

Eksploatacija nalazišta lagane nafte iz slabo propusnih stijena

J. Pápay

IZVORNI ZNANSTVENI ČLANAK

U članku je dan pregled proizvodnje lagane nafte iz slabo propusnih formacija s aspekta tehnologije razrade ležišta. Teme su definicija i svojstva, rezultati u praksi, istraživanja u cilju povećanja efikasnosti iskorištavanja, važnost proizvodnje nafte iz slabo propusnih stijena, ekonomija.

U ovom trenutku, korišteno prirodno iskorištavanje ležišta ovih resursa daje vrlo skroman faktor iscrpka. Poboljšane metode su sada samo u pilot i laboratorijskoj procjeni. U članku se opisuju problemi koji ograničuju efikasnost iskorištavanja, uključujući moguće procese pridobivanja. Ostvarenje učinkovitog iskorištavanja ove vrste akumulacija predstavlja važan zadatak za istraživače i tehničke stručnjake. Najvjerojatnije će ti napori u skoroj budućnosti dati dobre rezultate u dijelu potrošnje primarne energije.

Ključne riječi: niskopropusna ležišta, procjena nekonvencionalne nafte, proizvodnja, ekonomija

Uvod

O eksploataciji naftnih ležišta ili akumulacija pisao je gosp. J. Papaya 2003. i 2004.^{15,16} U dvije knjige integrirane su gotovo sve metode pridobivanja sa stanovišta tehnologije razrade ležišta. Tijekom pisanja i uređivanja druge knjige (tijekom 2010. -2013.), proizvodnja lagane nafte iz slabo propusnih stijena je jako porasla, uglavnom u SAD i djelomično u Kanadi.

Rasprava o toj vrsti tehnologije eksploatacije nedostaje u knjizi J. Papaya iz 2013.¹⁶ To je razlog zašto se o toj metodi iskorištavanja raspravlja ovdje. Slika 1. prikazuje odnos između izvorne mobilnosti (nestimulirane) i kvalitativnih troškova za različite ugljikovodike. Slika 2. prikazuje klasifikaciju nekonvencionalnih metoda pridobivanja nafte. Eksploatacija ekstra teške nafte iz naftnih pješčenjaka i naftnog šejla opisana je u knjizi J. Pápay iz 2013.¹⁶ To je razlog zbog čega to nije ovdje ponovljeno. U članku se prikazuje da je proizvodnja lagane nafte iz slabo propusnih stijena izazov za naftne inženjere. Knjiga J. Papaya iz 2013 se bavi resursima nekonvencionalnog plina i plinom ugljenih slojeva (CBM – coalbed methane), plinom iz gustih formacija, plinom iz šejla i resursima hidrata.

1. Definicija i svojstva

Prema Kanadskom društvu za nekonvencionalne resurse (CSUR) nafta iz slabo propusnih stijena je konvencionalna lagana nafta nađena u stijenama vrlo niske propusnosti (pješčenicima, karbonatima i šejlu). Ova

nafta ne protječe u ekonomskim količinama bez horizontalnih kanala bušenja povezanih s višestupanjskim frakturiranjem.

Clarkson CR, Petersen CR, (2011.)³ predložili su klasifikaciju "Nekonvencionalne lagane nafte" na osnovu nalazišta Zapadne Kanade, na sljedeći način:

Rubna nafta: na nekim postojećim naftnim poljima, rubna područja ili "halos", opkoljavaju područja povijesne proizvodnje, a poznato je da sadrže naftu, ali je s uobičajenom tehnologijom ekonomična proizvodnja nemoguća. Prema autorima primarna propusnost je relativno visoka > 0,1 mD, matična stijena nije ležišna stijena, stijene su klastične ili karbonatne.

Nafta iz slabo propusnih stijena; primarna propusnost je < 0,1 mD, matična stijena nije ležišna stijena, stijene su klastične ili karbonatne.

Nafta iz šejla: primarna propusnost je vrlo niska < 0,1 mD, matična stijena je ležišna stijena, stijena je šejl.

