



Течна и гасовита горива



Течна горива

- Једино природно фосилно течено гориво је **НАФТА**.
- Из ње се добијају произведена фосилна течна горива: моторни бензини, дизел горива, уља за ложење, петролеј, керозин.
- Природно обновљиво течено гориво **НЕ ПОСТОЈИ!**
- Из обновљивих извора добијају се произведена обновљива горива: биометанол, биоетанол, биодизел, биотечности.



Течна горива - предности

- Висока топлотна моћ.
- Мали садржај баласта.
- Мањи топлотни губици при сагоревању.
- Шири спектар примене.
- Лако регулисање процеса сагоревања.
- Могућност транспорта цевоводима на велика растојања.



Течна горива - недостаци

- Лака упаљивост и експлозивност.
- Стварање електростатичког напона.
- Тешко одстрањивање емулговане воде.
- Отровност.



Нафта

- Смеша разних угљоводоника.
- Две теорије настанка: органска и неорганска.
- **Органска теорија** – распадањем биљних и животињских организама, даљим дејством анаеробних бактерија, повишени притисак и температура.
- **Неорганска теорија** – угљоводоници заробљени у Земљи за време њеног формирања полако се померају ка површини.
- Састав: углавном С и Н, мало О, N и S везаних у облику различитих једињења.
- Садржај воде масено до 2 %, минералних примеса до 0,3 %.
- Доња топлотна моћ (39.000 до 41.000 kJ/kg).



Састав нафте

Елемент	Масени проценти	Група угљоводоника	Масени проценти
Угљеник	83 – 87	Парафини ($C_n H_{2n+2}$)	15 – 60
Водоник	10 – 14	Нафтени ($C_n H_{2n}$)	30 – 60
Азот	0,1 – 2	Аромати ($C_n H_{2n-6}$)	3 – 30
Кисеоник	0,1 – 1,5	Асфалтени (олефини) ($C_n H_{2n} X$)	остатак
Сумпор	0,5 – 6		
Метали	<0,1		

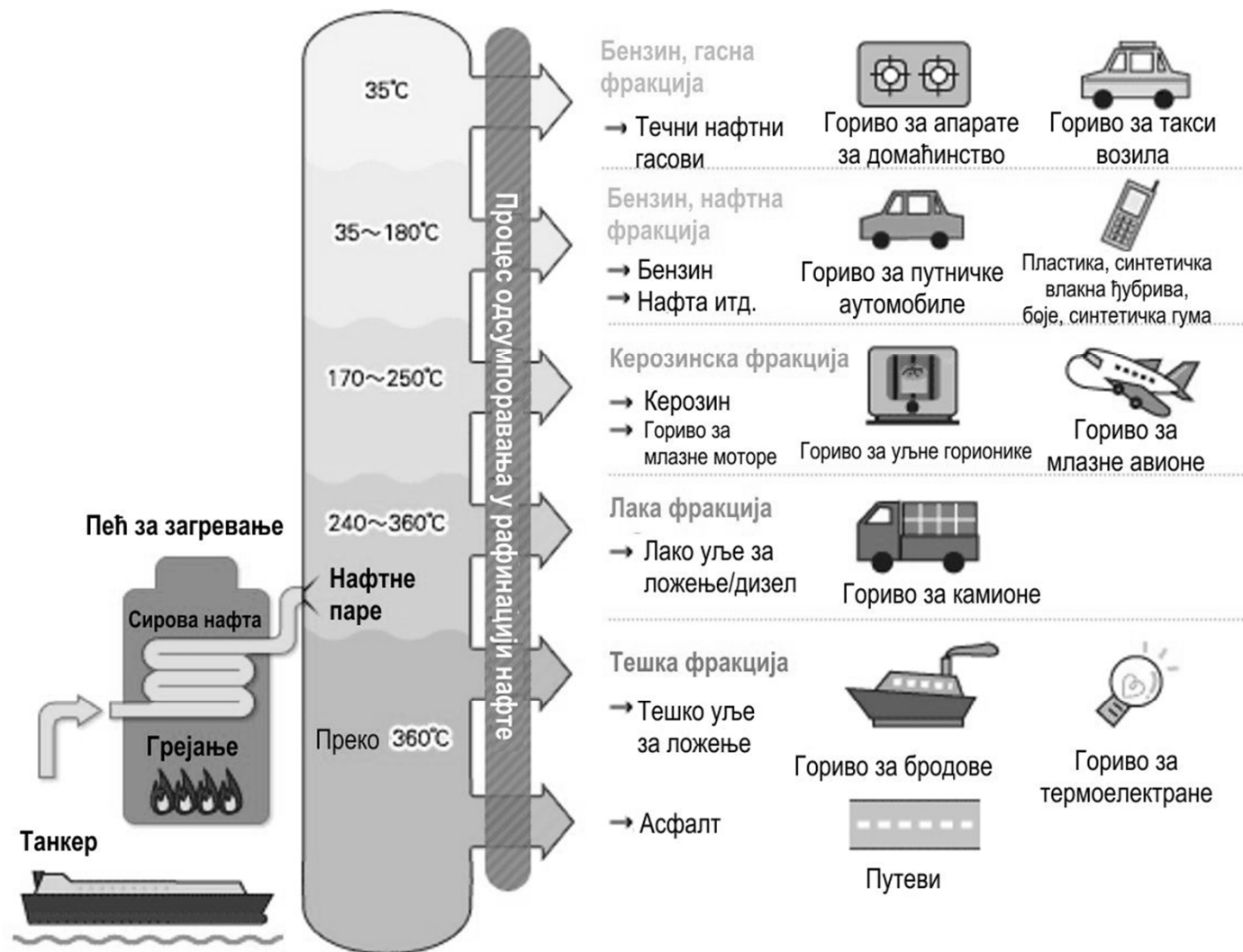


Прерада нафте

- Заснива се на чињеници да се нафта састоји од великог броја угљоводоника, различитих особина.
- Дели се на:
 - **примарну прераду** (углавном дестилација – не мења се ни величина, ни структура молекула),
 - **секундарну прераду** (крекинг, реформинг, алкилација, обрада водоником)
 - **дораду**.



