

OSNOVNA SVOJSTVA I GENEZA UGLJIKOVODIKA

- 2 teorije postanka ugljikovodika:

ORGANSKA i ANORGANSKA

Organska teorija:

Nafta je nastala iz tvari biogenog podrijetla (kemijskim procesima dolazi do pretvorbe organske tvari u naftu zbog djelovanja tlaka, temperature i prirodnih katalizatora)

Anorganska teorija:

Postanak ugljikovodika u Zemljinoj unutrašnjosti iz vodika i ugljika spajanjem u različite molekule uslijed visokog tlaka, temperature i katalizatora

Ugljikovodici- prirodne gorive tvari- rude

KAUSTOBIOLITI -sedimentne stijene organskog podrijetla koje gore

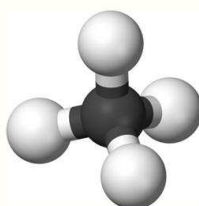
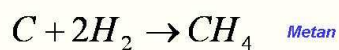
Ugljikovodici nastaju spajanjem atoma ugljika i vodika u molekule.

Postoje **aciklički zasićeni** (alkani) i **nezasićeni** (elkeni, alkini), te **ciklički zasićeni** (cikloalkani) i **nezasićeni** (cikoalkeni) ugljikovodici, te aromati ili areni

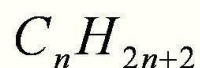
Zasićeni- vezani jednostrukom kovalentnom vezom

Nezasićeni- vezani dvostrukom/trostrukom kov. vezom

primjer:



- Opće pravilo slaganja vodikovih i ugljikovih atoma kod **alkana** je:



CH_4	Metan	C_5H_{12}	Pentan	C_9H_{20}	Nonan
C_2H_6	Etan	C_6H_{14}	Heksan	$C_{10}H_{22}$	Dekan
C_3H_8	Propan	C_7H_{16}	Heptan		
C_4H_{10}	Butan	C_8H_{18}	Oktan		

- **Crveno**- laki ugljikovodici, **Plavo**- srednji ugljikovodici, **Zeleno**- teški ugljikovodici



- Prema agregatnom stanju, ugljikovodike dijelimo na **plinovite**, **kapljive/polukapljive** i **krute** (čvrste)
- **Plinoviti**- prirodni plin, naftni plin
- **Kapljivi i polukapljivi**- nafta, katran, smole
- **Kruti/čvrsti**- bitumen, asfalti, fosilni ugljeni



Sastav nafte

Ugljikovodici

- Nafteni (ciklički zasićeni uglj.- cikloalkani),
- Aromati (ciklički uglj.)- *benzen, toluen, ksilen*
- Asfalti
- Parafini

Korozivni plinovi

- Ugljikov dioksid (CO_2)
- Sumporovodik (H_2S)

Plemeniti plinovi i dr.

- Helij (He), Argon (Ar), Radon (Rn), Dušik (N_2)

Različite organske tvari

- Ugljikovodici u spoju s dušikom, kisikom, sumporom i dr.

Spojevi sumpora

- Merkaptani, sulfidi, disulfidi

Spojevi s organskim/anorganskim komponentama

- Ugljikovodici s metalima kao što su vanadij (V), željezo (Fe), Kalij (K), cink (Zn)

Živa (Hg)

- Odvaja se iz nafte na posebnim postrojenjima

Radij (Ra)

Voda

Soli

Čvrste čestice



Osnovni naftni derivati

-tri su osnovne vrste goriva- destilati, rezidualna goriva i mješavine jednih i drugih

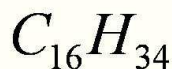
Benzin

- destilat koji je određen oktanskim brojem (95, 98, 100)
- 95 oktanski broj (95% oktana i 5% heptana)
- **Oktanski broj**- određuje koliko je benzin spreman podnijeti kompresije prije nego se dogodi samozapaljenje gorive smjese
- Manji oktanski broj- manji stupanj kompresije prije zapaljenja smjese (odnosno smanjenje snage vozila)- Ottov motor

Dizel

-određen je **cetanskim brojem**- mjera brzine zapaljenja goriva u motoru

-niži cetanski broj ima za posljedicu teže paljenje motora i veće količine ispušnih plinova, dakle kvalitetno paljenje vezano je uz smjesu cetana, odnosno **heksadekana**.