Poznato je da EIA (2013.)⁷ koristi naziv **lagana nafta iz slabo propusnih stijena** u slučaju kada je permeabilnost < 0,1 mD a stijena je karbonatna, pješčenjak ili šejl. Naziv nafta iz šejla EIA koristi u slučaju kada je nafta proizvedena iz naftnog šejla (stijena s kerogenom) pomoću umjetnog kemijskog procesa (piroliza), što može biti površinska ili podzemna (in situ) tehnologija.

J. Pápay je 2013.¹⁶ permeabilnost < 0,1 mD smatrao graničnom za naftu iz slabo propusnih stijena a na temelju prihvaćene klasifikacije za naftu iz slabo pro-

Tablica 1. Svojstva ležišta/fluida za nekonvencionalna ležišta lagane nafte u Zapadnoj Kanadi

Vrsta nalazišta	Rubna nafta	Nafta iz slabo propusnih stijena	Nafta iz šejla
Nalazište	Pembina Cardium	Saskatchewan Bakken, Viewfield	Second White Speckled Shale
Viskoznost nafte (cP)	1,36 - 1,41	0,64	0,64
Poroznost (%)	12 (5 - 12)	12	12
Permeabilnost (mD)	0,28 (0,1 - 10)	(0,1 - 10)	
Volumni faktor nafte	1,19	1,22	1,22

pusnih slojeva (< 0.1 mD) s mogućom modifikacijom. Do modifikacije dolazi zbog različite viskoznosti i stlačivosti plina i lagane nafte. U nastavku će biti iznesena kraća rasprava o parametrima fluida.

C.R. Clarkson su P.K. Pedersen su (2011.)³ kao referencu za laganu sirovu naftu koristili NYMEX definiciju koja obuhvaća naftu gustoće 32-42 °API (865 - 816 kg/m³).

C.R. Clarkson and P.K. Pedersen su (2011.)³ objavili svojstva stijena i fluida za različite slučajeve na primjerima akumulacija Zapadne Kanade.

D.D. Simmons je 2012.²³ prikazao svojstva fluida nalazišta Bakken/Tree Forks:

- gustoća nafte je 42 °API (815 kg/m³) (nesumporna)
- viskoznost nafte je 0,3 cP kod ležišnih uvjeta
- početni GOR od 500 do 800 ft³/bbl (89 - 142 m³/m³)
- GOR nakon trogodišnje proizvodnje od 800 do 1 100 ft³/bbl (142 - 196 m³/m³)

EIA je 2013.⁷ objavila slojni volumni faktor nafte za 28 nalazišta nafte iz slabo propusnih formacija, koji se kreće u rasponu 1,2 do 2,01, prosječan 1,51.

R. Baker¹ je (2013.) korištenjem EIA podataka, prikazao parametri nekih od glavnih nalazišta nafte iz šejla, Tablica 2.

2. Rezultati u praksi

Prema NPC (National Petroleum Council) (2011)¹⁴ slabo propusne stijene, uključujući akumulacije nafte u slabo propusnim stijenama poznate su već desetljećima, obično datiraju iz najranijih istraživanja unutar svakog bazena. Povijesnu pozadinu dao je NPC 2011. Ekonomska proizvodnja takve nafte, zbog konvencionalne tehnologije, nije uspjela. Početna proizvodnja bila je obećavajuća ali nakon kratkog vremena (nekoliko mjeseci) znatno bi pala. Npr. u bazenu Willison 1950.-ih i ranih 1960.-ih perforirana je formacija Bakken. Vrijednost početne proizvodnja kretala se je u rasponu 23,9 - 71,6 m³/d (150 do 450 bbl/d) a tipična ukupna

proizvodnja bila je 13 515 m³/d bbl (85 000) po bušotini. Rane Bakken bušotine imale su proizvodni vijek manji od 2 - 3 godine. Nakon toga postale su "ekonomski neproduktivne". S horizontalnim bušenjem, ranih 90-tih, početna proizvodnja bila je 36,6 - 79,5 m³/d (230 - 500 bbl/d), a ukupna oko 23 055 m³/bušotini (145 000 bbl/bušotini), što također nije bilo ekonomski privlačno.