Прерада нафте





Филм: Petroleum
and its refining -
Chemistry.mp4

Примарна прерада нафте

- Из примарне прераде нафте добијају се:
 - гасовита горива,
 - бензинске фракције,
 - петролеумске фракције,
 - фракције дизел горива,
 - уља за ложење,
 - фракције мазивих уља,
 - остатак (тешко уље за ложење или битумен).



Просечна производња од једног барела (159 литара) сирове нафте



Укупан износ (169,2 литара) је већи због запреминског добитка током рафинације нафте.



Секундарни поступци прераде нафте (прерада продуката прераде нафте) ✓

- Поступак разградње угљоводоника (крековање – **cracking**)
- Поступак изградње угљоводоника (полимеризација и алкилација – **upgrading**)
- Поступак конверзије угљоводоника (реформисање и изомеризација – **reforming**)
- Поступак уградње водоника у угљоводонике (хидрогенизација – **hydrogenation**).



Дорада горива

- **Редестилација**, у циљу постизања жељеног опсега испаравања.
- **Стабилизација**, издвајање заостале количине гасовитих угљоводоника.
- **Додавање специјалних супстанци (адитива)** ради осетног побољшања одређених карактеристика.
- **Мешање истих фракција добијених различитим поступцима** у циљу добијања коначног састава.



Највише коришћена течна горива



- **Моторни (gasoline/petrol) и авио бензин (aviation gasoline/aviation spirit).**
- **Гасна уља (евродизел - diesel fuel) и гориво за млазне моторе (jet fuel/kerosene).**
- **Уља за ложење (fuel oils).**



Синтетизована течна горива

- Добијање течних горива из угља.
- Поступци познати још почетком прошлог века, Немачка је развијала ове поступке у периоду пре II светског рата.
- Поступци добијања:
 - загревање угља и довођење веће количине водоника,
 - синтеза (Фишер-Тропшова).



Моторни бензини

- Користе се за погон ото мотора са унутрашњим сагоревањем.
- Испаравају у опсегу од 30 до 205 °C.
- Захтеви које морају испунити су:
 - захтеви за образовање гориве смеше,
 - захтеви за сагоревање настале гориве смеше.



Испарљивост горива

■ Крива испаравања

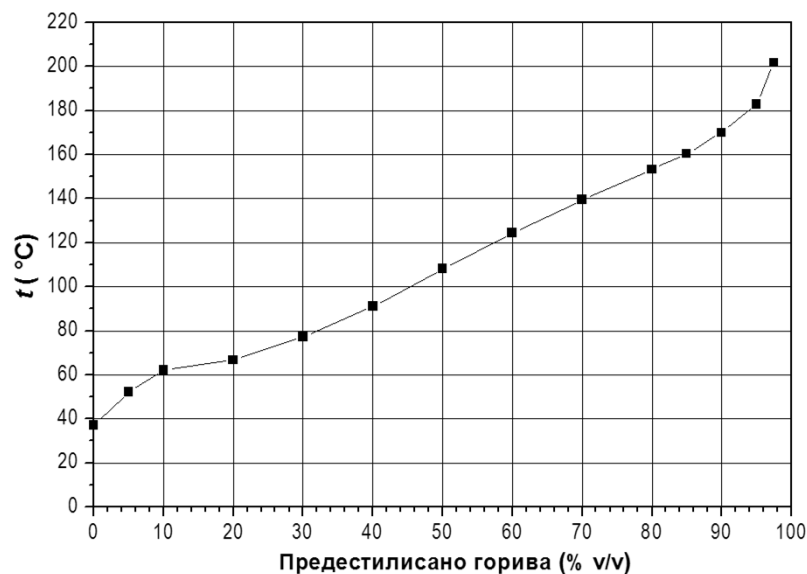
- t_{10} – указује на стартне особине система мотор-гориво (максималне вредности: 55 °C за зимску градацију моторног бензина, односно 65 °C за летњу)
- t_{50} – указује на време загревања мотора
- t_{90} – указује на присуство тешких фракција

■ Притисак засићених пара горива – притисак пара горива које се налазе у термодинамичкој равнотежи са течном фазом на одређеној температури

■ Однос парне и течне фазе V/L – запремина насталих пара горива по јединици запремине течног горива при одређеној температури и притиску