-cetani se pali brzo i sigurno ako je cetanski broj 100. Suprotno tomu, izrazito malen cetanski broj (0 - 40) izaziva teško paljenje

Kerozin

- derivat sirove nafte destilirani na 150–250 °C
- veće je gustoće od benzina ali manje od dizela
- glavna primjena kerozina je u letjelicama na mlazni pogon s turbinskim motorima, te vozilima i letjelicama u sklopu vojnih snaga

Rezidualna goriva

- goriva kao nusprodukti prerade u rafinerijama- najjeftinija goriva

Mješavine destilata i rezidualnih goriva

- goriva za brodove i ostale ploveće objekte

Maziva ulja

- osnovne komponente za dobivanje motornih i industrijskih ulja
- sastoje se od teških ugljikovodika i raznih aditiva koji poboljšavaju svojstva maziva
- najveći dio mazivih ulja i masti proizvodi se na osnovi baznih mineralnih ulja dobivenih iz naftnih prerađevina

FIZIKALNA I KEMIJSKA SVOJSTVA NAFTE I PRIRODNOG PLINA

Gustoća

- gustoća nafte (ρ)- jedno od najvažnijih fizikalnih svojstava nafte
- Izražava se u kg/m^3
- Raspon gustoća nafte raznih sastava je (760 – 960) kg/m^3
- Klasifikacija nafte u odnosu na gustoću prema Američkom institutu za naftu (API- American Petroleum Institute) izražava se u $^{\circ}API$

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{\gamma} - 131,5$$

- γ - relativna gustoća (omjer gustoće nafte i gustoće vode-manje od 1)

- gustoća prirodnog plina je u prosjeku (0,5-1,0) kg/m^3
(gustoća zraka je 1,1-1,3 kg/m^3)

Viskoznost

- osobina fluida da trenjem pružaju otpor pri protjecanju (**dinamička viskoznost- μ**)
- najčešće je povećanje gustoće fluida popraćeno i povećanjem viskoznosti ali ne nužno
- jedinica dinamičke viskoznosti je $Pa \cdot s$ ($10 P = 1000 cP$)
- Kinematička viskoznost-** omjer dinam. viskoznosti i gustoće fluida ($\nu = \mu/\rho$), jedinica je m^2/s ($10\,000 St$)
- povećanjem temperature viskoznost se smanjuje
- Dinamička viskoznost nafte moguća je u rasponu od 0,01 do 10 $Pa \cdot s$ (sadrži teške uglj., asfaltene i smole), a prirodnog plina $(2 - 4) \times 10^{-5} Pa \cdot s$ (ovisno o sadržaju težih komponenti)

Boja

- raspon boja sirove nafte moguć je od **svijetlo smeđih, svijetlo zelenih, prozirnih** kapljevine koje se lako destiliraju i male su gustoće, preko **zelenosmeđih** i viskoznih polučvrstih **crnih tvari** s relativno malim sadržajem za destilaciju
- boju ugljikovodicima daju smolaste tvari i sumporni spojevi
- nafta također ima i određeni sjaj- mijenja se izlaganjem nafte svjetlu i kisiku



Površinska napetost

- mjera sila koje djeluju na granici između dvije faze, odnosno na granici između kapljevine i čvrste tvari ili plina

Međufazna napetost- mjera sila koje djeluju na granici između dvije nemješljive kapljevine

- bitan utjecaj na površinsku napetost imaju temperatura i molekulska masa ugljikovodika

