένες εκπομπές HC. Γενικά, οι συγκεντρώσεις HC των κινητήρων ντίζελ είναι χαμηλότερες από εκείνες των κινητήρων ανάφλεξης με σπινθήρα.

Οι συγκεντρώσεις NOx είναι χαμηλότερες από τις μηχανές ανάφλεξης με σπινθήρα, Το μερίδιο του NO in στις εκπομπές NOx είναι ελαφρώς υψηλότερο. Ο τύπος της διαδικασίας καύσης έχει σημαντική επίδραση στον σχηματισμό οξειδίου του αζώτου. Σε κινητήρες με χωριστό θάλαμο καύσης, η καύση αρχικά συμβαίνει στο θάλαμο προθέρμανσης ή στροβιλισμού υπό συνθήκες εξαιρετικής έλλειψης οξυγόνου. Αυτό δημιουργεί υψηλές θερμοκρασίες και τα επίπεδα NOx είναι χαμηλά λόγω έλλειψης αέρα και, κατά συνέπεια, οξυγόνου. Αυτή η διαδικασία αναστρέφεται στον κύριο θάλαμο καύσης. Οι υπερβολικοί λόγοι περίσσειας αέρα και, ως εκ τούτου, οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν επίσης ως αποτέλεσμα το σχηματισμό χαμηλών NOx. Ο πετρελαιοκινητήρας διπλής κατεύθυνσης δεν έχει τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα οποία διατηρούν χαμηλές τις εκπομπές NOx. Ως αποτέλεσμα, ο σχηματισμός NOx είναι περίπου διπλάσιος από τον κινητήρα με χωριστό θάλαμο καύσης.

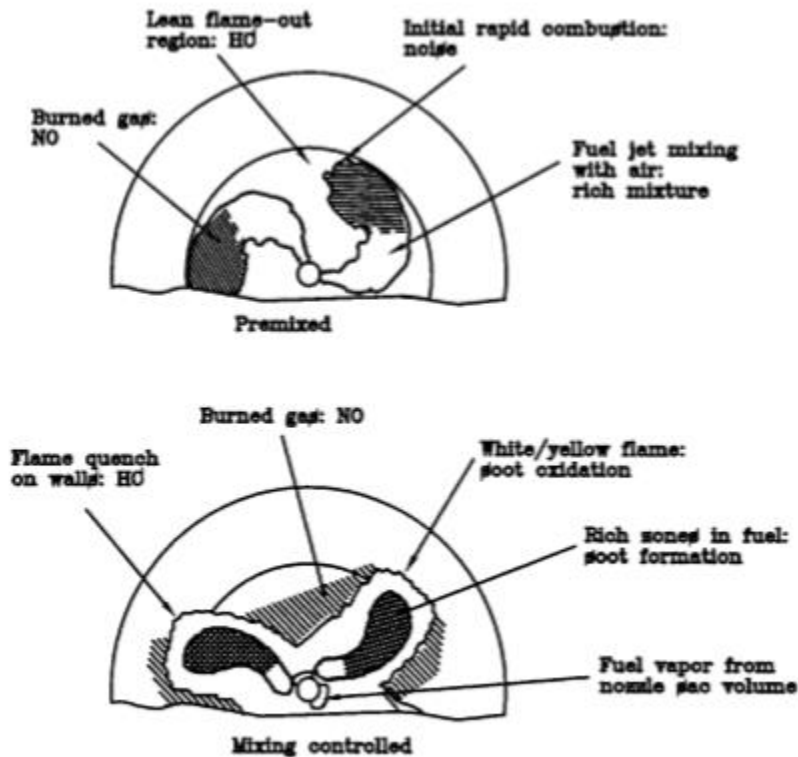
Οι ενώσεις θείου προκαλούνται αποκλειστικά από την περιεκτικότητα σε θείο του καυσίμου. Όταν συνδυάζεται με το νερό που παράγεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας καύσης, το SO₂ παράγει θειικό οξύ. Οι ενώσεις θείου προκαλούν προβλήματα όσον αφορά την όξινη βροχή και τον σχηματισμό σωματιδίων μέσω θειικών αλάτων.

Βασικά, οι εκπομπές αιθάλης αποτελούν μέρος των εκπομπών σωματιδίων. Ο σχηματισμός αιθάλης συμβαίνει σε ακραία ατμοσφαιρική έλλειψη. Αυτή η έλλειψη αέρα ή οξυγόνου υπάρχει τοπικά στους κινητήρες ντίζελ. Αυξάνεται καθώς μειώνεται ο λόγος αέρα / καυσίμου. Η αιθάλη παράγεται από την ελλιπή πυρόλυση του οξυγόνου στα μεγάλα μήκους μόρια. Ο διαχωρισμός υδρογόνου οδηγεί σε δομές C που εμφανίζουν αυξανόμενη έλλειψη υδρογόνου. Ακετυλένιο και άλλες διεργασίες πολυμερισμού οδηγούν στο σχηματισμό μορίων πλούσιων σε άνθρακα που σχηματίζουν σωματίδια αιθάλης. Όταν η αιθάλη σχηματιστεί, μπορεί να οξειδωθεί μόνο σε περιορισμένο βαθμό. Ο σχηματισμός αιθάλης παράγει μόρια με μια ολόενα και μικρότερη περιεκτικότητα υδρογόνου και υψηλότερο βάρος που θα συσσωματωθούν τελικά για το σχηματισμό σωματιδίων αιθάλης. Τα σωματίδια αποτελούνται από στερεές (οργανικά αδιάλυτες) και υγρές (οργανικά διαλυτές) φάσεις. Η στερεή φάση αποτελείται από άμορφο άνθρακα, τέφρα, πρόσθετα ελαίου, προϊόντα διάβρωσης και προϊόντα απόξεσης. Η υγρή φάση αποτελείται από καύσιμα και λιπαντικά, τα οποία, στις περισσότερες περιπτώσεις, συνδυάζονται με την αιθάλη. Οι υδρογονάνθρακες που περιέχονται στα θερμά καυσαέρια εξακολουθούν να

είναι σε μεγάλο βαθμό αέρια και μετατρέπονται σε υγρή, οργανικά διαλυτή φάση (σωματίδια) μετά από ψύξη με τυρβώδη ανάμιξη με αέρα. Η σύνθεση των σωματιδίων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σημείο λειτουργίας και τη διαδικασία καύσης. Το Σχήμα 12 δείχνει μια τυπική σωματιδιακή σύνθεση των εξατμιζόμενων καυσαερίων. Σχήμα 13 απεικονίζει τα διάφορα τμήματα του πίδακα καυσίμου και του φρέατος για τον σχηματισμό NO, άκαυστων HC και αιθάλης κατά τη διάρκεια των προκαταρκτικώς αναμιγμένων και ελεγχόμενων με ανάμειξη φάσεων καύσης πετρελαίου σε μηχανή άμεσης έγχυσης.



Σχήμα 12 Σύσταση σωματιδίων των καυσαερίων κινητήρων ντίζελ



Σχήμα 13 Μηχανισμοί σχηματισμού ρυπαντών στις μηχανές απ' ευθείας έγχυσης καυσίμου

3.3 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ L.P.G.

Σε ενεργειακή βάση, το υγραέριο έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα από τη βενζίνη ή το ντίζελ. Όταν χρησιμοποιείται σε κινητήρες ανάφλεξης με σπινθήρα, το LPG παράγει σχεδόν μηδενικές εκπομπές σωματιδίων, πολύ χαμηλές εκπομπές CO και μέτριες εκπομπές HC. Μεταβολές στη συγκέντρωση διαφόρων υδρογονανθράκων στο υγραέριο μπορεί να επηρεάσουν τη σύνθεση και την αντιδραστικότητα των εκπομπών καυσαερίων HC. Δεδομένου ότι οι ολεφίνες (όπως το προπένιο και το βουτάνιο) είναι πολύ πιο δραστικά συμβάλλοντας περισσότερο στον σχηματισμό όζοντος από ό, τι οι παραφίνες (όπως το προπάνιο και τα βουτάνια), η αύξηση της περιεκτικότητας σε ολεφίνες του υγραερίου είναι πιθανό να οδηγήσει σε αυξημένο δυναμικό σχηματισμού όζοντος των εκπομπών καυσαερίων. Λόγω των αεριοστεγανών σφραγίδων που απαιτούνται στο σύστημα καυσίμου, οι εκπομπές λόγω

εξατμίσεων είναι αμελητέες. Οι εκπομπές καυσαερίων NMHC και CO είναι χαμηλότερες με το LPG από τη βενζίνη. Οι εκπομπές CO₂ είναι επίσης κάπως χαμηλότερες από εκείνες για τη βενζίνη λόγω της χαμηλότερης αναλογίας άνθρακα-ενέργειας και του υψηλότερου αριθμού οκτανίων του υγραερίου.

Οι εκπομπές NO_x είναι παρόμοιες με εκείνες των οχημάτων βενζίνης και μπορούν να ελεγχθούν αποτελεσματικά χρησιμοποιώντας καταλύτες. Συνολικά, το υγραέριο παρέχει λιγότερα οφέλη για την ποιότητα του αέρα από το CNG, κυρίως επειδή οι εκπομπές υδρογονανθράκων είναι περισσότερο αντιδραστικές φωτοχημικά και οι εκπομπές CO είναι υψηλότερες. Τα σύγχρονα αυτοκίνητα διπλού καυσίμου LPG έχουν επιτύχει εντυπωσιακά αποτελέσματα στη μείωση των εκπομπών. Τα αποτελέσματα των δοκιμών μεσαίων εκπομπών και κατανάλωσης καυσίμου για επιβατηγά αυτοκίνητα διπλής καύσης που έχουν καταλύτη κλειστού βρόγχου και εξοπλισμό υγραερίου τρίτης γενιάς συνοψίζονται στον πίνακα 11. Οι δοκιμές διεξήχθησαν στον κύκλο EDCE + EUDC. Ο πίνακας 12 δείχνει τα περιορισμένα δεδομένα εκπομπών που διατίθενται για οχήματα με υγραέριο.

Πίνακας 11 Εκπομπές οχημάτων με χρήση L.P.G.

Vehicle type	NO _x	NMHC	CO
Passenger car (g/mile)	0.2	0.15	1
Heavy-duty engine (g/bhp-hr)	2.8	0.5	23.2

Πίνακας 12 Σύγκριση εκπομπών και κατανάλωσης καυσίμου από οχήματα με διπλό καύσιμο (βενζίνη-υγραέριο)

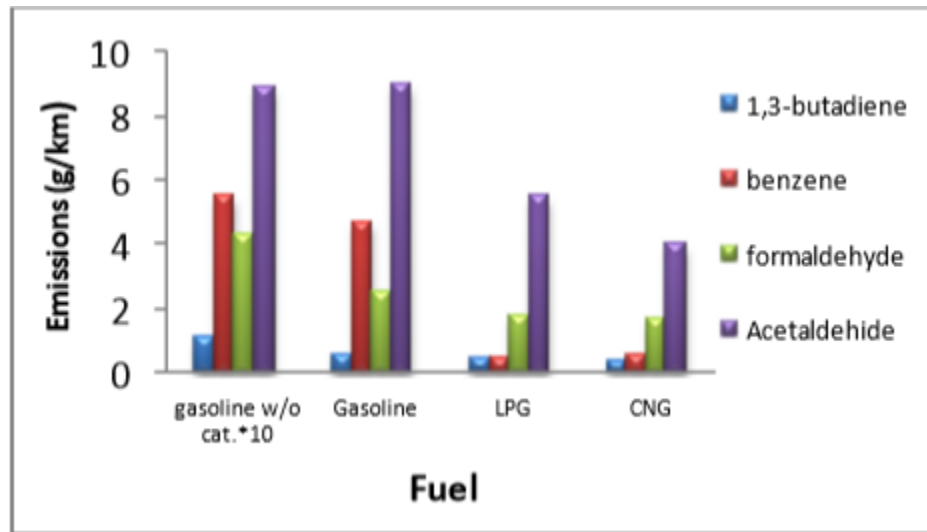
Sr. no.	Emissions and fuel consumption	Gasoline	LPG
1	CO (g/km)	0.87	0.72
2	HC (g/km)	0.14	0.12
3	NO _x (g/km)	0.12	0.16
4	Fuel consumption (l/100km)	8.7	11.3
5	Energy consumption(MJ/km)	2.8	2.7

Οι σύγχρονοι κινητήρες με υγραέριο με ανάφλεξη με σπινθήρα, εξοπλισμένοι με καταλύτη, μπορούν εύκολα να πληρούν τα αυστηρά πρότυπα εκπομπών βαρέων οχημάτων (Euro 2 και 3). Οι κινητήρες με lean καύσης σε συνδυασμό με έναν καταλύτη οξείδωσης μπορούν επίσης να επιτύχουν πολύ χαμηλά αποτελέσματα εκπομπών. Τα πολύ χαμηλά επίπεδα σωματιδιακών

εκπομπών, τόσο με στοιχειομετρικούς όσο και με lean κινητήρες υγραερίου, εξακολουθούν να είναι το ισχυρότερο σημείο τους, ιδίως καθώς αυτό επιτυγχάνεται με χαμηλές εκπομπές NOx.

Οι Lee. et al πραγματοποίησαν μια πειραματική μελέτη σχετικά με τα χαρακτηριστικά απόδοσης και εκπομπών ενός κινητήρα SI που λειτουργεί με DME αναμεμειγμένο με LPG. Τα αποτελέσματα που έλαβαν έδειξαν ότι το χτύπημα αυξήθηκε σημαντικά με το DME λόγω του υψηλού αριθμού κετανίων του DME. Η ισχύς του κινητήρα εξόδου από τη χρήση 10% DME ήταν συγκρίσιμη με εκείνη του καθαρού υγραερίου. Οι εκπομπές καυσαερίων όπως το HC και το NOx αυξήθηκαν ελαφρώς όταν χρησιμοποιούσαν αναμεμειγμένο καύσιμο σε χαμηλές στροφές κινητήρα. Ωστόσο, με τη χρησιμοποίηση αναμεμειγμένου καυσίμου μειώθηκε η ισχύς του κινητήρα και η ειδική κατανάλωση καυσίμου (BSFC) μειώθηκε εξαιρετικά, επειδή το ενεργειακό περιεχόμενο του DME είναι πολύ χαμηλότερο από αυτό του υγραερίου.

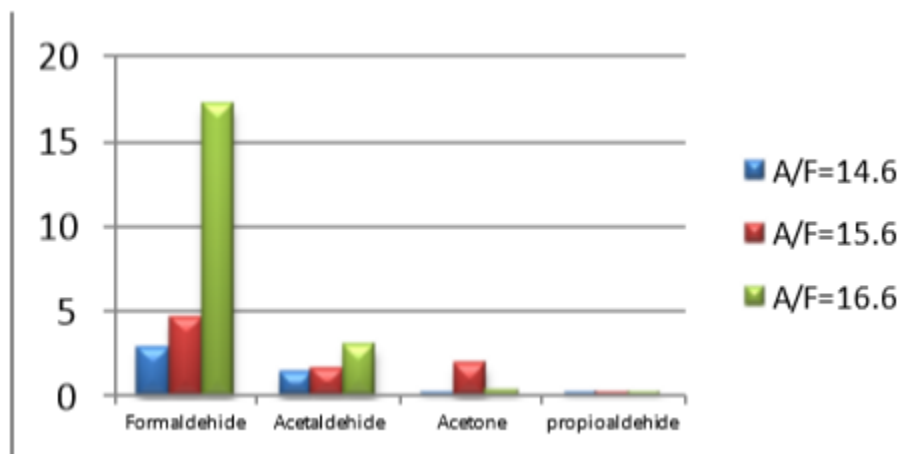
Η έκθεση εκπομπών IANGV έδειξε ότι οι μη ρυθμισμένες εκπομπές όπως το (1,3-βουταδιένιο, βενζόλιο, φορμαλδεΐδη και μεθανόλη όλων των εναλλακτικών καυσίμων) οχημάτων χρήσης του LPG είναι γενικά λιγότερες από τα επίπεδα φορμαλδεΐδης για καύσιμα βενζίνης. Τα γράφηματα που παρουσιάστηκαν δείχνουν ότι η τεχνολογία καταλυτών είναι αποτελεσματική στην απομάκρυνση όχι μόνο των συστατικών ρύπων που αποτελούν αντικείμενο ρύθμισης, αλλά και των επιβλαβών μη ρυθμισμένων στοιχείων. Όσον αφορά τη βενζίνη, το TWC μειώνει τις εκπομπές 1,3butadiene, benzene και formaldehyde με συντελεστή μεγαλύτερο από 10. Για τα τρία αυτά συστατικά, το LPG και το CNG δίνουν χαμηλότερες εκπομπές από τη βενζίνη. Δεδομένα TNO για τις εκπομπές ακεταλδεΐδης από οχήματα χωρίς καταλύτες δείχνουν ότι η μετάβαση από βενζίνη σε αέρια καύσιμα μειώνει τις εκπομπές πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων κατά 10 φορές (σχήμα 14).



