

Naftno otkriće Sidi Rahman u Egiptu Veliki korak u istraživanju „nezanimljivog“ područja

S. Leustek i A. Sehim

PREGLEDNI ČLANAK

Pretvaranje nezanimljivog područja, uključujući brojne neuspjele bušotine, u naftno privlačno područje je izazov s kojim se suočuje istraživanje kada se obavlja na području koji su drugi napustili, a na kraju se ipak pronađu nove rezerve ugljikovodika. Od vremena prvog otkrića u doba Prvog svjetskog rata, otkrivena su brojna naftna polja u Egiptu, ali ni jedno nije pronađeno duž 1 200 km mediteranskog obalnog pojasa pa je to područje napušteno kao nezanimljivo za istraživanje. Izgradnja novog konceptualnog geomodela, kakav dosada nije primijenjen, bio je imperativ na putu prema uspjehu. Male obveze u prvoj istražnoj fazi East Yidma koncesije bile su uzrok fokusiranja pažnje na ograničeno područje. Usprkos oskudnosti podataka osmišljen je naftni model. Postojanje velikih prepreka, uključujući minska polja iz drugog svjetskog rata i turističkih lokaliteta duž obale, nije promijenilo odluku da se pažnja usredotoči na sjeverozapadni dio koncesije. Oskudni seizmički podaci i malo prekrivanje bili su razlog za seizmička snimanja specifičnog dizajna, čiji su konačni rezultati potkrijepili i ažurirali prijašnji naftni model. Velika važnost je dana procjeni dvaju potpuno različitih ciljeva istraživanja s maksimalnom razlikom u nivou strukturalnog izdizanja. Bušotina Drazia-1 izabrana je kako bi se ispitalo duboko riftno korito, dok je bušotina Sidi Rahman-1, smještena na kraju jednog starog seizmičkog profila, imala za cilj prodrijeti u visoko izdignuti strukturalni hrbat. Unatoč rezultatima konvencionalnih tehnika i primjene nekoliko nekonvencionalnih alatki, kao što je akustička spektroskopija, na osnovi kojih je zaključeno da na području Sidi Rahmana postoji mala vjerojatnost pronalaska ugljikovodika, odlučeno je da se ta lokacija ispita. Bušotina Drazia-1 potvrdila je akumulacije nafte zaključno s dubinom 3 901 m (12 800 ft) u baremskom ležištu, dok je u bušotini Sidi Rahman-1 nađena nafta na dosada najmanjoj poznatoj dubini od 1 914 m (6 280 ft) u donjocenomanskom pješčenjaku i 7 produktivnih zona do dubine 3 840 m (12 600 ft). Posljednja linija otkrića oživjela su zanimanje i privukla investiranje internacionalnih kompanija u egipatski mediteranski obalni pojas.

Ključne riječi: Egipat, istraživanje nafte, jurska riftna faza, Zapadna pustinja

1. UVOD

Koncesija East Yidma nalazi se na sjeveru Zapadne pustine u Egiptu (sl. 1), sa sjevernom granicom orijentiranom na mediteranski obalni pojas. Blok, površine 1 358 km², je na međunarodnom natječaju 2002. ponudila kompanija Egyptian General Petroleum Corporation "EGPC". Smješten je u glavnom koritu Alamein bazena, koji je punio ugljikovodicima greben SW-Alamein-Razzak (sl. 1), ima vrlo pogodne uvjete s obzirom na nacionalnu mrežu cjevovoda i postojanje terminala El Hamra (sl. 1), što olakšava buduću proizvodnju. Unatoč tomu međunarodne naftne kompanije nisu pokazale zanimanje za slanje ponuda za taj blok.

Usprkos činjenici da su u Egiptu, od prvog otkrića za vrijeme drugog svjetskog rata, otkrivena brojna naftna polja, niti jedno nije pronađeno duž 1 200 km mediteranskog obalnog pojasa što je to područje učinilo nezanimljivim za istraživanje.

