# Analiza pridobivanja i preradbe nafte i plina u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine

**Kišić, Katarina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2015**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:160909

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-29**



*Repository / Repozitorij:*

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb









SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geologije

# ANALIZA PRIDOBIVANJA I PRERADBE NAFTE I PLINA U HRVATSKOJ OD 2000. DO 2013. GODINE

Diplomski rad

Katarina Kišić

G 134

Zagreb, 2015.

*ZAHVALA*

*Želim zahvaliti gospođi dr. sc. Josipi Velić, prof. emerita Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, na ukazanom povjerenju, strpljenju i pomoći pri izradi ovog diplomskog rada.*

*Također zahvaljujem gospodinu dr. sc. Tomislavu Malviću, izvanrednom profesoru Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, te znanstvenom savjetniku zaposlenom u tvrtki INA-Industrija nafte d.d., na pomoći pri izradi rada.*

*Zahvaljujem osoblju Ministarstva gospodarstva, a posebno načelniku Sektora za rudarstvo, gospodinu dr. sc. Draganu Krasiću, naslovnom docentu Rudarsko-geološko-naftnoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, koji mi je dopustio pristup arhivskim podacima.*

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

# ANALIZA PRIDOBIVANJA I PRERADBE NAFTE I PLINA U HRVATSKOJ OD 2000. DO 2013. GODINE

KATARINA KIŠIĆ

Diplomski rad izrađen na: Sveučilištu u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

Sažetak

Osnovni cilj ovoga rada bila je analiza pridobivanja i preradbe nafte te prirodnog plina u Hrvatskoj od 2000. do kraja 2013. godine. Nafta i plin glavni su pokretači gospodarskog rasta stoga je jedna od glavnih zadaća osigurati opskrbu naftom i plinom. Korištenjem podataka o količinama iscrpljene nafte i prirodnog plina te o preostalim bilančnim rezervama opažen je trend pridobivanja u navedenom razdoblju. Poseban osvrt dan je stanju preradbe u hrvatskim rafinerijama i prikazu količine proizvedenih naftnih derivata. Također je prikazana ovisnost o uvozu i potrošnja naftnih derivata i plina u Hrvatskoj. Statističkim metodama pokušala se upotpuniti slika o vezi između podataka, te je uključen prikaz osnovnih naftnogeoloških okolnosti Hrvatske i dosadašnjeg pridobivanja. Promatrajući nedavne trendove dana je okvirna slika dosadašnjih i budućih kretanja te mogućnosti pridobivanja, preradbe i potrošnje.

Ključne riječi: nafta, prirodni plin, pridobivanje, preradba nafte, naftni derivati, rafinerije, ovisnost o uvozu, potrošnja, statističke metode, sigurnost opskrbe naftom i plinom, Hrvatska.

Diplomski rad sadrži: 77 stranica, 16 tablica i 30 slika.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Prof. dr. sc. Josipa Velić, professor emerita, RGNF
Pomoć pri izradi: Izv. prof. dr. sc. Tomislav Malvić, RGNF

Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Josipa Velić, professor emerita, RGNF
Izv. prof. dr. sc. Tomislav Malvić, RGNF; znanstveni savjetnik INA d.d.
Naslovni docent dr. sc. Dragan Krasić, RGNF; načelnik Sektora za rudarstvo, Ministarstvo gospodarstva.

Datum obrane: 30. rujan 2015.

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master's Thesis

# ANALYSIS OF PRODUCTION AND PROCESSING OIL AND GAS IN CROATIA IN THE PERIOD FROM 2000 TO 2013 YEAR

KATARINA KIŠIĆ

Thesis completed in: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Geology and Geological Engineering Department
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The basic aim of this thesis is to analyse the production and processing oil and natural gas in Croatia for the period from 2003. until the end of 2008. Oil and natural gas are the main factors of economic growth and therefore it is necessary to ensure oil and gas supply. The production trend in the aforementioned period is determined according to the data regarding the quantity of the exploited oil and gas and the remaining recoverable reserves. Special attention is given to the processing of crude oil in the Croatian oil refineries and to the amounts of produced petroleum products. The dependence on imports and the consumption of petroleum products and natural gas in Croatia are also showed in this paper. The use of the statistical methods, combined with the geological and petroleum conditions of Croatia, helped to complete the picture of the relationship between datas. Trends of the recent past provide the framework for the current and the future trends of the exploitation, processing and consumption.

Keywords: oil, natural gas, petroleum products, exploitation, processing crude oil, petroleum products, refineries, dependence on imports, consumption, statistical methods, safeness of oil and natural gas supply, Croatia.

Thesis contains: 77 pages, 16 tables and 30 figures.

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Ph.D. Josipa Velić, Professor Emerita
Technical support and assistance: Ph.D Tomislav Malvić, Associate Professor

Reviewers: Ph.D. Josipa Velić, Professor Emerita, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Ph.D. Tomislav Malvić, Associate Professor; senior scientist INA Plc.
Ph.D. Dragan Krasić, Head of the Mining Sector, Ministry of Economy, Associate Professor of Practice, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Date of defense: September 30, 2015.