Σχήμα 14 Σύγκριση συστατικών καυσαερίων από διαφορετικά καύσιμα

Σε όλες τις περιπτώσεις που μελετήθηκαν, η εξοικονόμηση ενέργειας LPG ήταν χαμηλότερη από την πιστοποίηση της οικονομίας καυσίμου για τα οχήματα βενζίνης προ μετατροπής (δηλαδή η μετατροπή φαίνεται να έχει μειωμένη απόδοση στη βενζίνη). Όλα τα οχήματα που δοκιμάστηκαν από την EPA έδωσαν επίσης μεγάλη μείωση στην απόδοση επιτάχυνσης, μετρούμενη κατά 5-60 mph και 30-60 mph. Τέλος, καθένα από αυτά τα οχήματα DF είχε χαμηλότερη εμβέλεια στο υγραέριο σε σχέση με τη βενζίνη, συνήθως τουλάχιστον κατά 50 τοις εκατό μείωση. Τα χαρακτηριστικά απόδοσης, απόδοσης και εμβέλειας μπορούν να βελτιωθούν με ειδικά και βελτιστοποιημένα οχήματα LPG. Χρησιμοποιώντας αποδεκτή σχέση μεταξύ βάρους, επιτάχυνσης και οικονομίας καυσίμου, υπολογίστηκε ότι ένα LPG με εμβέλεια και ισχύ ισοδύναμο με το μοντέλο βενζίνης θα ήταν λιγότερο αποδοτικό (25%). Αυτός ο συνδυασμός μεταξύ απόδοσης, και εμβέλειας είναι ο λόγος για τον οποίο πολλοί ειδικοί πιστεύουν ότι το LPG και το CNG είναι πιο κατάλληλα για εφαρμογές αστικών στόλων απ' ό, τι για χρήση από το ευρύ κοινό.

Το σχήμα 5 δείχνει τη συγκέντρωση (ppmv) αλδευδών στα καυσαέρια του κινητήρα με υγραέριο με πλούσιο, στοιχειομετρικό και lean λόγο αέρα / καυσίμου.



Σχήμα 15 συγκέντρωση (ppmv) αλδεϋδών στα καυσάερια του κινητήρα με υγραέριο με πλούσιο, στοιχειομετρικό και lean λόγο αέρα / καυσίμου

Από τη Μελέτη που έγινε από το ETSAP, το LPG έχει σχετικά υψηλό ενεργειακό περιεχόμενο ανά μονάδα μάζας, αλλά το ενεργειακό του περιεχόμενο ανά μονάδα όγκου είναι χαμηλό. Έτσι, οι δεξαμενές LPG έχουν περισσότερο χώρο και βάρος από τις δεξαμενές βενζίνης ή ντίζελ, αλλά η γκάμα των οχημάτων LPG είναι ισοδύναμη με εκείνη των βενζινοκίνητων οχημάτων. Οι δοκιμές αυτοκινήτων με υγραέριο με καύσιμο βιομάζας παρουσιάζουν περίπου 15% μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (ανά μονάδα απόστασης) σε σύγκριση με τη λειτουργία βενζίνης. Οι βέλτιστες μηχανές LPG με δύο καύσιμα παράγουν λιγότερες εκπομπές NOx και ουσιαστικά μηδενικές εκπομπές σωματιδίων σε σύγκριση με τη βενζίνη.

3.4 ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ C.N.G.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της χρήσης φυσικού αερίου στους κινητήρες είναι τα καθαρότερα χαρακτηριστικά καύσης του από τα περισσότερα άλλα διαθέσιμα καύσιμα. Οι κύριοι ρύποι από την καύση του φυσικού αερίου είναι άκαυστοι υδρογονάνθρακες (HC), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), τα οξειδία του αζώτου (NOx) και μικρή ποσότητα άλλων ρύπων, όπως σωματίδια, διοξείδιο του θείου και αλδεϋδες.

Η εκπομπή HC προκύπτει από στοιχεία του μίγματος αέρα-καυσίμου που δεν έχουν καεί εντελώς κατά τη στιγμή ανοίγματος της βαλβίδας εξαγωγής. Οι άκαυστοι HC τείνουν να υπάρχουν κοντά στα τοιχώματα του κυλίνδρου και στους εσωτερικούς όγκους των ρωγμών, όπου το μέτωπο φλόγας σβήνει και συνεπώς το καύσιμο αφήνεται άκαυστο ή μερικώς καμένο. Ο σχηματισμός HC είναι επίσης συνάρτηση του διαθέσιμου αέρα. Όσο περισσότερος αέρας διατίθεται για καύση, τόσο πιο ολοκληρωμένη είναι η διαδικασία καύσης μέχρις ότου το μίγμα γίνει πολύ φτωχό (πάρα πολύ αέρας) και παρουσιάσει σφάλμα κινητήρα προκαλώντας αύξηση της εκπομπής HC. Οι συνολικές εκπομπές HC από κινητήρες φυσικού αερίου τείνουν να είναι αρκετά υψηλές, δεδομένου ότι το μεθάνιο είναι πιο αργό στην αντίδραση από τους περισσότερους άλλους υδρογονάνθρακες. Επίσης, όταν χρησιμοποιείται φτωχό μείγμα, η ταχύτητα φλόγας μπορεί να είναι πολύ χαμηλή για να ολοκληρωθεί η καύση ολόκληρης της φόρτισης κατά τη διάρκεια της διαδρομής ισχύος. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα πολύ υψηλές εκπομπές HC. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος της εκπομπής είναι το μεθάνιο, το οποίο δεν έχει σχεδόν καθόλου ρόλο στη φωτοχημεία ή τον σχηματισμό νέφους. Στην πραγματικότητα, τα οχήματα που τροφοδοτούνται με NG έχουν λιγότερες δυνατότητες σχηματισμού νέφους, καθώς εκτιμάται ότι εκπέμπουν 50 έως 80% λιγότερους αντιδραστικούς υδρογονάνθρακες από τα οχήματα βενζίνης λόγω της εξαιρετικής ανάμειξης του NG με τον αέρα και των χαμηλών εκπομπών κατά τη διάρκεια της ψυχρής εκκίνησης.

Η εκπομπή CO είναι αποτέλεσμα ατελούς καύσης. Όσο καλύτερα αναμιγνύεται το καύσιμο με τον αέρα, και όσο περισσότερο αέρας υπάρχει, και τόσο πιο ολοκληρωμένη είναι η καύση. Επομένως, οι εκπομπές CO είναι εξ ολοκλήρου συνάρτηση του λόγου αέρα / καυσίμου και του βαθμού στον οποίο το καύσιμο εξατμίζεται και αναμιγνύεται πλήρως. Τα οχήματα βενζίνης παράγουν ένα μεγάλο μέρος εκπομπών CO κατά τη διάρκεια της ψυχρής εκκίνησης, όταν το καύσιμο δεν έχει πλήρως ατμοποιηθεί και έχει αναμιχθεί ανεπαρκώς και κατά συνέπεια το μίγμα πρέπει να εμπλουτίζεται. Τα οχήματα που τροφοδοτούνται με NG εκπέμπουν 50 έως 90 τοις εκατό λιγότερες εκπομπές CO σε σύγκριση με τα οχήματα βενζίνης λόγω της εξαιρετικής ανάμειξης, ειδικά κατά τη διάρκεια της κατάστασης κρύας εκκίνησης.

Ο σχηματισμός NOx σε έναν κινητήρα είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση της διαθεσιμότητας οξυγόνου, της θερμοκρασίας αντίδρασης και της διάρκειας ζωής των καμένων αερίων σε αυτή

τη θερμοκρασία. Το NO_x αυξάνεται με μεγαλύτερη διαθεσιμότητα οξυγόνου, υψηλότερη θερμοκρασία και μεγαλύτερο χρόνο καύσης σε υψηλές θερμοκρασίες. Και τα πολύ φτωχά και πολύ πλούσια μείγματα μειώνουν το σχηματισμό NO_x. Στην πρώτη περίπτωση λόγω της μειωμένης θερμοκρασίας καύσης, και στην δεύτερη περίπτωση λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας οξυγόνου,. Το φυσικό αέριο έχει χαμηλή θερμοκρασία φλόγας η οποία μειώνει το ρυθμό αιχμής σχηματισμού NO_x. Ωστόσο, η χρήση υψηλού λόγου συμπίεσης για υψηλότερη απόδοση και προηγμένο χρονισμό σπινθήρων για την αντιστάθμιση της αργής ταχύτητας φλόγας του καυσίμου τείνει να αυξάνει τον σχηματισμό NO_x. Λόγω αυτών των δύο αντίθετων αποτελεσμάτων, τα οχήματα που τροφοδοτούνται με NG εκπέμπουν περισσότερο ή λιγότερο εκπομπές NO_x. Σε γενικές γραμμές, οι κινητήρες Spark Ignited (SI) που τροφοδοτούνται με NG, που έχουν αναπτυχθεί μέχρι τώρα και βρίσκονται κοντά σε στοιχειομετρικές συνθήκες, τείνουν να εκπέμπουν σημαντικά υψηλά επίπεδα NO_x. Αλλά μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας υψηλότερο ρυθμό επανακυκλοφορίας καυσαερίων (EGR) ή τεχνολογία φτωχού μίγματος.

Ο στερεός σωματιδιακός άνθρακας ως προϊόν καύσης μπορεί να εμφανιστεί υπό πολύ πλούσιες συνθήκες λειτουργίας. Ωστόσο, μια τέτοια πλούσια κατάσταση συνήθως δεν συμβαίνει σε έναν σωστά προσαρμοσμένο κινητήρα φυσικού αερίου. Οι υδρογονάνθρακες στο φυσικό αέριο είναι επίσης μη συμπτυκνωμένοι υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες. Έτσι, για τους κινητήρες φυσικού αερίου με ανάφλεξη με σπινθήρα, η μόνη εκπομπή σωματιδίων προέρχεται από το άκαυστο λιπαντικό έλαιο στα τοιχώματα του κυλίνδρου. Στις μηχανές διπλού καυσίμου πετρελαίου / αερίου, οι μηχανισμοί που δημιουργούν τις εκπομπές σωματιδίων είναι παρόμοιοι με εκείνους στους κινητήρες ντίζελ. Ωστόσο, σε λειτουργία υψηλού φορτίου, το επίπεδο εκπομπής σωματιδίων μπορεί να μειωθεί καθώς μεγάλο μέρος του καυσίμου είναι φυσικό αέριο. Συνεπώς, συμβάλλει στη μείωση του καπνού κατά τη λειτουργία υψηλής φόρτωσης, καθώς αποτελεί μία από τις σημαντικότερες πηγές εκπομπής HC στα παραδοσιακά οχήματα ντίζελ.

Με την παραγωγή λιγότερων αντιδραστικών υδρογονανθράκων, τα οχήματα που τροφοδοτούνται με NG δείχνουν έναν καλοήγη ρόλο στο πρόβλημα σχηματισμού νέφους σε μεσαίες αστικές περιοχές. Για τις παγκόσμιες κλιματικές επιπτώσεις, τα οχήματα που κινούνται με NG εξακολουθούν να παρουσιάζουν όφελος, αν και το ίδιο το μεθάνιο έχει ισχυρό αντίκτυπο στο φαινόμενο "θερμοκηπίου". Εκτιμάται ότι μία λίβρα μεθανίου έχει την ίδια επίπτωση στο

φαινόμενο θερμοκηπίου με 11,6 λίβρες CO₂. Ωστόσο, τα οχήματα που τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο παράγουν λιγότερο CO₂, διότι, για την ίδια μονάδα ενέργειας, το φυσικό αέριο περιέχει λιγότερο άνθρακα από οποιοδήποτε άλλο ορυκτό καύσιμο. Δεδομένου ότι το CO διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καταστροφή των ριζών OH, η μείωση των εκπομπών CO λόγω της χρήσης του φυσικού αερίου θα πρέπει επίσης να αυξήσει την συγκέντρωση του OH στην ατμόσφαιρα. Αυτό βοηθά στην αύξηση του παγκόσμιου ρυθμού αποσύνθεσης του μεθανίου, καθώς η αλληλεπίδραση μεθανίου και OH είναι ο κύριος μηχανισμός για την απομάκρυνση του μεθανίου. Αυτό αντισταθμίζει επίσης την αύξηση των άμεσων εκπομπών μεθανίου.

Εκτός από τα προϊόντα καύσης, αξίζει να σημειωθεί ότι το φυσικό αέριο απαιτεί λιγότερη θερμική και χημική επεξεργασία. Επομένως, έχει σχετικά μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Επιπλέον, εξαιτίας των αυστηρότερων απαιτήσεων όσον αφορά το ανεφοδιασμό καυσίμου και το σύστημα καυσίμων επί των καυσίμων, οι εκπομπές εξαιρούμενων λόγω της χρήσης του φυσικού αερίου μπορούν σχεδόν να αγνοηθούν

4. ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ LPG ΚΑΙ CNG ΣΕ ΟΧΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι σχετικές προδιαγραφές για την εγκατάσταση – μετατροπή συστημάτων LPG και CNG σε οχήματα στην Ελλάδα, διέπονται από την σχετική κείμενη νομοθεσία. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται αυτές ως αναφέρονται. Εντούτοις, δεν τίθενται προδιαγραφές σε σχέση με τον τύπο ή την ηλικία, ή τον κυβισμό ή άλλα χαρακτηριστικά του κινητήρα προς μετατροπή εγκατάσταση του συστήματος, καθώς αυτά αφορούν κυρίως στην επιλογή κατασκευαστή και μοντέλου του προς εγκατάσταση συστήματος.

4.1 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ-ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ LPG

Όλα τα στοιχεία του συστήματος πρέπει να είναι εγκεκριμένου τύπου ως επί μέρους στοιχεία σύμφωνα με τον κανονισμό αρ. 67 σειρά τροποποιήσεων 01 της ΟΕΕ/ΗΕ και πρέπει να φέρουν τη σήμανση που προβλέπεται από τον ανωτέρω κανονισμό. Εναλλακτικά είναι δυνατή η τοποθέτηση συστήματος μετασκευής υγραερίου εγκεκριμένου με τον κανονισμό αρ. 115 της ΟΕΕ/ΗΕ. Η εγκατάσταση γίνεται από υπεύθυνο τεχνικό με άδεια άσκησης επαγγέλματος του 1575/1985, όπως τροποποιήθηκε με το Π.δ. 66/2010 (ΦΕΚ Α' 117/21-7-2010) και τον Ν. 3897/2010 (ΦΕΚ Α' 208/2010), με ειδικότητα τεχνίτη συσκευών αερίων καυσίμων. Στην Διεύθυνση Τεχνολογίας Οχημάτων του ΥΠΥΜΕΔΙ υποβάλλεται κατάλογος του εργοστασίου κατασκευής της ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου (CPU) του συστήματος διπλού καυσίμου ή του νόμιμου αντιπροσώπου του στην Ελλάδα, με τους τεχνίτες και τα συνεργεία που έχουν εξουσιοδοτηθεί για την εγκατάσταση συστημάτων διπλού καυσίμου καθώς και για τις όποιες ρυθμίσεις και προσαρμογές απαιτούνται για την ασφαλή λειτουργία και την συνεργασία του συστήματος διπλού καυσίμου με τον κινητήρα του οχήματος. Ο κατάλογος ανανεώνεται σε ετήσια βάση εάν εξουσιοδότηση δίδεται απ' ευθείας από το εργοστάσιο κατασκευής και ανά τετράμηνο εάν γίνεται από τον νόμιμο αντιπρόσωπο του εργοστασίου στην Ελλάδα. Ο κατάλογος αναρτάται στον ιστοχώρο του Υπουργείου. Επιπροσθέτως, το σύστημα οφείλει να πληροί και τις παρακάτω απαιτήσεις εγκατάστασης:

- Τα εξαρτήματα υγραερίου που εγκαθίστανται στο όχημα πρέπει να λειτουργούν κατά τρόπο ώστε να μην υπερβαίνεται η μέγιστη πίεση λειτουργίας για την οποία έχει σχεδιαστεί και εγκριθεί το όχημα.
- Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πρέπει να είναι κατάλληλα για χρήση με υγραέριο.
- Όλα τα μέρη του συστήματος πρέπει να είναι κατάλληλα στερεωμένα.
- Το σύστημα υγραερίου δεν πρέπει να εμφανίζει διαρροές.
- Το σύστημα υγραερίου πρέπει να τοποθετείται κατά τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η μέγιστη δυνατή προστασία του από φθορές, όπως φθορές που προκαλούνται από τα κινητά κατασκευαστικά στοιχεία του οχήματος, από σύγκρουση, χρώματα ή από τη φόρτωση και την εκφόρτωση του οχήματος ή τη μετατόπιση φορτίων.
- Στο σύστημα υγραερίου δεν πρέπει να συνδέονται συσκευές άλλες από αυτές που απαιτούνται αυστηρά για την ορθή λειτουργία του μηχανοκίνητου οχήματος.
- Κανένα κατασκευαστικό στοιχείο του συστήματος υγραερίου, περιλαμβανομένων τυχόν προστατευτικών υλικών που αποτελούν μέρος των στοιχείων αυτών, δεν πρέπει να προεξέχει από την εξωτερική επιφάνεια του οχήματος, με εξαίρεση τη μονάδα πλήρωσης εφόσον αυτή δεν προεξέχει κατά περισσότερο από 10 mm εκτός της ονομαστικής γραμμής του αμαξώματος.
- Εξαιρουμένης της δεξαμενής καυσίμου υγραερίου, σε καμία διατομή του οχήματος δεν επιτρέπεται η προβολή κατασκευαστικών στοιχείων του συστήματος υγραερίου, περιλαμβανομένων τυχόν προστατευτικών υλικών που αποτελούν μέρος των στοιχείων αυτών, έξω από το κατώτερο άκρο του οχήματος, εκτός εάν βρίσκεται τοποθετημένο χαμηλότερα άλλο μέρος του οχήματος, εντός ακτίνας 150 mm.
- Κανένα κατασκευαστικό στοιχείο του συστήματος υγραερίου δεν πρέπει να είναι τοποθετημένο σε απόσταση 100 mm από την εξάτμιση ή άλλη πηγή θερμότητας, εκτός εάν αυτά τα κατασκευαστικά στοιχεία προστατεύονται επαρκώς από τη θερμότητα.