Toplinska svojstva

Granica tečenja- je najniža temperatura pri kojoj nafta, odnosno naftna frakcija još uvijek može teći ako je hlađenje provedeno u točno definiranim uvjetima

Isparljivost

-tendencija kapljevine da prijeđe u plinovitu fazu

Anilinska točka

-temperatura pri kojoj se dvije jednake količine ispitivane ugljikovodične kapljevine i anilina ($C_6H_5NH_2$) u potpunosti miješaju

-za naftne frakcije pojedinog tipa povećava se s povećanjem molekulske mase, a za one s istom molekulskom masom naglo se povećava s povećanjem udjela parafina (smjesa alkana C_{18} - C_{55})

FIZIKALNA SVOJSTVA STIJENA

-dijelimo ih na:

A) GEOLOŠKA

-kalavost

-slojevitost

-raspucanost

-šupljikavost

-propusnost

-gustoća, specifična težina

-anizotropnost

B) MEHANIČKA

-elastičnost

-plastičnost

-čvrstoća

-tvrdoća

-abrazivnost

-bušivost

-konsolidiranost

GEOLOŠKA SVOJSTVA STIJENA

-svojstva koja je stijena dobila u procesu nastajanja ili tijekom naknadnih procesa

a) KALAVOST (škriljavost)

-sposobnost stijena da se kalaju (lome) duž određenih ploha. Uzrok tome su plastične deformacije u srednje dubokim i dubokim zonama Zemljine kore. Plohe kalavosti nisu jasno izražene i u skladu su s plohama spajanja orijentirano razmještenih minerala ili, rjeđe, sa smjerom slojevitosti stijene. Plohe kalavosti nastaju zbog djelovanja jednostranog tlaka na stijenu. Ovo svojstvo se manifestira pri ispitivanju čvrstoće stijene.

-kalavost stijene utječe na mehaničku brzinu bušenja i tendenciju skretanja kanala bušotine.

b) SLOJEVITOST

-izmjenjivanje stijena jednog sastava i grane i stijena drugog sastava i grane ili razdijeljenost jedne stijene plohama na zasebne slojeve jednakog sastava i grane. Slojevitost je karakteristika teksture stijena. Svojstva u jednoj ravnini mogu se bitno razlikovati od svojstava u drugim ravninama.

Prema obliku slojeva razlikuje se tri vrste slojevitosti:

- *Paralelna slojevitost*
- *Lećasta slojevitost*
- *Neparalelna slojevitost*

c) RASPUCANOST

-razlikuju se dvije vrste raspucanosti:

- *tektonska- egzokinetička*
- *netektonska- endokinetička*

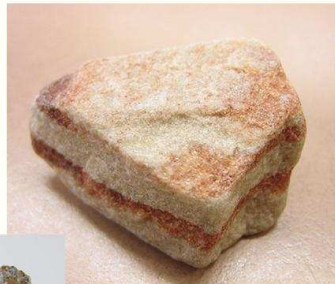
-tektonske pukotine (prsline) nastaju zbog djelovanja vanjske sile na stijenu ili kod prestanka djelovanja te sile, ali bez bitnog pomicanja same stijene. Netektonske pukotine povezane su s procesima stvaranja stijena ili promjenom njihove materije: npr. – povećanje ili smanjenje volumena stijena pri hidrataciji minerala koji tvore stijenu ili pri hlađenju užarene magme itd.

d) ŠUPLJIKAVOST

-svojstvo stijene da unutar svoje mineralne mase sadrži slobodne prostore

-je uvjetovana volumenom intergranularnih pora, šupljina i pukotina u određenom volumenu stijene. Ovo svojstvo stijena je od izuzetne važnosti, jer utječe na gustoću, čvrstoću, abrazivnost, podatljivost razrušavanju i druga svojstva. Šupljikavost je prisutna u svim vrstama stijena: **magmatskim, sedimentnim i metamorfnim**

- prema nekim razmatranjima, šupljine (pore) u stijenama postoje samo do dubine od 12 000 m. U dubljim zonama, zbog velike težine naslaga (visoki geostatički tlak) i velike temperature, stijene su u plastičnom ili poluplastičnom stanju.