# SADRŽAJ:

**1. UVOD ..... 1**

**2. NAFTA I PLIN U REPUBLICI HRVATSKOJ ..... 3**

2.1. Naftnogeološke okolnosti Hrvatske ..... 3

2.1.1. Hrvatski dio Panonskog bazenskog sustava ..... 3

2.1.2. Jadransko podmorje ..... 6

2.2. Dosadašnje pridobivanje, karakteristike ležišta i rezerve u Hrvatskoj ..... 7

2.3. Transport nafte i plina ..... 12

2.4. Sigurnost opskrbljenosti naftom i plinom u Hrvatskoj ..... 14

**3. PRIDOBIVANJE I UVOZ NAFTE I PLINA U HRVATSKU OD 2000. DO 2013. GODINE ..... 18**

3.1. Pridobivanje nafte i plina u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine ..... 18

3.1.1. Pridobivanje nafte i kondenzata ..... 19

3.1.2. Pridobivanje plina ..... 19

3.2. Uvoz nafte i plina u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine ..... 21

**4. PRERADBA NAFTE ..... 25**

4.1. Procesi preradbe nafte ..... 26

4.1.1. Fizikalno-separacijski procesi preradbe nafte ..... 26

4.1.2. Kemijsko-konverzijski procesi preradbe nafte ..... 27

4.1.2.1. Termičko krekiranje ..... 28

4.1.2.2. Katalitičko krekiranje (FCC) ..... 29

4.1.2.3. Hidrokrekiranje ..... 29

4.1.2.4. Reformiranje ..... 29

4.1.2.5. Izomerizacija ..... 30

4.1.2.6. Alkilacija ..... 30

4.1.2.7. Polimerizacija (oligomerizacija) ..... 30

4.2. Rafinerijski proizvodi i njihova upotreba ..... 31
4.2.1. Rafinerijski plin ..... 32
4.2.2. Ukapljeni naftni plin ..... 32
4.2.3. Benzin ..... 32
4.2.4. Petrolej i mlazno gorivo ..... 33
4.2.5. Dizelska goriva ..... 33
4.2.6. Loživa ulja ..... 34
4.2.7. Maziva ..... 34
4.2.8. Bitumen ..... 34
4.3. Prirodni plin ..... 35
4.4. Preradba nafte u Hrvatskoj ..... 36
4.4.1. Rafinerija u Rijeci ..... 36
4.4.2. Rafinerija nafte Sisak ..... 38
4.4.3. Maziva Zagreb ..... 40
4.4.4. Centralna plinska stanica Molve ..... 40
4.5. Kapaciteti preradbe u rafinerijama nafte u Hrvatskoj ..... 41
4.6. Preradba nafte i rafinerijski proizvodi u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine ..... 42
**5. POTROŠNJA NAFTE I PLINA ..... 45**
5.1. Potrošnja naftnih derivata i plina u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine ..... 47
5.1.1. Potrošnja naftnih derivata ..... 47
5.1.2. Potrošnja plina ..... 51
**6. STATISTIČKA ANALIZA ..... 53**
6.1. Teorijska osnova ..... 53
6.2. Statističke metode i testovi ..... 55
6.2.1. ***F***-test ..... 56
6.2.2. ***t***-test ..... 57

6.3. Koeficijent korelacije ..... 60
6.4. Statistička analiza podataka ..... 61
6.4.1. $\boldsymbol{F}$-test ..... 61
6.4.2. $\boldsymbol{t}$-test ..... 63
**7. INTERPRETACIJA REZULTATA ANALIZA ..... 66**
**8. ZAKLJUČAK ..... 73**
**9. LITERATURA ..... 75**

**Popis tablica:**

**Tablica 2-1.** Karakteristike naftnih polja po skupinama (preuzeto iz **Velić et al., 2012**) .... 8
**Tablica 2-2.** Karakteristike plinskih i kondenzatnih polja (kondenzati su označeni kosim slovima i zvjezdicama* za geološke podatke) (preuzeto iz **Velić et al., 2012**) ..... 10
**Tablica 2-3.** Preostale rezerve ugljikovodika u Hrvatskoj (preuzeto iz **Malvić et al., 2011**) ..... 11
**Tablica 3-1.** Bilančne rezerve nafte, kondenzata i prirodnog plina u Hrvatskoj (preuzeto iz ***1,*2, *3***)..... 18
**Tablica 3-2.** Količine pridobivanja nafte, kondenzata i prirodnog plina u Hrvatskoj (preuzeto iz ***1,*2, *3***)..... 18
**Tablica 3-3**. Količine uvoza nafte i prirodnog plina u Hrvatsku (preuzeto iz ***1,*2, *3***)... 21
**Tablica 4-1**. Kapaciteti preradbe u rafinerijama nafte u Hrvatskoj (preuzeto iz ***3***)..... 42
**Tablica 4-2.** Rafinerijski proizvodi (preuzeto iz ***1,*2, *3***) ..... 43
**Tablica 5-1.** Potrošnja naftnih derivata..... 48
**Tablica 5-2.** Potrošnja plina..... 51
**Tablica 6-1.** F-test, efektivno pridobivanje i uvoz prirodnog plina (2000.-2013.godina).. 62
**Tablica 6-2.** F-test, potrošnja i uvoz prirodnog plina (2000.-2013.godina) ..... 62
**Tablica 6-3.** F-test, potrošnja i uvoz nafte (2000.-2013.godina) ..... 63
**Tablica 6-4.** t-test, efektivno pridobivanje i uvoz prirodnog plina (2000.-2013.godina)... 64
**Tablica 6-5.** Koeficijent korelacije, F-test i t-test za prirodni plin (2000.-2013.godina) ... 64
**Tablica 6-6.** Koeficijent korelacije, F-test za naftu (2000.-2013.godina) ..... 65

