

Maja Fabulić Ruszkowski, Ljiljana Marinić Pajc, Sanda Telen, Vinko Rukavina

ISSN 0350-350X

GOMABN 53, 3, 261-271

Stručni rad / Professional paper

KOMPLEKSNA EVALUACIJA NAFTA

Sažetak

Na svjetskom naftnom tržištu u zadnjih nekoliko godina došlo je do značajnih promjena koje su utjecale na preispitivanje postupka nabave nafte u naftnim kompanijama. Pravilnim odabirom nafta mogu se značajno smanjiti troškovi. Odabirom nafta Ina slijedi trendove i kontinuirano se prilagođava novim tržišnim uvjetima. S obzirom na mediteranski položaj Hrvatske i raspoloživi naftovod, Ina su vrlo dostupne nafte iz bivših zemalja Sovjetskog Saveza (Rusija, Kazahstan i Azerbajdžan), kao i nafte s Bliskog istoka. Novitet su zapadnoafričke nafte, posebice nigerijske, koje su zadnjih godina dostupne i na mediteranskom tržištu zahvaljujući smanjenju uvoza nafte u SAD. Zadnjih nekoliko godina Ina pomno odabire nafte i formira naftnu košaricu koju čine nafte izabrane s obzirom na dostupnost, cijenu i kvalitetu pogodnu za preradu. Nafte iz naftne košarice se tehnološki, a potom i ekonomski evaluiraju. Kada izabrana nafta prođe obje evaluacije, izdaje se odobrenje za preradu. Ako je trenutačna cijena evaluirane nafte povoljna, tada se ona kupuje. Naftna košarica znatno se proširila te se danas u Ina pored nekoliko standardnih nafta prerađuju i druge nafte, a trend je još više pratiti promjene na tržištu i prerađivati naftne mješavine visoko i niskosumpornih nafta. Kontinuirano se prikupljaju uzorci potencijalnih nafta iz naftne košarice te se izrađuju karakterizacije nafte ili naftni eseji (eng. crude oil assay). Podaci se koriste za provedbu tehnološke evaluacije te kao ulazni podaci u softver pomoću kojeg se simulira rafinerijska prerada. U radu će biti opisan postupak tehnološke evaluacije i prikazan slučaj evaluacije nigerijske nafte Bonga koja se od ove godine pored još jedne nigerijske nafte prerađuje u INI.

Ključne riječi: selekcija nafte, naftna košarica, tehnološka evaluacija nafte

1. Uvod

Tijekom zadnjeg desetljeća, a posebice zadnjih nekoliko godina došlo je do značajnih promjena na naftnom tržištu. Glavni pokretači promjena su porast cijene nafte, izgradnja velikih rafinerijskih kapaciteta u zemljama Azije i Srednjeg istoka, kao i nestabilnosti u zemljama Bliskog istoka koje su značajne izvoznice nafte poput Libije i Sirije¹. Također je došlo do promjene distribucijskih kanala potrošnje i opskrbe naftom i naftnim proizvodima u pojedinim regijama te do osjetnog pada međunarodne trgovine naftom zbog rastuće proizvodnje u Sjevernoj Americi²⁻⁴.

Rafinerijska prerada sve je skuplja zbog sve strožih zahtjeva zaštite okoliša, a gospodarska kriza je još uvijek prisutna u nekim zemljama.

Zadnjih desetak godina u Europi se bilježi veliki pad prerade nafte i potrošnje naftnih derivata, što je dovelo do smanjenja rafinerijskih kapaciteta¹. Prema nekim izvorima trenutni rafinerijski kapaciteti u Europi najniži su u tri zadnja desetljeća, zatvoren je značajan broj rafinerija, a kapacitet atmosferske destilacije smanjen je za 29 %⁵. Kvaliteta nafte također se mijenja te se predviđa porast količine sumpora u nafti i °API što predstavlja nove izazove u već vrlo kompliciranoj rafinerijskoj preradi².

Svi faktori i događaji upućuju na vrlo kompleksnu situaciju na naftom tržištu koja zahtijeva pomno razmatranje i kupnju odgovarajuće nafte za preradu.