-šupljikavost stijene izražava se kao odnos volumena šupljina (V_p) i volumena stijene (V_{st}):

$$\phi = \frac{V_p}{V_{st}} \cdot 100\%$$

-prema genezi šupljikavost može biti :

- **primarna (singentska) šupljikavost:** šupljikavost koja je nastala u isto vrijeme kad i sama stijena.
- **sekundarna (epigenetska) šupljikavost:** nastala naknadno u nekoj daljnjoj fazi formiranja stijene (pri djelovanju fizikalnih i kemijskih procesa).

Vrsta stijene	ϕ [%]
Granit i kompaktni gnajs	0,02 – 0,86
Sijenit	0,50 – 0,60
Gabro	0,60 – 0,70
Bazalt	0,63 – 1,28
Glineni škrljajac	0,54 – 1,40
Kompaktni vapnenac	0,67 – 2,55
Eolski vapnenac	13,6 – 16,9
Naftonosni vapnenac i dolomit	2,00 – 33,0
Gline	6,00 – 50,0
Pijesak	6,00 – 52,0

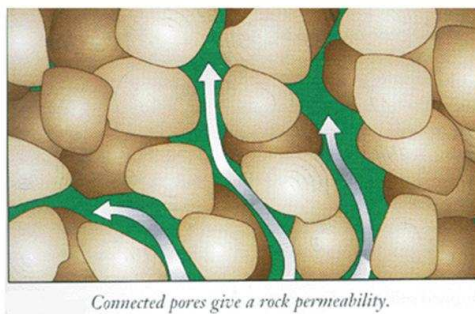
e) PROPUSNOST

- propusnost (permeabilnost) je svojstvo stijene da kroz povezane šupljine propušta fluide
- Koeficijent propusnosti** je osnovni pokazatelj propusnosti, tj. stupnja povezanosti šupljina sadržanih u stijeni:

$$k_p = \frac{Q \cdot \mu \cdot l}{A \cdot P} \quad [m^2]$$

- k_p – koeficijent propusnosti [m^2],
- Q – protok fluida kroz stijenu [$m^3 \cdot s^{-1}$],
- μ – viskoznost fluida [$Pa \cdot s$]
- A – površina presjeka stijene [m^2],
- l – duljina na kojoj protječe fluid kroz uzorak stijene [m],
- P – razlika tlaka na početku i kraju l [Pa]=[$N \cdot m^{-2}$].

- propusnost stijene u velikoj mjeri utječe na upojnost i bubrivost stijena te na čvrstoću nekih stijena.



f) GUSTOĆA

-gustoća stijene predstavlja odnos mase određenog volumena stijene i tog volumena.

$$\rho_{st} = \frac{M_{st}}{V_{st}} \text{ [kg}\cdot\text{m}^{-3}\text{]},$$

ρ_{st} – gustoća stijene [kg/m³],

M_{st} – masa stijene [kg],

V_{st} – volumen stijene [m³].

g) ANIZOTROPNOST

-je pokazatelj koji ukazuje na stupanj različitosti svojstava stijene u različitim smjerovima.

-zanemarivši vrlo viskozne stijene, s jedne strane i posve sipke stijene, s druge strane, čvrste stijene se prema anizotropnosti mogu podijeliti u dvije temeljne skupine:

- **pseudoizotropne stijene** i
- **anizotropne stijene**

-pseudoizotropne stijene su tvrde kristalne stijene koje se sastoje od povezanih kristalnih minerala a sami po sebi su anizotropni, dok su anizotropne one koje imaju izražene paralelne plohe oslabljene kohezije (te stijene imaju relativno dobra reološka svojstva te je u njima izraženija relaksacija naprezanja)

MEHANIČKA SVOJSTVA STIJENA

-mehanička svojstva određuju se na osnovu ponašanja stijene kad na nju djeluje vanjska sila

a) ELASTIČNOST

-elastičnost je sposobnost deformiranog tijela da nakon prestanka djelovanja deformirajuće sile ponovno uspostavi početni oblik, dimenzije ili obujam. Sva čvrsta tijela u prvoj aproksimaciji podliježu Hook-ovom zakonu koji je osnovna teorija elastičnosti, a glasi: "deformacija elastičnog tijela je proporcionalna sili koja na njega djeluje".

