



Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije  
Sveučilište u Zagrebu



# Sirova nafta – sastav i svojstva

Prof. dr. sc. Ante Jukić

Zavod za tehnologiju nafte i petrokemiju / Savska cesta 16 / [ajukic@fkit.hr](mailto:ajukic@fkit.hr)



# Nafta – Sirova nafta

Nafta (L. *petroleum*, od Grčkog: Πέτρα (kamen) + Latinski: oleum (ulje)) zapaljiva je tekućina koja se javlja u prirodi. Sastoji se od kompleksne smjese ugljikovodika različitih struktura i molekulskih masa, ostalih tekućih organskih spojeva (asfalteni !) i anorganskih primjesa, a nalazi se u geološkim formacijama Zemljine kore.

Ime nafta odnosi se na prirodnu i neobrađenu, sirovu naftu.

Nafta se najčešće vadi bušenjem. Bušenju prethode studije geološke strukture (veličina ležišta), analize sedimentnog bazena, karakterizacije ležišta (poroznih i permeabilnih struktura).

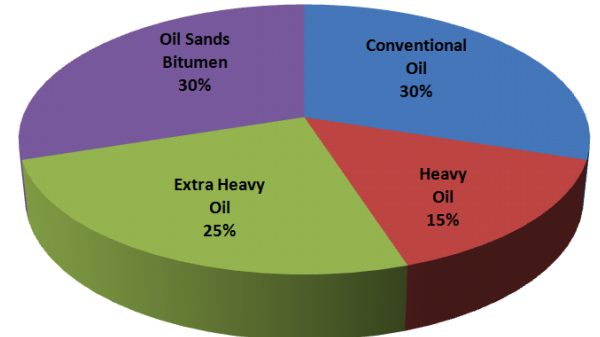
Obrađuje se i razdvaja, najlakše preko vrelišta, u veliki broj finalnih proizvoda poput motornih i mlaznih goriva (dizel, benzin, avionsko gorivo, kerozin), bitumena (asfalti), **sirovina za proizvodnju plastike, organskih kemikalija i lijekova**. Nafta se koristi u proizvodnji velikog broja materijala i procjenjuje se da svijet troši oko 88 milijuna barela (14 mlrd litara) svaki dan.



1 barel (bačva) = 42 američka galona = 158,9873 litara = 34,9723 britanska galona

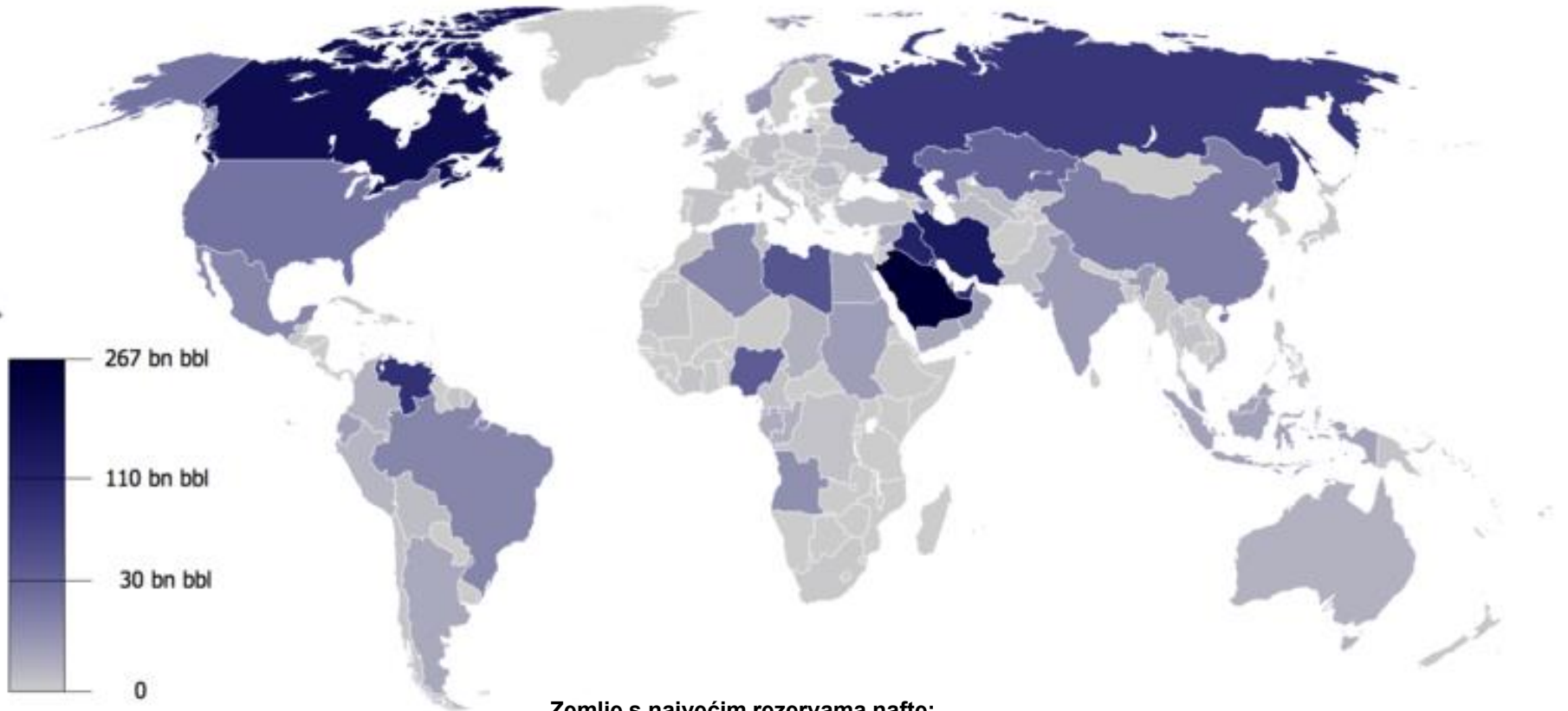
Crpka na naftnoj bušotini

## Total World Oil Reserves



## Dokazane rezerve nafte

[CIA Factbook, 2009]