2. Proces selekcije nafta

Odabir nafta u INI provodi se u nekoliko koraka: sakupljanje podataka o naftama, tj. predselekcije gdje se od velikog broja nafta odabiru pogodne nafte za preradu na osnovi nekoliko kriterija. Slijedi detaljnija selekcija, formiranje naftne košarice te izrada naftnih karakterizacija. Potom se provodi tehnološka i ekonomska evaluacija odabranih nafta te eventualno i kupovina nafte. Zadnji korak je post evaluacija prerađene nafte (slika 1)⁶.



Slika 1. Shema procesa odabira nafta

Figure 1. Sheme of crude selection process

2.1 Sakupljanje podataka i odabir nafta

Odabir nafta počinje pregledom raspoloživih nafta na tržištu prema određenim kriterijima: raspoloživosti nafta na Mediteranu, njihovoj cijeni i kvaliteti pogodnoj za preradu u Ininim rafinerijama. Postupak predselekcije nafta radi se iz dostupnih karakterizacija nafta ili drugih relevantnih izvora. Pri tome se najčešće koristi komercijalni softver koji sadrži veliku bazu naftnih eseja (preko 700), a ujedno omogućuje i generiranje novih naftnih karakterizacija iz laboratorijskih podataka⁷. Kad se odaberu nafte koje zadovoljavaju spomenute kriterije, formira se naftna košarica koja se evaluira svake godine.

Osnovnu naftnu košaricu čine nafte koje imaju velik potencijal za preradu u našim rafinerijama, dok se u proširenu naftnu košaricu uvrštavaju nafte s nešto manjim potencijalnom, ali još uvijek interesantne za Inu te nafte koje se mogu prerađivati u smjesi sa standardnim naftama koje se prerađuju u Inu. U proširenu košaricu također ulaze i interesantne nafte koje se mogu nabaviti na tržištu, a za njih nema dostupnih podataka. Na taj način se proširuje znanje o različitim naftama i pravi se baza s važnim podacima za preradu te karakteristikama naftnih frakcija.

2.2 Izrada i evaluacija naftnih karakterizacija

Za svaku naftu koja se nalazi u naftnoj košarici izrađuje se naftna karakterizacija. Uzorak nafte destilira se na laboratorijskim aparaturama te se dobije kompletna destilacijska krivulja koja uključuje atmosfersku i vakuumsku destilaciju, tzv. True Boiling Point (TBP) i Potsill destilacije prema ASTM D 2892 i D 5236 metodama. Naftna karakterizacija sadrži materijalnu bilancu s prinosima frakcija te fizikalno-kemijska svojstva nafte i naftnih frakcija od benzina preko plinskih ulja te atmosferskog i vakuumskog ostatka.

Svi podaci dobiveni iz naftne karakterizacije analiziraju se i uspoređuju sa naftama koje se standardno prerađuju u Inu. Čitav niz svojstava razmatra se kod nafta i pojedinih frakcija (tablica 1). Kod nafta se razmatraju gustoća, °API, sadržaj sumpora i metala, točka tečenja, viskoznost, kiselinski broj te sastav ugljikovodika. Kod svih frakcija glavni fokus je na prinosu frakcija i količini sumpora.

Dok se kod benzinskih frakcija razmatra sadržaj naftena i aromata te kiselinski broj, kod frakcije petroleja razmatra se točka zamrzavanja, sadržaj aromata i kiselinski broj. Kod frakcija plinskih ulja prati se gustoća, cetanski indeks te nisko temperaturna svojstva kao važna svojstva budućeg dizelskog goriva. Kod teških frakcija (atmosferski i vakuumski ostatak) u obzir se uzimaju još i količina metala, viskoznost, sadržaj asfaltena i koksnog ostatka.

Završeni naftni esej generira se u softveru te dobiveni podaci čine ulazne podatke u drugi softver koji se koristi za simulaciju rada rafinerije. Za svaku evaluiranu potencijalnu naftu radi se test kompatibilnosti sa naftama koje se uobičajeno prerađuju i miješaju u spremničkom prostoru. Test je vrlo važan jer upućuje na eventualno izdvajanje asfaltena pri miješanju nafta različitih karakteristika. Test se provodi miješanjem ispitivanih nafta u različitim omjerima (v/v %: 20/80, 50/50, 80/20) koje se ostave 24 h ili duže te se pomoću mikroskopa prati dolazi li do precipitiranja asfaltne i u kojem obimu. Metoda ispitivanja bazira se na metodi za ispitivanje polimernih bitumena po modificiranoj EN13632 metodi. Asfaltenu u obliku precipitata oblažu dijelove rafinerijske opreme, posebice grijače na jedinicama atmosferske destilacije te tako povećavaju troškove održavanja rafinerije⁶.

