

LEŽIŠTA UGLJIKOVODIKA U HRVATSKOJ

(dopunski materijali za predavanja iz Geologije fosilnih goriva)

NAFTONOSNE PROVINCIJE

Hrvatska se proteže na tri naftonosne provincije koje se u praksi često zovu istražnim područjima: **Panonski bazen, Dinaridi i Jadransko podmorje**. Naša nacionalna naftna kompanija INA-Industrija nafte d.d. (prije INA-Naftaplin) do sada je imala ekskluzivno pravo istraživanja u Hrvatskoj, ali to tako neće moći ostati i svi su izgledi da će u tržišnim uvjetima samo za sebe zadržati jedino pravo istraživanja u Panonskom bazenu, dok će ostala istražna područja biti podijeljena na koncesije za dobivanje kojih će se natjecati razne naftne kompanije, vjerojatno udružene radi raspodjele rizika (tzv. "joint ventures"). Postoje dobri izgledi da znatni udio u tim koncesijama opet bude imala hrvatska kompanija, ali sada povezana s inozemnim partnerima.

PANONSKI BAZEN

Hrvatska ima jugozapadni dio Panonskog bazenskog sistema, koji je nastao tercijarnim ekstenzijskim pokretima usporedno s alpinskom orogenezom i sastoji se od većeg broja depresija (potolina, potonina) zapunjenih debelim, pretežito miocenskim i pliocenskim sedimentima. Bazen je dosta bogat nakupinama i pojavama ugljikovodika, tako da su sve podunavske zemlje uspjele ostvariti barem malu proizvodnju nafte ili plina. Hrvatska proizvodnja iz Savske, Dravske, Slavonsko-srijemske i Murske depresije spada u red značajnih. Na istražnom području površine 25.000 km² od čega na polovici postoje povoljni uvjeti za nakupljanje ugljikovodika i očuvanje ležišta, u proteklih 45 godina snimljeno je više od 40.000 km seizmičkih profila (od toga 30.000 km digitalnih) i dovršeno gotovo 900 istraživačkih bušotina. Utvrđeno je da su glavne matične stijene laporiti i laporoviti vapnenci donjomiocenske starosti, na više od 75% analiziranih uzoraka izmjereni ukupni sadržaj organskog ugljika (TOC = "total organic carbon") veći je od 0,5%. Kao i u cijelom Panonskom bazenu, u našim je depresijama vrlo velik geotermijski gradijent, tako da je područje generiranja nafte iz matičnih stijena na dubinama od 2200 do 3550 m. Na plićim se dubinama stvara samo biogeni plin, a na dubljim se veće molekule ugljikovodika raspadaju i nastaje termogeni plin. Nakupine ugljikovodika - ležišta, nalaze se u kolektorskim stijenama unutar tercijarnih naslaga, ali i u starijim stijenama u podlozi. Vjerojatno najstarije kolektorske stijene nalaze se po sjevernom rubu Savske depresije na naftnom polju Šumećani - graniti i kristalasti škriljavci, i na naftnom polju Bunjani - granit i gnajs. I u Slavonsko-srijemskoj depresiji nafta se nalazi u Temeljnem gorju, na poljima Privlaka, Ilača i Đeletovci. U zapadnom dijelu Dravske depresije, na poljima Molve, Kalinovac i Stari Gradac nalaze se plin i kondenzat u rasjedanjem raspucanim permotrijaskim škriljavcima i metapješčenjacima, ali i u dolomitima. U istočnom dijelu Dravske depresije, na velikome naftnom polju Beničanci (koje je dosad dalo 15,5 mil. t nafte), i na okolnim poljima Obod, Ladislavci, Klokočevci, Krunoslavje, Kučanci i Števkovica, nalaze se naftonosne dolomitne i vulkanske breče donjomiocenske starosti. Najznačajnije kolektorske stijene u Savskoj depresiji su laporima proslojeni gornjopanonski i donjopontski pješčenjaci iz kojih je ostvarena proizvodnja na nekoliko velikih polja (Stružec ukupno 14,1 mil. t, Žutica 12 mil. t, Ivanić Grad 6,5 mil. t...), kao i iz većeg broja manjih, satelitskih ležita. Iz istih su rezervoarskih stijena proizvedene značajne količine nafte na polju Šandrovac u Bjelovarskoj subdepresiji, a u Dravskoj su depresiji još aktivna veća polja Bokšić i Ferdinandovac i mnogo manjih. U najnovije su vrijeme u Murskoj depresiji otkrivena ležišta plina Vučkovec i Vukanovec.