**Popis slika:**

**Slika 2.1.** Smjestišta naftnih i plinskih polja u hrvatskom dijelu Panonskog bazenskog sustava (**Velić, 2007**) ..... 5
**Slika 2.2.** Smjestišta plinskih polja u Sjevernom Jadranu (preuzeto iz **Velić, 2007**) ..... 6
**Slika 2.3.** Plinski transportni sustav u Hrvatskoj (izvor: http://www.plinacro.hr/, **2015**)... 13
**Slika 2.4.** Projekcija pridobivanja nafte u Hrvatskoj (preuzeto iz **Karasalihović et al., 2009**) ..... 15
**Slika 2.5.** Procjena domaće proizvodnje prirodnog plina u razdoblju do 2030. godine (preuzeto iz **Hrnčević at al., 2008**) ..... 16
**Slika 2.6.** Udjeli u ukupnoj proizvodnji primarne energije u Republici Hrvatskoj (preuzeto iz **Hrnčević at al., 2008**) ..... 17
**Slika 3.1.** Histogram pridobivanja nafte i kondenzata u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine ..... 19
**Slika 3.2.** Histogram pridobivanja plina u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine..... 20
**Slika 3.3.** Histogram odnosa pridobivanja prirodnog plina iz ležišta hrvatskog dijela PBS-a i Jadranskog podmorja (2000.-2013. god.) ..... 21
**Slika 3.4.** Histogram pridobivanja nafte i uvoza u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine. ... 22
**Slika 3.5.** Odnos domaćeg pridobivanja nafte i uvoza nafte u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine ..... 22
**Slika 3.6.** Histogram pridobivanja plina i uvoza u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine .... 23
**Slika 3.7.** Odnos domaćeg pridobivanja i uvoza prirodnog plina u Hrvatsku (2000.-2013.god.) ..... 24
**Slika 4.1.** Shematski prikaz rafinerijske preradbe nafte (**Sertić-Biondić, 2006**)..... 28
**Slika 4.2.** Shematski prikaz produkata preradbe nafte (**Sertić-Biondić, 2006**)..... 31
**Slika 4.3.** Rafinerija nafte Rijeka (izvor: http://hr.wikipedia.org/wiki/Rafinerija_nafte, **2015**) ..... 37
**Slika 4.4.** Rafinerija nafte Sisak (izvor: http://www.glas-slavonije.hr/, **2015**) ..... 39
**Slika 4.5.** Centralna plinska stanica Molve (izvor: www.energetika-net.com, **2015**) ..... 41
**Slika 4.6.** Rafinerijski proizvodi u Hrvatskoj (2000.-2013.god.) ..... 44
**Slika 5.1.** Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj (izvor:***3**) ..... 45
**Slika 5.2**. Potrošnja naftnih derivata u Hrvatskoj (2000.-2013.god.) ..... 49

**Slika 5.3**. Potrošnja loživog ulja u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)..... 49
**Slika 5.4**. Potrošnja ukapljenog plina u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)..... 50
**Slika 5.5**. Potrošnja plina u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)..... 52
**Slika 7.1.** Ukupna količina sirove nafte proizvedene u Hrvatskoj i uvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje ..... 66
**Slika 7.2.** Ukupna količina naftnih derivata proizvedenih u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje ..... 68
**Slika 7.3.** Ukupna količina motornog benzina proizvedenog u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje ..... 69
**Slika 7.4.** Ukupna količina dizelskog goriva proizvedenog u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje ..... 69
**Slika 7.5.** Ukupna količina loživog ulja proizvedenog u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje ..... 70
**Slika 7.6.** Ukupna količina pridobivenoga plina u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje ..... 71

**Popis korištenih oznaka i kratica:**

**PBS** - Panonski bazenski sustav

**JKP -** Jadranska karbonatna platforma

**EOR** - metode povećanja iscrpka (engl. *Enhanced oil recovery*)

**Co** - kobalt

**Mo** - molibden

**Ni** - nikal

**$CH_4$** - metan

**$CO_2$ -** ugljični dioksid

**$H_2S$ -** sumporovodik

**He** - helij

**Hg** - živa

**$N_2$** - dušik

**UNP -** ukapljeni naftni plin (engl. *Liquefied Petroleum Gas – LPG*)

**UPP -** ukapljeni prirodni plin (engl. *Liquefied Natural Gas – LNG*)

**CPS -** Centralna plinska stanica

# 1. UVOD

U današnjoj primjeni izvora energije prednjači uporaba fosilnih goriva koja nastaju kroz milijune godina, a troše se neizmjerno brzo. Gospodarenje energetskim mineralnim sirovinama jedan je od najvažnijih čimbenika razvitka svake države, pa tako i Republike Hrvatske. Energija i sigurnost opskrbljenosti naftom i plinom temelj su gospodarskog razvitka i standarda društva. Trendovi rasta potrošnje i globalizacije uz sebe vežu i ulaganje u istraživanja, tehnologiju i infrastrukturu kako bi se osigurala opskrbljenost naftom i plinom.

