

Predavanje # 3

Pogonski materijali

Alternativna fosilna goriva

Tečni Naftni Gas, TNG, LPG

- Goriva koja obuhvataju najlakše ugljovodonike (sa 2 do 5 atoma C u molekulu).
- U parnom stanju pri atmosferskim uslovima. Na malom pritisku prelaze u tečno stanje.
- Koristi se za pogon benzinskih (OTO) motora sa unutrašnjim sagorijevanjem.
- Sastav
 - Etan C_2H_6
 - Propan C_3H_8
 - Butan C_4H_{10}
 - Pentan C_5H_{12}

CRNOGORSKI STANDARD

MEST EN 689
Avgust 2013
EN 589:2008+A1:2012, IDT

Goriva za motorna vozila
LPG -
Zahtjevi i metode ispitivanja

Automotive fuels -
LPG -
Requirements and test methods

Referentni oznaka:
MEST EN 589:2013 (en)

/ izdanje



INSTITUT ZA STANDARDIZACIJU CRNE GORE
INSTITUTE FOR STANDARDIZATION OF MONTENEGRO

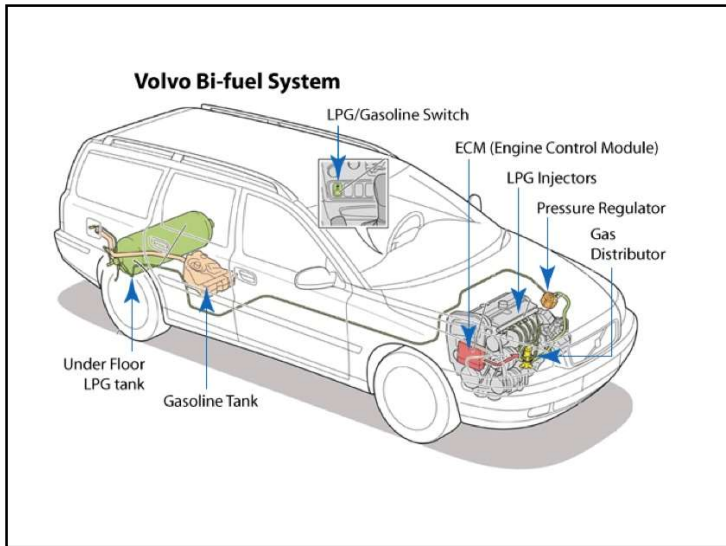
Table 1 — Requirements and test methods

Property	Unit	Limits		Test method ^a (See 2. Normative references)
		Minimum	Maximum	
Motor octane number, MON		89,0		Annex B
Total dienes content (including 1,3-butadiene)	mole %		0,5	EN 27941
Hydrogen sulphide		negative		EN ISO 8876
Total sulfur content ^b (after stenching)	mg/kg		50	EN ISO 8876 ASTM D 2000 ASTM D 6667
Copper strip corrosion (1 h at 40 °C)	rating	class 1		EN ISO 6251
Evaporation residue	mg/kg	60		EN 15470 EN 15471
Vapour pressure, gauge, at 40 °C	kPa	1 550		EN ISO 4259 EN ISO 8973 and Annex C
Vapour pressure, gauge, min. 150 kPa at a temperature of: ^{c, d} - for grade A - for grade B - for grade C - for grade D - for grade E	°C			EN ISO 8973 and Annex C
Water content ^e	Pass			EN 15469
Odour		impermanent and distinctive at 20 % LFL		See 6.3 and Annex A

^a See also 6.5.1.
^b See also 6.5.2.
^c See also 6.5.3.
^d For the purposes of this standard, EN 15469, together with Annex C shall be applied at the indicated temperatures. For internal routine quality control purposes, the values as given in the informative Annex D may also be used.
^e See also 6.1.
^f See also 6.2.

- U zavisnosti od odnosa propan/butan u smješi TNGa zavise značajno i karakteristike goriva
- Zimi poželjno da ima više propana, a ljeti butana radi lakoće stvaranja smješe goriva i vazduha

Gorivo	Donja toplotna moć		Gustina kg/dm ³	Gorivo	RON	MON
	MJ/kg	MJ/dm ³				
Propan C ₃ H ₈	46,3	23,6	0,51	Propan	111,5	100
Butan C ₄ H ₁₀	45,7	26,7	0,59	Butan	95	92
TNG smješa	~45,8	~25,2	~0,55	MB g8	min 98	min 85
MB g8	43,0	32,7	0,76			



Prirodni Gas, LNG i CNG

- Gorivo koje obuhvata najlakše ugljovodonike (1 atom C u molekulu).
- U parnom stanju pri atm. uslovima. Prelazi u tečno stanje na visokim pritiscima cca 200 bar.
- Koristi se za pogon gasnih turbina, benzinskih (OTO) motora sa unutrašnjim sagorijevanjem, a manje za dizel motore.
- Prevozi se brodovima u tečnom stanju, pod imenom "tečni prirodni gas" (Liquefied Natural Gas - LNG).
- Kada se prirodni gas prevozi brodovima kao teret, često se koristi i kao pogonsko gorivo za gasnu turbinu.
- Sastav
 - Metan do 99%
 - Etan do 2,5%
 - Azot do 3%
 - Butan do 0,4%

Svojstva

Osim parametara koji su kontrolisani (temperatura je ispod $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$, pritisak mora biti manji od 2,5 bara, gustina se kreće u rasponu $410\pm 500\text{ kg/m}^3$ - u zavisnosti od pritiska, temperature i sastava), ostala svojstva su ista kao kod prirodnog gasa.