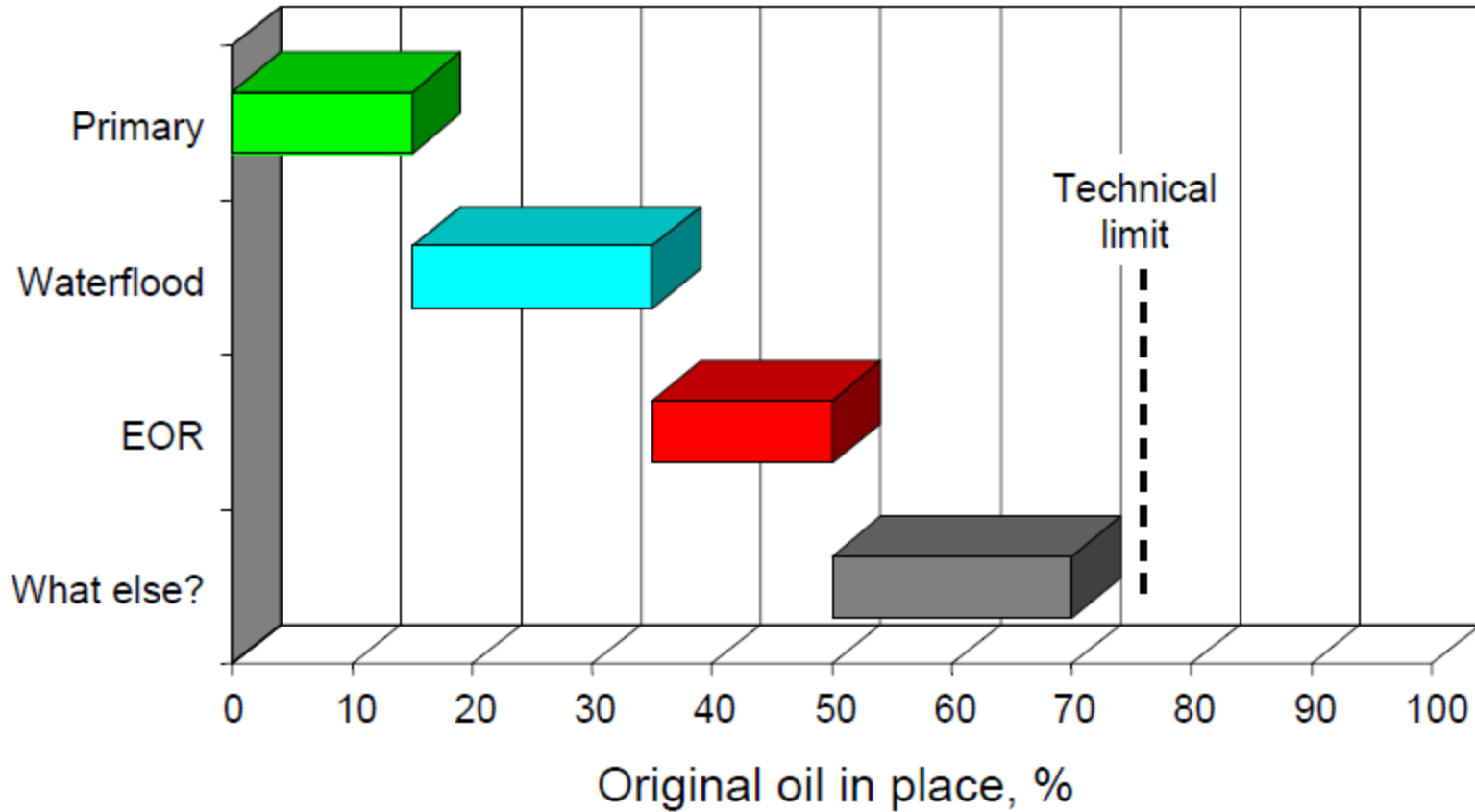
### Zemlje s najvećim rezervama nafte:

Saudijska Arabija, Kanada, Venezuela, Iran, Irak, Kuvajt, Ujedinjeni Arapski Emirati, Rusija, Kazahstan, Libija, Nigerija, Katar, Kina, SAD, Angola, Alžir, Brazil

# New challenges - oil

## Maximising recovery – reservoir life cycle

Schematic – recovery factors and “technical limit” vary for each reservoir



Enhanced Oil Recovery (abbreviated EOR) is a generic term for techniques for increasing the amount of crude oil that can be extracted from an oil field. Using EOR, 30-60 %, or more, of the reservoir's original oil can be extracted compared with 20-40% using primary and secondary recovery. Enhanced oil recovery is also called improved oil recovery or tertiary recovery (as opposed to primary and secondary recovery).

# Sastav sirove nafte

Sirova nafta - smeđe-crna zapaljiva kapljevina prirodnog porijekla.

Sirova nafta se u pravilu nalazi u naftnim ležištima vezanim za sedimentne stijene ispod Zemljine površine.

Iako porijeklo sirove nafte nije u potpunosti razjašnjeno, opće je prihvaćeno da je nafta nastala od ostataka biljaka i životinja u Zemljinoj kori pod utjecajem visoke temperature i tlaka. Također se pretpostavlja da je nastajanje bilo katalizirano sastavnicama sedimentnih stijena.

Neovisno o izvoru, sve sirove nafte se pretežito sastoje od **ugljikovodika** u smjesi s različitim količinama **sumporovih, dušikovih i kisikovih spojeva**.

Metali u obliku **anorganskih soli** ili **organometalnih** spojeva su prisutni u tragovima. Omjer pojedinih komponenti može se značajno razlikovati od izvora do izvora.

U pravilu, sirova nafta se ne koristi izravno kao gorivo ili kao sirovina za proizvodnju kemikalija zbog svoje kompleksne strukture i prisutnosti nečistoća koje su korozivne i djeluju kao katalitički otrovi.