S poboljšanjem bušenja, završnim proizvodnim opremanjem i stimulacija obnovili su interes za iskorištavanje polja Bakken. Od 2005. početna proizvodnja je veća od 238,5 m³/d (1 500 bbl/d) a ukupna proizvodnja procijenjena na 79 500 m³/bušotini (500 000 bbl/bušotini). Kao primjer, proizvodnja nafte u Sjevernoj Dakoti je porasla od 3 228 m³/d (20 300 bbl/d) u 2007. na 34 980 m³/d (220 000 bbl/d) u 2010.

Kasnije je korištenjem višestupanjske metode frakturiranja (EIA - 2014)⁶ proizvodnja lagane nafte iz slabo propusnih stijena u SAD dramatično porasla u 2010. na 159 000 m³/g (1,10⁶ bbl/g), u 2012. na 349 800 m³/g (2,2 10⁶ bbl/g) i u 2013 na 477 000 m³/g (3 10⁶ bbl/g).

Prema časopisu Oil and Gas Journal (03/26/2014) laganu naftu iz slabo propusnih stijena proizvođile su slijedeće tri zemlje. Podaci su dani u Tablici 3.

Praksa korištenja šejla u SAD (EIA-2013)⁷ pokazuje da je šejl vrlo heterogen prostorno i horizontalno. Prema rezultatima iz prakse do 50% frakturiranih faza nije produktivno, dakle 914 - 1524 m (3 000 - 5 000 ft) bočnog kanala bušotine je iskorišteno kako bi bušotina bila isplativa. Pojedinačni test bušotine ne može se koristiti za predviđanje proizvodnje čak ni za susjedne bušotine u neposrednoj blizini. Profil proizvodnje bušotine i konačni iscrpak mogu se vrlo razlikovati (EIA-2013).⁷

Prema HART-Energy izvješću (2014. srpanj str. 112-116) za Eagle Ford, samo 64% klastera doprinosi proizvodnji. U izvješću EIA se kaže da je za održavanje proizvodnje potrebno 2,5 puta veće vrijeme od vremena izrade bušotine.

Tablica 2. Usporedba podataka za neke od glavnih ležišta nafte iz šejla

Nalazište	Bakken	Eagle Ford	Niobrara	Utica
Dubina 10 ³ m (10 ³ ft)	2,6 - 3,2 (8,5 - 10,4)	1,2 - 3,7 (4 - 12)	0,9 - 4,3 3 - 14	0,6 - 4,3 2 - 14
Debljina m ft	2,4 - 4,3 8 - 14	91,4-144,8 300 - 475	15,2 - 91,4 50-300	21,3 - 152,4 70 - 500
Permeabilnost (mD)	0,05 Middle Bakken	do 0,13	0,1-1	0,0003
IPx m ³ /d bbl/d (plin)	31,8 - 286,2 200 - 1 800	39,8 - 238,5 250 - 1 500	+/- 95,4 600	1 000 + 6 MMft ³ (plin) 159+170 000 m ³ /d (plin)
Sred. lateral. m (ft)	3 048 + 10 000+	1 524 - 2 134 5 000 - 7 000	1 006 - 3 048 3 300 - 10 000	1 676 - 2 286 5 500 - 7 500
Resursi x MMm ³ Bbl	874,5 (proc. do 3 180) 5,5 (proc. do 20)	556,5 3,5	238,5 1,5	477,0 (proc. do 874,5) 3,0 (proc. do 5,5)

IP = početna proizvodnja;

Resursi = tehnički pridobivo (TRR)

St.,A. Sonneberg (2014)²² je procijenio raspon permeabilnosti i poroznosti nalazišta nafte iz slabo propusnih stijena kao 0,3 - 0,01 mD i $< 10\%$.

Podaci iz članka: Tight Reservoir General Characteristics

Permeabilnost: < 0.1 mD, Poroznost: 6 -14%

Tablica 3. Kapacitet proizvodnje lagane nafte iz slabo propusnih stijena u SAD, Kanadi i Rusiji

Zemlja	Kapacitet proizvodnje		Napomena
	(10 ³ m ³ /d)	10 ⁶ bbl/d	
SAD	512	3,22	kraj 2013.
Kanada	54	0,34	prosjeck 2013.
Rusija	19	0,12	prosjeck 2013.