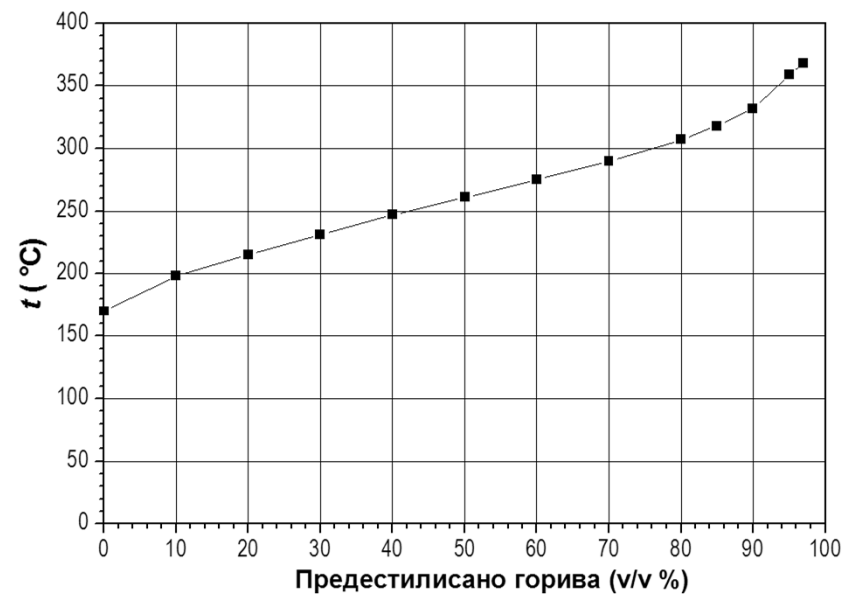


Испарљивост горива



Крива
испаравања
евро дизел
горива

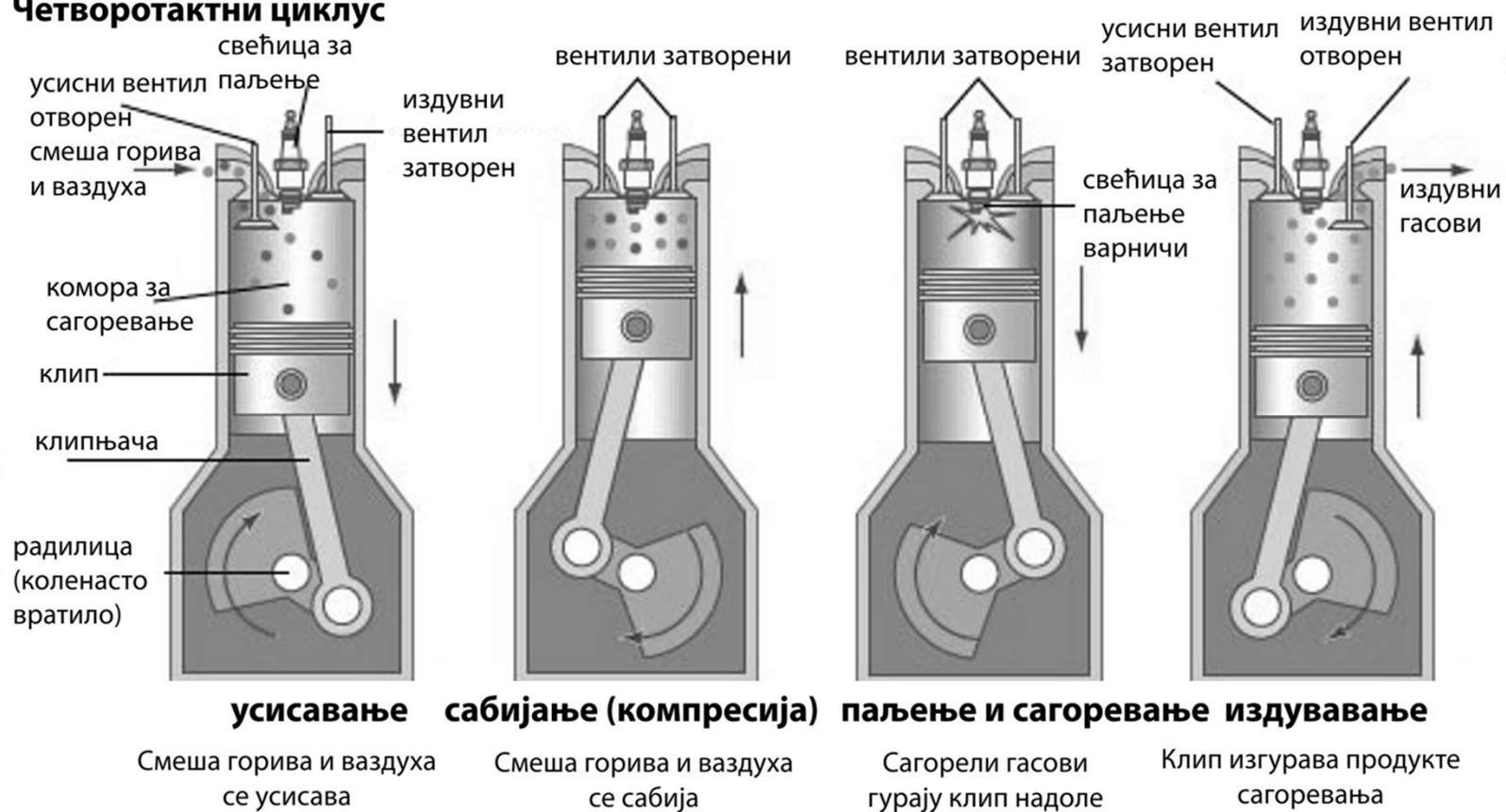
← Крива испаравања
безоловног
моторног бензина





Како ради 4-тактни Otto мотор

Четворотактни циклус





Сагоревање у ото мотору

- Процес паљења.
- Процес простирања пламена.
- У неким режимима рада мотора може доћи до појаве једног вида ненормалног сагоревања – детонативно сагоревање.
- **Детонативно сагоревање** – појава самопаљења дела смеше горива и ваздуха, до којег после иницијалног паљења гориве смеше фронт пламена није доспео, при чему се образује ударни, детонативни талас.