DINARIDI

Istraživanja u području Dinarida bila su oduvijek povezana s tehnološkim poteškoćama. Snimljeno je ukupno 1500 km seizmičkih profila, od čega samo 555 km digitalnih, i napravljene su 23 duboke bušotine. Moglo bi se kazati da je to područje zapravo još neistraženo. Zbog nepovoljne konfiguracije terena i vrlo složene geološke građe tek se nedavno uspjelo snimiti seizmičke profile dovoljne kvalitete da omogućavaju definiranje strukturnih odnosa u podzemlju. Postoje i dodatno nepovoljni čimbenici za generiranje i nakupljanje ugljikovodika i očuvanje ležišta, a to su: vrlo niski geotermijski

gradijent, duboko smještene potencijalne kolektorske stijene, vrlo složeni strukturni odnosi, homogene debele karbonatne naslage i okršenost terena do izuzetno velikih dubina. Unatoč svemu navedenom, ustanovljena je prisutnost ugljikovodika u bušotinama Ravni Kotari 1 i 2, kao i u bušotini Brač 1.

JADRANSKO PODMORJE

Istraživanja u podmorju Jadrana započela su u 70-tim godinama. Ukupno je od 1970. do 1990. napravljena 101 duboka istražna i razradna bušotina i snimljeno oko 75.000 km seizmičkih profila. Na više od 54.000 km² hrvatskog dijela podmorja prvo je Naftaplin sam započeo istraživanje da bi u razdoblju 1982-1989. oko 17.000 km² bilo podijeljeno na koncesije Mljet, Palagruža i Jabuka, tako da su se u istraživanje uključili i inozemni partneri. Cilj zajedničkog projekta bio je istražiti mogućnost nakupljanja ugljikovodika u gornjokrednim i paleogenskim karbonatima ispod nepropusnih tercijarnih klastičnih stijena. Napravljeno je 13 bušotina, od kojih su samo na dvije ustanovljene nekomercijalne pojave plina, dok je jedna imala tragove nafte, tako da su radovi u tom dijelu podmorja obustavljeni. U debelim sedimentima sjevernog jadranskog podmorja, Naftaplin je uspio otkriti tri značajna plinska polja - Ika, Ivana i Ana-Maria, kao i nekoliko s manjim zalihama. Na polju Ika ležište je plina u karbonatnim naslagama, dok se na svim ostalim poljima biogeni plin nalazi na malim dubinama (500-1000 m) u tankim pješčanim slojevima pliokvartarne starosti. Polja dugo nisu bila privedena proizvodnji uglavnom iz ekonomskih razloga, zbog velikih troškova razrade i izgradnje transportnog sustava, kao i ograničene mogućnosti plasmana. Posljednjih godina aktiviran je ugovor s talijanskom naftnom kompanijom AGIP o suradnji pri razradi i kasnijem priključivanju našeg najvećeg polja Ivana na transportni sustav koji su oni već izgradili na svojem dijelu akvatorija. Osnovano je i zajedničko poduzeće "INAgip" koje radi na ostvarenju ovog projekta. Budućnost istraživanja na naftu i plin u jadranskom podmorju možda leži vrlo duboko, u permotrijaskim klastično-evaporitnim naslagama ispod karbonatnog kompleksa. Da bi se i u njima otkrila ležišta, potrebno je riješiti brojne tehnološke probleme, ali ohrabrujući je primjer duboke bušotine Vlasta-1 testiranjem koje su na dubini od 5400 m, duboko ispod potencijalnih kolektorskih stijena, otkrivene pojave nafte.