Nafta i prirodni plin su osnovne energetske mineralne sirovine i čine od 60 do 80 % ukupne potrošnje energije u većini zemalja u Europi i svijetu i procjena je da će one to ostati do polovice ovog stoljeća. Prirodni plin zadnjih nekoliko godina dobiva sve veći značaj u ukupnoj potrošnji energije.

Republika Hrvatska ima dugu i bogatu povijest iskorištavanja ugljikovodika. Prvo plinsko polje otkriveno je 1917. godine, a prve industrijske količine nafte 1941. godine daje polje Gojlo. Intenzivne aktivnosti istraživanja i eksploatacije nafte i plina u Hrvatskoj traju zadnjih 60 godina, te se danas na području Panonskog bazena intenzivno pridobivaju ugljikovodici (nafta, plin i kondenzat), dok na području Jadranskog mora istraživanje traje preko 40 godina, a pridobivanje prirodnog plina ostvaruje se od 1999. godine.

Glavni gospodarski subjekt u djelatnosti istraživanja i eksploatacije ugljikovodika, te preradbe i trgovine naftom i naftnim derivatima, u Republici Hrvatskoj je INA-Industrija nafte d.d. Zagreb. Preradba nafte u Republici Hrvatskoj odvija se u rafinerijama u Rijeci i Sisku te u pogonu Maziva u Zagrebu.

Cilj rada je prikazati pridobivanje ugljikovodika u Hrvatskoj u razdoblju od 2000. do kraja 2013. godine, ovisnost o uvozu, te stanje preradbe nafte u hrvatskim rafinerijama. Korištenjem statističkih metoda pokušala se upotpuniti slika o vezi između podataka, te je uključen prikaz osnovnih naftnogeoloških okolnosti Hrvatske i dosadašnjeg pridobivanja.

Najveći značaj će se dati preradbi nafte u rafinerijama, s obzirom da je to jedna od aktualnih tema rasprava zadnjih nekoliko godina. Promatrajući trendove bliske prošlosti pokušat će se utvrditi moguća buduća kretanja pridobivanja, preradbe i potrošnje i to povezati s energetskim stanjem.

Unatoč opadanju domaće eksploatacije trebalo bi osigurati energetsku budućnost u Republici Hrvatskoj. Ulaganje u istraživanja, upravljanje procesima iskorištavanja ležišta, razvoj plinskog i naftnog poslovanja kroz transport, nova skladišta za osiguravanje zaliha i niz drugih industrijskih mogućnosti zasigurno su neki od načina kako osigurati opskrbljenost naftom i plinom.

# 2. NAFTA I PLIN U REPUBLICI HRVATSKOJ

Republika Hrvatska svoje potrebe za energijom najvećim dijelom podmiruje korištenjem tekućih i plinovitih goriva, zbog čega uloga nafte i plina ima veliku važnost za gospodarstvo. Temeljna zadaća energetske politike svake zemlje, pa tako i Hrvatske, je osiguranje opskrbe naftom i plinom. Republika Hrvatska dio svojih potreba podmiruje iz vlastite eksploatacije iako je budućnost sve neizvjesnija. Izuzetno je važan daljnji razvoj eksploatacije nafte i plina, ulaganje u nove tehnologije i istraživanja. Nafta i plin se pridobivaju na području Panonskog bazenskog sustava (skr. PBS) već dugi niz godina, a zadnjih dvadesetak godina pridružuje se i plin iz Sjevernog Jadrana (plin iz pliocensko-pleistocenskih klastita).

## 2.1. Naftnogeološke okolnosti Hrvatske

Područje Republike Hrvatske prema geološkom kriteriju dijeli se na Panonski bazenski sustav i Jadransku karbonatnu platformu (skr. JKP). Jadranska karbonatna platforma obuhvaća dvije cjeline, Dinaride i Jadransko podmorje. Najznačajnije pridobivanje nafte i plina ostvareno je na području PBS-a, a kroz zadnja dva desetljeća povećane su pridobivene količine plina zbog eksploatacije u Jadranskom podmorju. Na području Dinarida trenutno nema eksploatacije.