Δεξαμενή καυσίμου Η εγκατάσταση της δεξαμενής πρέπει να πληροί επιπλέον τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Η δεξαμενή καυσίμου πρέπει να είναι μόνιμα τοποθετημένη στο όχημα, αλλά όχι στο διαμέρισμα του κινητήρα.
- Η δεξαμενή καυσίμου πρέπει να τοποθετείται στην κατάλληλη θέση, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή της δεξαμενής.
- Η δεξαμενή καυσίμου πρέπει να τοποθετείται κατά τρόπο ώστε να αποτρέπεται η επαφή μετάλλου με μέταλλο, πλην των σημείων μόνιμης στερέωσης της δεξαμενής.
- Η δεξαμενή καυσίμου πρέπει να στερεώνεται στο μηχανοκίνητο όχημα μέσω σημείων μόνιμης στερέωσης ή μέσω πλαισίου και ιμάντων.
- Σε οχήματα έτοιμα να τεθούν σε κυκλοφορία, η δεξαμενή καυσίμου δεν πρέπει να απέχει από την επιφάνεια του οδοστρώματος λιγότερο από 200 mm. Αυτό δεν ισχύει εάν η δεξαμενή είναι επαρκώς προστατευμένη στο εμπρόσθιο μέρος της και στις πλευρές της και εάν κανένα μέρος της δεξαμενής δεν βρίσκεται χαμηλότερα από το προστατευτικό της.
- Η(Οι) δεξαμενή(ές) καυσίμου πρέπει να τοποθετούνται και να στερεώνονται κατά τρόπο ώστε να απορροφώνται οι επιταχύνσεις (χωρίς βλάβη) όταν οι δεξαμενές είναι γεμάτες:
- Οι ανωτέρω απαιτήσεις του κανονισμού αριθ. 67 σειρά τροποποιήσεων 01 της ΟΕΕ/ΗΕ, σχετικά με τη στερέωση των δεξαμενών LPG θεωρείται ότι πληρούνται εάν η δεξαμενή στερεώνεται γερά στο μηχανοκίνητο όχημα με τουλάχιστον: (α) δύο ιμάντες ανά δεξαμενή, (β) τέσσερα μπουλόνια και (γ) κατάλληλες ροδέλες ή ελάσματα εάν τα τοιχώματα στο σημείο εκείνο είναι μονού πάχους.
- Εάν η δεξαμενή είναι εγκατεστημένη πίσω από κάθισμα, θα πρέπει να υπάρχει συνολικό διάκενο τουλάχιστον 100 mm, κατά μήκος του οχήματος. Το διάκενο αυτό μπορεί να βρίσκεται μεταξύ της δεξαμενής και του πίσω μέρους του οχήματος και μεταξύ του καθίσματος και της δεξαμενής.
- Εάν οι ειδικοί ιμάντες μεταφέρουν επίσης τη μάζα της δεξαμενής καυσίμου, τότε η δεξαμενή πρέπει να στερεώνεται με τρεις τουλάχιστον ειδικούς ιμάντες.
- Οι ειδικοί ιμάντες της δεξαμενής πρέπει να αποτρέπουν την ολίσθηση, την περιστροφή ή την αποκόλληση της δεξαμενής.
- Μεταξύ της δεξαμενής καυσίμου και των ειδικών ιμάντων της πρέπει να τοποθετείται προστατευτικό υλικό, όπως τσόχα, δέρμα ή πλαστικό. Ωστόσο, στη θέση συγκράτησης των

ροδελών ή των πλακών με το αμάξωμα του οχήματος δεν θα πρέπει να υπάρχει υλικό που συμπιέζεται.

- Εάν η δεξαμενή στερεώνεται στο μηχανοκίνητο όχημα με ειδικό πλαίσιο και ειδικούς ιμάντες, τότε πρέπει να στερεώνεται στο ειδικό πλαίσιο με δύο τουλάχιστον ειδικούς ιμάντες.
- Εάν η κυλινδρική δεξαμενή καυσίμου είναι εγκατεστημένη κατά μήκος του οχήματος, πρέπει να υπάρχει μία εγκάρσια σύνδεση στο εμπρόσθιο μέρος του ειδικού πλαισίου της δεξαμενής για να αποτρέπεται η ολίσθησή της. Αυτή η εγκάρσια σύνδεση θα πρέπει: (α) να έχει τουλάχιστον το ίδιο πάχος με το ειδικό πλαίσιο της δεξαμενής, (β) να έχει τουλάχιστον 30 mm ύψος και η κορυφή της να είναι τουλάχιστον 30 mm ψηλότερη από τον πυθμένα της δεξαμενής, (γ) να τοποθετείται όσο το δυνατόν πιο κοντά, ή ακόμα και μέσα στο θολωτό άκρο της δεξαμενής. Ο όρος «εγκατεστημένη κατά μήκος» σημαίνει ότι ο άξονας της κυλινδρικής δεξαμενής καυσίμου σχηματίζει γωνία 30° το πολύ με επίπεδο του διαμήκους άξονα του οχήματος.
- Κάθε δεξαμενή πρέπει να φέρει συγκολλημένη επί αυτής πινακίδα σήμανσης με τα ακόλουθα στοιχεία, ευανάγνωστα και ανεξίτηλα: α) τον αύξοντα αριθμό, β) τη χωρητικότητα σε λίτρα, γ) την επισήμανση «LPG», δ) την πίεση δοκιμής [kPa], ε) τη φράση: (μέγιστος βαθμός πλήρωσης: 80 %), στ) το έτος και τον μήνα έγκρισης (π.χ. 99/01), ζ) το σήμα έγκρισης σύμφωνα με το άρθρο 8 της παρούσης, η) την επισήμανση «PUMP INSIDE (ΑΝΤΛΙΑ ΕΝΤΟΣ)» και την αναγνωριστική επισήμανση της αντλίας εφόσον αυτή είναι εγκατεστημένη στο εσωτερικό της δεξαμενής.

Οι αγωγοί αερίου πρέπει να είναι κατασκευασμένοι από υλικά χωρίς ραφή: χαλκό ή ανοξείδωτο χάλυβα ή χάλυβα με αντιδιαβρωτική επικάλυψη. Εάν χρησιμοποιείται χάλυβας χωρίς ραφή, ο αγωγός πρέπει να προστατεύεται από χιτώνιο από καουτσούκ ή πλαστικό. Η εξωτερική διάμετρος των χάλκινων αγωγών αερίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 12 mm, με πάχος τοιχωμάτων τουλάχιστον 0,8 mm. Η εξωτερική διάμετρος των αγωγών αερίου από χάλυβα και ανοξείδωτο χάλυβα δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 mm και όταν χρησιμοποιούνται για την παροχή αερίου πρέπει να έχουν το κατάλληλο πάχος τοιχωμάτων. Ο αγωγός αερίου μπορεί να είναι κατασκευασμένος από μη μεταλλικό υλικό, εφόσον ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κανονισμού αρ. 67 σειρά τροποποιήσεων 01 της ΟΕΕ/ΗΕ, όσον αφορά στις διατάξεις περί

εγκρίσεως τύπου. Ο αγωγός αερίου μπορεί να αντικαθίσταται από εύκαμπτο σωλήνα αερίου, εφόσον αυτός ικανοποιεί τις απαιτήσεις του κανονισμού, αρ. 67 σειρά τροποποιήσεων 01 της ΟΕΕ/ΗΕ, όσον αφορά στις διατάξεις περί εγκρίσεως τύπου. Οι αγωγοί αερίου, εκτός των μη μεταλλικών αγωγών αερίου, πρέπει να ασφαλιζονται ούτως ώστε να μην υποβάλλονται σε κραδασμούς ή καταπονήσεις. Οι εύκαμπτοι σωλήνες αερίου και οι μη μεταλλικοί αγωγοί αερίου πρέπει να ασφαλιζονται ούτως ώστε να μην υποβάλλονται σε καταπονήσεις. Στο σημείο στερέωσης, ο αγωγός ή ο εύκαμπτος σωλήνας αερίου πρέπει να είναι εφοδιασμένος με προστατευτικό υλικό. Οι αγωγοί ή οι εύκαμπτοι σωλήνες αερίου δεν πρέπει να τοποθετούνται στα σημεία υποδοχής των ανυψωτήρων (γρύλων). Στα σημεία διέλευσης εντός του οχήματος, οι αγωγοί ή οι εύκαμπτοι σωλήνες αερίου πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με προστατευτικό υλικό, είτε διαθέτουν προστατευτικό χιτώνιο είτε όχι.

Δεν επιτρέπονται κολλημένοι ή συγκολλημένοι σύνδεσμοι και σύνδεσμοι συμπίεσης οδοντωτού τύπου. Οι αγωγοί αερίου πρέπει να συνδέονται μόνο με συμβατά όσον αφορά τη διάβρωση προσαρτήματα. Οι σωλήνες από ανοξείδωτο χάλυβα ενώνονται μόνο με προσαρτήματα από ανοξείδωτο χάλυβα. Τα κυκλώματα διανομής πρέπει να είναι κατασκευασμένα από αντιδιαβρωτικό υλικό. Οι αγωγοί αερίου πρέπει να συνδέονται μέσω κατάλληλων συνδέσμων, για παράδειγμα μέσω δύο συνδέσμων συμπίεσης, όσον αφορά τους χαλύβδινους σωλήνες, και μέσω συνδέσμων με δακτυλίους σε αμφότερες τις πλευρές ή με δύο παρεμβύσματα, όταν πρόκειται για χάλκινους σωλήνες. Οι αγωγοί αερίου πρέπει να συνδέονται με κατάλληλες συνδέσεις. Σε καμία περίπτωση δεν επιτρέπεται η χρήση συνδέσμων που ενδέχεται να προκαλέσουν φθορές στον αγωγό. Η πίεση διάρρηξης των συναρμολογημένων ζευκτών πρέπει να είναι ίση ή υψηλότερη της προδιαγραφόμενης για τον αγωγό. Ο αριθμός των συνδέσμων πρέπει να είναι ο ελάχιστος δυνατός. Οι σύνδεσμοι πρέπει να τοποθετούνται σε σημεία προσπελάσιμα για επιθεώρηση. Στα διαμέρισμα των επιβατών ή σε κλειστό χώρο αποσκευών, ο αγωγός ή ο εύκαμπτος σωλήνας αερίου δεν πρέπει να έχει μεγαλύτερο μήκος από το ευλόγως απαιτούμενο. Η απαίτηση αυτή ικανοποιείται όταν ο αγωγός ή ο εύκαμπτος σωλήνας αερίου δεν προεξέχει στα πλαϊνά του οχήματος περισσότερο απ' ό,τι η δεξαμενή καυσίμου. Στο διαμέρισμα των επιβατών ή σε κλειστό χώρο αποσκευών δεν επιτρέπονται συνδέσεις μεταφοράς αερίου με εξαίρεση: i) τις συνδέσεις του αεροστεγούς περιβλήματος και ii) τη σύνδεση μεταξύ του αγωγού ή του εύκαμπτου σωλήνα αερίου και της μονάδας πλήρωσης, εφόσον η σύνδεση αυτή είναι

εφοδιασμένη με χιτώνιο ανθεκτικό στο υγραέριο και εφόσον τυχόν διαφυγόν αέριο απάγεται απευθείας στον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στον αγωγό αερίου πρέπει να εγκαθίσταται τηλεχειριζόμενη βαλβίδα διακοπής της παροχής, μεταξύ της δεξαμενής υγραερίου και του ρυθμιστή πίεσης/εξατμιστήρα, το δυνατόν πλησιέστερα σε αυτόν. Η τηλεχειριζόμενη βαλβίδα διακοπής της παροχής μπορεί να είναι ενσωματωμένη στο ρυθμιστή πίεσης/εξατμιστήρα. Κατά παρέκκλιση, η τηλεχειριζόμενη βαλβίδα διακοπής της παροχής μπορεί να τοποθετείται σε σημείο του χώρου του κινητήρα το οποίο καθορίζεται από τον κατασκευαστή του συστήματος υγραερίου, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει σύστημα επιστροφής καυσίμου μεταξύ του ρυθμιστή πίεσης και της δεξαμενής υγραερίου. Η τηλεχειριζόμενη βαλβίδα διακοπής της παροχής πρέπει να τοποθετείται κατά τρόπο ώστε να διακόπτεται η παροχή καυσίμου όταν ο κινητήρας βρίσκεται εκτός λειτουργίας ή, εάν το όχημα διαθέτει και άλλο σύστημα καυσίμου, όταν είναι επιλεγμένο το άλλο καύσιμο. Επιτρέπεται καθυστέρηση δύο δευτερολέπτων για διαγνωστικούς σκοπούς.

Η μονάδα πλήρωσης πρέπει να είναι ασφαλισμένη κατά της περιστροφής και να προστατεύεται από την εισχώρηση ρύπων και νερού. Όταν η δεξαμενή υγραερίου είναι τοποθετημένη εντός του διαμερίσματος των επιβατών ή σε κλειστό διαμέρισμα (αποσκευών), η μονάδα πλήρωσης πρέπει να τοποθετείται στο εξωτερικό του οχήματος.

Τα ηλεκτρικά κατασκευαστικά στοιχεία του συστήματος υγραερίου πρέπει να προστατεύονται από υπερφόρτωση και το καλώδιο ισχύος πρέπει να είναι εφοδιασμένο με μία τουλάχιστον ασφάλεια τήξης. Η ασφάλεια πρέπει να τοποθετείται σε γνωστή θέση όπου θα είναι προσβάσιμη χωρίς τη χρήση εργαλείων. Η μεταφορά ηλεκτρικής ισχύος στα κατασκευαστικά στοιχεία του συστήματος υγραερίου από τα οποία διέρχεται υγραέριο δεν μπορεί να γίνεται μέσω αγωγού αερίου. Όλα τα ηλεκτρικά κατασκευαστικά στοιχεία που είναι τοποθετημένα σε σημείο του συστήματος υγραερίου στο οποίο η πίεση υπερβαίνει τα 20 kPa πρέπει να συνδέονται και να μονώνονται κατά τρόπο ώστε να αποτρέπεται η διέλευση ρεύματος από τα μέρη που περιέχουν υγραέριο. Τα ηλεκτρικά καλώδια πρέπει να προστατεύονται επαρκώς από φθορές. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις εντός του χώρου αποσκευών και του διαμερίσματος επιβατών πρέπει να συμμορφώνονται προς την κλάση μόνωσης IP 40 σύμφωνα με το πρότυπο IEC 529. Όλες οι άλλες ηλεκτρικές συνδέσεις πρέπει να συμμορφώνονται προς την κλάση μόνωσης IP 54

σύμφωνα με το πρότυπο IEC 529. Τα οχήματα με περισσότερα από ένα συστήματα καυσίμου πρέπει να διαθέτουν σύστημα επιλογής καυσίμου ούτως ώστε να διασφαλίζεται ότι ο κινητήρας δεν τροφοδοτείται με περισσότερα από ένα καύσιμα. Επιτρέπεται ένα σύντομο χρονικό διάστημα αλληλοεπικάλυψης για τη μετάβαση από το ένα σύστημα στο άλλο. Κατά παρέκκλιση, στην περίπτωση ρυθμιζόμενων κινητήρων διπλού καυσίμου, επιτρέπεται η τροφοδοσία με περισσότερα του ενός καύσιμα. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις και τα κατασκευαστικά στοιχεία στο αεροστεγές περίβλημα πρέπει να είναι κατασκευασμένα κατά τρόπο ώστε να μην δημιουργούνται σπινθήρες.