Отпорност према детонативном сагоревању

■ Октански број - дефиниција

бројно једнак садржају **изооктана (C_8H_{18})** у смеши са **n-хептаном (C_7H_{16})**, која у прописаним условима испитивања на специјалном мотору антидетонативно сагорева исто као и испитивани бензин.



✓...

Отпорност према детонативном сагоревању

- Отпорност према детонативном сагоревању дефинише се:
 - истраживачким октанским бројем (ИОБ),
 - моторским октанским бројем (МОБ),
 - осетљивошћу,
 - путним октанским бројем,
 - дистрибуционим бројем и
 - ΔR .

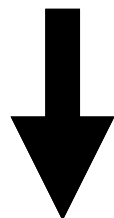


ИОБ - МОБ

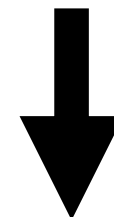
ИОБ
600 min⁻¹

>

МОБ
900 min⁻¹



услови градске возње
услови мањег топлотног
оптерећења



услови возње на
отвореном путу
услови већег топлотног
оптерећења



Антидетонатори

- **Оловни алкилати** (више се не користе!).
- **Оксигенати** (дозвољена количина кислорода у моторним бензинима прописана је стандардом СРПС ЕН 228):
 - **Метанол** - 3 % v/v,
 - **Етанол** - 10 % v/v.



Остале карактеристике моторних бензина

- Густина.
- Садржај сумпора.
- Кородивно дејство.
- Термооксидациона стабилност.



Горива за дизел моторе и млазне моторе

- Горива за моторе с унутрашњим сагоревањем (СУС) код којих се паљење врши спонтано – самопаљењем (Diesel мотори) и за млазне моторе.
- Основни захтеви који се постављају пред дизел горива и горива за млазне моторе:
 - **образовање гориве смеше и**
 - **сагоревање гориве смеше.**



Основна својства

- Испаравају у границама 180-360 °C.
- **Паљење се врши спонтано (самопаљењем)** – имају нижу температуру самопаљења од моторних и авио бензина.
- **Упаљивост – дефинише се цетанским бројем.**

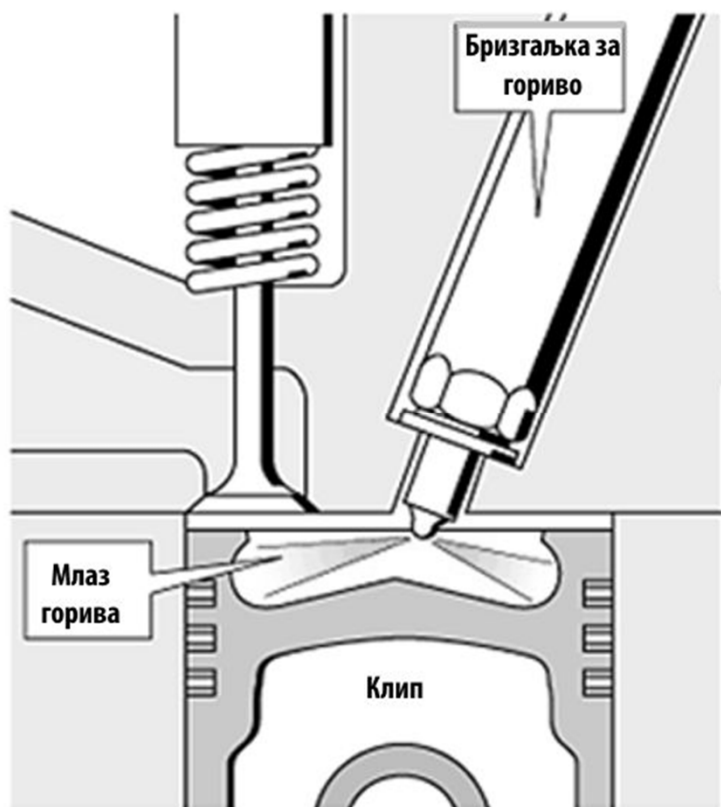


Како ради Diesel мотор?

- How Diesel Engines Work - Part - 1 (Four Stroke Combustion Cycle).mp4
- How Diesel Engines Work - Part - 2 (Stages of Combustion).mp4
- How Diesel Engines Work - Part - 3 (Valve Timing Diagram).mp4

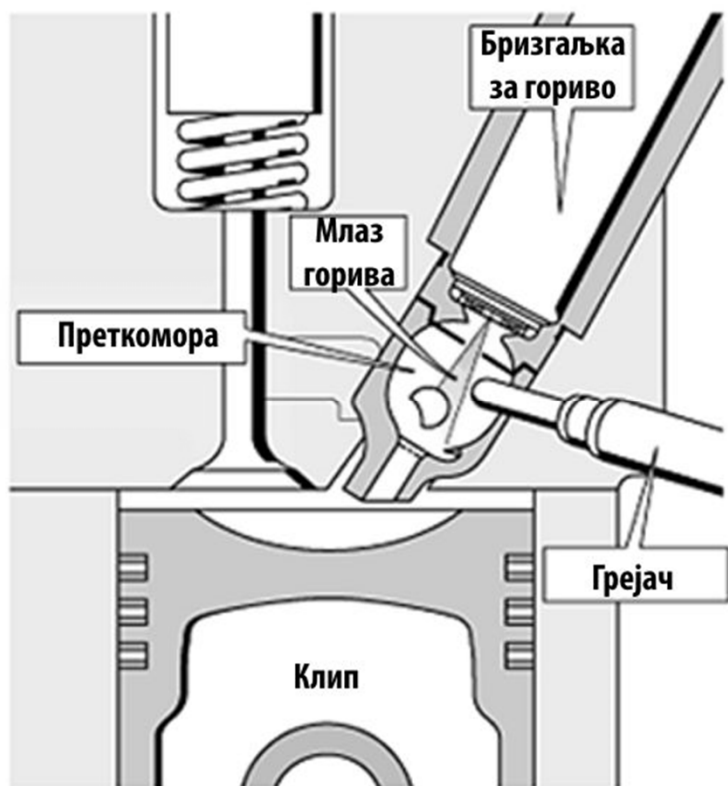


Непосредно (директно) убризгавања горива





Посредно (индиректно) убризгавање горива





Најважнија својства

- Упаљивост,
- крива дестилације,
- густина,
- ВИСКОЗНОСТ,
- хемијски састав,
- садржај сумпора,
- мазивост.