### 2.1.1. Hrvatski dio Panonskog bazenskog sustava

Panonski bazenski sustav dio je pretežito nizinskog područja koji je smješten između Alpa, Karpata i Dinarida. Hrvatskoj pripada njegov jugozapadni dio, koji je približno omeđen rijekama Kupom i Savom na jugu i Dravom na sjeveru (**Velić, 2007**). Panonski bazenski sustav pripada skupini pozadinskih bazena a danas prekriva južni rub europske ploče i manji dio Unutrašnjih Dinarida. Smatra se da je PBS postankom vezan uz alpsku orogenezu (**Velić, 2007**). Subdukcijom u otnangu i konvergencijom Apulijske ploče pod Dinaride započinje stvaranje ovog bazena. U prostoru između njegove tada stvorene južne (perijadranskovardarskog lineamenta) i sjeverne granice (Vanjski Karpati) otvorene su

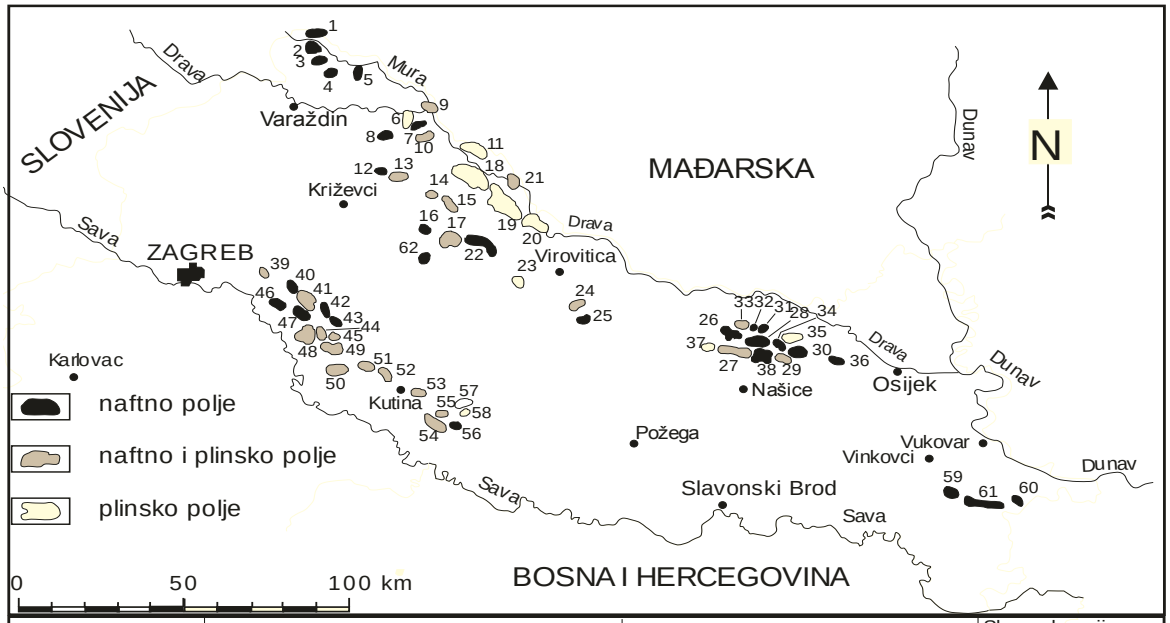
brojne ekstenzije uz desne i lijeve transkurentne rasjedne sustave. Pri tome nastaju bazeni, depresije i uleknine (**Malvić & Velić, 2008**). U podini bazenske ispune se nalaze stijene paleozojske i mezozojske starosti koje su strukturno-tektonski izrazito kompleksne te raznolike litologije.

Prostor hrvatskog dijela Panonskog bazenskog sustava podijeljen je na četiri depresije: Mursku, Dravsku, Savsku i Slavonsko-srijemsku. Granice između depresija čine gorski masivi izgrađeni od magmatita, metamorfita i sedimenata te su njihove najkraće spojnice vidljive u podzemlju kao „pragovi" prekriveni kvartarnim naslagama. Iako je u Dravskoj depresiji velika debljina neogenskih sedimenata (preko 7 km) uz rubna područja bazena u Hrvatskoj su očekivano i logično znatno manje ukupne debljine tih istih sedimenata (500-1500 m). U središnjem dijelu Savske i Murske depresije debljine neogenskih stijena su oko 5500 m, a u Slavonsko-srijemskoj oko 3500 m. Zbog značajki ritmičke sedimentacije može ih se podijeliti u tri neogenska megaciklusa taloženja (**Velić et al., 2002**).

Najstariji, **prvi megaciklus** je donjomiocenske i srednjomiocenske starosti. Trajao je oko 6,8 milijuna godina. Heterogenog je litološkog sastava pa tako ima krupnih klastita (breče, konglomerati, pješčenjaci itd.), sitnih klastita (gline, lapori, tufovi itd.), karbonata (npr. litotamnijski biogeni vapnenci) i mjestimice ugljena. Tu su izdvojene formacije Prečec u Savskoj depresiji i njeni ekvivalenti u drugim depresijama. U istočnom dijelu Dravske depresije i u Slavonsko-srijemskoj depresiji je to Vukovarska formacija, formacija Moslavačka gora u zapadnom dijelu Dravske depresije te formacija Murska Sobota bez vršnog dijela u Murskoj depresiji.