Table 4. Tablica pokazuje pad proizvodnje za dva različita ležišta

Nalazište	Količina proizvodnje 10 ³ m ³ /mj. / 10 ³ bbl/mj.				Napomena proizvodnja u godinama		
	početna		sadašnja				
Bakken/three Forks	0,953	6	0,162	1,02*	0,162	1,02*	* poslije 3,5 godina
Mississippian	1,590	10	0,477	3*	0,477	3*	* poslije 1,5 godina

Vrijeme trajanja Proizvodnje bušotina iz naftnog šejla traje svega nekoliko godina pa se za procjenu buduće proizvodnje preporuča statistička metoda.

Zbog prirodnog iskorištavanja ležišta tempo pada proizvodnje je vrlo visok. Tu činjenicu opisalo je nekoliko autora.

R. Baker (2013)¹ za slučaj nalazišta Pembina Cardium prikazan je trend za 81 bušotinu. Početna prosječna proizvodnja bila je 25 m³/d (157 bbl/d) a nakon jedne godine pala je na 7 m³/d (44 bbl/d).

Simmons D.D. (2013)²³ je u tablici 4 prikazao primjer pada proizvodnje bušotina.

Drollas LP je (2013)⁵ prikazao tipičnu proizvodnju bušotine Bakken: početna proizvodnja bila je 159 m³/d (1 000 bbl/d). Nakon toga pad proizvodnje bio je 1. god. 65%, 2. god. 35%, 3. 15%, 10% nakon toga. Glavni problem nafte iz slabopropusnih formacija je brzi pad proizvodnosti bušotine, što traži ponovnu izradu bušotina kako bi se održala proizvodnja.- L.P. Drollas (2013).⁵

Iscrpak ležišta je vrlo važan tehnički parametar za karakterizaciju efikasnosti iskorištavanja.

Prema EIA (2013.),⁷ temeljeno na iskustvu proizvodnje nafte iz šejla u SAD, iscrpak se kreće od 3% do 7%, u iznimnim slučajevima najviše 10% ili najniže 1%. Ovi se podaci se temelje studije Kuuskraa V.A., Stevens S.C. i Moodhe K.D. (2013)¹¹ pripremljenih za EIA koja je analizirala 28 nalazišta nafte iz slabopropusnih stijena u SAD s prirodnim režimom iskorištavanja.

Poznato je da su iscrpci temeljeni na volumetrijskoj procjeni početnog volumena nafte u ležištu (OOIP) što znači da su te vrijednosti samo aproksimativne. Prema njima zasićenje plinom od 15 – 20% je povoljno sa stanovišta efikasnosti pridobivanja nafte.

Drugi važan parametar karakterizacije efikasnosti proizvodnje je procijenjeni konačni iscrpak – npr. m³/bušotini (EUR), koji pokazuje dali se bušotina isplati ili ne. To je također aproksimativna vrijednost jer se obično određuje analizom krivulje pada proizvodnje.

3. Istraživanja u cilju povećanja faktora iscrpka

Zadatak svake tehničke discipline je povećati učinkovitost, s obzirom na istraživanje "visokoproduktivnih dijelova ležišta (sweet spots)" (geofizika, geologija, itd.), poboljšati filtracijski kontakt između matriksa koji sadrži naftu i bušotine (bušenje, hidrauličko razdiranje, završno opremanje bušotine itd.) i poboljšati faktor iscrpka na osnovu mehanizma ležišnog sustava (tehnologije razrade ležišta i sl). U nastavku se raspravlja samo sa stajališta tehnologije razrade ležišta.

3.1 Mehanizam ležišnog režima i funkcije relativne propusnosti

Kao što je objašnjeno u slučaju prirodnog iskorištavanja ležišta zbog niske primarne permeabilnosti iscrpka je nizak ili umjeren. Najvjerojatiji mehanizam ležišnog režima je režim kompakcije s umjerenim istiskivanjem nafte oslobođenim plinom (i/ili umjerenim vodona-pornim režimom?).