Ako postoji mogućnost ispituje se i korozivnost potencijalne nafte pri uvjetima koji simuliraju rad atmosferske destilacije. U slučaju povećanja korozije, može se utjecati na dodavanje aditiva koji sprječava koroziju te se tako može značajno uštedjeti na sredstvima za održavanje.

Tablica 1: Razmatrana svojstva nafta i naftnih frakcija
 Table 1: Considered properties of crudes and crude fractions

svojstvo, properties	nafta, crude	LB, LN, < 85 °C	TB, HN, 85-190 °C	petrolej, kerosene, 190-225 °C	PU, GO, 225- 370 °C	AO, AR, > 370 °C	VPU, VGO, 370-550 °C	VO, VR, > 370 °C
gustoća, density, °API	x				x		x	
sumpor, total sulphur	x	x	x	x	x	x	x	x
točka tečenja, pour point	x				x			
točka zamućenja i točka filtrabilnosti, cloud point and cold filter plugging point					x			
točka zamrzavanja, freezing point				x				
metali, metals	x					x	x	x
viskoznost	x					x	x	x
ukupni kiselinski broj, total acid number	x	x	x	x				
nafteni, naphthenes content	x	x	x					
aromati, aromatic content	x		x	x				
cetanski indeks, cetane index					x			
asfalteni, asphalhtens							x	x
koksni ostatak, carbon residue						x	x	x
prinos, yield		x	x	x	x	x	x	x

LB-laki benzin, LN-light naphtha
 TB-teški benzin, HN-heavy naphtha
 PU-plinsko ulje, GO-gas oil

AO-atmosferski ostatak, AR atmospheric residue
 VPU-vakuuum plinskog ulja, VGO-vacuum gas oil
 VO-vakuuum ostataka, VR-vacuum residue

2.3 Tehnološka evaluacija

Da bi se upotpunila tehnološka evaluacija, potrebno je razmotriti još neke faktore, a to su razmatranje mogućnosti prerade nafte vezano uz okoliš, detaljna simulacija rada postrojenja i izračun kapaciteta postrojenja. Razmatranje mogućnosti prerade nafte vezano uz okoliš sadrži okolišna ograničenja povezana s količinom sumpora u nafti i u određenim frakcijama koje se koriste kao sirovine za sekundarna postrojenja te različitim emisijama koje nastaju pri čuvanju i skladištenju pojedinih produkata. Na osnovi podataka iz naftnih eseja izračunavaju se kapaciteti svih rafinerijskih postrojenja. Kompletirani rezultati evaluacije pojedine nafte (naftni esej, test kompatibilnosti i korozije, mogućnost prerade nafte vezano uz okolišna ograničenja i izračun kapaciteta) čine tehnološku evaluaciju.

Svi podaci koji čine tehnološku evaluaciju razmatraju se s relevantnim dijelovima Ine. Posebno se razmatraju eventualna ograničenja koja se javljaju uz kapacitete postrojenja, opremu, vijek trajanja, zagađenje katalizatora te kvalitetu produkata. Ako su zadovoljeni svi traženi kriteriji, izdaje se odobrenje za preradu izabrane nafte iz naftne košarice. Odobrenje za preradu pojedine nafte sadrži sva ograničenja vezana uz preradu i kvalitetu produkata.

2.4 Ekonomska evaluacija

Ekonomska evaluacija provodi se postupkom mjesečne i tjedne evaluacije. Kao dio procesa za pripremu mjesečnog plana evaluiraju se nafte iz prihvaćene nafte košarice, a kao ulazni podaci za mjesečni plan koriste se najnovije karakterizacije nafte za svaku vrstu nafte. Nafte koje su u procesu pripreme mjesečnog plana ocijenjene kao optimalne, prolaze daljnju evaluaciju tijekom tjednog procesa evaluacije. Tereti nafta za evaluaciju definiraju se prema projekciji kretanja pumpabilnih zaliha nafte u Ini, a vrijeme za proces donošenja odluka prosječno iznosi od 1-2 mjeseca unaprijed.