Pošto se procesom čišćenja odstranjuju razne primjese, sastav LNG je homogeniji nego običnog gasa tako metan čini $90\pm 100\%$ LNG.

Utečnjavanje

Da bi bio utečnjen, on se prečišćava (odstranjuju se mehaničke nečistoće, helijum i komponente koje mogu izazvati probleme na niskim temperaturama - npr. voda i teški ugljovodoni), a zatim se na približno atmosferskom pritisku rashlađuje na oko $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ i time kondenzuje. Njegovim pretvaranjem u tečnost zapremina mu se smanjuje 614 puta u odnosu na zapreminu pri normalnim uslovima.

Skладиštenje

Temperatura LNGa se mora održavati na temperaturama ispod njegove tačke ključanja ($-161,5\text{ }^{\circ}\text{C}$), tako da ja za njegovo skladištenje potrebna infrastruktura koja obezbjeđuje potrebno hlađenje rezervoarima. Max. transportni pritisak je 2,5 bar.

LNG se u tom obliku 'koristi' uglavnom samo za transport (i to specijalnim hlađenim LNG tankerima, eventualno drumskim autocisternama) i skladištenje (takođe u hlađenim rezervoarima). Praktično, on omogućava transport zemnog gasa (LPG tankerima, kao zamjenom za gasovode), tamo gdje gasovoda nema (ili bi bili neisplativi).

Requirements of gases

The gas should:

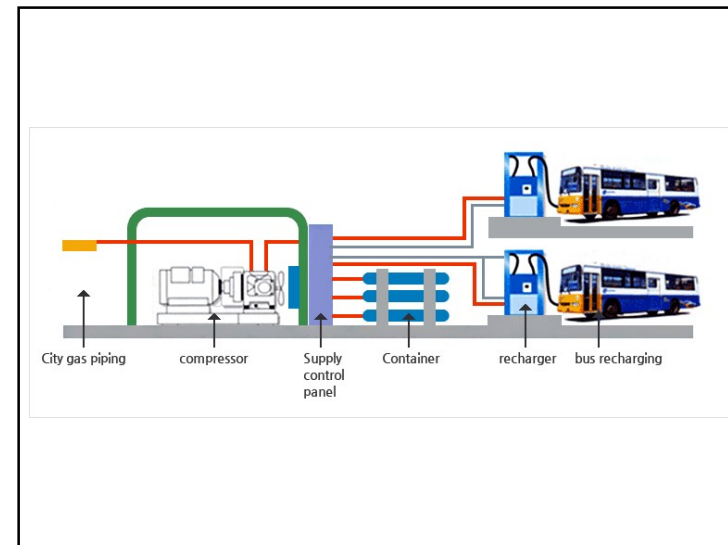
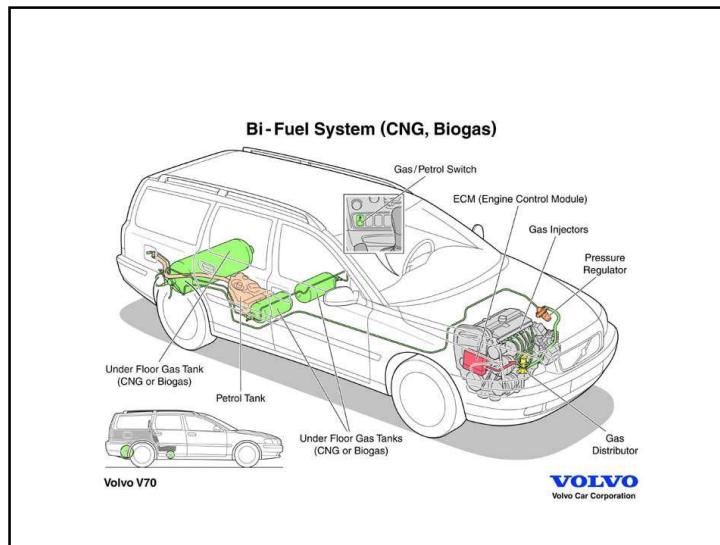
- correspond to the current regulations for natural gas.
- be admitted to the engine free of dirt, in dry (free of water, oil and hydrocarbon condensate) and cool condition.
For a dirt concentration higher than 0.05 g/m^3 (STP), a gas filter is to be fitted upstream of the supply system. (The tar content must not exceed 0.5 g/m^3 (STP).
- have a low sulphur content. Sulphur is present in the gas in the form of hydrogen sulphide (H_2S). H_2S has a density of 1.539 kg/m^3 (STP). The H_2S content in the gas is mostly expressed in mg/m^3 (STP) and must not exceed 650 mg/m^3 (STP).

Methane Number (MN).

Pure methane has the methane number 100; hydrogen, which is highly prone to knocking, represents the zero point of the methane index. See "Table 3-13 Antiknock rating and methane number, page 3-20".