Poznavanje sastava nafte je važno za postavljanje rafinerijske strategije za njenu preradu.

# Sirova nafta

## Sastav

Naftno ležište prvenstveno sadrži sirovu naftu s ponešto otopljenog zemnog plina. S obzirom na smanjenje tlaka prilikom izvlačenja nafte, dio plina koje je otopljen će se izdvojiti i kao takav skladištiti (ili spaliti).

Ležište plina sadrži pretežito prirodni plin. Ipak zbog veće podzemne temperature i tlaka plin može sadržavati i teže ugljikovodike poput pentana, heksana i heptana u plinovitom stanju. Na površni, pri nižem tlaku navedene sastavnice će se ukapljiti i izdvojiti u obliku kondenzata prirodnog plina (skraćeno kondenzat). Kondenzat je po svojstvima sličan lakoj sirovoj nafti.



Baklje prirodnog plina na nalazištu Zubair u južnom Iraku

Svjetska banka:  
spaljivanje plina na bakljama se nije značajno mijenjalo u proteklih 12 godina i kreće se u rasponu od 150 do 170 mlrd. m<sup>3</sup>.  
Spaljivanje na bakljama u atmosferu otpušta oko 400 mil. t ugljikovog dioksida na godišnjoj razini.

# Sastav sirove nafte

Sirova nafta je smjesa sljedećih grupa spojeva:

1. Ugljikovodici (spojevi ugljika i vodika).
2. Neugljikovodični spojevi.
3. Organometalni spojevi i anorganske soli (spojevi metala).

## Ugljikovodični spojevi

Osnovna sastavnica većine sirovih nafti su ugljikovodični spojevi.

Sve vrste ugljikovodika su prisutne u sirovoj nafti, osim alkena i alkina.

**Svaka nafta ima jedinstven kemijski sastav, što definira njena kemijska i fizikalna svojstva poput gustoće, boje, viskoznosti...**

# Sirova nafta

## Sastav

Ugljikovodici u sirovoj nafti su pretežito **alkani (parafini)**, **cikloalkani (nafteni)** i **razni aromatski ugljikovodici** dok ostatak čine organski spojevi koji sadrže **dušik, kisik i sumpor** te tragovi metala poput željeza, nikla, bakra i vanadija.

Točan kemijski sastav se razlikuje od izvora do izvora, pri čemu omjer kemijskih elemenata varira u razmjerno uskom rasponu:

### Elementarni sastav nafte po masi

Element	Raspon
Ugljik	83 do 87 %
Vodik	10 do 14 %
Dušik	0,1 do 2 %
Kisik	0,05 do 1,5 %
Sumpor	0,05 do 6,0 %
Metali	< 0,1 %



# Sirova nafta

## Sastav

Četiri različite vrste ugljikovodika se nalaze u sirovoj nafti. Njihov relativni omjer se mijenja od nafte do nafte, i definira na svojstva pojedine nafte.

Sastav prema masi

Ugljikovodik	Prosjek	Raspon
Parafini	30 %	15 do 60 %
Nafteni	49 %	30 do 60 %
Aromati	15 %	3 do 30 %
Asfalteni	6 %	ostatak

Nafta se najčešće koristi za proizvodnju **motornih goriva i loživih ulja** - primarnih izvora energije. Oko 84 vol. % svih ugljikovodika prisutnih u nafti koristi se za proizvodnju energijski bogatih goriva što uključuje **motorni benzin, dizel, kerozin, loživa ulja i ostale proizvode uključujući i ukapljeni naftni plin.**

Lakše frakcije sirove nafte daju najbolja iskorištenja na benzinu i dizelu, ali svjetske rezerve lakih i srednjih nafti se smanjuju zbog čega rafinerije moraju prerađivati teške nafte i bitumene prilikom čega koriste složenije i skuplje metode preradbe. S obzirom da teže nafte imaju suvišak ugljika i nedovoljno vodika, **proces preradbe u pravilu uključuju uklanjanje ugljika i dodavanje vodika te koriste katalitičko krekiranje u vrtložnom (fluidiziranom) sloju katalizatora za pretvorbu većih i više kompleksnih molekula u kraće i jednostavnije (za primjenu kao goriva).**

# Sastav sirove nafte

## Alkani (parafini)

Alkani su zasićeni ugljikovodici osnovne formule  $C_nH_{2n+2}$ .

Najjednostavniji alkan je metan ( $CH_4$ ) i osnovna je sastavnica prirodnog plina.

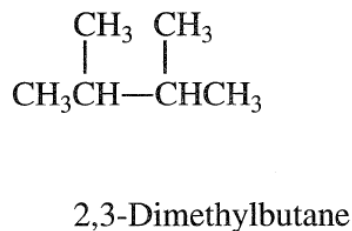
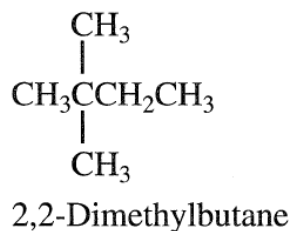
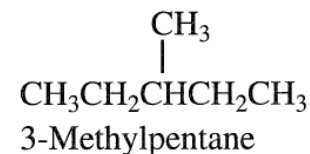
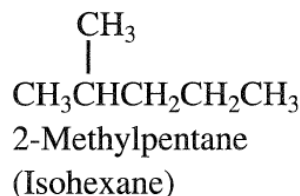
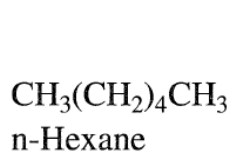
Metan, etan, propan, butan su plinoviti ugljikovodici pri standardnim uvjetima temperature i tlaka. U pravilu ih nalazimo otopljene u sirovoj nafti.

Ravnolančani (normalni) alkani (*n*-alkani, *n*-parafini) su zasićeni ravnolančani ugljikovodici koji se ne „granaju”. Ne-ravnolančani alkani su zasićeni ugljikovodici koji imaju alkilne supstituente na glavnom lancu.