Treba razjasniti je li "permeability jail" (zakon Masters JA-1979)¹² koncept ili teoretski rad perkolacije (DA Pieters, RM Graves -1994)¹⁸ ili u kakvim uvjetima vrijedi? (npr. J. Pápay -2013.).¹⁶

Prema nekim mjerenjima u bušotinama dvofazno se strujanje često javlja nasuprot Master-sovog zakona u slabo propusnim stijenama: npr. Shanley K.W., Cluff. R.M. , Robinson J.W. -2004. (voda-plin)²¹; Eberhard M. 2010. (voda-nafta)⁶, ili Clarkson C.R.³, PK. Petersen. – 2011. (nafta-plin). To je vrlo važno s gledišta funkcija relativnih permeabilnosti koje su osnova za predviđanje proizvodnje (npr. J. Pápay 2003., 2013.).^{15,16}

3.2. Laboratorijska mjerenja

U nastavku je prikazan kratki pregled, kojim se pokazuje da je u tijeku naporan rad i istraživanje kako bi se shvatilo mehanizme pridobivanja lagane nafte iz slabo propusnih stijena. Zaključci će vjerojatno biti teški jer je rasprava o toj temi istraživanja u ranoj fazi.

3.2.1. Standardi za karakterizaciju svojstava stijena

Bertoncello A., Honarpour M.M (2013)² preporučili su postupak standarda laboratorijskih mjerenja kako bi se odredili osnovni parametri - poroznost, propusnost- nekonvencionalnih stijena (šejla).

3.2.2. Prirodno upijanje

Pr S.Morsy, J.Sheng (2013)¹³ su napravili laboratorijskih mjerenja kako bi razumjeti ulogu prirodnog upijanja za poboljšanje pridobivanja iscrpka nafte iz šejla. Prema njima zavodnjavanje ima veliki potencijal.

3.2.3. Injektiranje plina

Harju J. (2012)⁹ je napravio pilot program utiskivanja CO₂ u akumulaciju Bakken u okviru rada Centra za energetiku i istraživanje okoliša (EERC) na Sveučilištu u Sjevernoj Dakoti.

Hawthorne St.B., Gorecki Ch.D., Sorensen J.A., Steadman H.R., Harju J.A., St. Melzer (2013)¹⁰ razmatrali su pomoću laboratorijskih mjerenja mehanizam mobilizacije lagane nafte iz gornjih, srednjih i donjih Bakken ležišnih stijena s utiskivanjem CO₂.

Eksperimentalni tlak bio je 345 bar (5 000 psi) i temperatura 110 °C (230 °F). Geometrijski parametri tipične ležišne stijene za mjerenja bili su: pločice 3 x 9 x 9 mm; šipke 9 x 9 x 30 mm² i promjer šipke 10 mm. U slučaju gornjeg i donjeg Bakkena, stijena je samljevena u fragmente manje od 3,5 mm. Uzorci stijena zasićenih naftom nisu bili prilijepljeni na stjenku uređaja, pa CO₂ protječe oko komadića uzoraka razmrvljene stijene.

Napravljene su dvije vrste pokusa:

- inicijalnih 96 sati izloženosti CO₂ pod statičkom uvjetima,
- pridobivanje s protjecanjem CO₂ u dinamičkim uvjetima.

Zaključci su sljedeći:

- iscrpak nafte je dobar čak i iz vrlo nepropusne matične stijene – šejla, ali je proces vrlo dugotrajan.
- velika površina područja jako povećava kapacitet proizvodnje,
- mobilizacija komponenti lagane nafte u CO₂ je dominantan proces pridobivanja više nego otapanje CO₂ u nafti.
- nagađanje o točnom mehanizmu temeljeno na eksperimentima je teško.

Tovar F.D., Eide O. Graue A., Schechter D.S. (2014)²⁴ također su proveli laboratorijske pokuse pomoću utiskivanja CO₂ za slučaj uzoraka bočne jezgre s neznačajnom propusnosti. Prema autorima ugljik-dioksid

je obećavajuće sredstvo za poboljšanje iscrpka kod prirodnog iskorištavanja ležišta. Prema njihovim mjerenjima isparavanje ugljikovodika u CO₂ je glavni mehanizam povećanja iscrpka. Oni su zaključili da je za bolje razumijevanje uloge različitih slučajeva kada se CO₂ miješa s naftom i rezultira dodatnim iscrpkom, potrebno više ispitivanja.

Rassenfoss St. (2014)¹⁹ (JPT Emerging Technology) dao je pregled završenih istraživačkih radova do kraja 2013., napravljenih u SAD-u u cilju poboljšanja pridobivanja lake nafte iz slabo propusnih stijena.