PODJELA LEŽIŠTA PO TEKTOGENEZI I SMJEŠTAJU

Ležišta ugljikovodika javljaju se u zamkama svih tipova, prevladavaju strukturno-stratigrafske (kombinirane) i stratigrafske zamke uz značajnu zastupljenost i "buried hill" zamki. Priličan broj stratigrafskih tipova ležišta otkriven je dok su se još istraživači rukovodili strukturnom hipotezom.

Baveći se problemom klasifikacije ležišta, V. KRANJEC (1972, 1990) predložio je da se hrvatska naftna i plinska polja razvrstaju u tri skupine i to prema tektonogenezi i smještaju unutar depresija savsko-dravskog područja:

- I. U ovu su skupinu uvrštene pretežno plitko smještene "buried hill" strukture koje se nalaze uz rubove depresija. Preko izdignutih dijelova paleoreljefa, izgrađenog od gnajsa, granita i drugih predtercijarnih stijena, naliježu naslage miocena i pliocena znatno reduciranih debljina. Najstarija polja s takvim ležištima su Šumećani, Bunjani i Kloštar. Kasnije su otkrivena i polja u istočnoj Slavoniji, Privlaka, Đeletovci, Ilača i Tovarnik. Ukupna debljina neogenskih sedimenata u građi tih struktura obično je manja od 1000 m. Slične strukture ustanovljene su i u dubljim dijelovima depresija. One mogu biti u cijelosti ili djelomice nasljednog karaktera – nastavljajući se u mlađe taložine povrh prekrivenih paleoreljefnih izdignuća. Međutim, proučavajući nizove strukturnih i litofacijskih karata zapaža se da se ocrti po vertikali uvijek ne podudaraju. Otkloni su uzrokovani diferencijalnim ili ponavljanim pokretima pojedinih tektonskih blokova.
- II. Ova skupina obuhvaća normalno i reverzno rasjednute antiklinale, većinom asimetrične brahiantiklinale, koje je moguće dalje razvrstati u tri podskupine.
 - (1) Prva podskupina se odnosi na rasjednute antiklinale smještene uz rubne depresijske rasjede, koje su nešto dublje u usporedbi s prethodno spomenutim "buried hill" strukturama. Debljine pliocenskih i najmlađih miocenskih sedimenata ovdje dosežu 1500 m. Karakteristične su izdužene asimetrične strukture ili asimetrične brahiantiklinale. Osim

normalnih rasjeda neke od struktura ove podskupine zahvaćene su i reverznim rasjedima, kao što je to slučaj Dugog Sela i Lipovljana u Savskoj depresiji i Jagnjedovca u Dravskoj depresiji.

- (2) U drugu podskupinu uključene su antiklinale smještene nešto dublje od prve podskupine, a pojavljuju se u nizovima. Odvojene su rasjedima ili strukturnim sedlima. Poneke se strukture pojavljuju kao strukturne terase. Pouzdano je dokazana migracijska veza kroz sedla i terase između struktura polja Kloštar, Ivanić-Grad, Žutica, Okoli, Hrastilnica i Vezišće.
- (3) Treću podskupinu karakteriziraju relativno najdublje smještene strukture koje se nalaze gotovo u središnjim dijelovima depresija uz debljine samo mlađih panonskih, pontskih te srednjo- i gornjopliocenskih taložina od preko 2000 m. Primjer je naftno-plinsko polje Stružec iz Savske depresije, te polja Beničanci, Bokšić i dr. iz Dravske depresije.

III. Strukture odnosno zamke stvorene pod utjecajem izdizanja i utiskivanja silova, te proboja mlađih magmatita tvore posebnu skupinu. Poznate su u istočnim dijelovima Dravske depresije, od sjevernih obronaka Papuka i Krndije prema Baranji (Cabuna, Pepelana, Miokovićevo, Bizovac, Crnac i dr.). Njihova je građa dosta zamršena, jer je ovisna ne samo o oblicima paleoreljefa već i o velikim disjunktivnim razmicanjima. Miocenski bazalti i andeziti mogu se usporediti s onima na površini u blizini Voćina. Ispod kvartarnih, pliocenskih i gornjomiocenskih taložina u više je bušotina u Dravskoj depresiji probušen bazalt ispod kojeg su utvrđene miocenske naslage. Debljine bazaltnih ploča mogu biti od desetak, pa do stotinjak metara. Vjerojatno je nastao tijekom višekratnog vulkanizma.