Η διάταξη εκτόνωσης της πίεσης πρέπει να τοποθετείται στη(ις) δεξαμενή(ές) καυσίμου κατά τρόπο ώστε η πίεση να εκτονώνεται στο εσωτερικό του αεροστεγούς περιβλήματος εφόσον το περίβλημα προβλέπεται και ικανοποιεί τις απαιτήσεις. Επιπλέον, οι σωληνώσεις πρέπει να φέρουν, ανάλογα με την κατηγορία τους και την παρακάτω σήμανση:

- Εύκαμπτοι σωλήνες υψηλής πίεσης από καουτσούκ, ταξινόμηση κατηγορίας 1, εύκαμπτος σωλήνας πλήρωσης. Κάθε εύκαμπτος σωλήνας πρέπει να φέρει, σε απόσταση που δεν υπερβαίνει τα 0,5m, τις ακόλουθες ευανάγνωστες και ανεξίτηλες σημάνσεις αναγνώρισής αποτελούμενες από χαρακτήρες, αριθμούς ή σύμβολα. Την εμπορική επωνυμία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή. Το έτος και τον μήνα κατασκευής. Τη σήμανση του μεγέθους και του τύπου. Τη σήμανση αναγνώρισής «LPG Class 1». Επίσης, κάθε σύνδεσμος πρέπει να φέρει την εμπορική επωνυμία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή που πραγματοποίησε τη συναρμολόγηση.
- Εύκαμπτοι σωλήνες χαμηλής πίεσης από καουτσούκ, ταξινόμηση κατηγορίας 2. Κάθε εύκαμπτος σωλήνας πρέπει να φέρει, σε απόσταση που δεν υπερβαίνει τα 0,5m, τις ακόλουθες ευανάγνωστες και ανεξίτηλες σημάνσεις αναγνώρισής αποτελούμενες από χαρακτήρες, αριθμούς ή σύμβολα. Την εμπορική επωνυμία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή. Το έτος και το μήνα κατασκευής. Τη σήμανση του μεγέθους και του τύπου. Τη σήμανση αναγνώρισής «LPG Class 2». Επίσης, κάθε σύνδεσμος πρέπει να φέρει την εμπορική επωνυμία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή που πραγματοποίησε τη συναρμολόγηση.

- Εύκαμπτοι σωλήνες υψηλής πίεσης από συνθετικό υλικό, ταξινόμηση κατηγορίας 1. Κάθε εύκαμπτος σωλήνας πρέπει να φέρει, σε απόσταση που δεν υπερβαίνει τα 0,5m, τις ακόλουθες ευανάγνωστες και ανεξίτηλες σημάνσεις αναγνώρισής αποτελούμενες από χαρακτήρες, αριθμούς ή σύμβολα. Την εμπορική επωνυμία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή. Το έτος και το μήνα κατασκευής. Τη σήμανση του μεγέθους και του τύπου. Τη σήμανση αναγνώρισής «LPG Class 1». Επίσης, κάθε σύνδεσμος πρέπει να φέρει την εμπορική επωνυμία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή που πραγματοποίησε τη συναρμολόγηση.

4.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ-ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CNG

Όλα τα στοιχεία του συστήματος πρέπει να είναι εγκεκριμένου τύπου ως επί μέρους στοιχεία σύμφωνα με τον κανονισμό αρ. 110 της ΟΕΕ/ΗΕ και πρέπει να φέρουν τη σήμανση που προβλέπεται από τον ανωτέρω κανονισμό. Εναλλακτικά είναι δυνατή η τοποθέτηση συστήματος μετασκευής φυσικού αερίου εγκεκριμένου με τον κανονισμό αρ. 115 της ΟΕΕ/ΗΕ. Η εγκατάσταση γίνεται από υπεύθυνο τεχνικό με άδεια άσκησης επαγγέλματος του 1575/1985 με ειδικότητα τεχνίτη συστημάτων αερίων καυσίμων. Επιπροσθέτως, το σύστημα οφείλει να πληροί και τις παρακάτω απαιτήσεις εγκατάστασης:

- Τα ειδικά εξαρτήματα οχημάτων που χρησιμοποιούν και CNG πρέπει να λειτουργούν κατά τρόπο ορθό και ασφαλή στην πίεση λειτουργίας και στις θερμοκρασίες λειτουργίας για τις οποίες έχουν σχεδιαστεί και εγκριθεί.
- Τα υλικά των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στο σύστημα πρέπει να είναι κατάλληλα για χρήση με CNG.
- Όλα τα ειδικά εξαρτήματα του συστήματος πρέπει να είναι στερεωμένα με κατάλληλο τρόπο.
- Το σύστημα CNG δεν πρέπει να παρουσιάζει διαρροές, δηλαδή παραμένει ελεύθερο από φυσαλίδες για 3 λεπτά της ώρας κατά τον έλεγχο διαρροών
- Το σύστημα CNG πρέπει να εγκαθίσταται έτσι ώστε να έχει την καλύτερη δυνατή προστασία έναντι ζημιάς, όπως ζημιά οφειλόμενη σε κινούμενα στοιχεία του οχήματος,

σύγκρουση, χρώματα ή λόγω φόρτωσης ή εκφόρτωσης του οχήματος ή μετακίνησης των φορτίων.

- Δεν πρέπει να συνδέονται στο σύστημα CNG άλλες συσκευές εκτός από εκείνες που είναι απόλυτα αναγκαίες για την ορθή λειτουργία του κινητήρα του μηχανοκίνητου οχήματος.
- Κανένα επί μέρους εξάρτημα του συστήματος CNG, συμπεριλαμβανομένων οποιωνδήποτε προστατευτικών υλικών που αποτελούν τμήμα τέτοιων στοιχείων, δεν πρέπει να προεξέχει από το περίγραμμα του οχήματος, με εξαίρεση τη μονάδα πλήρωσης αν αυτή δεν προεξέχει περισσότερο από 10 mm πέρα από το σημείο σύνδεσης.
- Κανένα επί μέρους εξάρτημα του συστήματος CNG δεν πρέπει να βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 100 mm από την εξάτμιση ή άλλη παρόμοια πηγή θερμότητας, εφόσον τέτοια στοιχεία δεν είναι επαρκώς θερμομονωμένα.

Ο τρόπος, η διαδικασία και η μεθοδολογία που ακολουθείται για την εγκατάσταση της δεξαμενής καυσίμου CNG θα είναι σύμφωνα με το ISO/DIS 15501-2 ή με τυχόν υποδείξεις του κατασκευαστή. Η εγκατάσταση της δεξαμενής πρέπει να πληροί επιπλέον τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Η δεξαμενή πρέπει να είναι μόνιμα εγκατεστημένη στο όχημα και να μην είναι τοποθετημένη στο χώρο του κινητήρα.
- Η δεξαμενή πρέπει να εγκαθίσταται έτσι ώστε να μην υπάρχει επαφή μετάλλου με μέταλλο, εκτός από τα σημεία στερέωσης της(των) δεξαμενής(-ών).
- Όταν το όχημα είναι έτοιμο για χρήση, η δεξαμενή δεν πρέπει να απέχει από την επιφάνεια του δρόμου λιγότερο από 200 mm.
- Τα παραπάνω δεν εφαρμόζονται αν η δεξαμενή προστατεύεται επαρκώς στο εμπρόσθιο μέρος και πλευρικά και κανένα μέρος της δεξαμενής δεν βρίσκεται χαμηλότερα από την προστατευτική αυτή κατασκευή.
- Η(οι) δεξαμενή(-ές) πρέπει να τοποθετείται(-ούνται) και να στερεώνεται(-ονται) στο όχημα έτσι ώστε να μπορούν να απορροφούνται (χωρίς να προκαλείται καταστροφή ή φθορά) οι κατωτέρω επιταχύνσεις με τις δεξαμενές πλήρεις καυσίμου: οχήματα κατηγοριών M1 και N1: α) 20g κατά την κατεύθυνση της κίνησης (του οχήματος) β) 8g οριζόντια και σε κατεύθυνση κάθετη στην κατεύθυνση της κίνησης οχήματα κατηγοριών M2 και N2: α) 10 g

κατά την κατεύθυνση της κίνησης (του οχήματος) β) 5 g οριζόντια και σε κατεύθυνση κάθετη στην κατεύθυνση της κίνησης οχήματα κατηγοριών M3 και N3: α) 6,6 g κατά την κατεύθυνση της κίνησης (του οχήματος) β) 5 g οριζόντια και σε κατεύθυνση κάθετη στην κατεύθυνση της κίνησης 6. Όσον αφορά την τοποθέτηση της δεξαμενής καυσίμου οι ανωτέρω επιπλέον προδιαγραφές θα θεωρούνται ότι πληρούνται εφόσον ικανοποιούνται οι παρακάτω απαιτήσεις:

Η δεξαμενή είναι στερεωμένη στο αυτοκίνητο όχημα μέσω τουλάχιστον των παρακάτω: α. Δύο ιμάντες τοποθέτησης ανά δεξαμενή. β. Τέσσερις κοχλίες, και γ. Κατάλληλους δακτυλιοειδείς συνδέσμους ή πλάκες αν τα κελύφη του αμαξώματος σε εκείνο το σημείο είναι μονού πάχους.

Αν η δεξαμενή εγκατασταθεί πίσω από ένα κάθισμα, θα παρέχεται ένα ελεύθερο διάστημα τουλάχιστον 100 mm προς τη διαμήκη κατεύθυνση του οχήματος. Αυτός ο ελεύθερος χώρος μπορεί να μοιραστεί μεταξύ της δεξαμενής και του πίσω πλαισίου του αυτοκινήτου και μεταξύ του καθίσματος και της δεξαμενής.

Αν οι ιμάντες τοποθέτησης επίσης μεταφέρουν και τη μάζα της δεξαμενής, θα παρέχονται τουλάχιστον τρεις ιμάντες.

Οι ιμάντες τοποθέτησης της δεξαμενής θα εξασφαλίζουν ότι αυτή δεν ολισθαίνει, περιστρέφεται ή μετακινείται.

Προστατευτικό υλικό, όπως πύλημα, δέρμα ή πλαστικό παρεμβάλλεται μεταξύ της δεξαμενής και των ιμάντων τοποθέτησής της. Ωστόσο, στη θέση στερέωσης των δακτυλιοειδών συνδέσμων ή πλακών στο όχημα δεν πρέπει να υπάρχει συμπιεστό υλικό.

Η δεξαμενή καυσίμου εγκαθίσταται στο χώρο αποσκευών ή στο χώρο επιβατών ή στο κάτω ή στο άνω μέρος του οχήματος. Απαγορεύεται η τοποθέτηση δεξαμενής στο χώρο του κινητήρα και στο εμπρόσθιο μέρος του οχήματος. Οι ιμάντες τοποθέτησης της δεξαμενής, οι δακτυλιοειδείς σύνδεσμοι, οι πλάκες και κοχλίες θα ικανοποιούν τις προαναφερθείσες απαιτήσεις

Στην περίπτωση που η κυλινδρική δεξαμενή καυσίμου εγκαθίσταται κατά το διαμήκη άξονα του οχήματος, θα υπάρχει μία εγκάρσια σύνδεση στο εμπρόσθιο τμήμα του πλαισίου της δεξαμενής

ώστε να εμποδίσει την ολίσθησή της. Αυτή η εγκάρσια σύνδεση θα πρέπει: α. να έχει τουλάχιστον το ίδιο πάχος με το πλαίσιο του κυλίνδρου, β. να έχει τουλάχιστον 30 mm ύψος και η κορυφή του να είναι τουλάχιστον 30 mm πάνω από τη βάση του κυλίνδρου, γ. να τοποθετείται όσο το δυνατόν πιο κοντά, ακόμα και μέσα, στη θολωτή άκρη του κυλίνδρου. Ο όρος «εγκαθίσταται κατά το διαμήκη άξονα του οχήματος» σημαίνει ότι ο άξονας της δεξαμενής καυσίμου σχηματίζει γωνία όχι παραπάνω από 30° σε σχέση με το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας του οχήματος.

Κάθε δεξαμενή καυσίμου πρέπει επίσης να φέρει πινακίδα σήμανσης με τα ακόλουθα στοιχεία που πρέπει να είναι ευανάγνωστα και ανεξίτηλα: α) αριθμό σειράς β) χωρητικότητα σε λίτρα γ) το σήμα «CNG» δ) πίεση λειτουργίας/πίεση δοκιμής (MPa) ε) μάζα (kg) στ) έτος και μήνα έγκρισης (π.χ. 96/01) ζ) σήμα έγκρισης. Επιπλέον, σε κάθε δεξαμενή ο κατασκευαστής πρέπει να τοποθετεί σαφείς μόνιμες σημάνσεις ύψους τουλάχιστον 6 mm. Η σήμανση πρέπει να γίνεται είτε με πινακίδες ενσωματωμένες στις επενδύσεις ρητίνης, με πινακίδες στερεωμένες με κολλητικό υλικό, σφραγίδες αποτυπωμένες, με τρόπο που να δημιουργούν χαμηλές καταπονήσεις στα ενισχυμένα άκρα φιαλών τύπων σχεδίασης ΠΦΑ-1 και ΠΦΑ-2, είτε με συνδυασμούς των ανωτέρω. Οι κολλητές πινακίδες και η εφαρμογή τους πρέπει να είναι σύμφωνες με το πρότυπο ISO 7225, ή κάποιο ισοδύναμο. Πολλαπλές πινακίδες επιτρέπονται και ενδείκνυται να τοποθετούνται έτσι ώστε να μη σκιάζονται από τα στηρίγματα στερέωσης.

Κάθε δεξαμενή πρέπει να φέρει την ακόλουθη σήμανση: Υποχρεωτικές πληροφορίες της πινακίδας: i) «MONO CNG» ii) «ΝΑ ΜΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΜΕΤΑ ΤΟΝ XX/XXXX», όπου «XX/XXXX» δηλώνει το μήνα και το έτος λήξης. (Η ημερομηνία λήξης δεν πρέπει να υπερβαίνει την προδιαγεγραμμένη διάρκεια χρήσης. Η ημερομηνία λήξης μπορεί να τοποθετείται στη δεξαμενή κατά το χρόνο αποστολής, με την προϋπόθεση ότι οι δεξαμενές έχουν αποθηκευτεί σε ξηρό μέρος χωρίς εσωτερική πίεση.) iii) Στοιχεία ταυτότητας κατασκευαστή iv) Αναγνωριστικό δεξαμενής (αριθμός αναφοράς και αριθμός σειράς μοναδικός για κάθε δεξαμενή) v) Πίεση και θερμοκρασία σχεδιασμού vi) Αριθμός κανονισμού ΟΕΕ/ΗΕ, μαζί με τον τύπο της δεξαμενής και τον αριθμό καταχώρισης της πιστοποίησης vii) Διατάξεις και/ή βαλβίδες εκτόνωσης της πίεσης που έχουν πιστοποιηθεί για χρήση με τη δεξαμενή, ή τα μέσα παροχής πληροφοριών σχετικά με τα πιστοποιημένα συστήματα προστασίας έναντι

πυρκαγιάς viii) Όταν χρησιμοποιούνται πινακίδες, όλες οι δεξαμενές πρέπει να έχουν ένα μοναδικό αριθμό αναγνώρισης αποτυπωμένο σε εκτεθειμένη μεταλλική επιφάνεια ώστε να μπορεί να γίνεται αναγνώριση στην περίπτωση καταστροφής της πινακίδας.

Προαιρετικές πληροφορίες της πινακίδας: Μπορούν να παρατίθενται οι ακόλουθες προαιρετικές πληροφορίες σε ξεχωριστή πινακίδα: i) Περιοχή θερμοκρασιών αερίου, π.χ. -40°C έως 65°C ii) Ονομαστική χωρητικότητα της δεξαμενής σε νερό με μέχρι δύο σημαντικούς αριθμούς, π.χ. 120 λίτρα iii) Ημερομηνία αρχικής δοκιμής σε πίεση (μήνας και έτος). Οι σημάνσεις πρέπει να τοποθετούνται με τη σειρά που παρατίθεται πιο πάνω αλλά η συγκεκριμένη διευθέτησή τους μπορεί να μεταβάλλεται για να ταιριάζει με το διατιθέμενο χώρο.