Strukturni izomeri – isti sastav, različita struktura. Primjer: butan ( $C_4H_{10}$ ) ima dva izomera, *n*-butan i 2-metil-propan (izobutan). Kako se povećava broj ugljikovih atoma tako se povećava i broj mogućih izomera; pentan ( $C_5H_{12}$ ) ima 3 izomera, heksan ( $C_6H_{14}$ ) ih ima 5. Dolje su prikazani izomeri heksana:

$C_5 - C_{17}$  / tekućine

$C_{16} - C_{78}$  / krutine



Sirova nafta sadrži veliki broj kratko-, srednje- i dugo-lančanih ravnolančanih i ne-ravnolančanih (granatih) alkana.

Benzin kao naftna frakcija s uskim rasponom vrelišta sadrži ograničeni, ali ipak veliki broj strukturnih izomera.

# Sastav sirove nafte

## Alkani (parafini)

- Alkani od pentana ( $C_5H_{12}$ ) do oktana ( $C_8H_{18}$ ) prerađuju se u **motorni benzin**, od nonana ( $C_9H_{20}$ ) to heksadekana ( $C_{16}H_{34}$ ) u **dizel, kerozin i mlazna goriva**.
- Alkani s više od 16 ugljikovih atoma prerađuju se u **loživa i maziva** ulja.
- parafinski vosak sadrži ugljikovodike (CH) s oko 25 ugljikovih atoma, dok bitumeni sadrže CH od 35 ugljikovih atoma na više. Iz navedenih sastavnica se u modernim rafinerijama krekiranjem (cijepanjem molekula) dobivaju vrijedniji proizvodi.
- Najkraće CH molekule - one koje sadrže četiri ili manje ugljikovih atoma su u plinovitom stanju pri standardnim uvjetima tlaka i temperature (naftni ili kaptažni plin).

Ovisno o zahtjevima tržišta i isplativosti, navedeni plinovi se spaljuju na bakljama ili prodaju kao ukapljeni naftni plin pod tlakom ili se koriste kao energent u rafinerijama.

U zimskim razdobljima butan se miješa s motornim benzinom jer njegov visoki tlak para pomaže pri hladnom startu motora.

# Sastav sirove nafte

## Cikloalkani (cikloparafini, nafteni)

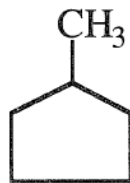
Zasićeni ciklički ugljikovodici opće formule  $C_nH_{2n}$ , nafteni, se ubrajaju u glavne sastavnice sirove nafte. Njihov udio ovisi o vrsti sirove nafte.

Jednostavni primjeri naftena su ciklopentan, cikloheksan i njihovi monosupstituirani spojevi.

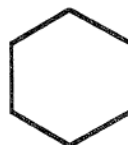
U pravilu se nalaze u lakim i teškim frakcijama motornog benzina.

Cikloalkani su po svojstvima slični alkanima, ali imaju viša vrelišta.

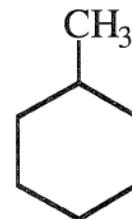
U rafinerijskoj preradi, cikloheksan, supstituirani ciklopentani i cikloheksani su važni prekursori za aromatske ugljikovodike.



Methylcyclopentane



Cyclohexane



Methylcyclohexane

Ovdje dani primjeri spojeva su od velike važnosti. Prva dva spoja kemijskim reakcijama daju benzen, a zadnji spoj se može dehidrogenirati u toluen. *Di*-metil-cikloheksani se prerađuju se u ksilene.

Teže frakcije nafte poput kerozina i loživog ulja mogu sadržavati više fuzioniranih cikloheksanskih prstenova preko dva susjedna ugljika.

# Aromatski ugljikovodici

Aromatski ugljikovodici (aromati) su nezasićeni ugljikovodici opće formule  $C_nH_n$  koji u kemijskoj strukturi sadrže jedan ili više planarnih benzenskih prstenova.

Gore čađavim plamenom i imaju aromatičan miris. Neki od njih su dokazano kancerogeni - uzrokuju rak.

Niži predstavnici aromata su prisutni u malim količinama u sirovoj nafti i lakim frakcijama benzina. Benzen, toluen i ksileni (BTX) su važni petrokemijski intermedijeri i važne sastavnice benzina.

Najjednostavniji aromat s jednim aromatskim prstenom je benzen ( $C_6H_6$ ). Toluen ( $C_7H_8$ ) i ksileni ( $C_8H_{10}$ ) isto sadrže jedan aromatski prsten i mogu se naći u određenim količinama u sirovoj nafti.

Izdvajanje BTX aromata iz sirove nafte destilacijom nije isplativo jer su prisutni u malim koncentracijama.

Obogaćivanje benzinske frakcije navedenim aromatima se postiže katalitičkim reformiranjem.

Aromatski spojevi s dvije aromatske jezgre se nalaze u srednjim i težim frakcijama nafte.

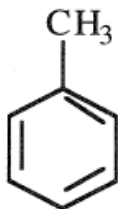
**Spojevi s tri ili više aromatskih jezgri, često u kombinaciji s heteroatomima, su glavna sastavnica teških nafte i naftnih ostataka.**

**Asfalteni su kompleksna smjesa aromatskih i heterocikličkih spojeva.**

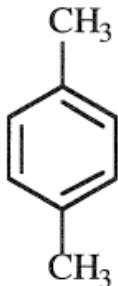
Primjeri aromatskih spojeva u sirovoj nafti:



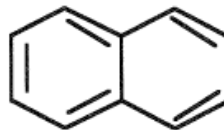
Benzene



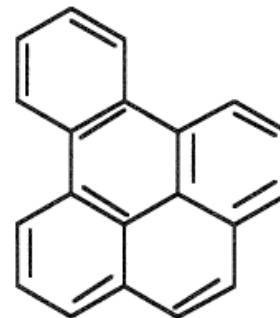
Toluene



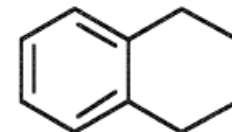
p-Xylene



Naphthalene



1,2-Benzopyrene



Tetralin

# Sastav sirove nafte

## Sumporovi spojevi

Sumpor u sirovoj nafti je većinom prisutan u obliku sumporovih organskih spojeva.