U kasnijem radu V. KRANJECA (1990) navode se daljnje prinove: dosad najdublje istražene diferencijalne strukture u Dravskoj depresiji (Molve, Kalinovac i dr.) i neke potencijalne solne strukture u podmorju Jadrana.

Lit.:

KRANJEC, V. (1972): *Subsurface structures in the Sava and Drava river depressions and their classification. Bull. sci. Cons. Acad. Yougosl., (A), 17/11-12, 362-364, Zagreb.*

KRANJEC, V. (1990): *Neke promjene ocrta dubinskogeoloških struktura i njihovo naftnogeološko značenje u savsko-dravskom području i podmorju Jadrana. Rad Jugosl. akad. znan. umjetn., 449 (Razr. za prir. znan., 24), 195-225, Zagreb.*

PROIZVODNJA I PERSPEKTIVE

Naftna industrija u Hrvatskoj ima vrlo dugu tradiciju i vrlo je značajna za naše gospodarstvo. U godini 1945. iz hrvatskih je polja proizvedeno 26.450 tona nafte. Pet godina kasnije dvostruko više, tj. 54.000 t, a već 1954. čak 172000 t. Taj porast proizvodnje nastavio se više od trideset godina, rezultat čega je dosegnuta količina od preko 3 milijuna tona godišnje. Maksimalna godišnja proizvodnja nafte bila je 3,14 milijuna tona i ona se uz stanovite oscilacije održavala u razdobljima od 1979-1982. i 1985-1988.

Preko polovice proizvodnje primarne energije u Hrvatskoj dolazi iz nafte i plina, proizvodnja nafte i kondenzata pokriva oko 40-50% potreba zemlje, a proizvodnja plina oko 75%. U posljednjih se 15 godina, 50% otkrivanjem novih zaliha, a 50% primjenom sekundarnih metoda povećanja iscrpka uspjelo usporiti pad proizvodnje. Taj bi se trend jedino mogao održati uvođenjem tercijarnih metoda, ali se to, prvenstveno zbog složenosti i nesigurnih učinaka, još nije u većoj mjeri uspjelo. Zato se, s obzirom na navedena ograničenja domaćih istražnih prostora, smatra razumnom poslovnom orijentacijom INA-Naftaplina, istraživanje u inozemstvu. Već je ostvarena značajna proizvodnja iz zajedničke koncesije u Angoli (167.000 t 1993.g.), i mala proizvodnja iz Egipta (15.200 t). Naftaplin je u nekoliko proteklih godina istraživao i u Libiji (uglavnom bez uspjeha), u Alžiru i Albaniji. Trenutno se istraživanja provode u Siriji, a započinju i u Egiptu.

Kumulativna proizvodnja iz hrvatskog dijela Panonskog bazena dosegla je 1994. (Vlašić i Bauk, Nafta 45(5-6), 263-272) 78 mil. tona nafte i kondenzata i više od 30 mlrd. m³ plina, iz 33 naftna i 17 plinskih polja. Vrhunac proizvodnje postignut je 1987. g. kada je proizvedeno 3,14 mil. t nafte i oko

2,2 mlrd. m³ plina. U 1992. proizvedeno je 1,9 mil. t nafte i 1,8 mlrd. m³ plina. Započelo je opadanje, pa je tako u 1996. godini s domaćih polja pridobiveno je 1.091.376 t nafte i 377.675 t kondenzata. Tijekom 1997. godine proizvedeno je iz 34 naftonosna polja ukupno 1.116.901 t nafte. Proizvedeno je i 379.321 t kondenzata. Znači da je negativni trend nakratko zaustavljen. Uzmu li se u obzir i pridobivene količine plina (zajedno s tekućim naftnim plinovima), onda je u 1997. sveukupna proizvodnja bila 3.192.003 t ekvivalenta nafte.