Tjedna evaluacija određenog tereta provodi se uz pomoć najnovijeg ažuriranog mjesečnog modela. Cijene nafte dobivaju se svaki mjesec prije pripreme mjesečnog plana za nadolazeće razdoblje i koriste se u procesu tjednih i mjesečnih evaluacija. Kod ekonomske evaluacije u obzir se uzimaju i cijene proizvoda. Priprema se bazni slučaj za referentnu naftu te nadalje uz iste pretpostavke rade se i zasebni slučajevi za sve ostale nafte koje se evaluiraju. Iz razlike baznog slučaja referentne nafte i ostalih slučajeva, odlučuje se koja je nafta najprofitabilnija za kupovinu uz korekciju s trenutačno važećim cijenama.

2.5 Kupnja, prerada nafte i post evaluacijske aktivnosti

Na osnovi tehnološke i ekonomske evaluacije donosi se odluka o kupnji najprofitabilnije nafte u trenutku kupovine. Nakon dolaska nove nafte, nafta se prerađuje pri čemu se provodi probna prerada na postrojenjima. Na osnovi rezultata provedene probne prerade i cjelokupne prerade nafte, izrađuje se post evaluacijski izvještaj koji opisuje provedenu preradu i sadrži preporuke za eventualne korektivne radnje pri sljedećoj preradi nafte.

3. Slučaj nafte Bonga

3.1 Karakteristike nafte Bonga

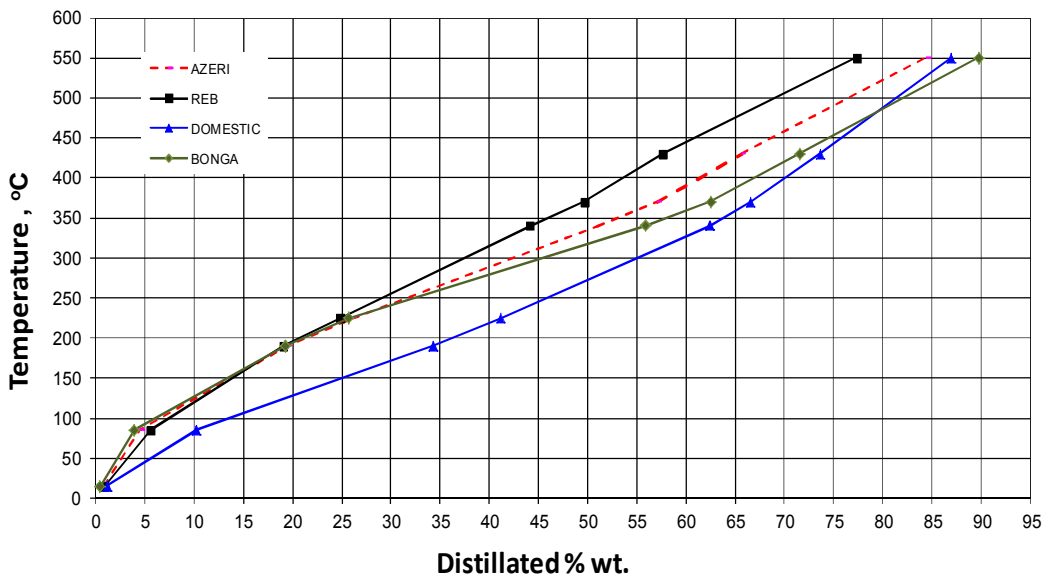
Bonga je nigerijska, niskosumporna nafta (0,23 % m/m), naftenskog karaktera koju karakterizira visoka gustoća. Bonga se prema °API klasifikaciji ubraja u srednje teške nafte (30,3 °API). Ukupni kiselinski broj je nešto povišen⁹.