Упаљивост дизел горива

- Мера лаког самопаљења дизел горива.
- Најчешће се описује помоћу **цетанског броја** – одређује се **искључиво експериментално (CFR F-5 мотор)**.
- Алтернативно, користи се **цетански индекс**, али не као замена, већ додатни параметар за предвиђање цетанског броја.
- **Закашњење паљења** се мери новијом методом сагоревања у комори с константном запремином. На основу тога се одређује **изведени цетански број (CFR FIT анализатор)**.



Цетански број и цетански индекс

■ Цетански број

бројно једнак процентуалном учешћу **цетана** ($C_{16}H_{34}$) у смеши са **α -метилнафталином** ($C_{11}H_{10}$) која је еквивалентна по упаљивости са испитиваним горивом у прописаним условима испитивања.

■ Цетански индекс

се израчунава на основу познатих података о густини и вредности t_{50} са криве дестилације или све три карактеристичне температуре са криве дестилације (t_{10} , t_{50} и t_{90}).



✓...

Остале карактеристике дизел горива

- Густина.
- Нискотемпературске карактеристике – температура филтрабилности.
- Механичке примесе и вода.
- Садржај сумпора.
- Температура паљења.
- Вискозност.



Дефиниције

- **Температура филтрабилности** је највиша температура при хлађењу горива при којој у лабораторијским условима испитивани узорак дизел горива не пролази кроз прописани филтер за прописано време (прописане вредности: највише $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ за зимску градацију дизел горива, односно $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ за летњу)
- **Тачка (температура) паљења** је најнижа температура при загревању горива на којој се паре горива у смеши са ваздухом, при приношењу спољашњег извора топлоте, упале и тренутно сагоре.



Дефиниције

- **Вискозност** је мера унутрашњег трења, то је мера отпора којим се материја супротставља деловању спољних сила, које теже да изврше померање слојева те материје. Утиче на квалитет распршивања – финоћу и хомогеност. Много зависи од температуре!

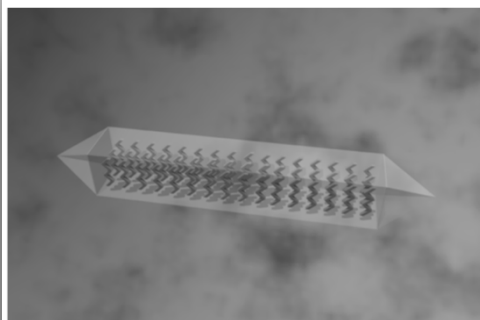


Дизел горива

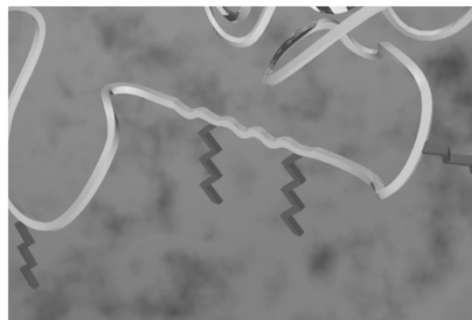
дејство адитива на температура филтрабилности

Temperature Cooling

Wax Crystal Growth



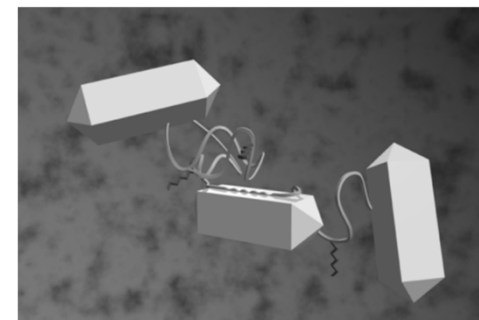
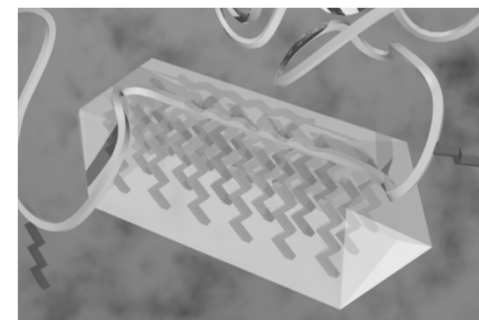
+



Polymeric additive
(eg PAMA)

=

Controlled Growth



Wax Crystal Association
Hinders Low Temp Flow



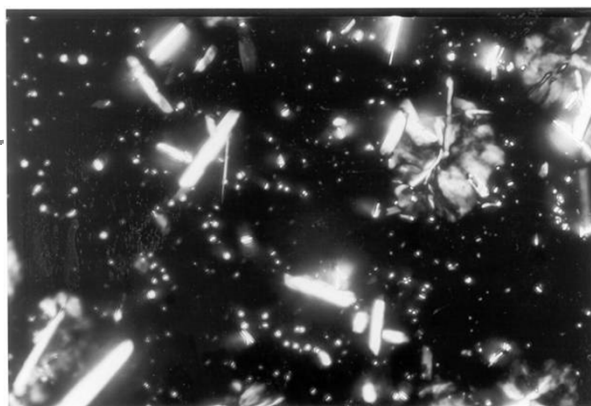
Dramatic Improvement of
Low Temp Performance