U panonu i pontu je taložen **drugi megaciklus** koji je trajao 5,9 milijuna godina. Naslage su jednoličnog izmjeničnog slijeda pješčenjačkih i siltitnih te laporovitih tijela. Panonske su naslage nastale u brakičnom, a pontske u jezerskom okolišu. U sastavu drugog megaciklusa nalazi se asocijacija naslaga grupe Sava (formacije Ivanić-Grad, Kloštar Ivanić i Široko Polje) iz Savske depresije i zapadnog dijela Dravske depresije, formacije Vera i Vinkovci u istočnom dijelu Dravske i Slavonsko-srijemske depresije, te formacije Lendava i donji dio Murske formacije u Murskoj depresji. Ovaj megaciklus je pod utjecajem kraja ekstenzije.

**Treći megaciklus** je pliocensko-pleistocensko-holocenske starosti. Trajao je oko 5,6 mil. godina i trenutno je otkriveno samo nekoliko ležišta u sedimentima ovog megaciklusa. Stijene trećeg megaciklusa su produkt kontinentalnog okoliša. Treći megaciklus izgrađen je od šljunaka, prapora, pijesaka, glina i lignita.



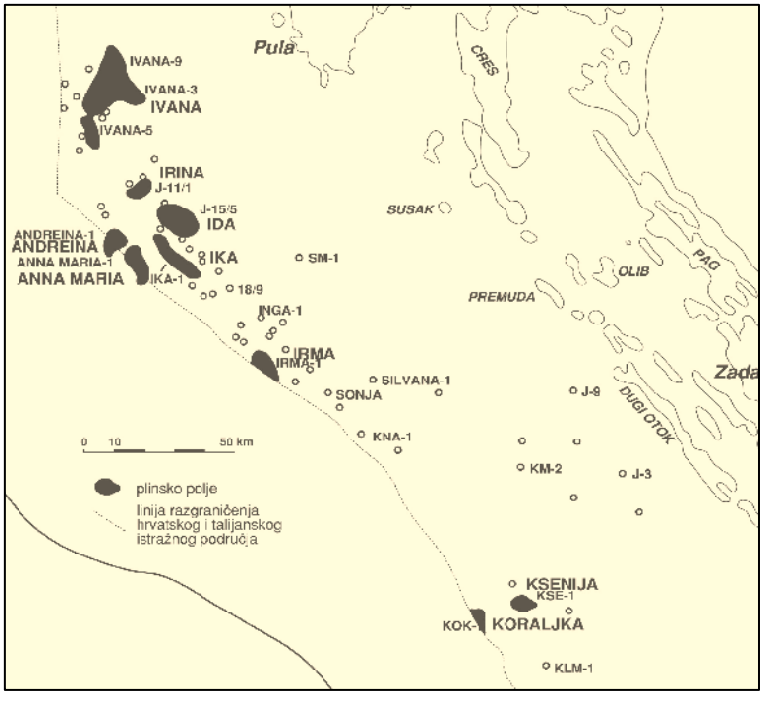

| Murska depresija | Dravska depresija | | Savska depresija | | Slavonsko-srijem. depresija |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Mursko Središće | 10. Peteranec | 25. Cabuna | 39. Dugo Selo | 51. Voloder | 59. Privlaka |
| 2. Zebanec | 11. Gola-Ždala | 26. Crnac | 40. Lupoglav | 52. Mramor-Brdo | 60. Ilača |
| 3. Selnica | 12. Lepavina | 27. Bokši ć | 41. Kloštar Ivani ć | 53. Gojlo | 61. Đeletovci |
| 4. Mihovljan | 13. Jagnjedovac | 28. Beničanci | 42. Šume ćani | 54. Lipovljani | |
| 5. Peklenica | 14. Mosti | 29. Obod | 43. Bunjani | 55. Jamarica | |
| 6. Veliki Otok | 15. Čepel.-Hampovica | 30. Števkovica | 44. Hrastilnica | 56. Kozarica | |
| 7. Kutnjak-Đelekovec | 16. Leti čani | 31. Ku čanci-Kapelna | 45. Vezišće | 57. Janja Lipa | |
| 8. Cvetkovec | 17. Šandrovac | 32. Krunoslavlje | 46. Ježevo | 58. Bujavica | |
| 9. Legrad | 18. Molve | 33. Ladislavci | 47. Ivani ć | | |
| | 19. Kalinovac | 34. Obod-Laci ć | 48. Žutica | | |
| | 20. Stari Gradac | 35. Sje če | 49. Okoli | | |
| | 21. Ferdinandovac | 36. Bizovac | 50. Stružec | | |
| | 22. Bilogora | 37. Obradovci | | | |
| | 23. Gakovo | 38. Kloko čevci | | | |
| | 24. Pepelana | 62. Galovac-Pavljani | | | |

**Slika 2.1.** Smjestišta naftnih i plinskih polja u hrvatskom dijelu Panonskog bazenskog sustava (**Velić, 2007**)

Unutar tih depresija smješteno je 61 naftno, naftno-plinsko te plinsko polje (**slika 2.1**). Neka od ovih polja nisu nikada bila u procesu pridobivanja, a trenutno se eksploatacija ostvaruje na četrdesetak polja. Iskorištavanje nafte najprije je počelo u području Ludbrega i Selnice u Murskoj depresiji, nastavilo se u Savskoj depresiji (polje Gojlo), a do danas je proizvodnja zabilježena na brojnim lokacijama u svim depresijama (**Malvić & Velić, 2008**).