Četiri kompanije (Phillips, Wepco, Kriti i Gharib) su od početka 60-ih istraživale različite dijelove bloka East Yidma. Istraživanje je uključivalo izradu 1 600 km 2D seizmičkih profila i četiri istražne bušotine, lociranih većinom uz rub i van struktura. Bušotine su zacementirane i napuštene kao neproduktivne. Istovremeno, mnogo je uspjeha bilo u otkrivanju

ugljikovodika uzduž grebena Alamein-Razzak uz gotovo stalan kontakt nafta – voda (2 440 – 2 745 m) što je više od očekivane dubine poznatih ležišta na bloku East Yidma. To je bio razlog čvrstom uvjerenju da je ta koncesija "oil kitchen" (područje u podzemlju gdje su matične stijene u uvjetima pogodnima za stvaranje ugljikovodika) i da migracijski putovi mimoilaze područje, noseći ugljikovodike izvan koncesije. Bazen kao "oil kitchen" i bez zamki?! To je bio neuvjerljiv koncept. Diferencijalno bazensko spuštanje i supsekvantne tektonske faze trebali bi stvarati različita strukturalna uzvišenja, posebno ako je rasjedanje igralo glavnu ulogu na temelju modela rifta. Kako bi se prevladale čvrsto formirane ideje, a temeljeno na pojmovnom geomodelu po kojem područje nosi debele zrele matične stijene srednje jurske Khatatba formacije, trebalo je koristiti novi, nikad prije primijenjen, pristup. Obavljen je početni posao na identifikaciji strukturalnih zatvaranja koja nadliježu na jurski-donje kredni bazen. Ležišni nivoi u kompletnom geološkom stupu od cenomana do neokoma, smatrani su mogućim produktivnim intervalima (sl. 2), u koje su ugljikovodici mogli doći putem vertikalne i lateralne migracije duž rasjednih zona. Nakon konačne pretpostavke da je strukturalni oblik dosegnut prije ekspanzije ugljikovodika i povoljnih uvjeta izoliranja, kao mjesta aktivnosti

rasjeda i povoljnog tektonskog supoljeganja INA-Naftaplin kao operator i RWE-Dea kao partner, podnijeli su ponudu za koncesiju. EGPC je 16. travnja 2003. ponudu INE i RWE proglasio najpovoljnijom i dodijelio im East Yidma koncesiju.

2. NA PUTU PREMA USPJEHU

U vrijeme kada je INA dobila koncesiju kao operator na bloku, raspoloživa geološka baza podataka bila je loše kvalitete i nedovoljna za rutinski pristup. Koncesija je bila prekrivena s 1 600 km profila 2D seizmike, sa samo 1 200 km profila u bazi seizmičkih podataka. Kvaliteta podataka je varirala od loše do dobre, a snimljeni su u 13 generacija, u razdoblju od 1969. do 1992., s različitim razinama svodenja i zamjenskim brzinama, kao i različitom gustoćom profila snimljenih oko izrađenih bušotina, pa su neki dijelovi područja koncesije bili potpuno neprekriveni. Preliminarna interpretacija seizmičkih podataka starijih godišta dala je prve konture potencijalnih lokacija, koje su potvrđivale mnoštvo mogućih zatvorenih struktura u području koncesije (sl. 3). Međutim, male ugovorne obveze u prvoj fazi istraživanja sa samo 150 km 2D seizmičkih profila bile su nužan razlog za fokusiranje na ograničeno područje s mogućim potencijalima glede pronalaženja ugljikovodika.