Дизел горива

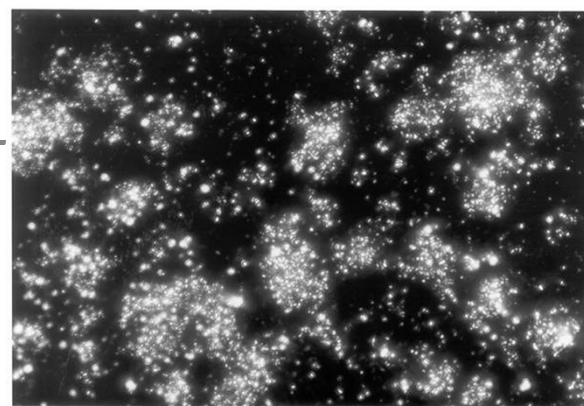
дејство адитива на температура филтрабилности

**Without
PAMA**



non-treated - crystals $>50\mu\text{m}$

**With
PAMA**

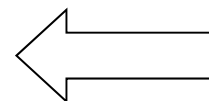
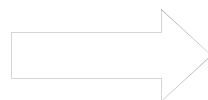
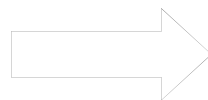
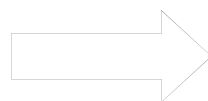


0.5% VISCOPLEX® 10-305
crystallites $<5\mu\text{m}$

Cloud Point

CFPP

Pour Point



Cloud Point

CFPP

Pour Point



Уља за ложење

- Обухватају **две основне групе деривата нафте** према **критеријуму потребе за њихово предгревање**:
 - **гасна уља** (није потребно предгревање) и
 - **уља за ложење** (потребно предгревање).
- У првој групи је само један производ – **ГАСНО УЉЕ ЕКСТРА ЛАКО ЕВРО ЕЛ.**



Уља за ложење

- У другој групи су четири производа:
 - уље за ложење средње евро С,
 - уље за ложење средње С,
 - уље за ложење нискосумпорно гориво – специјално НСГ-С,
 - уље за ложење тешко Т.
- **Заједничко за обе групе је да су то горива која се користе за енергетске јединице.**



✓...

Основни захтеви – утицајна својства

- **Течљивост** – могућност истакања и пумпања – **густина и вискозност.**
- **Квалитет распршивања** – **вискозност.**
- **Загађење животне средине** – **садржај сумпора.**

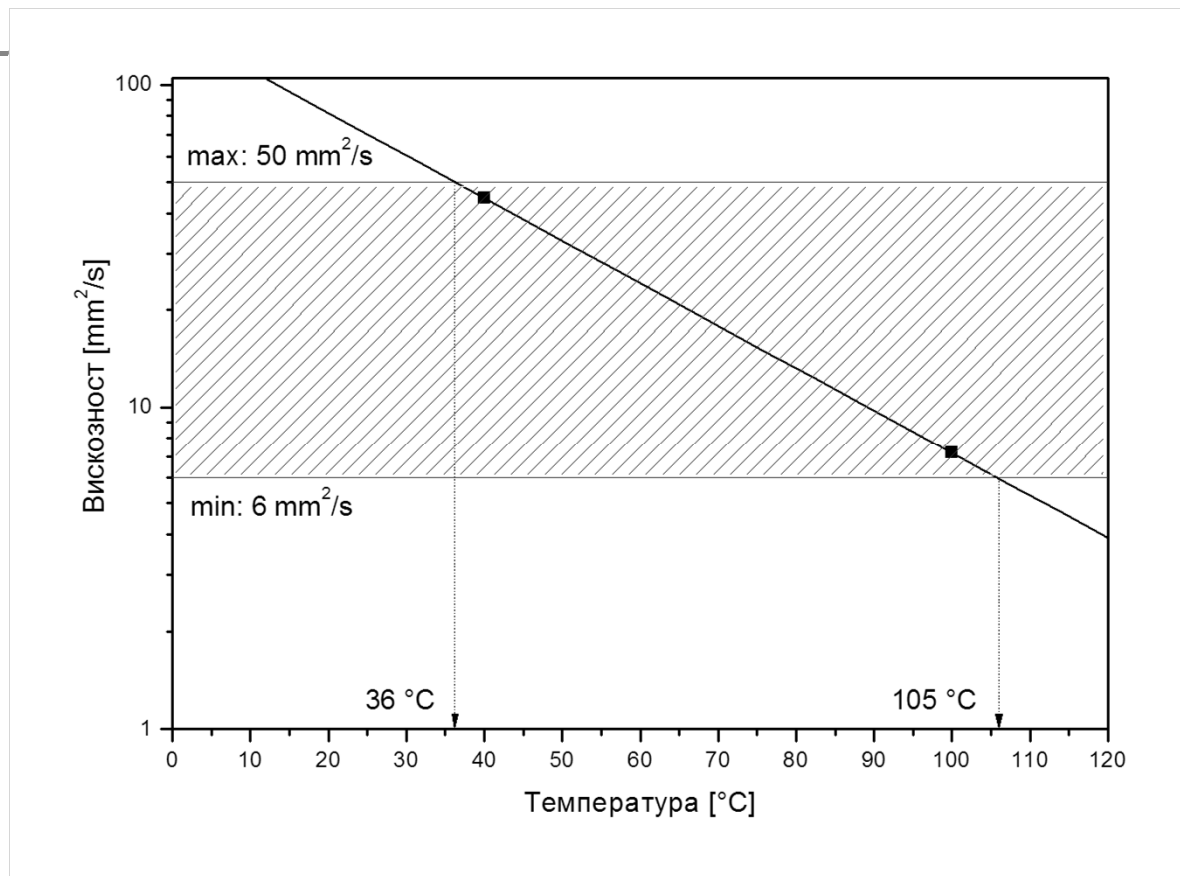


Најважнија својства

- Вискозност,
- садржај сумпора,
- садржај воде,
- садржај минералних примеса,
- тачка паљења.