**Sumporovodik ( $H_2S$ ) je jedini važan anorganski oblik sumpora u sirovoj nafti.**

Njegovo prisustvo je nepoželjno jer ima korozivno djelovanje, otrovan je i štetan za zdravlje, također je i katalitički otrov.

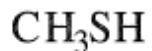
Sumporovi organski spojevi se u pravilu dijele na kisele i neutralne.

Kiseli sumporovi spojevi su tioli (merkaptani).

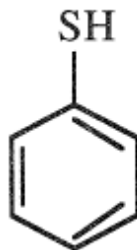
Tiofeni, sulfidi i disulfidi su primjeri neutralnih sumporovih spojeva koji se nalaze u sirovoj nafti.

Primjeri sumporovih spojeva

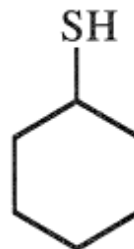
### Kiseli sumporovi spojevi



Metil-merkaptan



Fenil-merkaptan

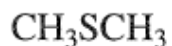


Cikloheksiltiol

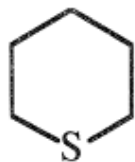
# Sastav sirove nafte

Primjeri sumporovih spojeva

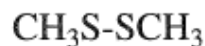
## Neutralni sumporovi spojevi



Dimetil sulfid



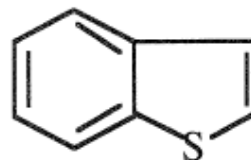
Tiocikloheksan



Dimetildisulfid



Tiofen



Benzotiofen

Kisela sirova nafta obično sadrži veliki udio sumporovodika.

S obzirom da većina sumporovih organskih spojeva nije toplinski postojana, sumporovodik često nastaje prilikom preradbe nafte. Sirova nafta s većim udjelima sumpora je manje poželjna budući da **uklanjanje sumpora povećava troškove preradbe**.

Većina sumporovih spojeva se može ukloniti hidroobradom pri čemu nastaje sumporovodik uz oslobađanje pripadajućeg ugljikovodika. Klausovim postupkom se iz sumporovodika proizvodi elementarni sumpor.

# Sastav sirove nafte

## Dušikovi spojevi

Organski spojevi koji sadrže dušik javljaju se u sirovoj nafti kao jednostavni heterociklički spojevi poput **piridina** (C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N) i **pirola** (C<sub>4</sub>H<sub>5</sub>N) ili kao kompleksne strukture poput porfirina. Udio dušika u većini nafti je vrlo nizak i uobičajeno **ne prelazi 0,1 mas. %**.

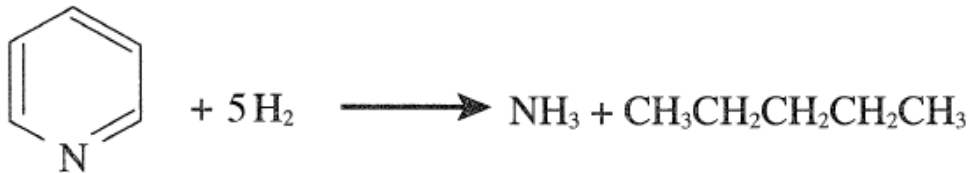
U nekim teškim naftama udio dušika može biti i do 0,9 mas. %.

Dušikovi spojevi su toplinski stabilniji od sumporovih i shodno tomu koncentriraju se u težim naftnim frakcijama i ostacima.

Teže frakcije nafte mogu sadržavati dušikove spojeve u tragovima koji se ipak trebaju ukloniti jer djeluju kao katalitički otrovi.

Tijekom hidroobradbe naftnih frakcija, dušikovi spojevi se prevode u amonijak i pripadajuće ugljikovodike.

Primjer reakcije - katalitičkom hidrogenitrikacijom piridina dobivaju se amonijak i pentan:



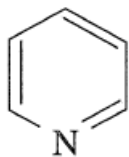


# Sastav sirove nafte

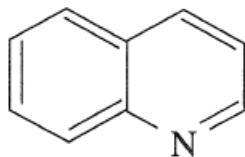
## Dušikovi spojevi

Dušikovi spojevi u nafti se mogu podijeliti u lužnate (bazne) i neutralne. Lužnati dušikovi spojevi pretežito sadrže piridinske vrste, dok neutralni imaju pirolsku strukturu. Pirol i piridin su toplinski stabilni spojevi zbog aromatske prirode (strukture).

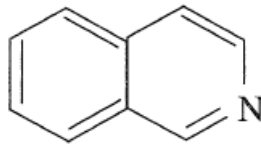
### Bazni dušikovi spojevi



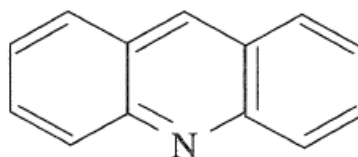
**Piridin**



**Kinolin**

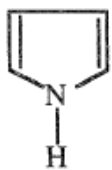


**Izokinolin**

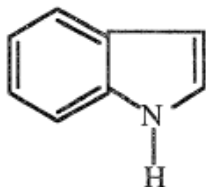


**Akridin**

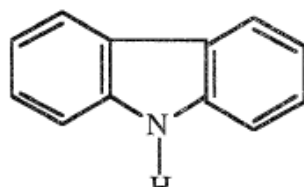
### Neutralni dušikovi spojevi



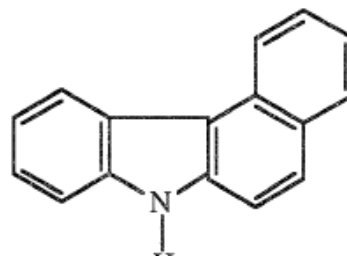
**Pirol**



**Indol**



**Karbazol**



**Benzokarbazol**

# Sastav sirove nafte

Porfirini su neutralni dušikovi spojevi.