Paleogeografski model koji je prikazao izgled reljefa područja za vrijeme sedimentacije jurske sekvencije i nositelja glavnih matičnih stijena na sjevernom dijelu Zapadne pustinje prihvaćen je kao temeljno načelo. Dobiveni model prikazuje sjeverni rub koncesije, koji je orijentiran na Mediteran, kao izrazito izdignut u vrijeme jurske riftne faze Tetisa (sl. 4). Na ovoj razini modeliranja i uz nedostatak dobre baze podataka, ideja je bila da se obalni pojas predoči kao rubni dio rifta koji je orijentiran prema jugu na jurski bazen. Ta reverzna slika s aktualnom geografijom objašnjena je kao postojanje asimetričnog „polugraben“ bazena nagnutog prema jugu. Iako je glavni smjer rasjednih nagiba, odgovarajućih riftnih bazena u Egiptu, usmjeren prema sjeveru¹, postoje i bazeni s rasjedima koji su orijentirani prema jugu. Iako na rubnim dijelovima rifta nema potencijalnih matičnih stijena, strukturne zamke na njihovim rubnim granicama s bazenom imaju velike šanse da budu ispunjene kroz malu udaljenost od ruba bazena kao prvih ulazaka u zamke.

Taj rubni dio orijentiran je prema jugu na glavni trog nazvan Alamein bazen. Bazenski reljef naglo oplicava prema jugu, a prema sjeveru zadržava divergentno isklinjavanje sedimenata (sl. 4). Ovo upućuje na vodeću ulogu općenitog sistema rasjeda istok-zapad, koji ograničava rubne dijelove, kao glavni tektonski element tijekom razvoja jurskog bazena Alamein.

Divergentno isklinjavanje sedimenata prema rubnim dijelovima rifta naglašava, tijekom razvoja rifta, glavnu ulogu tektonskog spuštanja, koje premašuje brzinu sedimentacije. Općenito stanjivanje jurskih sedimenata, prema jugu prekinuto je grebenom pružanja istok-sjeveroistok (sl. 4). Ovaj unutarnji bazenski greben podijelio je bazen u dva dijela. Visoki potencijal matičnih stijena očekivan je u sjevernom segmentu rifta, gdje se javlja akumulacija debelih jurskih sedimenata.

Strukturne zamke su formirane u vrijeme senona.^{9,10} To je zahtijevalo izradu još jednog sloja modela kako bi se područje koncesije sagledalo u vrijeme te tektonske faze, u kojoj su dominirali divergentni rasjedi smjera zapad-sjeverozapad, ekstenzijski rasjedi sjeverozapadnog smjera i lokalne navlake sjeveroistočnog smjera (sl. 5). U vrijeme te faze jurski rubni dio i unutar bazenski greben stajali su kao uzdignuća.

Suprotno tome pretpostavljene su dvije lokalne uleknine kao rezultat pomicanja dvaju glavnih zakrivljenih rasjeda, pružanja zapad-sjeverozapad i istok-zapad. Ova novorazvijena uleknuća zauzimaju sjeveroistočne i istočne središnje dijelove područja koncesije. Dominacija rasjeda pružanja sjeverozapad i zapad-sjeverozapad s ekstenzijsko-divergentnim režimom i njihovo postojanje strmo na os jurskog kanala, omogućilo je povezanost migracijskih putova u lateralnom i vertikalnom smjeru. Ti rasjedni sustavi zamišljeni su kao glavne trase migracije ugljikovodika koji su punili zamke na rubu jurskog bazena, unutar bazena i druge potencijalne lokacije strukturnih uzdignuća unutar sjevernog jurskog bazenskog segmenta.

Ovaj se koncept punjenja podudara s postojanjem nekoliko starih otkrića duž unutar bazenskog grebena. Taj je greben bio aktiviran u vrijeme senonske tektonike kao pojas rasjednog pomaka po pružanju koji sadrži ešalon antiklinala naftnih ležišta s nagibom osi u smjeru istok-sjeveroistok, unutar bazena Alamein (sl. 5). U okviru ograničenog proračuna za program 2D seizmike, u prvoj fazi istraživanja pažnja je posvećena sjevernoj polovici koncesije. Područje obuhvaća moguće proširenje naftnih ležišta unutar bazenskog grebena, rubnih dijelova bazena koja sadrže uzdignuća i segmenta sjevernog rifta s debelom akumulacijom jurskih sedimenata i mogućim postojanjem drugih naftnih komponenti, kao što su dobra kvaliteta ležišta, pogodno vrijeme za istiskivanje ugljikovodika i migraciju uz pogodne izolacijske uvjete (sl. 6).