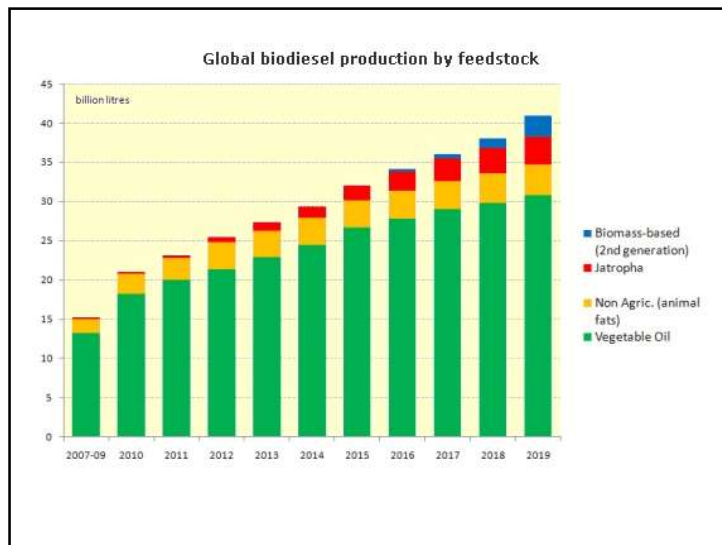
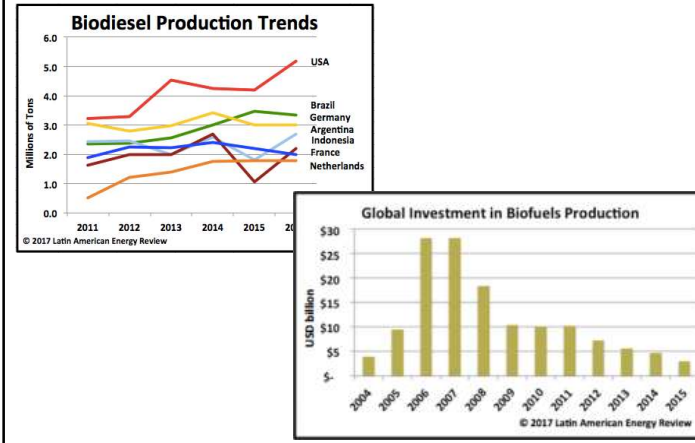
It is, however, very seldom that pure gases are used as engine fuels. Usually natural gases are gas mixtures, which contain not only knock-resistant methane, but also components of higher-valence hydrocarbons. Higher-valence hydrocarbons often have a significant effect on the methane number. It is evident that any propane or butane present in the natural gas reduces the resistance to knocking. On the other hand inert components such as N_2 and CO_2 raise the anti-knock rating, sometimes resulting in methane numbers higher than 100.

When operated on a gas with a very low methane number, a dual-fuel engine may start knocking. This means that the gas/air mixture is not ignited the regular way by the pilot fuel injected to burn uniformly but undergoes spontaneous or autoignition in regions not yet reached by the flame front. This uncontrolled combustion (knocking) causes rising temperatures and pressures with the consequence of engine damage.



Alternativna goriva proizvedena iz obnovljivih izvora

Biodizel



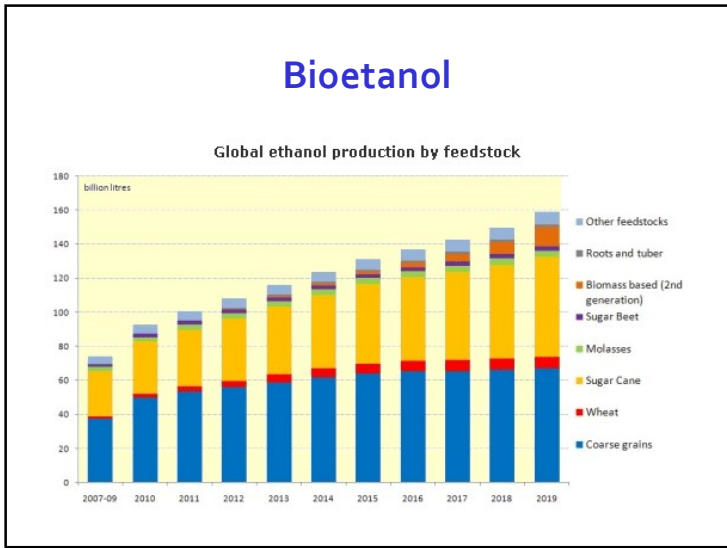
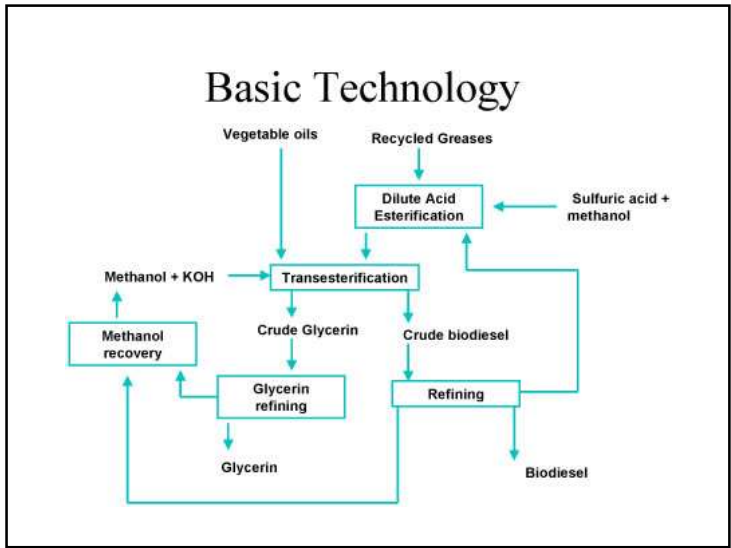
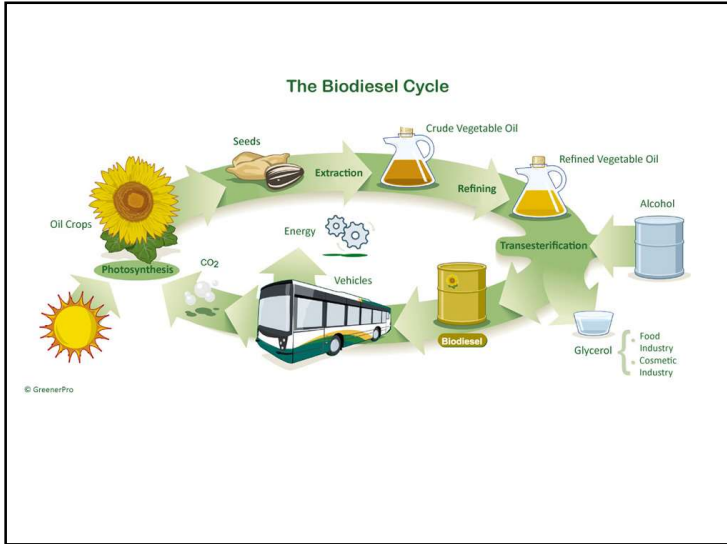
Biodiesel