Porfirinski prsten sastoji se od četiri pirolska prstena spojena =CH- grupama.

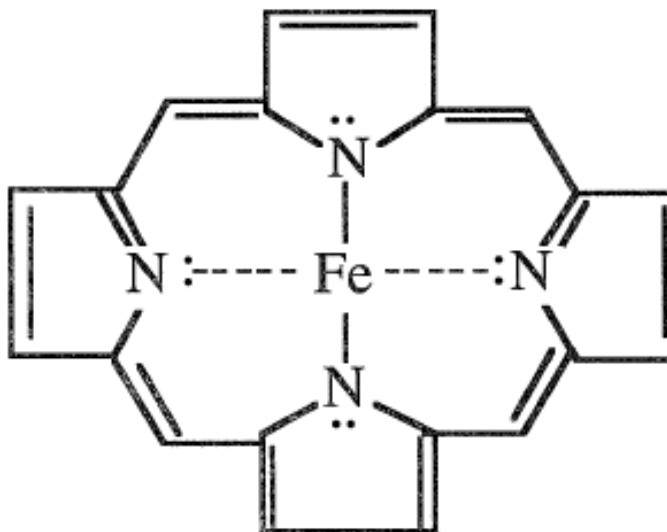
**Cijeli prsten je aromatičan (aromatske strukture).**

**Metalni ioni mogu zamijeniti pirolske vodike i na taj način formirati kelatne spojeve.**

Kelati su planarni oko metalnog iona koji je spojen s atomima dušika.

Skoro sve sirove nafte i bitumeni sadrže mjerljive količine vandijevih i niklovih porfirina.

Željezov porfirin:



# Sastav sirove nafte

## Kisikovi spojevi

Organski spojevi koji sadrže kisik u sirovoj nafti su kompleksnijih struktura od sumporovih.

**Nisu katalitički otrovi.**

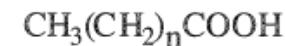
**Većina kisikovih spojeva u sirovoj nafti je blago kisela:** karboksilne kiseline, krezolne kiseline, fenoli i naftenske kiseline.

Naftenske kiseline su najčešće derivati ciklopentana i cikloheksana s karboksi-alkilnom bočnom skupinom. Naftenske kiseline prisutne u naftenskoj frakciji mogu se ukloniti / ekstrahirati upotrebom razrijeđenih lužnatih otopina.

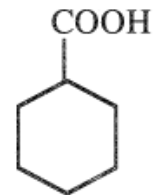
Ukupni udio kiselih sastavnica je u pravilu nizak, ali postoje i slučajevi gdje mogu dostizati i do 3 % (Kalifornijska nafta).

Neutralni kisikovi spojevi poput estera, ketona i amida zastupljeni su u manjim količinama i nemaju važniju komercijalnu vrijednost.

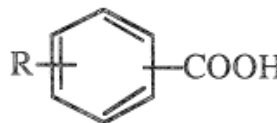
## Acidic Oxygen Compounds



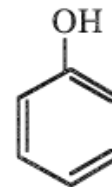
An aliphatic carboxylic acid



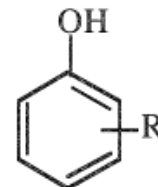
Cyclohexane carboxylic acid



Aromatic acids



Phenol



Cresylic acid

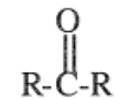
## Non-Acidic Oxygen Compounds



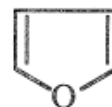
Esters



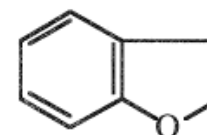
Amides



Ketone



Furan



Benzofuran

# Sastav sirove nafte

## Spojevi metala

U sirovoj nafti mogu se naći razne vrste metala.

Neki od zastupljenijih su **natrij (Na)**, **kalcij (Ca)**, **magnezij (Mg)**, **aluminij (Al)**, **željezo (Fe)**, **vanadij (V)** i **nikal (Ni)**.

Javljaju se u obliku **anorganskih soli**, kao natrijev i magnezijev klorid ili u obliku **organometalnih spojeva**, kao prethodno navedeni porfirini nikla i vanadija.

Kalcij i magnezij mogu tvoriti soli ili sapune s karboksilnim kiselinama.

Oni djeluju kao **emulgatori** i kao takvi su nepoželjni. Iako se u pravilu metali u sirovoj nafti nalaze u tragovima, oni su štetni i potrebno ih je ukloniti.

Ako nafta sadrži natrijeve i magnezijeve kloride, prilikom preradbe nastaje klorovodična kiselina koja ima jako korozivno djelovanje.

Desalinacija sirove nafte je nužan korak za smanjenje količine soli prisutne u nafti.

Vanadij i nikal su katalitički otrovi i nužno je smanjiti njihovu količinu na nafti.

Većina vanadijevih i niklovih spojeva koncentrira se u teškim ostacima.

Ekstrakcija otapalima se koristi za smanjenje koncentracije teških metala u naftnim ostacima.

# Klasifikacija sirovih nafta

Usporedbom svojstava pojedinih nafta mogu se primijetiti značajne razlike, a to je najviše posljedica različitog udjela pojedinih sastavnica u sirovoj nafti.

Za rafineriju koja koristi nafte iz različitih izvora jednostavan kriterij je podjela nafti prema sličnosti svojstava.

Sirova nafta se može klasificirati u tri ili četiri skupine ovisno o relativnom odnosu vrsta ugljikovodika koje su smjesi.

Vrste sirovih nafti:

1. **Parafinska** – udio parafina je veći od udjela aromata i naftena.
2. **Naftenska** – udio naftena i aromata je veći u odnosu na parafinske nafte.
3. **Asfaltenska** – sadrži razmjerno veliki udio policikličkih aromata, asfaltena i manje parafina u odnosu na parafinsku naftu.