Nedostatni i raspršeni seizmički podaci bili su pokretač svih istraživačkih napora, koji su na ovoj razini bili usmjereni na dizajniranje novog seizmičkog programa.

Postojanje velikih prepreka, uključujući područja minskih polja koja su svjedočila bitkama kod Alameina u drugom svjetskom ratu, kamenoloma, ljetovališta na obali, arheološke baštine i područja zaštićenog okoliša, nisu mogla promijeniti odluku da se aktivnosti usmjere na sjeverozapadni dio koncesije. Nakon nekoliko izmjena, naišavši ponekad na nepredvidljive probleme na terenu, napravljena je konačna shema za 465 km profila 2D seizmike (sl. 7).

Prije početka glavnih aktivnosti snimanja, egipatska armija je provela uklanjanje mina s ciljem stvaranja sigurnosnih koridora za ljude i potrebnu opremu.

Kompanija Generale de Geophysique (CGG) je snimila 39 seizmičkih profila u duljini 465 km koristeći kao izvor energije uglavnom vibratore i eksploziv u sabha-području.

Novosnimljeni seizmički podaci pomogli su razumijevanju područja, gdje je tipični asimetrični riftni bazen omeđen rubnim dijelom sjevernog rifta.

Identificirano je nekoliko strukturnih zamki unutar bazena kao što su unutar bazenski grebeni i dvostruko utonule antiklinale. Uz to je utvrđeno nekoliko zamki uz fleksurno savijanje granica rifta i režima rasjednog pomaka po pružanju (sl. 8).

Poljedično su sva nastojanja u istraživanju perspektivnog područja bila usmjerena na procjenu dvaju potpuno različitih i odvojenih istražnih ciljeva. Iako je rangiranje perspektivnog područja rutinska stvar temeljena na geološkoj i geofizičkoj procjeni, odlučeno je da se uključi novi alat za otkrivanje ležišta ugljikovodika koristeći metodu akustičke/seizmičke spektroskopije.⁸ Ta tehnologija koristi prirodno stvoren široko pojasni seizmički signal na površini, kako bi se lociralo pojavljivanje i definirala lateralna raspodjela ugljikovodika. Istraživanje je provela kompanija ADNR Exploration GmbH, nakon izbora određenih profila duž perspektivnih lokacija u cilju ispitivanja mogućnosti akumulacije i provjere pretpostavljenog rizika akumulacije. Snimljeno je ukupno 229 točaka podataka na posebnim točkama paljenja 2D seizmičkih istraživanja. Nekoliko njih se nalazi na lokacijama produktivnih i neproduktivnih bušotina, u svrhu kalibracije i predviđanja debljine neto-produktivne zone. Analizirane točke podataka s pokazateljem vjerojatnosti akumulacije ugljikovodika unesene su na strukturne karte i geoseizmičke sekcije, radi određivanja odnosa između geologije i rezultata istraživanja. Simultano i u cilju poštivanja već ustanovljenog koncepta i testiranja različitih istražnih ciljeva, izabrane su dvije moguće lokacije za bušenje na osnovi konvencionalne interpretacije seizmike: jedna za testiranje duboke riftne doline, a druga je pozicionirana na kraju jednog starog seizmičkog profila kako bi se prodrlo u rubni izdignuti dio rifta. Nezavisno od toga, istraživanja akustičnom spektroskopijom su potvrdila veliku vjerojatnost akumulacije ugljikovodika na području unutar tektonskog rova koji će postati prospekt Drazia (sl. 9). Suprotno tome, niske vjerojatnosti za Sidi Rahman prospekt na visokom rubnom dijelu (sl. 10) nisu se potpuno slagale s procjenama istraživanja.