- **EN 14214** includes specifications for fatty acid methyl ester (FAME) fuel for diesel engines. B100 that meets this standard could be used unblended in a diesel engine (if the engine has been adapted to operate on B100) or blended with petroleum diesel fuel.
- **EN 590**, the [European diesel fuel specification](#), is also applicable to biodiesel blends up to 7% of FAME.

Property	Units	Limits	Test Method * (See Clause 2)
		Min	Max
FAHE content	% (m/m)	96,5	EN 14103
Density at 15 °C *	kg/m ³	860	900 EN ISO 9075 *
Viscosity at 40 °C *	mm ² /s	3,50	5,00 EN ISO 1104
Flash point *	°C	101	- EN ISO 2719
Cetane number **	-	51,0	- EN ISO 3079
Copper strip corrosion (3 h, at 50 °C)	Rating	-	- EN ISO 1165
Oxidation stability (at 110 °C)	h	8,0	class 1 EN 14112 *, EN 15751
Acid value	mg KOH/g	-	0,50 EN 14104
Sapon value	g l ⁻¹ olive/100 g	-	120,0 EN 14111 *
Unsaturated acid methyl ester (polysaturated (w 4 double bonds) methyl esters)	% (m/m)	-	12,0 EN 14103
Methanol content	% (m/m)	-	3,00 EN 15779
Monoglyceride content	% (m/m)	-	0,20 EN 14110
Diglyceride content	% (m/m)	-	0,20 ¹ EN 14105
Triglyceride content	% (m/m)	-	0,20 EN 14105
Free glycerol	% (m/m)	-	0,02 EN 14105 *
Water content	mg/kg	-	500 EN ISO 12937
Total contamination	mg/kg	-	24 EN 12662
Sulfur ash content	% (m/m)	-	0,02 ISO 3987
Sulfur content	mg/kg	-	10,0 EN 14530
Group I metals (Na+K) e	mg/kg	-	5,0 EN 14108 *
Group II metals (Ca+Mg)	mg/kg	-	5,0 EN 14108
Phosphorus content	mg/kg	-	4,0 EN 14103 *

Notes

* See 5.5.1. in EN 14214:2012+A1:2014.
 † Density may be measured over a range of temperatures from 20 °C to 60 °C. Temperature correction shall be made according to the formula given in Annex B in EN 14214:2012+A1:2014.
 ‡ See 5.5.2. in EN 14214:2012+A1:2014.
 § If CFPP is > 20 °C or lower, the viscosity shall be measured at + 20 °C. The measured value shall not exceed 48 mm²/s. In this case, EN ISO 1104 is applicable without the precision data relating to non-Newtonian behaviour in a two-phase system.
 ¶ See Annex A for precision data in EN 14214:2012+A1:2014.
 †† Procedure A shall be applied. Only a flash point test apparatus equipped with a suitable detection device (thermal or ionization detection) shall be used.
 ‡‡ A 2 ml sample and apparatus equipped with a thermal detection device shall be used. See also 5.5.2. in EN 14214:2012+A1:2014.
 ††† See 5.5.3. in EN 14214:2012+A1:2014.
 †††† An additional determination method has been developed by CEN, but first needs to be assessed for actual field performance prediction [1].
 ††††† For use as an extender to diesel fuel Table 3 applies in EN 14214:2012+A1:2014.
 †††††† A lower limit may come into force after validation by work on the measurement standard precision.
 ††††††† A lower limit of 2,5 mg/kg may come into force after validation work on the measurement standard and on engine oil impacts.



Ethanol

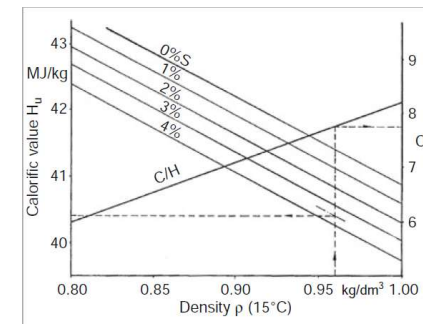
- **EN 15376** establishes specification for ethanol to be blending into gasoline in the EU.
- **EN 228**, the [European gasoline fuel specification](#), is also applicable to ethanol blends up to 10%.