## Ostale podjele prema osnovnim svojstvima

- Udio nečistoća: voda, sediment, soli, metali, dušik

- **Sadržaj sumpora:**

0,1 – 0,5 mas. %: **slatka** / 0,5 – 0,8 mas. %: **poluslatka** / 0,8 – 5 mas. % **kisela**

- **Gustoća:** 38 – 45 °API: **laka** / 28 – 38 °API: **srednja** / 12 – 28 °API: **teška**

Svojstva sirove nafte mogu se značajno se razlikovati ovisno o vrsti

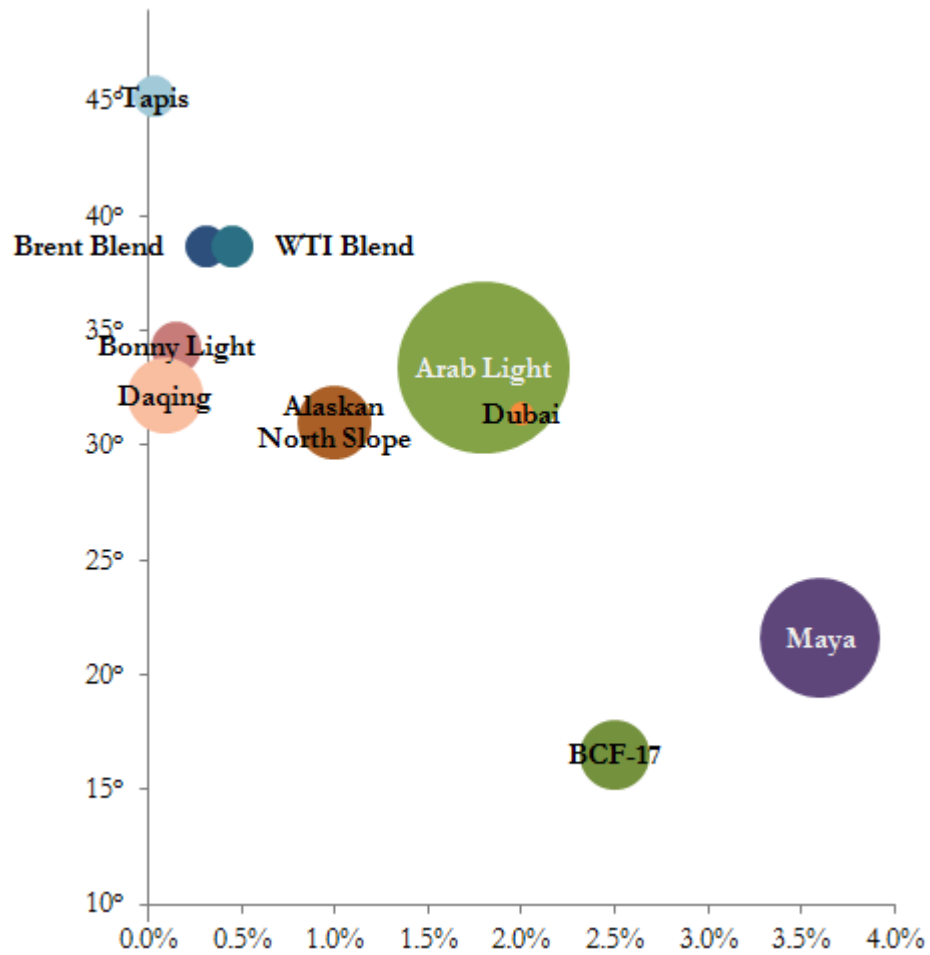
Tablica: analiza nafte različitog porijekla

**Typical analysis of some crude oils**

	<b>Arab Extra Light*</b>	<b>Alameen Egypt</b>	<b>Arab Heavy</b>	<b>Bakr-9 Egypt</b>
Gravity, °API	38.5	33.4	28.0	20.9
Carbon residue (wt %)	2.0	5.1	6.8	11.7
Sulfur content (wt %)	1.1	0.86	2.8	3.8
Nitrogen content (wt %)	0.04	0.12	0.15	—
Ash content (wt %)	0.002	0.004	0.012	0.04
Iron (ppm)	0.4	0.0	1.0	—
Nickel (ppm)	0.6	0.0	9.0	108
Vanadium (ppm)	2.2	15	40.0	150
Pour point (°F)	≈Zero	35	-11.0	55
Paraffin wax content (wt %)	—	3.3	—	—

\* Ali, M. F et al., *Hydrocarbon Processing*, Vol. 64, No. 2, 1985 p. 83.

Pojedine vrste sirovih nafti s pripadajućim udjelom sumpora (x-os) i API gustoćom (y-os).



## Svojstva sirove nafte

Sirove nafte se značajno razlikuju po svojstvima ovisno o porijeklu i udjelu različitih stavnica.

Lakše nafte daju više vrjednijeg lakog i srednjeg destilata i prodaju se po višoj cijeni.

Nafte koje sadrže velike količine nečistoća, kao što su sumporovi spojevi, manje su poželjne od nafte s manje sumpora jer su korozivnije i zahtijevaju predobradu.

Korozivnost sirove nafte je funkcija više parametara: vrsta sumporovih spojeva, temperature raspadanja istih te ukupni kiselinski broj, vrsta karboksilnih i naftenskih kiselina te temperatura raspada istih. Utvrđeno je da se naftenske kiseline razlažu na 315 °C . Rafinerijsko iskustvo pokazuje da nema korozije do naftenskih kiselina ni pri 400 °C.

Za rafineriju važno je uspostaviti određene kriterije kojima će procijeniti kvalitetu/svojstva sirove nafte i odabrati najbolju izvedbu/procesnu shemu za njenu obradu. U nastavku biti će navedeni neka od važnih mjerenja za određivanje svojstava nafte.