Tablica 2. Svojstva nafte Bonga u usporedbi s REB, Azeri i domaćom naftom

Table 2: Bonga crude oil properties, comparison with REB, Azeri and Domestic crude

Svojstvo/Nafta Characteristics/Crude	Bonga	REB	Azeri Light	Domestic
Gustoća Density at 15 °C, kg/m ³	873,5	870,8	842,2	830,8
°API	30,3	30,85	36,37	38,66
Sumpor Sulphur total, wt. %	0,23	1,35	0,13	0,33
Točka tečenja Pour Point, °C	-9	-9	-6	-9
Parafini Paraffines, wt. %	29,35	43,71	45,42	52,06
Nafteni Naphthenes, wt. %	31,11	29,13	32,92	30,36
Aromati Aromatics, wt. %	39,54	27,13	21,66	17,58
Asfalteni Asphaltenes, wt. %	0,1	1,3	0,14	0,91
Kinematička viskoznost Kinematic viscosity at 20 °C, sSt	8,98	19,73	9,71	4,28
Dušik Nitrogen total, wt. %	0,09	0,13	0,07	0,16
Nikal Nickel, mg/kg	3,29	20,9	2,66	2,47
Vanadij Vanadium, mg/kg	0,2	69,9	<0,2	0,59
K _{UOP} faktor, K _{UOP} factor	11,7	11,9	12,2	12,1
Ukupni kiselinski broj TAN, mg KOH/g	0,66	0,259	0,294	0,18

Slike 2 i 3 prikazuju destilacijsku krivulju i prinose dobivene iz nafte Bonga u usporedbi s naftama koje se standardno prerađuju u Ini. Bonga se odlikuje visokim prinomom frakcija plinskog ulja, što povećava količinu proizvedenog dizelskog goriva. Na slici 4 prikazana je raspodjela sumpora u svim frakcijama nafte u odnosu na raspodjelu sumpora u frakcijama dobivenim iz nafte REB, Azeri i domaće nafte. Vidljivo je da je količina sumpora značajno niža u svim frakcijama dobivenim iz nafte Bonga u odnosu na količinu sumpora u frakcijama u uspoređivanim naftama.



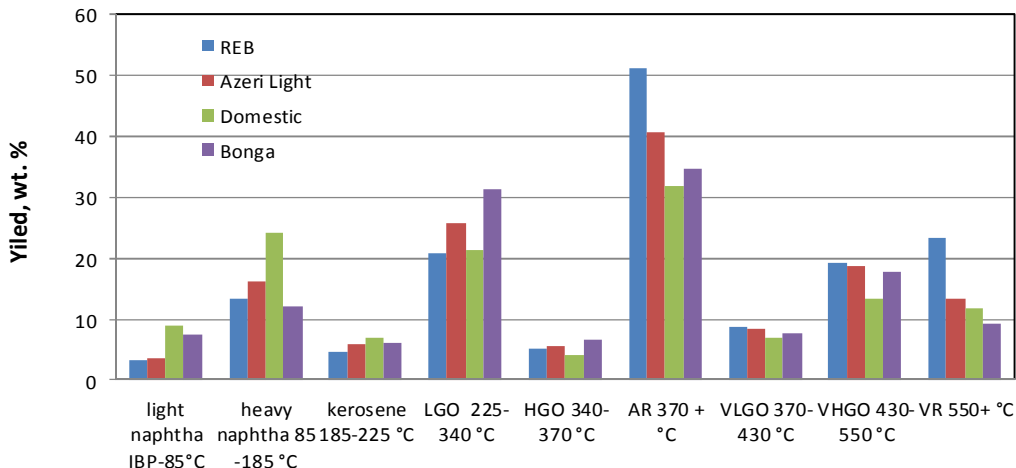
Slika 2: Destilacijska krivulja nafte Bonga, usporedba s prinomima frakcija iz nafte REB, Azeri i domaće nafte

Figure 2: Bonga crude distillation curve, comparison with REB, Azeri and Domestic crude

3.2 Evaluacija nafte Bonga

Povećana potražnja za dizelskim gorivom nastavlja se u zemljama Europe, i u Hrvatskoj^{3,6}. Novo postrojenje za hidrokrekiranje u RN Rijeka započelo je s radom 2011. godine s kapacitetom od 1 340 000 t proizvodnje dizelskog goriva. Ina traži pogodnu nisko sumpornu naftu za preradu koja daje veće prinose srednjih frakcija kao sirovinu za postrojenje hidrokrekiranja. Zbog toga je tijekom 2012. Ina počela prerađivati nigerijsku naftu Forcados koja ima vrlo velik prinos srednjih frakcija. Nastavljeno je s evaluacijom nigerijskih nafte te se je nafta Bonga također pokazala isplativa za preradu. Uzorak nafte Bonga je nabavljen, napravljena je destilacija te je izrađena naftna karakterizacija. Test kompatibilnosti pokazao je da je nafta Bonga kompatibilna s ostalim naftama koje se standardno prerađuju u Ini.