Protivno rezultatima koji su odredili prospekt Sidi Rahman kao niskovjerojatni te okružen s nekoliko neuspješnih bušotina, odlučeno je da će dvije bušotine prve istražne faze biti Drazia-1 i Sidi Rahman-1.

Drazia -1 bila je prva izrađena bušotina. Dosegnuta konačna dubina bila je 4 056 m (13 308 ft) u neokomsko-baremskoj formaciji Alam El Bueib. Za vrijeme bušenja Bahariya, Kharita, Dahab, Alamein Dolomite i Alam El Bueib formacija registrirane su pojave ugljikovodika s većim količinama plina, od metana do n-pentana. Petrofizičke analize su pokazale dobra svojstva ležišta za plitke ciljane dubine, kao i za duboke u formaciji Alam El Bueib. Nađena su četiri intervala nositelja ugljikovodika u Alam Al Bueibu, dokazana alatom za opis ležišta (RDT) na uzorcima pridobivenog plina i kondenzata različite gustoće API (40°-50°), zaključno s dubinom 3 954 m (12 972 ft). Tri intervala s ugljikovodicima (3 943 – 3 950 m, 3 910,5 – 3 911,2 m i

3 865,8 – 3 869,7 m) izabrana su za daljnju evaluaciju pomoću uobičajenih postupaka testiranja (DST) u bližjoj budućnosti. Reinterpretacija nakon bušenja otkrila je razlike u strukturnim oblicima za kartirane horizonte, što je pripisano neodređenostima uzrokovanim slabim prekrivanjem seizmičkih snimanja. Planirano snimanje 3D seizmike će pomoći u boljem definiranju strukturne slike i ispitivanju potencijala svake vrijedne strukture, od najdubljih do najviših točaka područja.

Bušotina Sidi Rahman-1 je druga istražna bušotina izrađena na koncesiji East Yidma s ciljem testiranja potpuno različitog konceptualnog cilja od onog u bušotini Drazia-1. Dno bušotine Sidi Rahman-1 se nalazi unutar prekambrijskog fundamenta i doseže konačnu dubinu od 4 384 m (14 383 ft). Pojave nafte, praćene visokim očitajima plina, registrirane su za vrijeme bušenja Bahariya, Kharita i Alam El Bueib pješčenjaka.

Petrofizička interpretacija je pokazala dobru šupljikavost i zasićenje naftom u formacijama Bahariya i Kharita, što je potvrđeno bočnim jezgrama (SWC) i alatom za opis ležišta (RDT).

U nekoliko intervala formacije Alam El Bueib opaženo je postojanje zasićenja naftom, ali uz nisku šupljikavost i propusnost. Četiri operacije testiranja (DST) napravljene su u bušotini Sidi Rahman-1. Prvi testirani interval bila je sekcija Alam El Bueib (2 806 m – 2 809 m). Ukupna količina kapljevine dobivene u ležištu bila je 4,61 m³ (29 bbl) a sastoji se od nafte, filtrata isplake i vode visokog saliniteta. Porast tlaka nije dosegao radijalni tok pa nije bilo moguće procijeniti ležišne karakteristike. Uslijed toga je operacija proglašena nepotpunom i nepouzdanom.

Druga operacija testiranja (DST-2) izvedena je u intervalu (2 546,9 m – 2 548,7 m) u Kharita formaciji. Na sapnici od 32/64", izmjereno je protjecanje u bušotini od 508 m³/d (3 195 bbl/d) s 49,1° API i 5% udjela vode

U intervalu M.Bahariya (1 915,4 m – 1 918,4 m) (DST-3) pridobiveno je 209 m³/d (1 314 bbl/d) s 0,2% udjela vode.

Posljednja DST-4 operacija napravljena je za vrijeme završnog opremanja bušotine. Na sapnici od 20/64", protjecanje u bušotini je bilo 167 m³/d (1 050 bbl/d) s 48,4° API bez udjela vode.