### 2.1.2. Jadransko podmorje

Dio Jadranskog mora koje pripada Republici Hrvatskoj je veći od 54 000 km$^2$. Područje Jadrana je moguće podijeliti u tri dijela s obzirom na dubinu. Prvi je dio između Istre i ušća rijeke Po (dubine do 39 m). Drugi dio se nalazi između poteza Ravenna-Pula i poteza Ancona - Zadar. Dno je razvedenije i dubine je do 70 m. Treći dio koji ima najveće dubine (200-1000 m) se nalazi od poteza Monte Gargano-Pelješac i Mljet prema jugu. Utvrđene stijene u podmorju Jadrana se kreću u rasponu od gornjeg perma (taloženje klastita i evaporita) i donjeg trijasa (taloženje klastita i karbonata, ponegdje u sabkha uvjetima s pravim evaporitima) pa sve do pliokvartara-kvartara (**Velić, 2007**). Jedina cijela depresija koja se nalazi u hrvatskom dijelu Jadrana (uvažavajući liniju razgraničenja prema Italiji) je Dugootočna depresija (nastala u miocenu). Hrvatskom dijelu još pripadaju istočni dijelovi Padske (najveća depresija uz Južnojadransko-albansku u Jadranskom moru) i Srednjojadranske depresije koje su nastale u pliocenu. Debljine sedimenata, pretežno klastita oligocenske, miocenske, pliocenske, pleistocenske i holocenske starosti dosežu i do 10 000 m u Padskoj depresiji.




**Slika 2.2.** Smjestišta plinskih polja u Sjevernom Jadranu (preuzeto iz **Velić, 2007**)

Do danas provedena istraživanja rezultirala su otkrićem plinskih ležišta u sedimentima donjeg pleistocena, odnosno kvartara. Radi se o četiri značajnija polja: Ika, Ivana, Marica i Anamarija, te o nizu manjih, kao što su Ida, Irina, Irma, Katarina, Isabela (**slika 2.2**). Plin se nalazi u rahlim pijescima metarskih debljina, smještenih dosta plitko (od 500-1000 m) (**Velić, 2007**).

## 2.2. Dosadašnje pridobivanje, karakteristike ležišta i rezerve u Hrvatskoj

Na temelju povijesnih podataka Hrvatska se nalazi među nekoliko zemalja u kojima se polovicom 19. stoljeća istraživala, vadila i prerađivala nafta. Dakako mogu se naći brojni povijesni zapisi koji sežu i mnogo dalje u prošlost, a govore o pojavama nafte i njenoj upotrebi. Nafta i njeni prirodni derivati skupljali su se samo na prirodnim izdancima u posebno izrađenim jarcima i bunarima. Godine 1917. u Bujavici otkriveno je prvo značajnije ležište prirodnog plina. Prve industrijske količine nafte ostvaruju se na polju Gojlo 1941. godine koje predstavlja prvo najznačajnije hrvatsko naftno polje. Naftno-plinsko ležište Gojlo otkriveno je 1930. godine.

U razdoblju od 1941. do 2005. godine na području hrvatskog dijela Panonskog bazenskog sustava pridobiveno je $104\times10^6$ $m^3$ nafte (39 polja), $6{,}93\times10^6$ $m^3$ kondenzata (11 polja) te $64{,}92\times10^9$ $m^3$ plina (52 polja). Period od 1959. do 1989. godine može se opisati kao visoko uspješan period u istraživanju i otkrivanju novih polja (**Velić et al., 2012**). Broj otkrivenih ležišta nafte naglo je porastao 60-ih godina, a plina 80-ih godina. Najveći broj otkrivenih polja (12) bio je u razdoblju od 1980.-1989. godine, a nakon čega slijedi nagli pad. Najstarija polja su Gojlo, Šumečani, Bunjani, Kloštar i Dugo selo (početak pridobivanja je između 1941. i 1957.god.) dok su najmlađa polja Đeletovci i Privlaka (1984), Bizovac i Letičani (1989) te Galovac-Pavljani (1991).

Prema **Velić et al. (2012)** polja u Hrvatskoj se na temelju njihove kumulativne proizvodnje mogu grupirati u četiri skupine:

1) velika polja, pridobivene količine veće od $10^6$ $m^3$ nafte/kondenzata ili veće od $10^9$ $m^3$ plina;

2) srednja polja, pridobivene količine od $10^5$-$10^6$ $m^3$nafte/kondenzata ili više od $10^8$ - $10^9$ $m^3$plina;
3) mala polja, pridobivene količine od $10^4$-$10^5$ $m^3$nafte, < $10^5$ $m^3$ kondenzata ili više od $10^8$-$10^9$ $m^3$ plina;
4) jako mala polja, pridobivene količine manje od $10^4$ $m^3$ nafte ili manje od $10^7$ $m^3$ plina.