## Gustoća, Specifična gustoća i ° API

Gustoća je definirana kao masa po volumenu jedinice materijala pri određenoj temperaturi. U naftnoj industriji se češće koristi specifična gustoća, koja predstavlja omjer mase određenog volumena materijala i mase istog volumena vode pri istoj temperaturi.

Specifična gustoća se koristi za izračunavanje mase sirove nafte i njenih derivata. U pravilu sirova nafta i njeni tekući derivati se najprije mjere na volumnoj bazi, a preko specifične gustoće izračunava se masa.

API (American Petroleum Institute) gustoća je još jedan način kako se može izražavati relativna masa sirove nafte. API gustoća se izračunava pomoću sljedeće formule:

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141.5}{\text{Sp.gr. } 60/60^{\circ}} - 131.5$$

Niska API gustoća upućuje na teže nafte ili naftne derivate, dok visoki API upućuju na lake nafte ili naftne derivate.

Specifična gustoća za sirovu naftu se kreće od 0,82 do preko 1,0 za teže nafte (41-10 °API skale)

## Udio soli

Udio soli izražava se u miligramima natrijeva klorida po litri ulja (funta/barel), a označava količinu soli otopljene u vodi. Voda je u nafti prisutna kao emulzija. Visoka koncentracija soli u nafti predstavlja korozijski problem prilikom prerade nafte. Dodatno visoka koncentracija soli je glavi uzrok začepljena izmjenjivača topline i grijaćih cijevi. Koncentracija veća od 10 lb/ 1000 barela ( $30 \text{ g L}^{-1}$ ; izražena kao NaCl) zahtjeva desalinizaciju.

## Udio sumpora

### Točka tečenja

Točka tečenja sirove nafte ili derivata je najniža temperatura pri kojoj tekućina još uvijek teče pri ispitnim uvjetima. Toka tečenja uručuje na količinu dugolančanih parafina u sirovoj nafti. Parafinske nafte imaju veliki udio voskova-dugolančanih parafina. Transport takvih nafta je otežan pri temperaturama ispod točke tečenja. Često se takvim naftama dodaju snižavala točke tečenja.

## Udio pepela

This test indicates the amount of metallic constituents in a crude oil.

The ash left after completely burning an oil sample usually consists of stable metallic salts, metal oxides, and silicon oxide. The ash could be further analyzed for individual elements using spectroscopic techniques.

## **Ugljen; Ulje dobiveno preradbom škriljevaca; Bituminozni pijesak; Plinski hidrati - alternativni izvori energije i kemijskih sirovina**

Ugljen, ulje dobiveno preradbom škriljevaca i bituminozni pijesak su tvari koje mogu poslužiti kao budući izvori energenata i kemijskih sirovina kada se sirova nafta i plin iscrpe.

Omjer H/C kod navedenih materijala je niži nego kod većine sirovih nafti.

Kao čvrste ili polu-čvrste tvari nisu praktične za korištenje kao gorivo poput sirove nafte.

Dodatno većina navedenih materijala sadrži veće količine sumpora i/ili dušika što zahtijeva dodatno obradu. Pretvorba navedenih materijala u ugljikovodike je moguća ali skupa.

## Klasifikacija sirovih nafta

Naftna industrija često dijeli naftu prema geografskoj lokaciji gdje se proizvodi (npr. West Texas Intermediate, Brent, ili Oman), prema API gustoći ili sadržaju sumpora. Sirova nafta može biti laka ako je niske gustoće ili teška ako je visoke gustoće, može biti slatka (e. sweet) ako sadrži male količine sumpora ili kisela (e. sour) ako sadrži visoke količine sumpora.

Geografski položaj je važan i jer utječe na troškove transporta do rafinerije. Laka nafta je poželjnija od teške jer ima veći iscrpak na motornom benzinu, dok slatka nafta postiže višu cijenu od kisele jer zahtijeva manje preradbenih procesa da se postignu zahtjevi za malom količinom sumpora u završnom proizvodu.

Svaka sirova nafta ima jedinstveni sastav i svojstva koji se određuju normiranim laboratorijskim ispitnim metodama.

## Naftna industrija

Naftna industrija obuhvaća procese istraživanja, izvlačenja, rafinacije, prijevoza ( tankeri cjevovodi) i prodaje nafte i naftnih derivata.

Volumno gledano lož ulje i motorni benzin zauzimaju najveći udio proizvoda. Nafta je isto sirovina za proizvodnju kemikalija poput lijekova, otapala, gnojiva, pesticida i plastike.

Industrija se najčešće dijeli na tri glavne komponente: „upstream” (uzvodnu – dobivanje nafte), „midstream” i „downstream” (nizvodno – rafinerijska preradba).

(Midstream operations are usually included in the downstream category.)

Nafta zauzima veliki udio u ukupnoj svjetskoj potrošnji energije od niske potrošnje u Europi i Aziji (32 %), do više na Bliskom Istoku (53 %), Južnoj i Srednjoj Americi (44 %), Africi (41 %) i Sjevernoj Americi (40 %).

Svijet troši oko 30 milijardi barela (4,8 km<sup>3</sup>) nafte na godinu pri čemu najveći potrošači su razvijene zemlje.

Godine 2004. SAD sam je trošio 24 % ukupne godišnje potrošnje dok je 2007. potrošnja nešto pala na 21 %.

## Upotreba

Kemijski sastav nafte je heterogeni sastoji se od ugljikovodika različitih dužina lanca.

Stoga se nafta doprema u rafinerije gdje se ugljikovodici razdvajaju destilacijom i obrađuju ostalim kemijskim procesima za različite svrhe.

Najčešće destilacijske frakcije su goriva. U goriva spadaju:

<b>Frakcija / proizvod</b>	<b>Raspon vrelišta / °C</b>
Ukapljeni naftni plin (UNP - LPG)	-40 to -1
Motorni benzin	-1 to 110
Gorivo za mlazne motore	150 to 205
Petrolej	205 to 260
Loživo ulje	205 to 290
Dizel	260 to 315