Property	Unit	Limits		Test Method ^a (See Clause 2)
		Minimum	Maximum	
Ethanol + higher saturated alcohols content	% (m/m)	98,7		EN 15721 ^b
Higher saturated (C3-C5) mono-alcohols content ^c	% (m/m)		2,0	EN 15721 ^b
Methanol content	% (m/m)		1,0	EN 15721 ^b
Water content ^d	% (m/m)		0,300	EN 15489 EN 15692
Total acidity (expressed as acetic acid)	% (m/m)		0,007	EN 15491
Electrical conductivity ^e	µS/cm		2,5	EN 15938
Appearance		Clear and colourless		EN 15769
Inorganic chloride content	mg/kg		1,5	EN 15492
Sulfate content	mg/kg		3,0	EN 15492
Copper content ^f	mg/kg		0,100	EN 15488 EN 15837
Phosphorus content ^g	mg/l		0,15	EN 15487 EN 15837
Involatile material content	mg/100ml		10	EN 15691
Sulfur content	mg/kg		10,0	EN 15485 EN 15486 EN 15837

- a (4.6.1) All test methods referred to in this European Standard include a precision statement according to EN ISO 4259. In cases of dispute, the procedures for resolving the dispute and interpretation of the results based on test method precision, described in EN ISO 4259, shall be used.
- b The result of this test method refers to the water free sample.
- c Higher saturated alcohols have the chemical formula $C_nH_{2n+1}OH$, where n is 3, 4 or 5.
- d (4.6.2) In cases of dispute concerning water content, EN 15489 shall be used.
- e To be measured prior to addition.
- f (4.6.3) In cases of dispute concerning copper or sulfur content, EN 15837 shall be used.
- g (4.6.4) In cases of dispute concerning phosphorus content, EN 15487 shall be used.

Toplotna moć (Energy content)

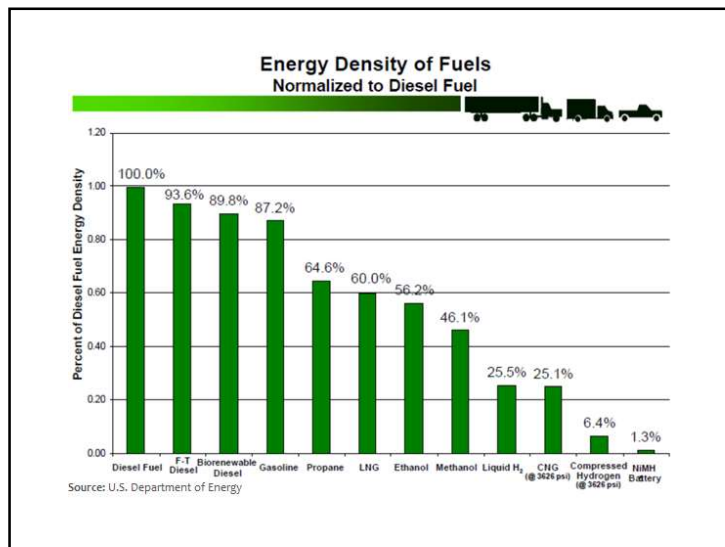
- Toplotna moć goriva je mjera energije koja se nalazi u gorivu tj. energija koja se oslobađa prilikom sagorijevanja.
- Jedinica je MJ/kg.
- Toplotna moć goriva zavisi od njenog hemijskog sastava.
- Za brodska goriva ugljenik i vodonik su glavni sastojci koji oslobađaju toplotu.
- Poredeći laka i teška goriva, lakša imaju manje atoma ugljenika a više atoma vodonika.
- Vodonik pri sagorijevanju oslobađa više energije od ugljenika. Sumpor djelimično doprinosi povećanju toplotne moći.



$$Q_N = (46.704 - 8.802 \rho^2 10^{-6} + 3.167 \rho 10^{-3}) [1 - 0.01(\chi + \gamma + s) + 0.01(9.42s - 2.449\chi)]$$

gdje su:

- ρ - gustina u kg/m^3 pri $15^\circ C$,
- χ - sadržaj vode izražen u % mase,
- γ - sadržaj pepela izražen u % mase,
- s - sadržaj sumpora izražen u % mase.



Osnovi procesa sagorijevanja goriva

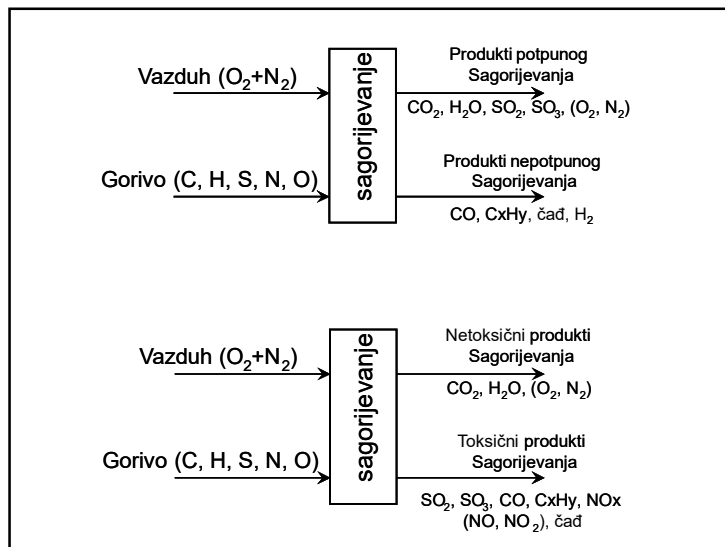


- Sagorijevanje predstavlja složen fizičko-hemijski proces oksidacije goriva praćen intenzivnim oslobađanjem toplote.