Η εγκατάσταση των σωληνώσεων και του λοιπού εξοπλισμού πρέπει να πληροί τις παρακάτω επιπλέον προδιαγραφές:

- Οι άκαμπτες γραμμές καυσίμου πρέπει να κατασκευάζονται από χάλυβα χωρίς ραφή: είτε ανοξείδωτο χάλυβα ή χάλυβα με επικάλυψη ανθεκτική στη διάβρωση.
- Η άκαμπτη γραμμή καυσίμου μπορεί να αντικαθίσταται από εύκαμπτη γραμμή καυσίμου αν χρησιμοποιείται σε κατηγορία 0, 1 ή 2.
- Οι άκαμπτες γραμμές καυσίμου πρέπει να ασφαρίζονται έτσι ώστε να μην υπόκεινται σε δονήσεις ή καταπονήσεις.
- Οι εύκαμπτες γραμμές καυσίμου πρέπει να ασφαρίζονται έτσι ώστε να μην υπόκεινται σε δονήσεις ή καταπονήσεις.
- Στο σημείο στερέωσης, η γραμμή καυσίμου, εύκαμπτη ή άκαμπτη, πρέπει να προσαρμόζεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην υπάρχει επαφή μετάλλου με μέταλλο.
- Οι άκαμπτες ή εύκαμπτες γραμμές καυσίμου δεν πρέπει να βρίσκονται σε σημεία στα οποία εφαρμόζεται ο γρύλος ανύψωσης του οχήματος.
- Σε περάσματα, οι γραμμές καυσίμου πρέπει να περιβάλλονται από προστατευτικό υλικό.
- Δεν επιτρέπονται ενώσεις με κασσιτεροκόλληση ή με συμπίεση.
- Αγωγοί από ανοξείδωτο χάλυβα πρέπει να ενώνονται μόνο με συνδέσμους από ανοξείδωτο χάλυβα.
- Τα συγκροτήματα διανομής πρέπει να κατασκευάζονται από υλικά που αντέχουν σε διάβρωση.

- Οι άκαμπτες γραμμές καυσίμου πρέπει να συνδέονται με κατάλληλες ενώσεις, π.χ. διμερείς ενώσεις με συμπίεση σε χαλύβδινους σωλήνες και ενώσεις με διαμορφωμένα άκρα ελλειψοειδούς μορφής και στις δύο πλευρές.
- Ο αριθμός των ενώσεων πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο.
- Οι ενώσεις πρέπει να γίνονται σε θέσεις όπου είναι δυνατή η πρόσβαση για επιθεώρηση.
- Σε χώρο επιβατών ή κλειστό χώρο αποσκευών οι γραμμές καυσίμου δεν πρέπει να έχουν μεγαλύτερο μήκος από εκείνο που λογικά απαιτείται και, σε κάθε περίπτωση, πρέπει να προστατεύονται από αεροστεγές περίβλημα και τον ελαστικό σωλήνα σύνδεσης και οδηγό διόδου στην ατμόσφαιρα,

Μια πρόσθετη αυτόματη βαλβίδα μπορεί να εγκαθίσταται στη γραμμή καυσίμου όσο το δυνατό πλησιέστερα στο ρυθμιστή πίεσης.

Η μονάδα πλήρωσης πρέπει να ασφαρίζεται έναντι περιστροφής και να προστατεύεται από ακαθαρσίες και νερό. Όταν η δεξαμενή καυσίμου είναι εγκατεστημένη στο χώρο επιβατών ή σε κλειστό χώρο (αποσκευών) η μονάδα πλήρωσης πρέπει να βρίσκεται στο εξωτερικό του οχήματος ή στο χώρο του κινητήρα.

Τα ηλεκτρικά στοιχεία του συστήματος CNG πρέπει να προστατεύονται έναντι υπερφορτίσεων. Οι ηλεκτρικές συνδέσεις και τα ηλεκτρικά μέρη του αεροστεγούς περιβλήματος πρέπει να κατασκευάζονται έτσι ώστε να μη δημιουργούνται σπινθήρες. Οι σωληνώσεις πρέπει επιπλέον να φέρουν, ανάλογα με την κατηγορία τους, και την παρακάτω σήμανση

- ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 0: Κάθε ελαστικός σωλήνας πρέπει να φέρει, σε διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 0,5 m, τις ακόλουθες ευανάγνωστες και ανεξίτηλες αναγνωριστικές σημάνσεις που αποτελούνται από χαρακτήρες, αριθμούς ή σύμβολα. Την εμπορική ονομασία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή Το έτος και το μήνα κατασκευής Τη σήμανση του μεγέθους και του τύπου Το αναγνωριστικό σήμα «CNG κατηγορία 0» Κάθε σύνδεσμος πρέπει να φέρει την εμπορική ονομασία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή της συναρμολόγησης.
- ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΜΕΣΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 1: Κάθε ελαστικός σωλήνας πρέπει να φέρει, σε διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 0,5 m, τις ακόλουθες ευανάγνωστες και

ανεξίτηλες αναγνωριστικές σημάνσεις που αποτελούνται από χαρακτήρες, αριθμούς ή σύμβολα. Την εμπορική ονομασία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή Το έτος και το μήνα κατασκευής Τη σήμανση του μεγέθους και του τύπου Το αναγνωριστικό σήμα «CNG κατηγορία 1» Κάθε σύνδεσμος πρέπει να φέρει την εμπορική ονομασία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή της συναρμολόγησης.

- **ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ, ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ 2:** Κάθε ελαστικός σωλήνας πρέπει να φέρει, σε διαστήματα όχι μεγαλύτερα των 0,5 m, τις ακόλουθες ευανάγνωστες και ανεξίτηλες αναγνωριστικές σημάνσεις που αποτελούνται από χαρακτήρες, αριθμούς ή σύμβολα. Την εμπορική ονομασία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή. Το έτος και το μήνα κατασκευής. Τη σήμανση του μεγέθους και του τύπου. Το αναγνωριστικό σήμα «CNG κατηγορία 2». Κάθε σύνδεσμος πρέπει να φέρει την εμπορική ονομασία ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή της συναρμολόγησης.

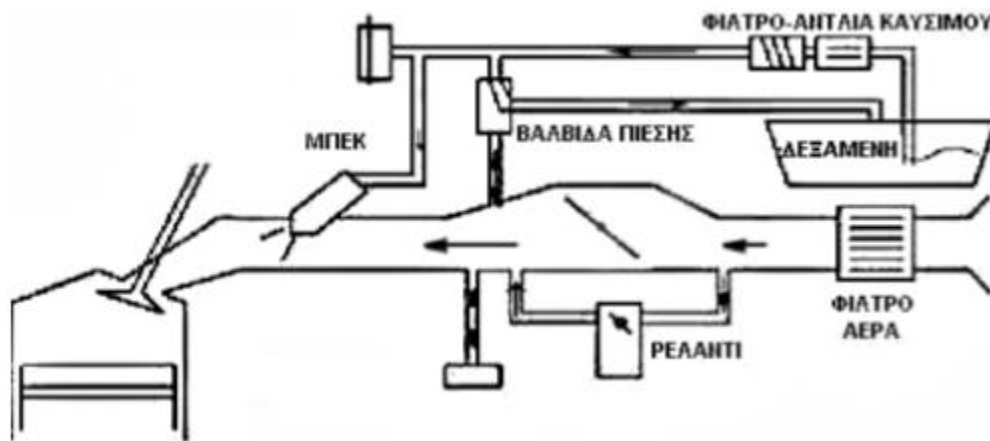
5. ΜΕΛΕΤΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ LPG

5.1 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ LPG ΣΕ ΟΧΗΜΑΤΑ

Η εξέλιξη της υγραεριοκίνησης στην διάρκεια των ετών έγινε παράλληλα με την εξέλιξη των συμβατικών κινητήρων την οποία μπορούμε να κατηγοριοποιήσουμε σε γενιές. Έτσι για κάθε γενιά εξέλιξης αυτοκινήτου υπάρχει και το ανάλογο σύστημα υγραεριοκίνησης.

1. 1ης γενιάς (Venturi)

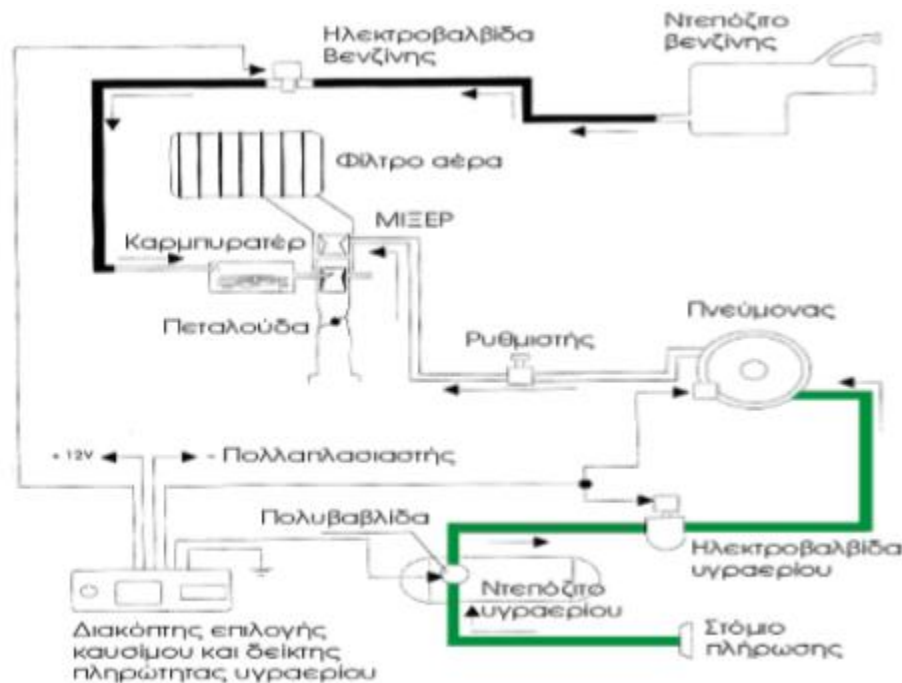
Είναι οι κινητήρες οι οποίοι για την τροφοδοσία χρησιμοποιούν καρμπυρατέρ ή μηχανικό ψεκασμό καυσίμου. Στην πρώτη περίπτωση, η μίξη του καυσίμου με τον αέρα γίνεται στο καρμπυρατέρ, ενώ με μηχανικό ψεκασμό το καύσιμο ψεκάζεται λίγο πριν την πολλαπλή εισαγωγής. Πρόκειται για κινητήρες με ηλεκτρική ανάφλεξη, χρησιμοποιώντας τα μπουζί ή με ανάφλεξη από συμπίεση (αυτανάφλεξη).



Σχήμα 16 Μηχανικός Ψεκασμός

Το σύστημα υγραεριοκίνησης που εφαρμόζεται σε αυτόν τον κινητήρα είναι πολύ απλής μορφής. Για να είναι λειτουργικό το σύστημα απαιτείται να υπάρχει ο πνεύμονας που αεριοποιεί και θερμαίνει το LPG, οι ηλεκτροβαλβίδες βενζίνης και LPG που διακόπτουν την παροχή του

ανάλογου καυσίμου παίρνοντας εντολή από τον διακόπτη επιλογής καυσίμου, το μίξερ που διοχετεύει το LPG πριν το καρμπυρατέρ ή την πολλαπλή εισαγωγής και την δεξαμενή του LPG.

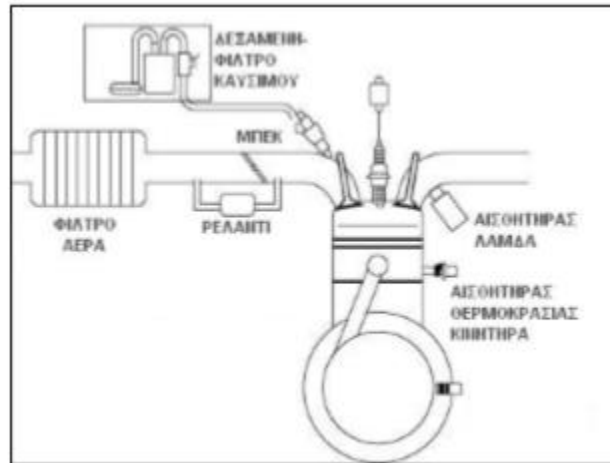


Σχήμα 17 Κινητήρας με καρμπυρατέρ

2. 2ης γενιάς

Είναι οι κινητήρες που χρησιμοποιούν καρμπυρατέρ ή μηχανικό ψεκασμό, διαθέτουν ηλεκτρονική μονάδα ελέγχου της παρερχομένης ποσότητας καυσίμου στον κινητήρα μέσω αισθητήρα Λάμδα, ώστε να είναι δυνατή η κατάλυση των καυσαερίων από τριοδικό καταλυτικό μετατροπέα. Οι κινητήρες αυτής της γενιάς διαθέτουν και ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του σημείου ανάφλεξης του μίγματος.

Το σύστημα υγραεριοκίνησης αυτής της γενιάς για να προσαρμόσει την ποσότητα έγχυσης καυσίμου παίρνει πληροφορίες από τον αισθητήρα λ μέσω της ίδιας ηλεκτρονικής μονάδας ελέγχου που χρησιμοποιείται και για την βενζίνη.

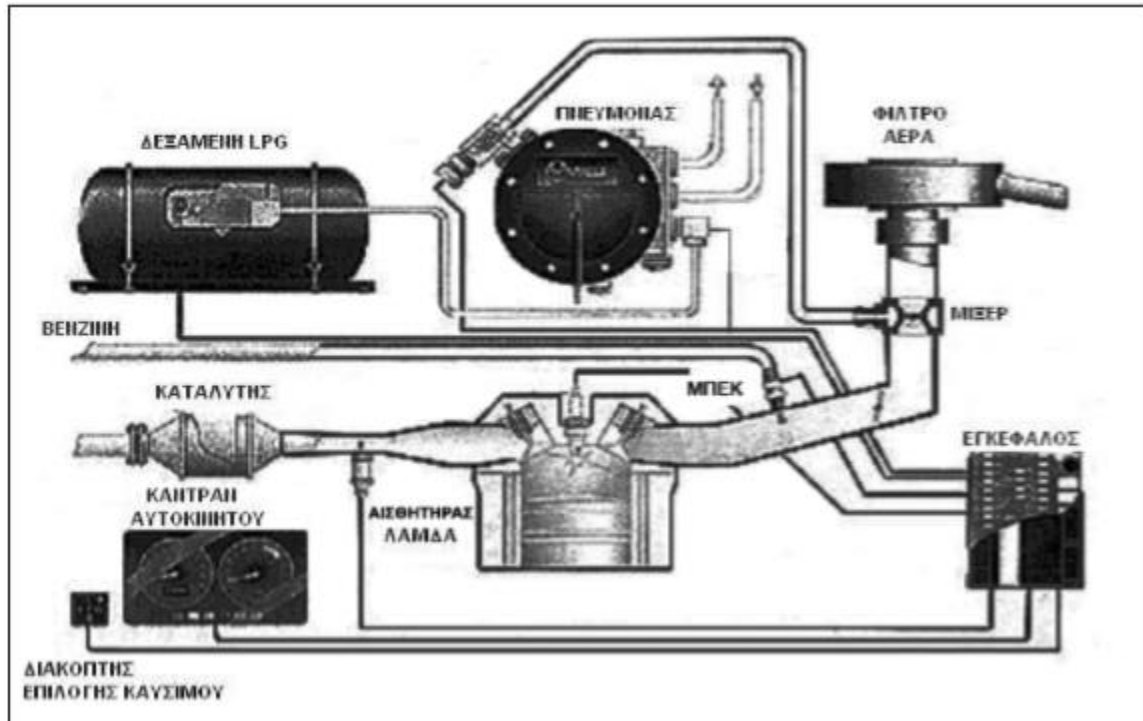


Σχήμα 18 Κινητήρας με μηχανικό ψεκασμό και αισθητήρα Λάμδα

3. 3ης γενιάς

Είναι οι κινητήρες μονού ή πολλαπλού ψεκασμού καυσίμου με εγκέφαλο και κλειστό κύκλωμα αισθητήρα λ. Ο ψεκασμός (injection) του καυσίμου στην πολλαπλή εισαγωγής γίνεται με ηλεκτροβαλβίδες (beck). Ο ψεκασμός του καυσίμου γίνεται από ένα ψεκαστήρα (μονό σημείο ψεκασμού) ή από τέσσερις ψεκαστήρες που ψεκάζουν ταυτόχρονα (full group), ή ψεκάζουν ανά δύο και σε ορισμένες περιπτώσεις χρονισμένα. Δεν επιδέχονται καμία ρύθμιση στην παροχή καυσίμου από τον εγκαταστάτη μηχανικό, εφόσον υπάρχει εγκέφαλος Η τεχνολογία ελέγχου βλαβών γίνεται από την ενδεικτική λυχνία βλαβών στο καντράν του αυτοκινήτου.