Na bušotini Sidi Rahman-1 testiranjem je dobivena nafta na dosada najmanjoj poznatoj dubini od 1 915 m (6 284 ft) i utvrđeno 7 produktivnih zona do dubine 3 840,4 m (12 600 ft) u obalnom području, gdje od seizmičkih istraživanja postoje samo krajevi seizmičkih profila i tako ostavljaju istraživačke ekipe naftnih kompanija u sivoj zoni.

U studenom 1942., njemačka vojska poražena je u dvije ključne bitke što je uvjetovalo ishod 2. svjetskog rata. Bitke za Staljingrad i Alamein onemogućile su Nijemcima osvajanje naftnih polja sa zalihama nafte dostatnim za nastavak ratovanja i dovoljnim za potrebe njihovih oklopnih divizija. Na samome početku ključne bitke kod Alameina, zalihe goriva Njemačkog afričkog korpusa bile su gotovo nepostojeće. Do kraja rata, sve su operacije bile vođene u uvjetima stalnoga manjka goriva za oklopne jedinice. Danas, nakon više od 60 godina, INA zna da nafta leži ispod polja smrti kod Alameina. Tisuće

su izgubile život u borbi za pronalaženje i osvajanje udaljenih naftnih polja. Na sreću, oni nisu imali geološki koncept; jer bi svijet danas možda izgledao potpuno drukčije.

Idući vijugavim putem u traženju uspjeha, istražni tim Ine u Egiptu pretvorio je "neprivlačni" obalni pojas u Ininu razradnu koncesiju.

3. ZAKLJUČAK

Egipatski mediteranski obalni pojas, prekriven samo oskudnim seizmičkim podacima gdje postoje samo repovi seizmičkih profila, otežavao je geoznanstvenicima otkrivanje njegovih tajni. Novi koncept razmišljanja predstavlja ovo obalno područje kao fleksurno svijanje rubnih dijelova bazena nagnutih prema jugu. Većim dijelom geološke povijesti bazena, rubni dio je bio izdignut, a sedimentacija je počela u vrijeme kasne jure dok se je riftni bazen kontinuirano slijegao. Tektonika kasne krede bila je pod utjecajem strukturne i litološke anizotropije rubnih dijelova bazena. Rubni dio je bio oformljen konvergentnim režimom navlačnih i dvostruko složenih utonulih antiklinala. U smjeru bazena divergentni režim je formirao koridore za migraciju ugljikovodika kroz sjeverozapadne i zapadno – sjeverozapadne ekstenzijske i divergentne rasjede. Ovaj optimalni okoliš naftnog sustava na kraju je otkrio svoje tajne i doveo do Ininih novih otkrića. Šezdeset godina nakon drugog svjetskog rata nafta je počela teći ispod minskih polja i ratnih ostataka. Novo objavljena naftna pokrajina na karti Egipta privukla je druge međunarodne naftne kompanije na ulaganja u to područje kako bi se promijenilo ime "Alamein vrt zla" u "Vrt glava bušotina".



Autori:

Srećko Leustek, B.Sc. Geology, INA d.d. Zagreb, Exploration & Production, Egypt Branch Deputy General Manager & Exploration Manager 55, Road 18 – Maadi, Cairo Phone: 00 202 2750 9655 / 2750 9411, e-mail: srecko.leustek@ina.hr

Adel Sehim, Dr., Professor of Structural Geology, Cairo University, INA d.d. Zagreb, Exploration & Production, Egypt Branch Consultant 55, Road 18 – Maadi, Cairo Phone: 00 202 2750 9655 / 2750 9411, e-mail: inaegypt@link.net

UDK: 550.8 : 553.98 : 622.24.063.5 (620)

550.8 geološka istraživanja
553.98 ležišta nafte i plina
622.24.63.5 rudarstvo, bušotine, iscrpljivanje bušotina
(620) Egipat