Pad proizvodnje nafte djelomično je ubrzan ratom, jer je 15 naftnih polja moralo na izvjesno vrijeme prekinuti crpljenje, a okupirana su polja u istočnoj Slavoniji trebala davati 70.000 t/god, ali zapravo je pad proizvodnje prirodna posljedica nedostatka novootkrivenih zaliha. Djelomično se to nadoknađuje povećanom proizvodnjom plina i kondenzata i primjenom postupaka povećanja iscrpka na postojećim poljima.

Najveća količina nafte potječe s **8 najznačajnijih polja** koja sadrže 83% od ukupno otkrivenih zaliha. Prosječni iscrpak je oko 29%, ali se predviđa njegov porast i do 40% uz primjenu odgovarajućih postupaka. Primjerice, predviđeni iscrpak polja Stružec je 39%, dok u Kloštar Ivaniću, Žutici i Ivanić-Gradu iznosi 31%. Ovi su podaci usporedivi sa svjetskim postignućima za jednake ili slične tipove kolektorskih stijena. Kako bi se povećao iscrpak u uporabi su i tzv. sekundarne metode kao što je utiskivanje vode u ležišta, koje se provodi na 10 polja. Na taj je način pridobiveno više od 30 mil. t nafte. Tijekom zadnjih nekoliko godina provode se pokusi s utiskivanjem ugljičnog dioksida i to u ležištima polja Ivanić-Grad i Žutica. Isto tako, planira se povećati iscrpak i primjenom horizontalnih bušotina. U uvjetima nekih naših ležišta s međuzrnskom šupljikavosti prikladno je početi i s primjenom tzv. tercijarnih metoda, tj. s mješanjem CO₂ i ležišnih fluida čime bi se omogućila proizvodnja daljnjih 9 do 24 milijuna m³ kapljevinu.

Plina je godišnje najviše proizvedeno u razdoblju od 1987. do 1990. i to godišnje više od po dvije milijarde m³. Nakon toga bilježi se stanovito opadanje, ali je još i u 1993. primjerice bilo pridobiveno 2,050 milijardi m³ i 328.000 t kondenzata. Ukupno je do 1994. proizvedeno više od 32,5 mlrd. m³. U 1996. proizvedeno je oko 1,79 mlrd. m³, a u 1997. je dostignuta količina od 1,717 mlrd. m³. Ovome treba pribrojiti i proizvodnju tekućih naftnih plinova od 103.502 t. Određeni su rezultati u 1997. godini postignuti na polju optimaliziranja proizvodnje, sabiranja, pripreme za transport i samog transporta ugljikovodika, sa ciljem da se planirane količine nafte i plina pridobiju uz minimalni utrošak energije i uz najmanje troškove održavanja. Postignuto je smanjenje troškova sa 7,4 dolara po barelu proizvedene nafte (1996.) na oko 5,8 dolara po barelu nafte. Ova je vrijednost približna većini europskih naftnih proizvođača.

Nove zalihe plina iz sjevernih dijelova Hrvatske dovoljne su za stalnu proizvodnju do 2015. godine uz predviđenu količinu od 2,350 mlrd. m³ na godinu. Glavna plinska ležišta sa 70% od ukupnih rezervi nalaze se u tri najveća plinska i plinsko-kondenzatna polja, a to su Molve, Kalinovac i Stari Gradac u zapadnom dijelu Dravske depresije, uz granicu s Mađarskom. Radilište "Molve" daje od 70% do 75% plina i kondenzata godišnje u Hrvatskoj, zadovoljavajući oko 50% potreba. Jedno od starih plinskih polja, Okoli u Savskoj depresiji, pretvoreno je u podzemno skladište plina kapaciteta 500 mil. m³.

Sastavio:

prof.dr.sc. Bruno Saftić