Na osnovi rezultata napravljena je tehnološka evaluacija te je donesena odluka o mogućoj preradi naftne Bonga. Glavna ograničenja pri preradi Bonge vezana su uz visoku gustoću plinskih frakcija te visok sadržaj naftena u frakciji teškog benzina, što je odlika gotovo svih nigerijskih nafta. Maksimalna količina naftena u teškom benzinu kao sirovini za proces reforminga definirana je tehnološkim ograničenjem rafinerije na tom postrojenju. Zaključeno je da se nafta može prerađivati u smjesi sa REB naftom u optimalnom omjeru 50/50 % v/v ili s Azeri naftom u istom omjeru jer se pritom izbjegnu glavna ograničenja koja se javljaju kod samostalne prerade.



Slika 3: Prinosi frakcija iz nafte Bonga, usporedba s prinosima frakcija iz REB, Azeri i domaće nafte

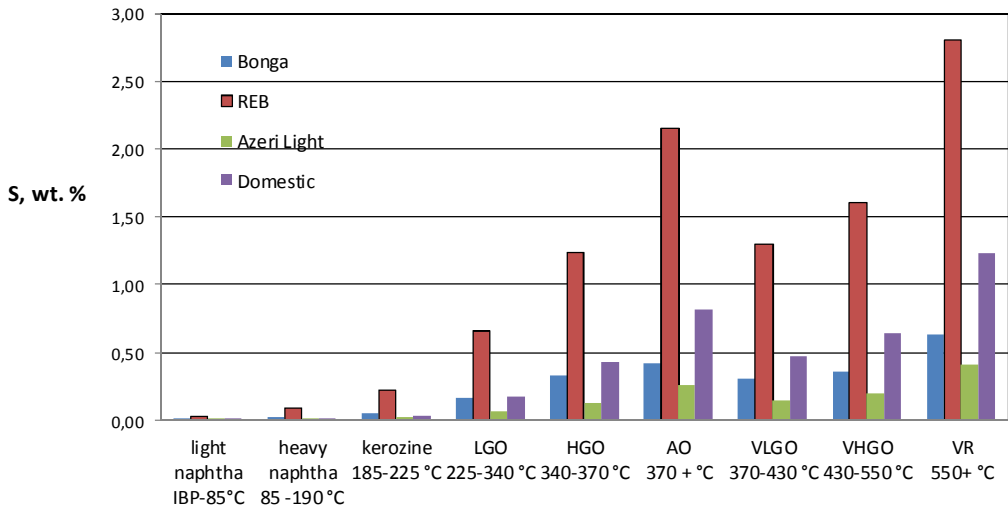
Figure 3: Bonga fraction yields, comparison with fraction yields from REB, Azeri and Domestic crude

3.3. Prerada nafte Bonga i post evaluacijske aktivnosti

Nafta Bonga počela se prerađivati u ljeto 2014. u smjesi s Azeri naftom, omjera 50/50 % v/v. Pri preradi je provedena probna prerada na postrojenjima te je utvrđeno da je tijekom prerade zadovoljavajući. Srednjih destilata je dobiveno više nego uobičajeno oko 7 %, s naglaskom na povećani prinos plinskih ulja, tj. dizelskog goriva, dok je dobiveno manje atmosferskog ostatka nego kod prerade nafte REB. Postignuta je zadovoljavajuća kvaliteta svih dobivenih proizvoda.

Svi poluproizvodi i proizvodi sadržavali su značajno manje sumpora u odnosu na iste dobivene preradom REB nafte. Mala količina sumpora u teškim komponentama dala je mogućnost namješavanja LUS I s 1 % sumpora. Energetska potrošnja bila je slična potrošnji prilikom prerade REB nafte, dok je cjelokupna prerada bila slična preradi Azeri nafte.

Nakon analize probnog rada provedenog pri preradi nafte Bonga zaključeno je da nije bilo smetnji pri radu rafinerijskih jedinica u RN Rijeka te da će se predloženi omjer prerade s Azeri naftom koristiti i ubuduće ¹¹.