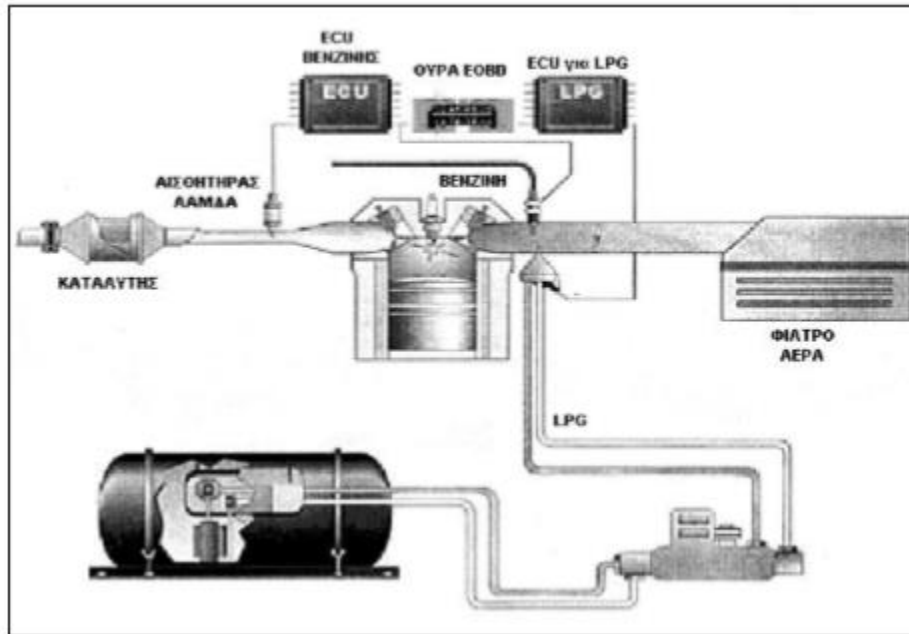
Οι κινητήρες αυτής της γενιάς διαθέτουν και ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου του σημείου ανάφλεξης του μίγματος (advance), με συνεχή ρύθμιση του advance του κινητήρα μέσω αισθητήρα ανίχνευσης της προανάφλεξης (πειράκια). Η αγγλική ορολογία του αισθητήρα είναι knock sensor. Το σύστημα υγραεριοκίνησης αυτής της γενιάς έχει δικό του εγκέφαλο πλέον και λειτουργεί ανεξάρτητα από το σύστημα της βενζίνης. Η έγχυση του αερίου γίνεται αποκλειστικά με ηλεκτρονικό ψεκασμό και η εναλλαγή καυσίμου γίνεται αυτόματα. Σε αυτή τη γενιά παρουσιάζετε για πρώτη φορά ο ηλεκτρονικός ψεκασμός αερίου LPG πολλαπλών σημείων μέσω των beck υγραερίου που εφαρμόζονται λίγο πριν την εισαγωγή κάθε κυλίνδρου



Σχήμα 19 Κινητήρας με ηλεκτρονικό ψεκασμό και αισθητήρα λ

4. 4ης γενιάς

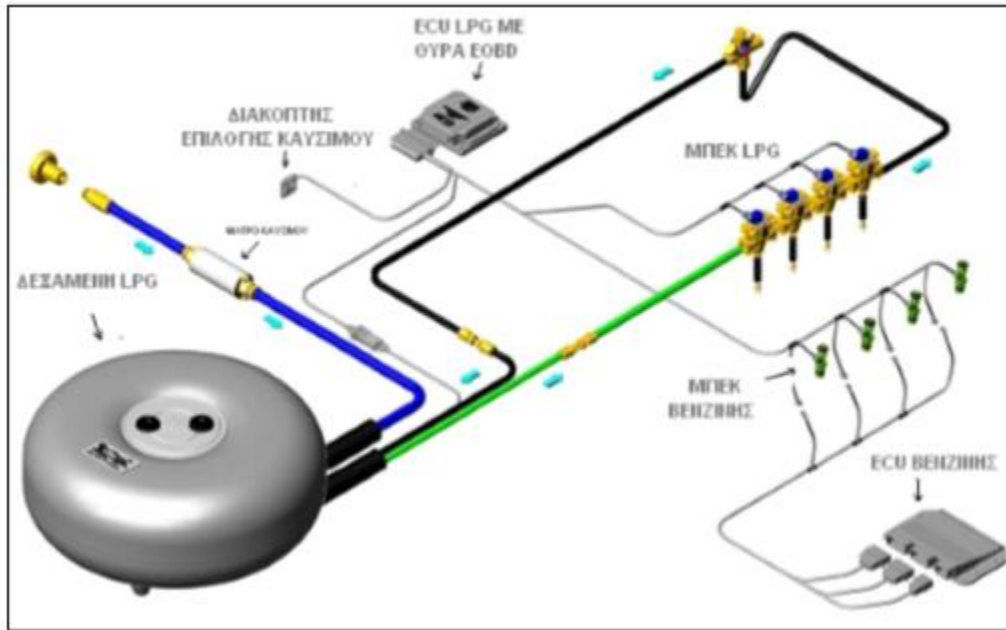
Η τεχνολογία αυτών των κινητήρων αναπτύχθηκε για να ικανοποιήσουν τις προδιαγραφές εκπομπών ρύπων κατά EURO 4. Τα χαρακτηριστικά αυτών των κινητήρων είναι ότι χρησιμοποιούν εξολοκλήρου σύστημα πολλαπλού σειριακού ψεκασμού, διαθέτουν εγκέφαλο (ECU) με κλειστό κύκλωμα ελέγχου εκπομπών ρύπων και ποσότητας καυσίμου με δύο αισθητήρες λ, έναν πριν και έναν μετά τον καταλυτικό μετατροπέα ώστε να ελέγχεται η απόδοσή του. Σε πολλά από τα οχήματα αυτής της γενιάς υπάρχει μεταλλικός προκαταλύτης αμέσως μετά την πολλαπλή εξαγωγής του κινητήρα, ώστε να ξενικά η κατάλυση των καυσαερίων σχεδόν άμεσα μετά την εκκίνηση του κινητήρα. Τα συστήματα υγραεριοκίνησης που εφαρμόζονται εδώ έχουν την ικανότητα να αλληλοεπιδρούν με το υπάρχον σύστημα βενζίνης μέσω θύρας EOBD (με τον εγκέφαλο δηλαδή του κινητήρα του αυτοκινήτου μέσω της 16pin πρίζας). Έτσι μπορούν οι εγκέφαλοι του υγραερίου με τις εντολές που δέχονται από τους εγκέφαλους των οχημάτων να διορθώνουν τον χρόνο ψεκασμού άμεσα όταν αυτός αλλάζει εξ αιτίας διαφόρων αιτιών.



Σχήμα 20 Κινητήρας πολλαπλού ψεκασμού με ECU και σύνδεση μέσω θύρας EOBD

5. 5ης γενιάς

Τα συστήματα αυτά δεν διαφέρουν από τα συστήματα 4ης γενιάς, σε ότι αφορά τα εγκατεστημένα συστήματα αντιρρύπανσης στο σύστημα εξαγωγής των καυσαερίων. Ικανοποιούν όμως τις αυστηρότερες προδιαγραφές ρύπων EURO 5. Σε αυτήν την γενιά ανήκουν και τα συστήματα άμεσου υγρού ψεκασμού που επιβάλλεται να λειτουργούν σε απόλυτη εναρμόνιση με τον εγκέφαλο του αυτοκινήτου. Για τους κινητήρες αυτής της γενιάς αναπτύχθηκαν και αναπτύσσονται συστήματα υγρού ψεκασμού του υγραερίου μέσα από τα ίδια στοιχεία άμεσου ψεκασμού που χρησιμοποιούνται για την βενζίνη. Οι τοποθετήσεις συστημάτων αερίου ψεκασμού πριν την βαλβίδα εισαγωγής του μίγματος δεν έχουν αποδώσει τα αναμενόμενα μια που οι κινητήρες αυτής της τεχνολογίας λειτουργούν σε πολύ χαμηλά φορτία και λειτουργούν με πολύ φτωχά μίγματα και σε πολλές περιπτώσεις η αυτανάφλεξη είναι επιλογή του κατασκευαστή για την καλή λειτουργία του κινητήρα.



Σχήμα 21 Κινητήρας άμεσου υγρού ψεκασμού

5.2 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ LPG

Από τη νομοθεσία προβλέπονται όλα τα απαραίτητα και βασικά εξαρτήματα συστήματος LPG ώστε να καλύπτονται οι τεχνικές προδιαγραφές για ένα λειτουργικό και ασφαλές όχημα κατά τη χρήση αερίου καυσίμου. Έτσι τα βασικά εξαρτήματα είναι τα εξής:

- Δεξαμενή καυσίμου

Η δεξαμενή καυσίμου είναι ο χώρος που αποθηκεύεται το υγραέριο υπό πίεση. Είναι συνήθως ένα κυλινδρικό δοχείο με δύο κυρτούς πυθμένες (σχήμα 22 α). Επίσης υπάρχουν και οι τοροειδείς δεξαμενές (σχήμα 22 β). Η χωρητικότητα κυμαίνεται από 30 έως 70 λίτρα για την τοροειδή δεξαμενή και από 40 έως 110 λίτρα για την κυλινδρική



Σχήμα 22 Δεξαμενές καυσίμου

- Πολυβαλβίδα

Είναι η διάταξη που εφαρμόζει στην δεξαμενή (Σχήμα 23) και αποτελείται από τα εξής στοιχεία: βαλβίδα διακοπής 80%, δείκτης στάθμης, ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης, χειροκίνητη βαλβίδα διακοπής υγραερίου, τηλεχειριζόμενη βαλβίδα διακοπής υγραερίου, ανακουφιστική διάταξη με θερμική ασφάλεια.



Σχήμα 23 Πολυβαλβίδα

- Βαλβίδα διακοπής 80% του περιοριστή στάθμης πλήρωσης

Είναι η διάταξη η οποία περιορίζει την πλήρωση κατά μέγιστο στο 80% της χωρητικότητας της δεξαμενής (σχήμα 24 α και β). Το πλαστικό που φαίνεται στο σχήμα 24α επιπλέει στο υγρό και όταν φτάσει στο 80% της δεξαμενής διακόπτει την παροχή υγραερίου με το σύστημα που φαίνεται στο σχήμα 24β.



Σχήμα 24 Διάταξη της βαλβίδας διακοπής 80%

- Δείκτης στάθμης

Είναι η διάταξη η οποία επαληθεύει τη στάθμη υγρού στη δεξαμενή (Σχήμα 25). Λειτουργεί με μαγνήτη που παίρνει εντολή από την διάταξη του σχήματος 24β.



Σχήμα 25 Δείκτης στάθμης

- Ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης (εκτόνωσης)

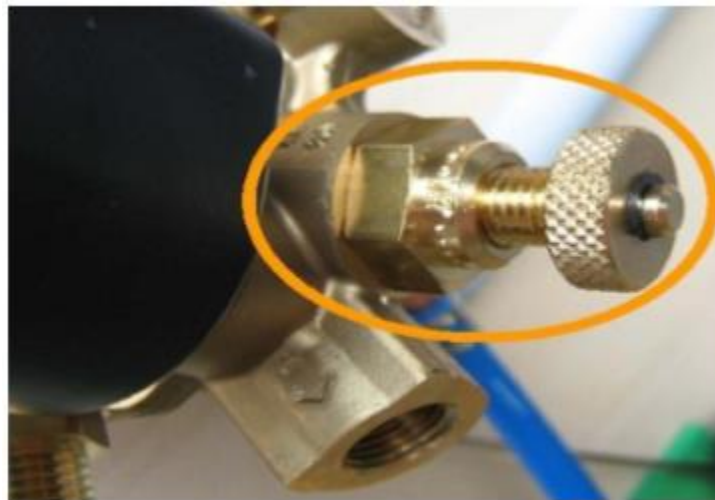
Είναι η διάταξη εκτόνωσης της πίεσης που επικρατεί στην δεξαμενή (Σχήμα 26). Σε περίπτωση που η πίεση στην δεξαμενή υπερβεί το επιτρεπόμενο όριο, η βαλβίδα εκτόνωσης επιτρέπει την διαφυγή υγραερίου με την μορφή ατμών ώστε να έρθει η πίεση στα επιτρεπτά όρια.



Σχήμα 26 Ανακουφιστική βαλβίδα πίεσης

- Χειροκίνητη βαλβίδα

Είναι η διάταξη με την οποία ο χειριστής του συστήματος κλείνει χειροκίνητα την παροχή υγραερίου προς όλο το σύστημα (Σχήμα 27).



Σχήμα 27 Χειροκίνητη βαλβίδα

- Τηλεχειριζόμενη βαλβίδα διακοπής υγραερίου

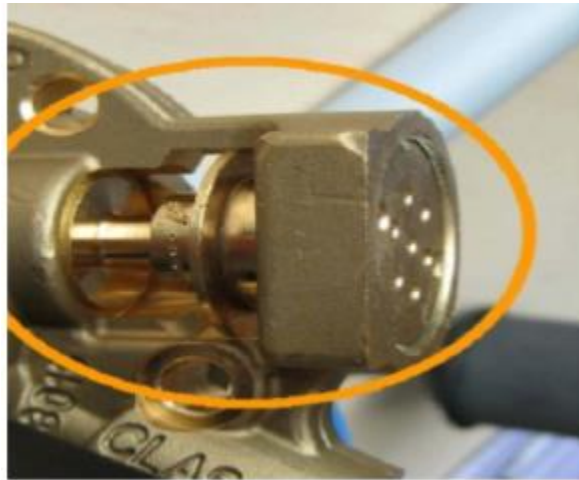
Είναι η διάταξη (Σχήμα 28) που διακόπτει την παροχή υγραερίου στο σύστημα και ελέγχεται από την μονάδα ελέγχου της υγραεριοκίνησης. Όταν ο κινητήρας δεν λειτουργεί, η βαλβίδα είναι κλειστή.



Σχήμα 28 Τηλεχειριζόμενη βαλβίδα διακοπής υγραερίου

- Ανακουφιστική διάταξη με θερμική ασφάλεια

Είναι η διάταξη που χρησιμοποιεί θερμικό στοιχείο, το οποίο αν αντιληφθεί θερμοκρασία άνω των 120°C, ανοίγει μια οπή για να μπορεί να διαφύγει μια μεγάλη ποσότητα αερίου ώστε να μην δημιουργηθούν μεγάλα ποσά πίεσης στο εσωτερικό της δεξαμενής (Σχήμα 29).



Σχήμα 29 Θερμική ασφάλεια

- Μονάδα πλήρωσης με βαλβίδα αντεπιστροφής

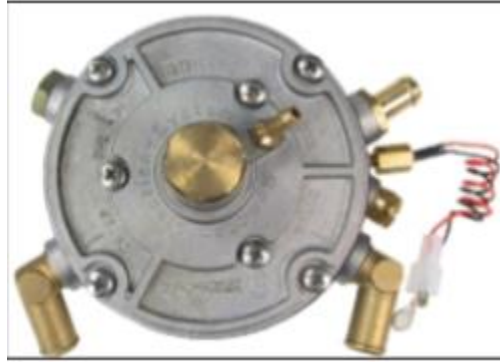
Μονάδα πλήρωσης είναι η διάταξη που επιτρέπει την πλήρωση της δεξαμενής με καύσιμο (Σχήμα 30). Στη μονάδα πλήρωσης συμπεριλαμβάνονται το τυποποιημένο στόμιο για την προσαρμογή της κάνουλας πλήρωσης των πρατηρίων καυσίμου και η βαλβίδα αντεπιστροφής που επιτρέπει τη ροή του υγραερίου σε υγρή μορφή προς μία κατεύθυνση (προς τη δεξαμενή) και εμποδίζει τη ροή του προς την αντίθετη. Βαλβίδα αντεπιστροφής μπορεί να υπάρχει και στην πολυβαλβίδα για τον ίδιο σκοπό.



Σχήμα 30 Μονάδα πλήρωσης με βαλβίδα αντεπιστροφής

- Ρυθμιστής πίεσης - εξαεριωτής

Είναι το βασικό εξάρτημα στο σύστημα υγραεριοκίνησης. Είναι η διάταξη η οποία μετατρέπει το υγρό υγραέριο σε αέριο (Σχήμα 31). Κατά την φάση της εκτόνωσης του υγραερίου, από την υγρή στη αέρια φάση, λόγω της λανθάνουσας ενθαλπίας εξάτμισης, απορροφάτε θερμότητα με αποτέλεσμα να ψύχεται το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται η εξάτμιση. Για να αντιμετωπισθεί το φαινόμενο της ψύξης ο εξαεριωτής τροφοδοτείται με το ζεστό νερό ή λάδι από το σύστημα ψύξης του κινητήρα. Το ζεστό νερό ή λάδι εισέρχεται στον εξαεριωτή και με θερμική επαγωγή μέσω των σπειροειδών τοιχωμάτων του βοηθά στην αεριοποίηση του υγραερίου.