-kod uzdužnih deformacija razlikuje se = **dilatacija**, tj. produljenje i **kontrakcija**, tj. skraćenje

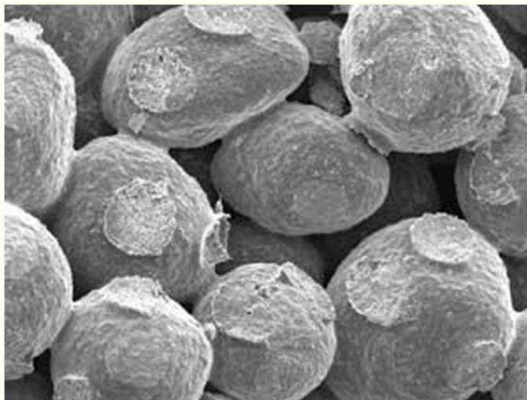
-npr. kvarcit, granit

b) PLASTIČNOST

- je karakteristika stijene da pri djelovanju vanjske sile poprima stalnu deformaciju (nepovratnu, plastičnu)
- kada na stijenu djeluje rastuće opterećenje, kod kojeg dolazi do pojave znatne elastične deformacije, koja nakon dosizanja granične vrijednosti sile, gubi proporcionalnost i prelazi u plastičnu deformaciju stijenu se naziva krhko-plastična ili elastično-plastična stijena. Pri tome se granična vrijednost sile uzima kao granica elastičnosti
- npr. gline

c) ČVRSTOĆA

- je unutarnja sposobnost stijena da se opiru silama koje ju nastoje razrušiti (dezintegrirati)
- prema čvrstoći stijene se općenito dijele na **čvrste** (pseudoelastične- granit, pješčenjak, vapnenac), **plastične** (viskozne- gline) i **sipke** (rastresite- pijesci, šljunci)
- čvrstoća čvrstih stijena ovisi o silama povezanosti čestica i silama unutarnjeg trenja između čestica.
- kod stijena sile povezanosti se javljaju kod neposrednog kontakta zrnaca, tj. kristala minerala (graniti, kvarciti, mramor itd.) ili na račun veziva između kristala



d) TVRDOĆA

-tvrdoća je sposobnost stijena da se opiru prodoru nekog drugog, tvrdog tijela u nju. Najčešće se taj pojam povezuje s grebanjem jednog materijala drugim, tvrdim materijalom ili utiskivanjem tvrdog materijala u materijal manje tvrdoće. Razlikuje se pojam **makro-** **mikro-** i **nanotvrdoće** (kod lokalnog razrušavanja stijena pojam tvrdoće podrazumijeva mikrotvrdoću, ali nije dosad jednoznačno definiran)