Утицај вискозности



Температуре предгревања за горионик WEISHAUPТ RGMS50/2-A ZM-NR



Гасовита горива - дефиниција

- Гасовита горива су **мешавине гасова које се користе за производњу топлотне енергије** за бројне технолошке процесе у индустрији, рад термоелектрана, потребе домаћинства, погон мотора СУС и као сировине у хемијској индустрији.
- Горива која су при нормалним условима у парном/гасовитом агрегатном стању.



Гасовита горива

- **Природни/земни гас једино технички искористиво природно гасовито гориво.**
- **Произведени гасови:**
 - рафинеријски,
 - течни нафтни,
 - генераторски,
 - дестилациони,
 - биогаз.



Предности гасовитих горива

- Потпуније сагоревање.
- Мањи садржај баласта.
- Сагоревање с малим коефицијентом вишка ваздуха, блиском стехиометријском.
- Лака и прецизна регулација процеса сагоревања.
- Продукти сагоревања су чистији.
- Лако се транспортују.
- Производе се у централизованим постројењима великог капацитета, могу се паковати у боце (у течном стању).



Недостаци гасовитих горива

- Лака запаљивост.
- Експлозивност.
- Велика запремина резервоара за складиштење.
- Висока цена.



Подела гасовитих горива према саставу ✓

- Елементарна (водоник).
- Хомогена једињења (метан, бутан, ...).
- Мешавине елемената и/или једињења.



Природни/земни гас

- Земни или природни гас је природно гасовито фосилно гориво.
- У природи се налази у два облика:
 - самостално – **суви земни гас**,
 - заједно са нафтом – **влажни земни гас** (у гасној капи изнад нафте или растворен у нафти).
- Користи се за све могуће примене гасовитих горива.



✓...

Природни/земни гас

- основна својства

- **Суви земни гас (сиромашни)**
 - мања топлотна моћ ($36 - 36,5 \text{ MJ/m}^3$),
 - већи садржај метана (и до $98 \% \text{ v/v}$).
- **Влажни земни гас (богати)**
 - већа топлотна моћ ($37,7 - 41 \text{ MJ/m}^3$)
 - већи садржај виших угљоводоника (етана – до 10% , пропана, бутана – до $7 \% \text{ v/v}$).
- **Садржај сумпорводоника (H_2S) – до $2 \% \text{ v/v}$.**



✓...

Главни облици природног гаса за транспорт/употребу

- Нормални/повишени притисак (транспорт гасоводима, употреба непосредно из гасовода).
- Компримовани природни гас (Compressed Natural Gas) КПГ (CNG) (транспорт/употреба у/из судовима под притиском – 20-25 MPa).
- Течни природни гас (Liquefied Natural Gas) ТПГ (LNG) (само за транспорт на -161,5 °C, притисак највише 250 kPa).



Произведена гасовита горива

- Подела према сировини/процесу производње:
 - **рафинеријски гасови** (од нафте и производа њене прераде),
 - **течни нафтни гасови** (од нафте и природног гаса),
 - **генераторски гасови** (од угља),
 - **дестилациони гасови** (од угља или дрвета).



Рафинеријски гасови

- **Производе се у току процеса прераде нафте** (од дестилације до пречишћавања од сумпора).
- **Врло променљив и разнолик састав** – углавном садрже метан, етан, пропан и пропилен уз присуство водоника.
- Раније су се користили само за погон цевних пећи у рафинеријама, али данас се користе и за погон котлова.



Течни нафтни гасови - опште

- Најлакше фракције прераде нафте.
- Угљоводоници са три и четири атома угљеника у молекулу:
 - пропан (C_3H_8),
 - пропилен (C_3H_6),
 - бутан (C_4H_{10}),
 - бутилен (C_4H_8),
 - изобутан и изобутилен.
- Практично се користе само пропан, бутан и њихова смеша.



Течни нафтни гасови - основно

- На нормалним температурама и релативно ниском притиску прелазе у течно стање.
- На нормалној температури и притиску од 2-8 bar (200-800 kPa) налазе се у течном стању.
- Примена:
 - у домаћинствима (под називом бутан),
 - за погон моторних возила (под називом аутогас),
 - у индустрији.



Течни нафтни гасови – основна својства ✓...

- Тежи од ваздуха, тако да се при евентуалном цурењу из резервоара таложи у близини тла.
- У течном стању је упола лакши од воде.
- Безбојан је и као гас и као течност, нема мирис и из безбедоносних разлога додаје му се јака ароматична супстанца.
- При веома малим цурењима у ваздух, образује смешу и може да дође до паљења.



Течни нафтни гасови

- Добијање
 - издвајањем из природног гаса (фракционисање), врши се у близини налазишта гаса у постројењима за дегазолинажу,
 - у примарним или секундарним процесима прераде нафте (нпр. из рафинеријских гасова)
- Представљају сировину за хемијску индустрију



Течни нафтни гасови

- Поседују високу топлотну моћ.
- Сагоревају потпуно, без дима и мириса.
- Имају изванредну отпорност према детонативном сагоревању (ИОБ ~100).
- У односу на бензине садрже осетно мање токсичних компоненти у продуктима сагоревања.