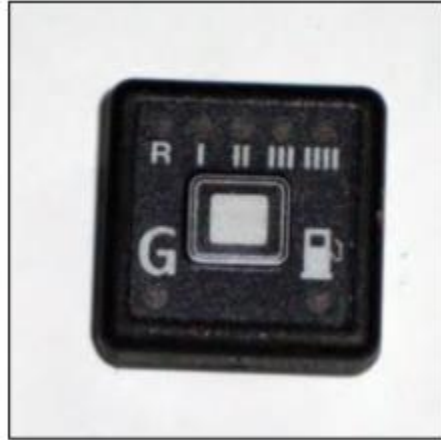
Σχήμα 31 Ρυθμιστής πίεσης - εξαεριοτής

- Άκαμπτοι και/ή ελαστικοί σωλήνες

Πρόκειται για σωλήνες μεταφοράς νερού/λαδιού ή υγραερίου. Οι σωλήνες μεταφοράς νερού/λαδιού είναι από καουτσούκ και χρησιμοποιούνται για να αεριοποιούν το υγραέριο στον εξαεριοτή. Από καουτσούκ είναι επίσης και οι σωλήνες που μεταφέρουν το αέριο από τον εξαεριοτή στην διάταξη έγχυσης. Για την μεταφορά υγρού υγραερίου, από την δεξαμενή στον εξαεριοτή, χρησιμοποιούνται χαλκοσωλήνες, λόγω της μεγάλης πίεσης, διαμέτρου Φ6 mm ή Φ8 mm

- Ηλεκτρονικός ή ηλεκτρικός διακόπτης επιλογής καυσίμου

Είναι η διάταξη με την οποία ελέγχεται το είδος του καυσίμου που χρησιμοποιείται (σχήμα 32). Επιπλέον, πάνω στο διακόπτη υπάρχουν λυχνίες τύπου led για την ένδειξη της στάθμης του καυσίμου στη δεξαμενή.



Σχήμα 32 Ηλεκτρονικός διακόπτης επιλογής καυσίμου

5.3 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Εν γένει το κόστος εγκατάστασης ποικίλει με βάση τον κατασκευαστή, τα χαρακτηριστικά του οχήματος και του κινητήρα καθώς και το επιλεγμένο μοντέλο που θα εγκατασταθεί. Ωστόσο, το κόστος εγκατάστασης κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 1200-2000 €

6. ΜΕΛΕΤΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ – ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ CNG

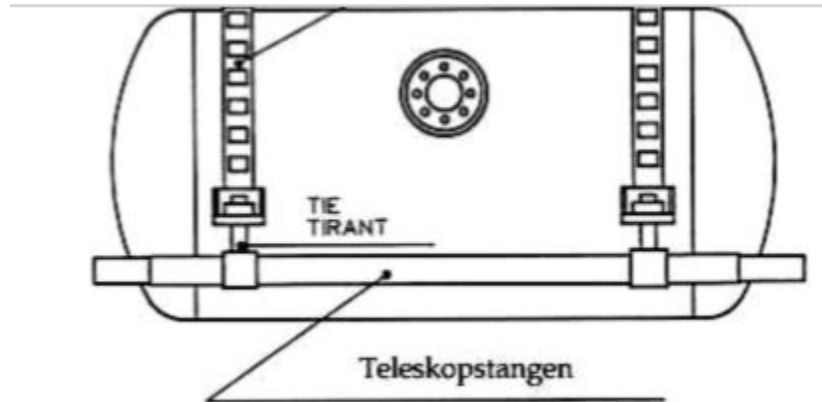
Στην μηχανή που χρησιμοποιεί φυσικό αέριο δημιουργείται ένα μίγμα αεριοποιημένου υγραερίου-αέρα, που αναφλέγεται και καίγεται στους κυλίνδρους όπως το μίγμα βενζίνης-αέρα ή ντίζελ-αέρα. Η τροφοδότηση όμως του εξαεριωτήρα με το αέριο και η δημιουργία του μίγματος αερίου-αέρα είναι διαφορετικές. Το φυσικό αέριο βρίσκεται σε πίεση μέσα στη δεξαμενή και χρειάζονται διάφορα πρόσθετα εξαρτήματα για την αεριοποίηση του, την ελάττωση της πίεσεως του και τη ρύθμιση της παροχής του αερίου προς τον εξαεριωτήρα. Οι λόγοι αυτοί κάνουν απαραίτητη τη μετατροπή της μηχανής, για τη δημιουργία ενός δεύτερου συστήματος τροφοδοσίας φυσικού αερίου, που αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη:

- Τη δεξαμενή φυσικού αερίου, στην οποία αποθηκεύεται με πίεση το αέριο.
- Την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, που ανοίγει και κλείνει τη παροχή του συστήματος.
- Τον Ρυθμιστή-Εξατμιστή (P-E), που εξαερώνει το φυσικό αέριο και ρυθμίζει τη παροχή του αερίου προς τον εξαεριωτήρα ανάλογα με τις ανάγκες της μηχανής.
- Το σύστημα μίξεως του αερίου με τον αέρα (μικτής), που προσαρμόζεται στον εξαεριωτήρα της μηχανής.
- Την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα βενζίνης, που ανοιγοκλείνει τη παροχή της βενζίνης του κανονικού συστήματος τροφοδοσίας της μηχανής.
- Τον ηλεκτρικό διακόπτη επιλογής καυσίμου και τον ηλεκτρικό διακόπτη τσόκ, που βρίσκονται στο πίνακα οργάνων του οδηγού.

1. Δεξαμενή Φυσικού αερίου

Η δεξαμενή του αερίου είναι ένα κυλινδρικό δοχείο με διαστάσεις ανάλογες του τύπου αυτοκινήτου και της απαιτούμενης χωρητικότητας, που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 100 λίτρων. Κατασκευάζεται από ατσαλολαμαρίνα 2-3,5mm. Η κατασκευή της αυτή σε δοκιμή της υψηλής

πίεσης έχει αντοχή μέχρι τα 200 bar και η αντικατάστασή της κάθε 10 χρόνια, είναι τα κύρια στοιχεία ασφάλειας για τη χρησιμοποίησή της στ' αυτοκίνητα. Ακόμα όλες οι δεξαμενές έχουν κυλινδρικό σχήμα λόγω της υψηλής πίεσης



Σχήμα 33 Δεξαμενή φυσικού αερίου

Η δεξαμενή τοποθετείται υποχρεωτικά στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου, για τη προφύλαξη της από τις συγκρούσεις, από τα υπέρθερμα μέρη της μηχανής και από τους ηλεκτρικούς σπινθηρισμούς. Στο μέρος αυτό τοποθετείται πάλι σε ορισμένες θέσεις για την ασφάλεια της από τις πίσω συγκρούσεις και την αποφυγή της θέρμανσης της από την εξάτμιση. Οι πιο συνηθισμένες θέσεις της που καθορίζονται με ακρίβεια από τους ειδικούς νόμους κάθε χώρας είναι:

- Το μέσα μέρος του πόρτ-μπαγκάζ κοντά στο πίσω κάθισμα. Η θέση αυτή της δεξαμενής είναι η πιο συνηθισμένη στα επιβατικά αυτοκίνητα, διότι παρέχει ασφάλεια από τις πίσω συγκρούσεις και ευκολίες στους διάφορους ελέγχους της. Ο όγκος της όμως δημιουργεί διάφορα προβλήματα, που είναι η μείωση του χώρου αποσκευών, η δυσκολία ανοίγματος της πίσω πόρτας και η μη ρύθμιση του πίσω καθίσματος σε μερικούς τύπους μικρών αυτοκινήτων.
- Στο κάτω μέρος του πόρτ-μπαγκάζ και πίσω από τον άξονα κινήσεως του αυτοκινήτου. Η θέση αυτή έχει τη προτίμηση μερικών κατασκευαστών, για την αποφυγή της μείωσης του χώρου αποσκευών και την αύξηση του βαθμού ασφαλείας της από τις πίσω συγκρούσεις.

- Στο πίσω μέρος των καθισμάτων ή του διαθέσιμου χώρου αποσκευών. Η θέση αυτή συνηθίζεται στα αυτοκίνητα που ο χώρος επιβατών και αποσκευών είναι κοινός και δεν μπορεί να χωριστεί με διάφραγμα (μικρά λεωφορεία κλπ.). Στα ίδια αυτά αυτοκίνητα μπορεί να τοποθετηθεί η δεξαμενή και κάτω από το αμάξωμα.

Στις θέσεις αυτές των ειδικών αυτοκινήτων η δεξαμενή τοποθετείται σε ένα κλειστό μεταλλικό κιβώτιο, που έχει τρύπες για την επικοινωνία του με τον εξωτερικό χώρο. Τέλος η δεξαμενή μπορεί να τοποθετηθεί και στον χώρο της ρεζέρβας.

2. Περιφερειακά μέρη και συστήματα

Η δεξαμενή μοιάζει εξωτερικά με τη γνωστή φιάλη ερίου. Στο πλευρό της και σε γωνία 45° ή 90° με το δάπεδο έχει ένα μικρό πίνακα που κλείνει με ένα κάλυμμα. Ο πίνακας αυτός έχει τα εξής:

- Τον σωλήνα πλήρωσης της δεξαμενής που προεξέχει του πίνακα ή που φτάνει μέχρι το εξωτερικό μέρος του αμαξώματος, όπως της δεξαμενής βενζίνης. Το στόμιο του σωλήνα αυτού είναι εξωτερικά διαμορφωμένο κατάλληλα για τη στεγανή προσαρμογή του πιστολιού της αντλίας διανομής και στο εσωτερικό του υπάρχουν δυο βαλβίδες: μία πλήρωσης και μία αντεπιστροφής. Η βαλβίδα πλήρωσης επιτρέπει το γέμισμα της δεξαμενής με αέριο, ενώ η βαλβίδα αντεπιστροφής διακόπτει τη πλήρωση όταν το υγραέριο καλύψει το 80% του όγκου της δεξαμενής.
- Την χειροκίνητη στρόφιγγα διακοπής, με την οποία ο οδηγός ανοιγοκλείνει τη παροχή αερίου προς τα μέρη του συστήματος.
- Τη βαλβίδα διαρροών, που κλείνει αυτόματα τη παροχή αερίου, όταν σημειωθεί κάποια διαρροή στα μέρη του συστήματος.
- Τη βαλβίδα ελέγχου της στάθμης αερίου που ανοίγει αυτόματα για τη διαφυγή αερίου, όταν η δεξαμενή γεμίσει μέχρι το 80% της όλης χωρητικότητας της. Το άνοιγμα και το κλείσιμο της γίνεται από ένα πλωτήρα, που βρίσκεται μέσα στο υγρό της δεξαμενής. Επειδή δε ο πλωτήρας αυτός συνήθως μπλοκάρει, η βαλβίδα ανοίγεται από μία βίδα κατά το γέμισμα της δεξαμενής και κλείνεται όταν αρχίσει η έξοδος αερίου. Η ελάχιστη αυτή ποσότητα αερίου διαφεύγει στην ατμόσφαιρα από ένα άνοιγμα 200 cm², που υπάρχει στο

δάπεδο του πόρτ-μπαγκάζ. Για το λόγο αυτό το άνοιγμα του δαπέδου πρέπει να είναι πάντοτε ελεύθερο και να μη κλείνεται με τις αποσκευές ή άλλα αντικείμενα.

- Τη βαλβίδα ασφαλείας, που ανοίγει αυτόματα με ένα ελατήριο και επιτρέπει τη διαφυγή αερίου, όταν η πίεση φτάσει στα 22-24 bar από κάποια αιτία. Τότε στον ελεύθερο εσωτερικό χώρο της δεξαμενής υπάρχει υψηλή πίεση που αναγκάζει το αέριο να βγει από ένα σωλήνα. Ο σωλήνας αυτός αρχίζει από τον πυθμένα της δεξαμενής, φτάνει στο πίνακα και από εκεί με άλλο σωλήνα καταλήγει στο εξωτερικό μέρος του αυτοκινήτου, για τη διαφυγή του αερίου στον αέρα
- Ένα όργανο ελέγχου της ποσότητας του υγραερίου της δεξαμενής. Το όργανο αυτό δείχνει σε ποσοστά τη χωρητικότητα, ενεργοποιούμενο από τον πλωτήρα που βρίσκεται μέσα στη δεξαμενή

3. Σωλήνες παροχής υγραερίου

Οι σωλήνες αυτοί παροχής κατασκευάζονται από χαλκό ή ατσάλι σε ακέραια τυποποιημένα μέρη για κάθε μάρκα αυτοκινήτου. Η κατασκευή τους γίνεται με βάση ορισμένες προδιαγραφές που καθορίζουν το πάχος τους, την αντοχή τους, τη κάμψη τους και άλλες ακόμη λεπτομέρειες για τη θέση τους, το τρόπο στερέωσης τους και τη σύνδεση τους. Μερικές από τις προδιαγραφές αυτές είναι:

- Το πάχος των σωλήνων είναι ανάλογο της διαμέτρου τους.
- Η εξωτερική επιφάνεια τους καλύπτεται με πλαστική επένδυση διαφανή, για να ελέγχονται εύκολα τυχόν διαρροές υγραερίου.
- Η γωνία κάμψης τους δεν πρέπει να υπερβαίνει το 3πλάσιο της διαμέτρου τους.
- Ο σωλήνας από τη δεξαμενή μέχρι την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα περνάει υποχρεωτικά κάτω από το αμάξωμα και στηρίζεται σε διαστήματα από 40 μέχρι 60 cm. Σε όλο το μήκος του πρέπει να είναι ελεύθερος για τον εύκολο έλεγχο του και να μη πλησιάζει την εξάτμιση ή τη πολλαπλή εξαγωγή σε απόσταση μικρότερη των 30 cm. Αν αναγκαστικά περάσει από πολύ θερμά σημεία της μηχανής και σε απόσταση μικρότερη των 20cm, τότε τοποθετείται ενδιάμεσα φύλλο αμιάντου.

- Ο σωλήνας που συνδέει τον Ρυθμιστή - Εξατμιστή (P.E.) με τον μίκτη, πρέπει ν' αντέχει σε πίεση τουλάχιστο 0,1 bar και σε θερμοκρασία 100°C. Οι συνδέσεις των άκρων τους πρέπει να είναι στεγανές και να μη μεταβάλλονται σε θερμοκρασίες από -20°C μέχρι 100°C. Για τους λόγους αυτούς το ρακόρ και γενικά τα άκρα συνδέσεως τους είναι κολλημένα με ιδιαίτερη προσοχή και δοκιμασμένα σε πίεση.

4. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αερίου

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ανοίγει και κλείνει στεγανά τη παροχή αερίου, που έρχεται σε υγρή κατάσταση από τη δεξαμενή με πίεση. Τοποθετείται στο χώρο της μηχανής μακριά από τα θερμά μέρη της και στερεώνεται στο πλευρό του αμαξώματος, χωρίς να τρίβεται σε άλλα εξαρτήματα. Η βαλβίδα αυτή έχει δύο άκρα παροχής (είσοδος-έξοδος), μεταξύ των οποίων υπάρχει ένα φίλτρο καθαρισμού του υγρού. Στην είσοδο της συνδέεται ο σωλήνας που έρχεται από τη δεξαμενή και στην έξοδο της ο σωλήνας συνδέσεως της με τον Ρυθμιστή -Εξατμιστή (P-E). Στο πάνω μέρος της βαλβίδας, υπάρχει ένας ηλεκτρομαγνήτης, που με τον οπλισμό του ανοιγοκλείνει την έξοδο του υγρού από το φίλτρο. Τα άκρα του συνδέονται στο ηλεκτρικό κύκλωμα της μηχανής, που όταν τροφοδοτούνται με ρεύμα ο οπλισμός φέρεται προς τα πάνω και ανοίγεται η παροχή υγρού. Αντίθετα, όταν διακόπτεται το ρεύμα, ο οπλισμός έρχεται στην θέση ηρεμίας και κλείνεται στεγανά η παροχή του υγρού.

Η λειτουργία της βαλβίδας επιτυγχάνεται από το διακόπτη επιλογής, που βρίσκεται στο πίνακα οργάνων, όταν ο διακόπτης έναυσης της μηχανής βρίσκεται στη θέση λειτουργίας. Όταν ο διακόπτης αυτός έλθει στη 3η ΘΕΣΗ = ΥΓΡΑΕΡΙΟ, η παροχή ανοίγει και το υγρό κατευθύνεται προς τον P-E. Στις άλλες θέσεις του διακόπτη επιλογής ή του διακόπτη έναυσης της μηχανής, η βαλβίδα κλείνει τη παροχή του υγραερίου.

5. Ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα βενζίνης ή ντίζελ

Η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα ανοίγει το κανονικό σύστημα τροφοδοσίας, για τη τροφοδότηση της μηχανής με καύσιμο και το κλείνει όταν ο οδηγός θέλει να χρησιμοποιήσει το αέριο. Βρίσκεται στο χώρο της μηχανής και συνδέεται μεταξύ βενζιναντλίας και εξαεριωτήρα. Η

βαλβίδα αυτή έχει δύο άκρα (είσοδος-έξοδος), στα οποία συνδέονται οι σωλήνες της αντλίας καυσίμου και του εξαεριωτήρα. Στο πάνω μέρος της έχει ένα ηλεκτρομαγνήτη, που τα άκρα του συνδέονται στο ηλεκτρικό κύκλωμα της μηχανής. Τα άκρα αυτά τροφοδοτούνται με ρεύμα, όταν ο διακόπτης έναυσης της μηχανής βρίσκεται στη θέση λειτουργίας. Τότε ο διακόπτης επιλογής καυσίμου κλείνει το ηλεκτρικό της κύκλωμα (όταν έλθει από τον οδηγό στη 1η θέση = βενζίνη ή ντίζελ) και ο οπλισμός ανοίγει τη παροχή του καυσίμου. Σε άλλη θέση του διακόπτη επιλογής ή του διακόπτη έναυσης, η βαλβίδα δεν τροφοδοτείται με ρεύμα και παραμένει στη θέση ηρεμίας με κλειστή τη παροχή βενζίνης. Το άνοιγμα και το κλείσιμο της παροχής βενζίνης γίνεται και μηχανικά, όταν από κάποια αιτία παύσει να λειτουργεί η βαλβίδα αυτή. Τότε ο οδηγός ξεβιδώνει ή βιδώνει μία βίδα που υπάρχει στο πλευρό της βαλβίδας και ανοίγει ή κλείνει τη παροχή, όταν θέλει να χρησιμοποιήσει σαν καύσιμο τη βενζίνη ή το αέριο.

6. Ρυθμιστής πίεσης – εξάτμισης (P-E) αερίου

Ο Ρυθμιστής - Εξατμιστής (P-E) βρίσκεται στο χώρο της μηχανής, κοντά στις ηλεκτρομαγνητικές βαλβίδες και σε απόσταση μεγαλύτερη των 30 cm από τη πολλαπλή εξαγωγή. Στερεώνεται συνήθως στο πλευρό του αμαξώματος, σε θέση παράλληλη προς τη κατεύθυνση κινήσεως του αυτοκινήτου και συνδέεται στο σύστημα υγραερίου με σωλήνες, σε μία θέση μεταξύ ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας και μίκτη. Όταν συνδέεται εσωτερικά, από ένα στεγανό θάλαμο θερμού νερού που συνδέεται με το σύστημα ψύξεως της μηχανής, από ένα θάλαμο ψηλής πίεσης στον οποίο εξαερώνεται το υγραέριο και από ένα θάλαμο χαμηλής πίεσης. Όταν συνδέεται εξωτερικά, από δύο άκρα εισαγωγής-εξαγωγής θερμού νερού του συστήματος ψύξεως, από δύο άκρα εισαγωγής αερίου σε υγρή κατάσταση και εξαγωγής αερίου, από την υποδοχή του σωλήνα υποπίεσης, από τη ρυθμιστική βίδα του ρελαντί και από μία ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα αρχικής εκκινήσεως.

Με τα παραπάνω μέρη του ο P-E, όταν συνδεθεί στο σύστημα αερίου, στο σύστημα ψύξεως της μηχανής, στο ηλεκτρικό κύκλωμα και στη πολλαπλή εισαγωγή, εκτελεί τρεις λειτουργίες: α) Θερμαίνει και αεριοποιεί το αέριο, β) Μειώνει τη πίεση του αερίου και γ) Ρυθμίζει τη παροχή του αερίου προς το μίκτη, ανάλογα με τις στροφές της μηχανής.

Θέρμανση - Αεριοποίηση του αερίου. Το υγρό από τη δεξαμενή φτάνει στο θάλαμο ψηλής πίεσης του P-E, όταν η βαλβίδα υγραερίου είναι ανοικτή. Στο θάλαμο αυτό αεριοποιείται, εξαιτίας της θερμότητας που μεταδίδεται από τον διπλανό μικρό θάλαμο κυκλοφορίας του ψυκτικού. Η κυκλοφορία του ψυκτικού στο μικρό θάλαμο του P-E επιτυγχάνεται με δύο λαστιχένιους σωλήνες, που συνδέονται σε σημείο προ του θερμοστάτη και στα ειδικά άκρα του θαλάμου. Έτσι, όταν η μηχανή λειτουργεί, το ψυκτικό μεταδίδει θερμότητα στο θάλαμο ψηλής πίεσης για την αεριοποίηση του αερίου.

Μείωση της πίεσης του αερίου. Με την αεριοποίηση του αερίου ανεβαίνει η πίεση στο θάλαμο ψηλής πίεσης στα 6-12 bar. Από το θάλαμο αυτό το αέριο οδηγείται με μία βαλβίδα που ανοιγοκλείνει σε ορισμένη πίεση, στο διπλανό θάλαμο χαμηλής πίεσης του P-E. Στο θάλαμο χαμηλής πίεσης το αέριο φτάνει στα 0,3 Η μικρή αυτή πίεση των 0,3 είναι απαραίτητη για τη κανονική τροφοδότηση του μίκτη με αέριο, στις διάφορες στροφές της μηχανής.

Ρύθμιση της παροχής αερίου προς το μίκτη. Μετά την εξαέρωση και τον υποβιβασμό της πίεσης, το αέριο στέλνεται από το P-E προς τον εξαεριωτήρα για την ανάμιξη του με τον αέρα. Η παροχή αυτή αερίου από τον P-E είναι μεταβλητή και μάλιστα ανάλογη των εξής τριών φάσεων λειτουργίας της μηχανής: 1) Της αρχικής εκκίνησης της ψυχρής μηχανής, 2) Των στροφών ρελαντί και 3) Των ψηλών στροφών της μηχανής.

7. Σύστημα μίξης αερίου – αέρα (μίκτης)

Το σύστημα αυτό προσαρμόζεται με διάφορους τρόπους στον εξαεριωτήρα της μηχανής και βοηθάει την ανάμιξη του αερίου με τον αέρα. Η ποσότητα του αερίου στο μίγμα κυμαίνεται μεταξύ 2,1 -9% κατ' όγκο, ανάλογα με τις στροφές της μηχανής (πολλές στροφές = μεγάλη ποσότητα αερίου, λίγες στροφές = μικρή ποσότητα αερίου).

Στο εμπόριο κυκλοφορούν αρκετά συστήματα μίξης, των οποίων η συγκρότηση και η προσαρμογή στον εξαεριωτήρα είναι ανάλογες του τύπου της μηχανής, της ισχύος της, του τύπου εξαεριωτήρα κ.ά. Όλα αυτά τα συστήματα μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: - Σε συστήματα με μετατροπή του πάνω μέρους του εξαεριωτήρα.

Σε συστήματα με μετατροπή του κάτω μέρους του εξαεριωτήρα.

Σε συστήματα με μετατροπή του καλύμματος φίλτρου αέρα ή συνδυασμός με μετατροπή καλύμματος φίλτρου αέρα και πάνω μέρους εξαερωτήρα.

6.2 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Εν γένει το κόστος εγκατάστασης ποικίλει με βάση τον κατασκευαστή, τα χαρακτηριστικά του οχήματος και του κινητήρα καθώς και το επιλεγμένο μοντέλο που θα εγκατασταθεί. Ωστόσο, το κόστος εγκατάστασης κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 1500-3000 €

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση την ανάλυση της μετατροπής των κινητήρων εσωτερικής καύσης για την χρήση διπλού καυσίμου, του υφιστάμενου όσο και του εναλλακτικού, προκύπτει το συμπέρασμα ότι πρόκειται για μια μετατροπή που ενέχει σοβαρά οφέλη για τον χρήστη τόσο οικονομικά όσο και πρακτικά σε σχέση με την διάρκεια ζωής του κινητήρα και την φόρτιση αυτού. Περαιτέρω τα χαρακτηριστικά των εναλλακτικών καυσίμων είναι τέτοια που επιτρέπουν υψηλότερη οικονομική απόδοση αυτών, αλλά και βελτίωση των συνθηκών λειτουργίας του κινητήρα.

Ως εκ τούτου, η μετατροπή αυτή αποτελεί μια σοβαρή εναλλακτική πρόταση για τον χρήστη ενός οχήματος, τόσο όσον αφορά στην επιμήκυνση της μηχανικής όσο και οικονομικής διάρκειας ζωής του οχήματος και του κινητήρα αυτού όσο και σε σχέση με τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που προέρχονται από την πιο «πράσινη» λειτουργία του οχήματος μετά την μετατροπή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Annual Book of ASTM Standards, Vol. 05.04-Test Methods for Rating Motor, Diesel and Aviation Fuels, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania
- Asif Faiz , Christopher S. Weaver Michael P. Walsh 'Air Pollution from Motor Vehicles Standards and Technologies for Controlling Emissions' Hutcheson 1995
- Aslam, M.U., 2006. An experimental investigation of CNG as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle, Fuel 85, pp. 717–724.
- Batt R. J., McMillan J. A. and Bradbury I. P. (1996). 'Lubricity additives- performance and non-harm effects in low sulphur fuels', SAE Paper 961943
- Blackmore D. R. and Thomas A. (1977). Fuel Economy of the Gasoline Engine, Macmillan, London
- Brombacher, E.J., 1997. Flow Visualization of Natural Gas Fuel Injection, Master of Applied Science Thesis, University of Toronto, Canada.
- BS EN 228: 1993 Specification for unleaded petrol (gasoline) for motor vehicles, BSI, London
- BS EN 25163: 1994 Methods of test for petroleum and its products. Motor and aviation-type fuels. Determination of knock characteristics motor method, BSI, London
- BS EN 25164: 1994 Methods of test for petroleum and its products. Motor and aviation-type fuels. Determination of knock characteristics research method, BSI, London
- BS EN 590: 1997 Specification for automotive diesel fuel, BSI, London
- BS7800: 1992 Specification for high octane (super) unleaded petrol (gasoline) for motor vehicles, BSI, London

- de Carvalho, Remo.D.B., Valle, Ramón.M., Rodrigues, Vander.F., de Magalhaes, Francisco.E., 2003. Performance and emission analysis of the turbocharged spark-ignition engine converted to natural gas, SAE Technical Paper 2003-01-3726.
- DoLuchi, M. A., Johnston, R. A., and Sperling, D., "Methanol vs. Natural Gas Vehicles: A Comparison of Resource Supply, Performance, Emissions, Fuel Storage, Safety, Costs, and Transitions, SAE Transaction 881656, 1988
- Durell, Elizabeth., Allen, Jeff., Law, Donald., Heath, John., 2000. Installation and Development of a Direct Injection System for a Bi-Fuel Gasoline and Compressed Natural Gas Engine, Proceeding ANGVA 2000 Conference, Yokohama, Japan
- ESPAT ,Energy Technology Network, Automotive LPG and Natural Gas Engines © IEA
ETSAP - Technology Brief T03 – April 2010 - www.etsap.org
- Francis R. J. and Woollacott P. N. (1981). 'Prospects for improved fuel economy and fuel flexibility in road vehicles', Energy Paper No. 45, Department of Energy, HMSO, London
- Fuel properties, 'IANGV Emission Report , 31.03.2000
- Heywood, J. B., "Internal Combustion Engine Fundamentals", New York, McGraw-Hill, 1988
- Hill, P. G., Douville, B., 2000. Analysis of Combustion in Diesel Engines Fueled by Directly Injected Natural Gas, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol. 122, pp. 143-149.
- Hollnagel, C., Neto, J. A. M., Di Nardi, M. E., Wunderlich, C., Muraro, W., Miletovic, C., Bisetto, F., 2001. Application of the natural gas engines Mercedes-Benz in moving stage for the carnival 2001 in Salvador City, SAE Technical Paper 2001-01-3824.
- Homann, H. S. (1985). Conversion facts among smoke measurements. SAE 850267.
- <http://www.wlpga.org/about-lp-gas/production>,
- Hurn R. W. and Smith H. M. (1951). 'Hydrocarbons in the diesel boiling range', Industrial Engineering and Chemistry, Vol. 43, p. 2788

- Kato, Kichiro., Igarashi, Kohei., Masuda, Michihiko., Otsubo, Katsuji., Yasuda, Akio., Takeda, Keiso., Sato, Toru., 1999. Development of engine for natural gas vehicle, SAE Technical Paper 1999-01-0574.
- Kowalewicz, Andrzej., 1984. Combustion System of High-Speed Piston I.C. Engines, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Lave, L.B., MacLean, H., Lankey, R., Joshi, S., McMichael, F., Horvath, A., Hendrickson, C., 2000. Life cycle inventories of conventional and alternative automobile fuel/propulsion systems: Summary & conclusions, SAE Technical Paper, 2000-01-1504.
- Lee, S., Oh, S., and Choi, Y. (2009). Performance and emission characteristics of an SI engine operated with DME blended LPG fuel. Fuel, vol.88, pp.1009-1015
- Liu, Chung Y., Chen, Randy., Hussain, Syed F., 1998. Development of Gaseous Injector for Propane and CNG, SAE Technical Paper 981355.
- LPG Healthy Energy for Changing World, WLPGA, 2009
- Merchant R., Bradbury I. P., Ashton S. and Vincent M. W. (1997). 'Effect on vehicle performance of changes in automotive diesel fuel composition', Automotive Fuels for the 21st Century, I. Mech. E. Conf. Publication, MEP, London
- Nandi M. K. and Jacobs D. C. (1995). 'Cetane response of di-tertiary-butyl peroxide in different diesel fuels', SAE Paper 952368
- Novak, J. M. and Blumberg, P. N. (1978). Parametric simulation of significant design and operating alternatives affecting the fuel economy and emissions of spark-ignited engines. SAE Paper No. 780943, SAE Trans
- Owen K. and Coley T. (1995). Automotive Fuels Reference Book, 2nd edn, SAE, Warrendale, Pennsylvania
- Poulton, M.L., 1994. Alternative Fuels for Road Vehicles, Comp. Mechanics Publications, UK.
- Roth, L. and Dauderer, M. (1990). Sicherheitsdaten, MAK- Werte, Ecomed. Landsberg

- Shasby, B.M., 2004. Alternative Fuels: Incompletely Addressing the Problems of the Automobile, MSc Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, pp: 5-13.
- Shashikantha., Parikh P.P., 1999. Spark ignition producer gas engine and dedicated compressed natural gas engine-Technology development and experimental performance optimization, SAE Technical Paper 1999-01-3515.
- Srinivasan, K.K., 2006. The Advanced Injection Low Pilot Ignited Natural Gas Engine: A Combustion Analysis”, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, Vol.128(1), pp. 213-218.
- Stone, R. (1991). Introduction to Internal Combustion Engines. Macmillan, New York, U.S.A.
- Stone, Richard., 1997. Introduction to Internal Combustion Engines 2nd Edition, SAE Inc., USA.
- Sun, Xiaobo., Lutz, Alwin., Vermiglio, Ezio., Arold, Mark., 1998. Wiedmann, Tom., The development of the General Motors 2.2L CNG bifuel passenger cars, SAE Technical Paper 982445.
- Taylor C. F. (1985a). The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, Vol. I, MIT Press, Cambridge, Massachusetts
- Taylor C. F. (1985b). The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, Vol. II, MIT Press, Cambridge, Massachusetts
- Taylor, C. F. (1995). The Internal Combustion Engines in Theory and Practice,»ol. 2: Combustion, Fuels, Materials, Design. MIT Press, Cambridge, MA, U.S.A.
- Thompson A. A., Lambert S. W. and Mulqueen S. (1997). 'Prediction and precision of cetane number improver response equations', SAE Paper 972901
- U.S. General Accounting Office, "Air Pollution: Quality Implications of Alternative Fuels", Report to the Chairman, GAO/RCED-90-143, July, 1990.

Wayne, W. Scott., Clark, Nigel. N., Atkinson, Christopher. M., 1998. A parametric study of knock control strategies for a bi-fuel engine, SAE Technical Paper 980895.

Weaver, C. S., "Natural Gas Vehicles-A Review of the State of the Art", Sierra Research Inc., CA Report No. SR8904-01, 1989

WELL-TO-WHEELS Report version 4.a : JEC WELL-TO-WHEELS ANALYSIS

World LP Gas Association Annual Report 2013

Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών του ειδικού εξοπλισμού με τον οποίο καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίηση πεπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) για την μετατροπή αυτοκινήτων οχημάτων, σε αυτοκίνητα οχήματα διπλού καυσίμου και οι όροι και οι προϋποθέσεις ελέγχου και ασφαλούς κυκλοφορίας αυτών, ΦΕΚ: 2754/Β/2015

Υ.Α. ΦΑ1/59683/3936/2015 - Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών του ειδικού εξοπλισμού με τον οποίο καθίσταται δυνατή η χρησιμοποίηση υγραερίου (LPG) για την κίνηση αυτοκινήτων οχημάτων και όροι και προϋποθέσεις ελέγχου και ασφαλούς κυκλοφορίας αυτών