-najčešće se upotrebljavaju metode određivanja tvrdoće po Rockwellu i Brinellu

Mineral	PROČEK POKAZA KORISNOSTI [mm ³ /cm ³]	APSOLOUTNA TVRDOĆA	Slika	Kristal	Test grebanjem
1 Talok (Mg ₃ (Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂)	0.03	1			lagano noktom
2 Gips (CaSO ₄ ·2H ₂ O)	1.25	2			noktom
3 Kalcij (CaCO ₃)	4.5	9			lagano bakrenom šicom
4 Fluorit (CaF ₂)	5.0	21			lagano nožem
5 Anatit (CaTiPO ₄ (OH) ₂ ·Cl·F)	6.5	48			teško nožem
6 Ortoklaz (KAlSi ₃ O ₈)	37	72			alatinim čelikom (turpijom)
Mineral se ne može grepati alatinim čelikom					
7 Kremen (SiO ₂)	120	100			grebe staklo
8 Topaz (Al ₂ (SiO ₄) ₂ (OH) ₂ F ₂)	175	200			lagano grebe staklo
9 Korund (Al ₂ O ₃)	1.000	400			reže staklo, grebe ga dijamant
10 Dijamant (C)	140.000	1500			grebe korund, grebe ga samo drugi dijamant

e) ABRAZIVNOST

-abrazivnost stijene je pokazatelj sposobnosti površinskog sloja stijene da se aktivno opire razrušavanju, tj. sposobnosti stijene da razrušava (zatupljuje) oštrice dlijeta

-abrazivnost stijene je veoma važan čimbenik kod bušenja, pošto utječe na trajanje dlijeta i mehaničku brzinu bušenja

-jako izražena abrazivna svojstva imaju stijene koje sadrže zrnca vrlo tvrdih minerala koja su povezana manje čvrstim vezivom

-pokazatelj abrazivnosti stijene je **koeficijent abrazivnosti**:

$$k_{ast} = \frac{A_{rst}}{\Delta V_{dl}} \quad [J/kg],$$

k_{ast} – koeficijent abrazivnosti stijene [J·kg⁻¹],
 A_{rst} – ukupni rad uložen u razrušavanje stijene [J],
 ΔV_{dl} – gubitak volumena oštrice dlijeta [kg].

f) BUŠIVOST

-bušivost stijene je uvjetni (dogovorni) kompleksni pokazatelj međuovisnosti geoloških i mehaničkih svojstava stijene koja se pri određenim tehničkim i tehnološkim parametrima očituje u mehaničkoj brzini bušenja. Točniji naziv ovog pokazatelja je: **podatljivost stijene bušenju**.

g) KONSOLIDIRANOST

-vrlo važan pokazatelj koji kod izrade bušotina pokazuje stabilnost stijenci bušotine
-stabilnost stijene se definira kao sposobnost stijene koja čini stijenku kanala bušotine da se ne obrušava nakon njenog raskrivanja.

VRSTE STIJENA

Osnovna podjela stijena:

1. Magmatske ili Eruptivne

- intruzivne (dubinske), efuzivne (izljevne) i žilne
- granit, adamelit, diorit, sijenit, peroditi, pirokseni, riolit, andezit, dijabaz, bazalt, fonolit