Произведена гасовита горива

- Гасовита горива из чврстих горива
 - Генераторски гасови,
 - Дестилациони гасови.



Генераторски гасови

- **Производња – поступком гасификације** (процес непотпуног сагоревања/недостатак оксидатора) из чврстих горива (угља).
- Процес се може водити тако да се добије гас:
 - одређене топлотне моћи, или
 - одређеног састава.



Генераторски гасови

■ Предности:

- Добијање гасовитих горива из угља (велике резерве).
- Добијање гасовитог горива са мање сумпора у односу на садржај сумпора у угљу.
- Добијање синтезног или воденог гаса (састоји се од угљен моноксида и водоника) који је значајан за хемијску индустрију.

■ У процесу се користе:

- **Ваздух** – ваздушни генераторски гас
- **Мешавина водене паре и ваздуха** – мешани генераторски гас
- **Мешавина водене паре и кисеоника** – мешани генераторски гас
- **Водена пара** – водени генераторски гас



Дестилациони гасови

- Добијају се примарном или високотемпературном сувом дестилацијом дрвета, тресета, мрких и камених угљева.

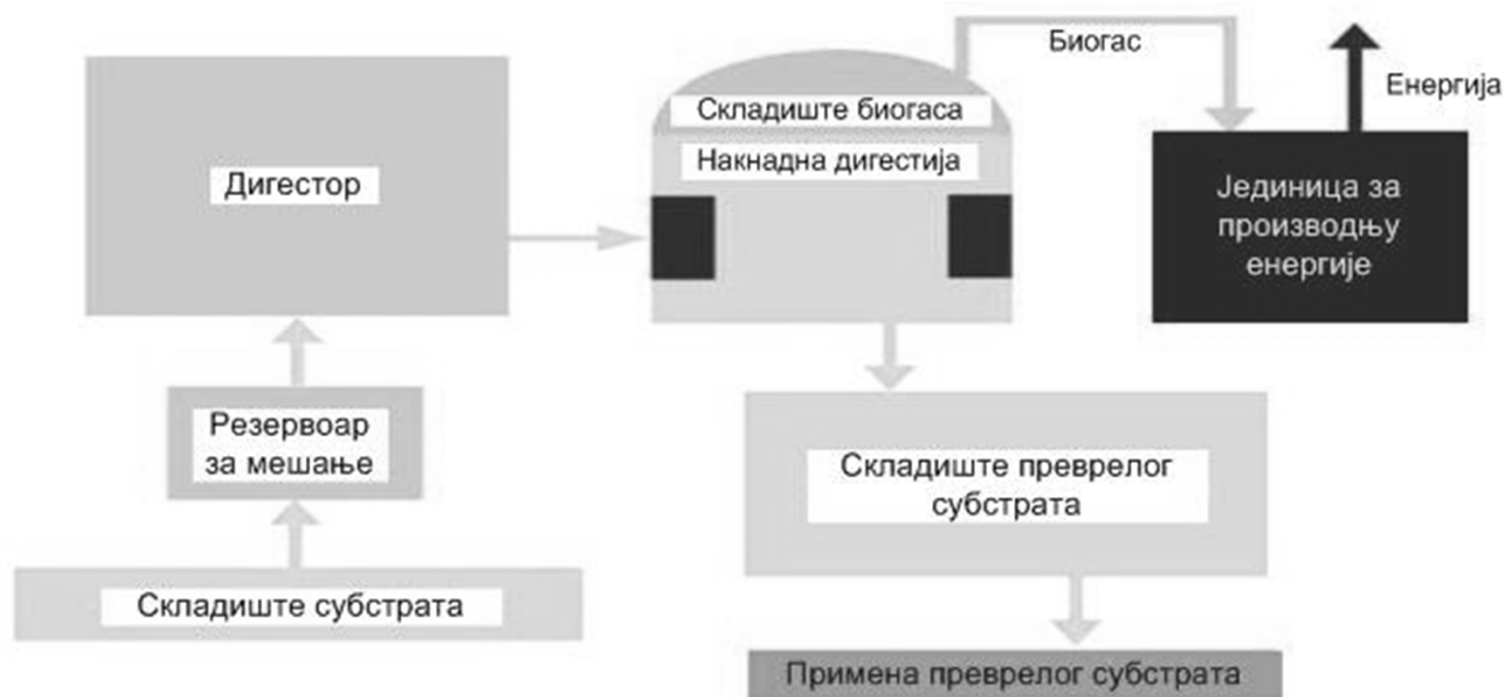


Биогас

- Добија се трансформацијом органске материје (органских отпадака - стајњак, муљ из отпадних вода, градски чврсти отпад или било која друга биоразградљива материја) у процесу који се одвија без присуства ваздуха, деловањем анаеобних материја, у вишестепеном биохемијском и биолошком процесу.
- Добија се гас богат метаном.



Технолошки процес производње биогаза





Биогас

- Биогас је за око 20% лакши од ваздуха.
- Гас без јаког мириса и без боје.
- При сагоревању гори слично као природни гас.
- Топлотна моћ - $20\text{-}30 \text{ MJ/m}^3$.



Биогас

- Количина и квалитет произведеног гаса зависе од:
 - врсте органске масе,
 - уситњености органске масе,
 - температуре процеса,
 - времена трајања процеса,
 - начина одвијања процеса.