- Za odvijanje procesa sagorijevanja, pored određenog stepena zagrijanosti goriva neophodno je potrebna i određena količina kiseonika.
 - Zavisno od količine kiseonika dovedenog u proces, sagorijevanje može biti potpuno ili nepotpuno.
 - Pri potpunom sagorijevanju produkte sagorijevanja čine:
 - CO₂ – ugljen-dioksid, nastao sagorijevanjem ugljenika iz goriva,
 - H₂O – vodena para, nastala sagorijevanjem vodonika iz goriva,
 - SO₂ – sumpor dioksid, nastao sagorijevanjem sumpora iz goriva,
 - N₂ – azot, iz vazduha koji se koristi za ostvarenje procesa sag. iz goriva,
 - O₂ – kiseonik, iz vazduha koji se koristi za ostvarenje procesa sagorijevanja
- CO₂, H₂O i SO₂ predstavljaju prave produkte sagorijevanja, N₂ i O₂ čine uslovne produkte sagorijevanja.

- Pri nepotpunom sagorijevanju, pored produkata sagorijevanja nalaze se i gorive komponente, koje bi, da je sagorijevanje bilo potpuno, odale količinu toplote koju sadrže.
- Produkti nepotpunog sagorijevanja su:
 - CO – ugljen-monoksid, nastao nepotpunim sag. ugljenika iz goriva,
 - C_xH_y – nesagorjeli ugljovodoniči,
 - H₂ – vodonik, i
 - C – ugljenik / čađ.
- Teorijski gledano sagorijevanje će biti uvijek
 - potpuno**, ako je količina kiseonika, dovedena u proces, veća ili najmanje jednaka teorijskoj količini kiseonika za potpuno sagorijevanje, i obrnuto
 - nepotpuno**, ako je količina kiseonika koja učestvuje u procesu sagorijevanja manja od teorijske.
- Potpunim sagorijevanjem oslobađa se ukupna, maksimalna količina toplote, sadržana u gorivu, dok pri nepotpunom uvijek postoje određeni gubici.



Stehiometrijske jednačine sagorijevanja (tečnih goriva)

- U gorivu sagorijevaju ugljenik, vodonik i sumpor
 - Jednačine koje daju:
 - u kojim se međusobnim odnosima jedine ugljenik, vodonik i sumpor sa kiseonikom,
 - kolika je teorijska količina kiseonika, odnosno, vazduha potrebna za potpuno sagorijevanje goriva,
 - koja količina produkata sagorijevanja nastaje, kao i
 - koja količina toplote se tom prilikom oslobađa.
- nazivaju se stehiometrijske jednačine sagorijevanja.
- Ove jednačine, napisane za sve gorive elemente, istovremeno omogućavaju odgovarajući proračun za bilo koje realno gorivo.
 - Za proračun sagorijevanja je potrebno poznavati sastav goriva koji se dobiva elementarnom analizom.

Molekularne mase elemenata

Količina se iskazuje u jedinicama zapremine (m³), u jedinicama mase (kg) ili u jedinicama količine materije (kmol);

Molekulska masa M [kg/kmol] predstavlja onu količinu materije u kilogramima koju posjeduje 1 kmol neke materije.

C	12
O ₂	32
H ₂	2
S	32
N ₂	28
CO	28
CO ₂	44
SO ₂	64
H ₂ O	18

22,4 m³/kmol – Molekulska zapremina na normalnim uslovima (pritisak 1,0133 bar i temperatura 0°C) za gasove

Stehiometrijska jednačina sagorijevanja ugljenika, C

Reakcija potpunog sagorijevanja ugljenika može se izraziti jednačinom:



Uzimajući za jedinicu količine 1kmol, dobija se:



Koristeći jednačinu $n = m/M$, tj. $m = nM$, i ako se uzmu molekulske mase

$$M_C = 12 \text{ kg/kmol}, M_{O_2} = 32 \text{ kg/kmol}, M_{CO_2} = 44 \text{ kg/kmol}$$

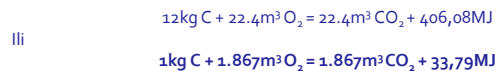
$$(1\text{kmol} \times 12 \text{ kg/kmol}) C + (1\text{kmol} \times 32 \text{ kg/kmol}) O_2 = (1\text{kmol} \times 44 \text{ kg/kmol}) CO_2 + 4,06,08 \text{ MJ}$$

Ili

$$12\text{kg C} + 32\text{kg O}_2 = 44\text{kg CO}_2 + 4,06,08 \text{ MJ}$$

$$1\text{kg C} + 8/3\text{kg O}_2 = 11/3\text{kg CO}_2 + 33,79 \text{ MJ}$$

Zavisno od načina izražavanja, jednačina se može predstaviti i na sledeći način:



Stehiometrijska jednačina sagorijevanja vodonika, H₂

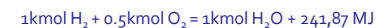
Reakcija potpunog sagorijevanja vodonika može se izraziti jednačinom:



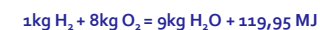
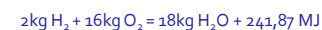
Uzimajući za jedinicu količine 1kmol, dobija se:



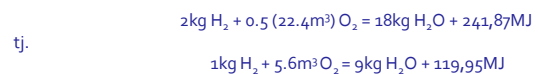
Za slučaj kada se voda nalazi u parnom stanju dobija se jednačina :