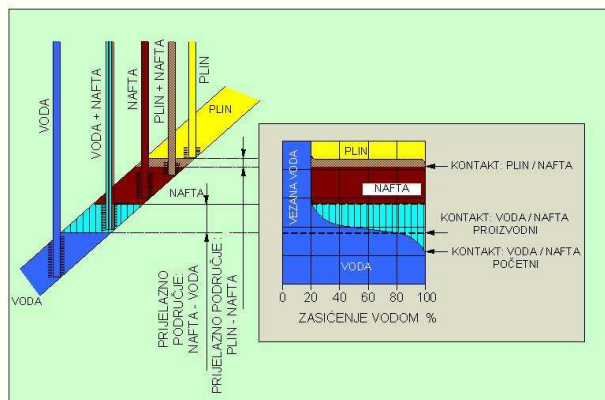
2. Sedimentne ili Taložne

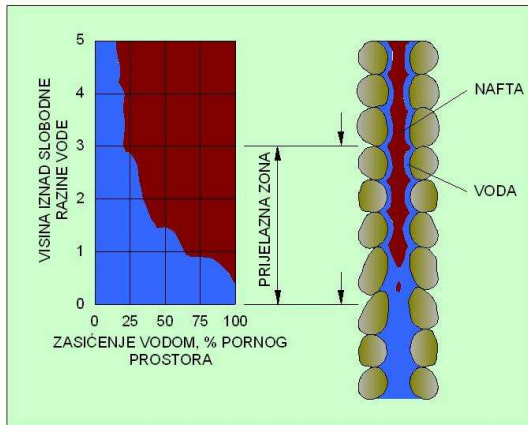
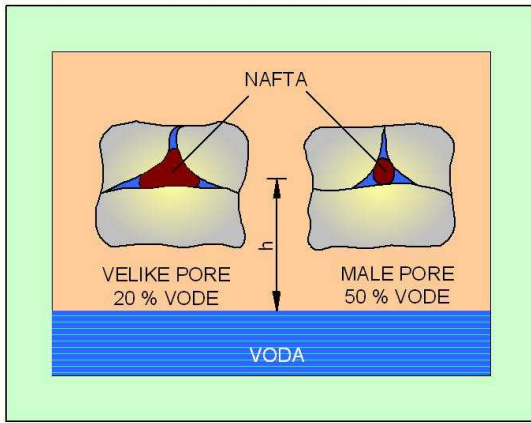
- klastične (egzogene) i biokemijske (endogene)
- konglomerati, breče, pijesci, pješčenjaci, gline, glinjaci, siltiti, šejlovi, lapori, lapornjaci, vapnenci, dolomiti, itd.

3. Metamorfne ili Preobražajne

- milonit, skam, mramor, kvarcit, škrljavci, itd.

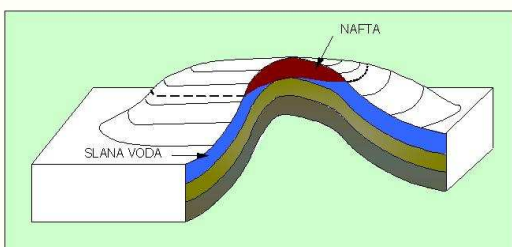
OSNOVNE ZONE U LEŽIŠTU



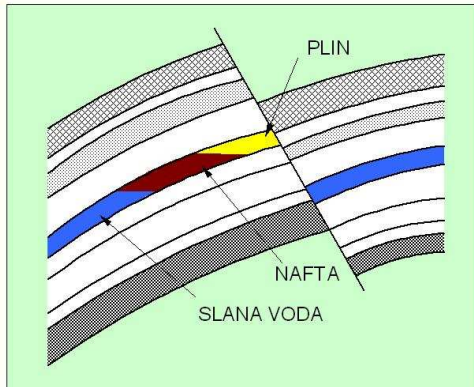


GEOLOŠKE STRUKTURE POGODNE ZA AKUMULACIJU UGLJIKOVODIKA

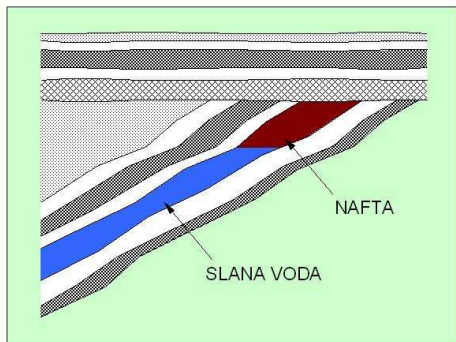
Antiklinalna struktura



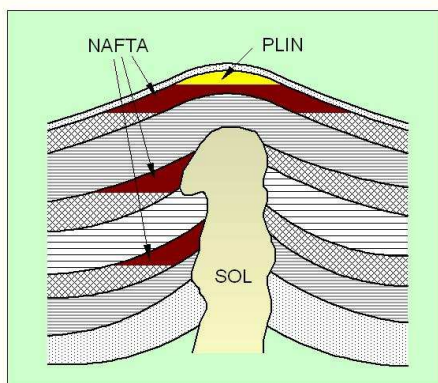
Rasjed



Slojevi prevlačenja



Solna doma



Lečaste strukture