Slika 4: Sumpor u frakcijama iz nafte Bonga, usporeba sa sumporom u frakcijama iz REB, Azeri i domaće nafte

Figure 4: Sulphur content in Bonga fractions, comparison with sulphur content in fractions from REB, Azeri and Domestic crude

4. Zaključci

Kompleksna evaluacija nafte uvedena je s obzirom na promjene koje su zahvatile naftno tržište. Cilj uvođenja kompleksne evaluacije bio je učiniti proces evaluacije i kupovine nafte što fleksibilnijim kako bi se ostvario veći profit.

Analizom novih nafata stvorena je velika baza podataka o različitim naftama, njihovim karakteristikama i karakteristikama njihovih frakcija. Baza sadrži niz vrijednih podataka s laboratorijskim i tehnološkim podacima koji se ne mogu naći u komercijalnim esejima, a mogu poslužiti svim korisnicima unutar Mol grupe.

Bonga je jedna od evaluiranih nigerijskih nafata koja je kupljena i prerađena po novoj proceduri. Kupnjom Bonge uštedjelo se na kupovini nafte u odnosu na cijene standardne nafte. Postignuta je i značajna dobit prodajom veće količine dizelskog goriva iz prerade povećane količine srednjih destilata.

Predloženi omjer miješanja s Azeri naftom je potvrđen i primjenjivat će se i dalje pri preradi.

Literatura

1. Medium-term Oil Market Report 2013, OECD/IEA 2013
2. Outlook for Future Crude Quality, Regional Changes Have Global Impact by Samia Razak, IHC CERA, October 2012, IHCCERA.com
3. Oil Refining in EU 2020, with perspectives to 2030, Concawe Report No.1/13, Brussels, April 2013
4. Platts 6th Annual Crude Oil Summit, Market Trends and Projection to 2018, London 14 May 2013, Medium-term Oil Market Report 2013, International Energy Agency
5. R. Nelson, Optimizing downstream technical performance, 46. stručno-znanstveni simpozij Goriva i maziva 2013., Poreč, 16.-18.10.2013., Hrvatska
6. Crude Basket Definition and Crude Selection Procedure DEV_INA1, Version1, 15th of June 2012
7. Crude Manager Suite 4.50, Spiral Software.
8. L.N. Kremer, Petroleum Tehnology Quaterly, 9 (2004) 87
9. COA Forcados, Report No. 50000357-006/12, 5. 3.2102.

Autori

Maja Fabulić Ruszkowski, Ljiljana Marinić Pajc, Sanda Telen, Vinko Rukavina
INA d.d., Sektor razvoja i rafinerija i marketinga, Služba za razvoj proizvoda, Zagreb

Primljeno

5.9.2014.

Prihvaćeno

18.9.2014.

THE COMPLEX CRUDE OIL EVALUATION

Abstract

In the last few years the significant changes in the petroleum scene were happened which influenced on reconsideration of crude oil processing in petroleum companies. The proper crude oil selection can bring the significant cost cutting to the company.

Ina follows trends and continuously adapts new market requirements by crude oil selection. In accordance with the Croatia position and available pipeline, Ina has access to grades from countries of the former Soviet Union (Russia, Kazakhstan, Azerbaijan), as well as the Middle East grades. The novelties are West African grades, particularly Nigerian which are available last years on Med market due to the decline in crude oil imports in the USA.

Last few years Ina has a practise of Crude Basket forming from selected crudes regarding to the availability, the price and the suitable quality for refining. The crudes from Crude basket are evaluated technologically and economically. When the selected crude passed both evaluations, the final approval for processing is issued. If selected crude's price is favourable on the market, crude will be purchased. The crude basket has been considerably extended. Ina processes other crudes besides to standard processed grades. The trend is still more market oriented and processed crude blends of high and low sulphur crudes.

The samples of potential processing crudes from crude basket are continuously collected and crude oil assays (COA) are made. The data from COA are used for the implementation of technological evaluation and in software which help in refinery process simulation as well.

The paper describes the technological evaluation and case of Nigerian crude oil Bonga evaluation which has processed in Ina from this year.

Key words: crude oil selection, crude basket, technological evaluation of crude

Authors

Maja Fabulić Ruszkowski, Ljiljana Marinić Pajc, Sanda Telen, Vinko Rukavina

INA Petroleum Industry, Croatia

E-mail: MAJA.FABULIC-RUSZKOWSKI@ina.hr

Received

5.9.2014.

Accepted

18.9.2014.