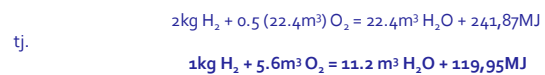
Koristeći jednačinu $n = m/M$, tj. $m = nM$, i ako se uzmu molekulske mase



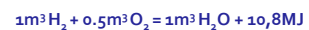
Stehiometrijska jednačina sagorijevanja H₂ može se napisati i na sledeći način:



ili na sledeći način

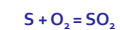


ili



Stehiometrijska jednačina sagorijevanja sumpora, S

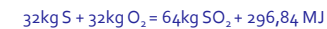
Reakcija potpunog sagorijevanja sumpora glasi:



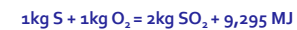
odnosno



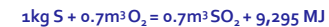
ili



Stehiometrijska jednačina sagorijevanja jedinice mase sumpora glasi:

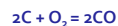


ili



Stehiometrijska jednačina nepotpunog sagorijevanja ugljenika, C

Nepotpuno sagorijevanje ugljenika može se predstaviti jednačinom:



odnosno,

$$1\text{ kmol C} + 0.5\text{ kmol O}_2 = 1\text{ kmol CO} + 123.05\text{ MJ}$$

ili

$$12\text{ kg C} + 16\text{ kg O}_2 = 28\text{ kg CO} + 123.05\text{ MJ}$$

Za jedinicu mase dobija se:

$$1\text{ kg C} + 4/3\text{ kg O}_2 = 7/3\text{ kg CO} + 10.26\text{ MJ}$$

ili

$$1\text{ kg C} + 0.933\text{ m}^3\text{ O}_2 = 1.867\text{ m}^3\text{ CO} + 10.26\text{ MJ}$$

Poređenjem toplota nastalih pri potpunom i nepotpunom sagorijevanju ugljenika (33.79MJ pri potpunom i 10.26MJ pri nepotpunom) uočava se važnost ostvarivanja što potpunijeg sagorijevanja – gubitak pri nepotpunom sagorijevanju ugljenika u ugljenmonoksid umjesto u ugljendioksid iznosi više od 2/3 količine toplote nastale potpunim sagorijevanjem.

Stehiometrijska jednačina sagorijevanja ugljenmonoksida, CO

Sagorijevanje ugljenmonoksida može se predstaviti reakcijom:



odnosno

$$1\text{ kmol CO} + 0.5\text{ kmol O}_2 = 1\text{ kmol CO}_2 + 282.99\text{ MJ}$$

Daljim sređivanjem dobija se, analogno prethodnim izvođenjima:

$$1\text{ kg CO} + 0.571\text{ kg O}_2 = 1.571\text{ kg CO}_2 + 10.09\text{ MJ}$$

ili

$$1\text{ kg CO} + 0.4\text{ m}^3\text{ O}_2 = 0.8\text{ m}^3\text{ CO}_2 + 10.09\text{ MJ}$$

ili

$$1\text{ m}^3\text{ CO} + 0.5\text{ m}^3\text{ O}_2 = 1\text{ m}^3\text{ CO}_2 + 12.64\text{ MJ}$$

Hesov Zakon

Količina toplote koja se dobije ili utroši tokom određene termohemijske reakcije ne zavisi od puta odvijanja reakcije, već samo od početnog i krajnjeg stanja.

Hesov zakon može se dokazati na primjeru sagorijevanja C: to znači da će se prilikom sagorijevanja C u CO, a zatim dogorjevanja u CO₂ dobiti ista količina toplote, kao i pri neposrednom sagorijevanju C u CO₂.

- Direktnim sagorijevanjem ugljenika (C) u ugljendioksid (CO₂) prema:

$$1\text{ kg C} + 1.867\text{ m}^3\text{ O}_2 = 1.867\text{ m}^3\text{ CO}_2 + \mathbf{33.79\text{ MJ}}$$

- Sagorijevanjem ugljenika (C) u ugljenmonoksid (CO):

$$1\text{ kg C} + 0.933\text{ m}^3\text{ O}_2 = 1.867\text{ m}^3\text{ CO} + \mathbf{10.26\text{ MJ}}$$

- Sagorijevanjem ugljenmonoksida (CO) u ugljendioksid (CO₂):

$$1\text{ m}^3\text{ CO} + 0.5\text{ m}^3\text{ O}_2 = 1\text{ m}^3\text{ CO}_2 + \mathbf{12.64\text{ MJ}}$$

Kako sagorijevanjem 1kg C nastaje 1.867m³ CO₂, slijedi:

$$10.26 + 1.867 \times 12.64 = 33.8\text{ MJ}$$

Određivanje teorijske količine kiseonika za potpuno sagorijevanje

Na bazi poznatog sastava goriva izračunavaju se

- teorijska količina kiseonika odnosno vazduha,
- stvarna količina vazduha,
- količina i sastav produkata sagorijevanja i
- temperatura sagorijevanja.

Teorijska količina kiseonika predstavlja najmanju neophodnu količinu kiseonika za potpuno sagorijevanje svih gorivih elemenata goriva.

Teorijska količina kiseonika obilježava se sa O_{min} i izražava se u (kg/kg) ili (m³/kg) za čvrsta i tečna goriva, a u (m³/m³) za gasovita goriva.

Teorijska količina kiseonika jednog realnog goriva izračunava se na osnovu

- poznatog elementarnog sastava goriva i
- teorijskih količina kiseonika za potpuno sagorijevanje svih gorivih elemenata.