Prema njegovom izvještaju:

- ugljikov dioksid može dati mogućnost za povećanja iscrpka nekonvencionalne nafte,
- raniji testovi u kojima se koristi kemijski surfaktant pokazali su pozitivan rezultat (Texas A & M University laboratorijska mjerenja);
- mnoga nekonvencionalna ležišta uključujući Bakken su hidrofobna ležišta, što znači da zavodnjavanje vrlo vjerojatno neće uspjeti (prema Ed Steadman-u),
- dvije cikličke obrade bušotine CO₂ su završene, ali nisu uspjele (prema Harju J.).

3.3. Teškoće u procijeni kapaciteta proizvodnje

Zbog niske propusnosti matriksa:

- i utisne i proizvodne bušotine trebale bi biti frakturirane. Mreža pukotina je uglavnom slučajna (nepoznata), što znači da se čelo istiskivanja ne može lagano formirati, što može dovesti do malog volumetrijskog obuhvata ležišta.
- konvencionalna jednadžba materijalne bilance ne može se koristiti za određivanje OOIP, indeksa istiskivanja itd.
- modeli filtriranja (npr. numerički) su samo aproksimacija zbog funkcije interakcije fluid-stijena (krivulje relativne propusnosti itd.), distribucija parametara itd. nije poznata, dakle rizik (visoki, referentni, mali) i analize osjetljivosti (Tornado dijagram) preporučuju se za modeliranje bušotine ili sekcije.

4. Važnost proizvodnje lagane nafte iz slabo propusnih stijena, ekonomija

EIA (2014)⁸, kaže da će do 2015. SAD, zbog proizvodnje lagane nafte iz slabo propusnih stijena, biti najveći proizvođač nafte u svijetu i nadmašiti i Rusiju i Saudijsku Arabiju. U isto vrijeme mora se naglasiti da je parametar dokazane rezerve/ godišnje proizvodnje za SAD znatno niži nego za druge dvije zemlje. Prema

Tablica 5. Svojstva ležišnih stijena za Gornji Bakken, Srednji Bakken, Donji Bakken

Formacija	Poroznost(%)	Permeabilnost (mD)	Opaska
Gornji Bakken	?	?x	?x(vrlo niska)
Srednji Bakken	4,5-8,1	0,002-0,04	
Donji Bakken	?	?x	?x(vrlo niska)
Konvencionalna stijena	25	800 - 1 100	

Napomena: Gornji i Donji Bakken, mnogo niža permeabilnost nego u Srednjem Bakken

Tablica 6. Dokazane rezerve lagane nafte iz slabo propusnih stijena u SADu, Saudijskoj Arabiji i Rusiji

Zemlja	Nafta		Plin	
	10 ⁹ m ³	10 ⁹ bbl	10 ¹² m ³	10 ¹² ft ³
SAD	4,9	31	11,1	393
Saudijska Arabija	42,6	268	8,2	290
Rusija	12,7	80	47,7	1 688

Tablica 7. Procjena proizvodnje lagane nafte iz slabo propusnih slojeva u SAD

Resursi	Kumulativ godine 2012.-2040.		Vršna proizvodnja		Vršna godina
	10 ⁹ m ³	10 ⁹ bbl	10 ⁶ m ³ /d	10 ⁶ bbl/d	
Visoki	11,9	75	1,4	8,5	2035.
Referentni	7,0	44	0,8	4,8	2021.
Mali	5,4	34	0,7	4,3	2016.

procjeni EIA (2013).⁷ Dokazane rezerve (Internet) dane su u Tablici 6.

Poznato je da su cijene u tim zemljama prilično različite. Zbog visoke produktivnosti bušotina Saudijske Arabije, njezina cijena je među tim zemljama najniža itd. Prema EIA (2014)⁸ procjena proizvodnje lagane nafte u SAD-u dana je u Tablici 7.