Teorijske količine kiseonika za sve gorive elemente: ugljenik, vodonik i sumpor date su drugim članovima izvedenih stehiometrijskih jednačina sagorijevanja i iznose:

za ugljenik	O _{min} =8/3kg/kg;	O _{min} =1.867m ³ /kg	
za vodonik	O _{min} =8kg/kg;	O _{min} =5.6m ³ /kg;	O _{min} =0.5m ³ /m ³ ;
za sumpor	O _{min} =1kg/kg;	O _{min} =0.7m ³ /kg	

Određivanje teorijske količine kiseonika za tečna goriva

Ako se zna tačan sastav goriva, elementarni sastav goriva se bilježi sa:

g_C	- maseni udio ugljenika u gorivu
g_H	- maseni udio vodonika u gorivu
g_S	- maseni udio sumpora u gorivu
g_O	- maseni udio kiseonika u gorivu
g_N	- maseni udio azota u gorivu
g_W	- maseni udio vlage u gorivu
g_A	- maseni udio pepela u gorivu (mineralne primjese),

onda važi jednačina: $g_C + g_H + g_S + g_O + g_N + g_W + g_A = 1$

odnosno,

$$C + H + S + O + N + W + A = 100\%$$

onda se teorijska količina kiseonika izračunava kao:

$$O_{\min} = O_{\min C} \cdot g_C + O_{\min H} \cdot g_H + O_{\min S} \cdot g_S - g_{O_2}$$

Poslije zamjene odgovarajućih vrijednosti O_{\min} dobija se:

$$O_{\min} = \frac{8}{3} \cdot g_C + 8 \cdot g_H + g_S - g_{O_2} \quad \left[\frac{\text{kg}}{\text{kg}} \right]$$

odnosno:

$$O_{\min} = 1.867 \cdot g_C + 5.6 \cdot g_H + 0.7 \cdot g_S - 0.7 g_{O_2} \quad \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$$

Određivanje teorijske količine vazduha

Teorijska (stehiometrijska) količina vazduha izračunava se na osnovu poznate teorijske količine kiseonika i udjela kiseonika u vazduhu.

Ova veličina se obilježava sa l_0 ili L_{\min} .

S obzirom da je u atmosferi oko 21 % zapreminski kiseonika, odnosno oko 23,2 % maseni udio kiseonika, minimalna teorijski potrebna količina vazduha za potpuno sagorijevanje 1 kg goriva može se izračunati kao:

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,232} \quad \left[\frac{\text{kg vazduha}}{1 \text{ kg goriva}} \right]$$

$$L_{\min} = \frac{O_{\min}}{0,21} \quad \left[\frac{\text{m}^3 \text{ vazduha}}{1 \text{ kg goriva}} \right]$$

Stvarna količina vazduha i koeficijent viška vazduha

Kako odvijanje i potpunost procesa sagorijevanja u znatnoj mjeri zavise od uslova i kvaliteta obrazovanja smješe goriva i vazduha, teorijska količina kiseonika odnosno vazduha nije u stanju da obezbjedi potpunost sagorijevanja.

Ova teorijska količina vazduha može biti dovoljna za obezbjeđivanje potpunog sagorijevanja gasovitih goriva samo pri idealnim uslovima.

Pri sagorijevanju tečnih goriva uslovi obrazovanja smješe su daleko od idealnih. Zbog toga se u prostor u kome proces sagorijevanja odvija dovodi nešto veća količina vazduha u odnosu na proračunatu, teorijsku. Ova veličina naziva se stvarna količina vazduha, L_{stv} .

Između stvarne i teorijske količine vazduha može se, zavisno od načina izražavanja, uspostaviti veza:

$$L_{\text{stv}} = \lambda L_{\min} \quad (\text{kg/kg, m}^3/\text{kg, m}^3/\text{m}^3)$$

Konstanta srazmjernosti λ naziva se koeficijent viška vazduha. Saglasno tome definiše se odnos stvarne količine vazduha prema teorijski potrebnoj kao:

$$\lambda = \frac{L_{\text{stv}}}{L_{\min}}$$

Za slučaj kada koeficijent viška vazduha ima vrijednost 1, stvarna količina vazduha jednaka je teorijskoj količini: ova smješa goriva i vazduha naziva se "stehiometrijska smješa".

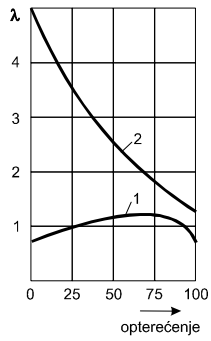
Ako je stvarna količina vazduha u smješi veća od teoretski potrebne, onda se takva smješa naziva "siromašna smješa" i za nju važi nejednakost $\lambda > 1$.

Ako je pak stvarna količina vazduha u smješi manja od teoretski potrebne, smješa se naziva "bogata smješa" i za nju važi nejednakost $\lambda < 1$.

Odavde se jasno vidi da je λ parametar koji služi za ocjenu sastava smješe.

Kod oto motora pri punom opterećenju motora koeficijent viška vazduha kreće se u području $\lambda = 0,85 - 0,9$. Kod ovih motora stabilan rad se odvija sa bogatom smješom ili na granici, tj. $0,85 < \lambda < 1,1$.

Kod dizel motora, gdje se primjenjuje količinska regulacija, koeficijent viška vazduha se kreće u vrlo širokom dijapazonu od $\lambda = 1,3$ do $\lambda = 5$ i više.



1 – oto motor; 2 – dizel motor
Koeficijent viška vazduha u zavisnosti od opterećenja i vrste motora

PITANJA ?