U slučaju niske i referentne proizvodnje u periodu 2016. – 2018. ukupna proizvodnja nafte (konvencionalna/nekonvencionalna) u SAD-u doseći će vrhunac, kao što je bilo 1970.-1971. ~1,59 x 10⁶ m³/d (č 10 x 10⁶ bbl/d). U slučaju visoke proizvodnje, ukupna proizvodnja nafte će doseći 2,147 x 10⁶ m³/d (13,5 x 10⁶ bbl/d) do 2040. U slučaju referentne i niske proizvodnje lagane nafte iz slabo propusnih stijena u SAD-u smanjuje se uvoz nafte u prosjeku za 12- 13%. Uvoz nafte u vremenskom razdoblju (2013.-2040.) prosječno je 28-33%. U slučaju visoke proizvodnje, uvoz nafte smanjuje se korak po korak na nulu do 2036.

Prema procjeni EIA (2013)⁷ –pripremljenoj od ARI (Advanced Resources International) procjenjuje se da su tehnički pridobive količine plina i nafte iz šejla za 41 zemlju, (uključujući SAD), za 95 bazena i za 137 formacija, slijedeće:

Tehnički pridobivi resursi, uključujući SAD

Plin iz šejla 206 x 10¹² m³ (7 299 x 10¹² ft³)

Nafta iz šejla/slabo propusnih stijena 54,9 x 10⁹ m³ (345 x 10⁹ bbl)

SAD

EIA, dokazane rezerve plina iz šejla/slabo propusnih stijena 2,7 x 10¹² (97 x 10¹² ft³)

EIA, nedokazane rezerve plina iz šejla/slabo propusnih stijena 16 x 10¹² m³ (567 x 10¹² ft³)

EIA, nedokazane rezerve nafte iz šejla/slabo propusnih stijena 9,2 x 10⁹ m³ (58 x 10⁹ bbl)

Povećanje ukupnih tehnički pridobivih resursa u svijetu zbog uključivanja nafte i plina iz šejla je slijedeće:

- nafta iz šejla 11%, plin iz šejla 47%

Udio šejla u ukupnim rezervama:

- nafta iz šejla 10%, plin iz šejla 32%

Rodgers B. (2013)²⁰ daje procjenu ekonomičnosti i fiskalne konkurentnosti glavnih nalazišta nafte iz slabo propusnih stijena u SAD-u i Kanadi. On procjenjuje cijene nafte, pod pretpostavkom različitih profila proizvodnje bušotina i vrsti bušotina, u odnosu na EUR-o za različita nalazišta nafte iz slabo propusnih stijena u slučaju SAD-a (broj nalazišta je 15), te u slučaju Kanade (broj nalazišta je 11).

Izračunate cijene dane su u Tablici 8.

To znači da cijene otprilike odgovaraju proizvodnji nafte iz naftonosnog pješčenjaka i ekstra teške nafte (npr. Pápay J. (2013).¹⁶ Te dvije vrste nafte su međusobna konkurencija na tržištu.

Prema procjeni EIA (2014)⁸ potencijalna bušotina u šejlu košta dvostruko više, a proizvodi pola od tipične američke naftne bušotine. To znači da su u SAD-u troškovi lagane nafte iz slabo propusnih stijena otprilike četiri puta veći od troškova konvencionalne nafte.

Tablica 8. Izračunate cijene nafte u SAD-u i Kanadi

Zemlja	Raspon		Srednja	
	USD/bbl	USD/m ³	USD/bbl	USD/m ³
SAD	36-92	226 - 579	65	409
Kanada	48-70	302 - 440	56	352

Zaključci

- u članku je dan pregled proizvodnje lagane nafte iz slabo propusnih stijena s aspekta tehnologije razrade ležišta,
- u ovom trenutku, koristi se prirodno iskorištavanje ležišta što daje vrlo skroman faktor iscrpka,
- kako bi se povećala učinkovitost eksploatacije provode se istraživanja,
- proizvodnja lagane nafte iz slabo propusnih stijena je izazov za naftne inženjere,
- vrlo je vjerojatno će u skoroj budućnosti proizvodnja lagane nafte iz slabo propusnih stijena doprinijeti opskrbi primarnom energijom u svijetu.



Autor:

József Pápay, Miskolc University: professor emeritus, MOL- PLC.: adviser

UDK : 553.982 : 622.276/.279 : 62-68 : 330.13

553.982 ležišta ugljikovodika-nafte
622.276/.279 proizvodnja-pridobivanje nafte
62-68 nekonvencionalne rezerve nafte
330.13 ekonomija, gospodarstvo