Pridobivene količine iz velikih polja (skupina 1) čine 93,07 % od ukupnih količina pridobivenih do 2005. godine. Polja iz prve grupe okarakterizirana su dugim periodom pridobivanja, kao što su polja Mramor brdo (80 godina), Okoli (74 godine) i Stružec (72 godine).

**Tablica 2-1.** Karakteristike naftnih polja po skupinama (preuzeto iz **Velić et al., 2012**)

| | **1. skupina VELIKA POLJA** | **2. skupina SREDNJA POLJA** | **3. skupina MALA POLJA** | **4. skupina VRLO MALA POLJA** |
|---|---|---|---|---|
| **Geološki podaci** | | | | |
| **Depresije** | Savska, Dravska i Slavonsko-srijemska | Savska, Dravska i Slavonsko-srijemska | Savska, Dravska i Murska | Dravska |
| **Starost** | panon i pont | srednji miocen, mezozoik, paleozoik | srednji miocen | gornji miocen, pliocen |
| **Litologija ležišnih stijena** | pješčenjaci i breče | karbonati i metamorfne stijene | breče, pješčenjaci | pješčenjaci |
| **Vrsta zamke** | strukturna, strukturno-stratigrafska | strukturna, strukturno-stratigrafska | strukturno-stratigrafska | strukturna, strukturno-stratigrafska |
| **Statistički podaci** | | | | |
| **Broj polja** | 8 | 11 | 18 | 3 |
| **Apsolutna dubina (m)** | -570 do -1700 | -310 do -2280 | -790 do -2350 | -570 do -1960 |
| **Prosječni broj ležišta** | 13 | 5 | 5 | 2 |
| **Udio u ukupnom pridobivanju (%)** | 93,067 | 6,67 | 0,26 | 0,003 |
| **Predviđeno trajanje pridobivanja (godine)** | 55 | 46 | 36 | 10 |
| **Petrofizikalni podaci** | | | | |
| **Šupljikavost (%)** | 16,90-22,39 | 12,01-16,33 | 16,27-18,48 | 14,29-18,32 |
| **Propusnost ($10^{-15}$ $m^2$)** | 3,73-384,00 | 8,16-196,60 | 2,9-92,3 | 25,17-832,96 |
| **Prosječna gustoća ($kg/m^3$)** | 847,6 | 873,6 | 857,96 | 832,96 |

Podjela na skupine podržana je i analizom iscrpka, broja ležišta, šupljikavosti i propusnosti, starosti i litologije ležišnih stijena. Prema **Velić et al. (2012)** karakteristike ležišta (**tablica 2-1 i 2-2**) dobivene su pomoću podataka iz 39 naftnih polja, 52 plinska polja i 8 polja koja nisu nikad bila u proizvodnji. Podaci o kondenzatnim ležištima su iz 11 aktivnih polja i za jedno nedavno otkriveno polje. Uključena je i statistička analiza koja se odnosi na pješčenjačka ležišta mlađeg ponta (**Malvić et al., 2005; Saftić et al., 2001**).

Ležišne stijene prve skupine (velika polja) za naftna polja su uglavnom pješčenjaci panona i ponta te breče badenske starosti (polje Beničanci). Skupina 2, 3 i 4 uključuje ležišne stijene različitih litologija i starosti (**tablica2-1**). Na području Dravske depresije to su efuzivne stijene, pješčenjaci, breče i konglomerati badenske starosti dok druga ležišta uključuju i karbonate (trijas, kreda, oligocen-miocen). Ležišne stijene u Slavonsko-srijemskoj depresiji su paleozojski graniti, gnajsovi, škriljavci i dijabazi, a također i konglomerati, breče i pješčenjaci badena. Ove stijene odgovaraju uglavnom prvom i drugom neogenskom megaciklusu taloženja, a samo je nekoliko ležišta u hrvatskom dijelu Panonskog bazena koja su otkrivena u sedimentima trećeg megaciklusa **Velić et al. (2012)**. Prva skupina ima visoke vrijednost šupljikavosti i propusnosti, čime je i ostvaren bolji iscrpak.

Ležišne stijene plinskih polja su paleozojske i mezozojske starosti u 10 polja, srednjomiocenske u 22 polja i gornjomiocenske u 20 polja. Podjela na četiri skupine za plinska polja nema pravilnosti s obzirom na starost ležišnih stijena, stijene različitih starosti mogu se naći u svim skupinama. Predviđen period pridobivanja za plinska polja je u rasponu od 10 do 31 godinu (**tablica2-2**).

**Tablica 2-2.** Karakteristike plinskih i kondenzatnih polja (kondenzati su označeni kosim slovima i zvjezdicama* za geološke podatke) (preuzeto iz **Velić et al., 2012**)

| | **1. skupina VELIKA POLJA** | **2. skupina SREDNJA POLJA** | **3. skupina MALA POLJA** | **4. skupina VRLO MALA POLJA** |
|---|---|---|---|---|
| **Geološki podaci** | | | | |
| **Depresije** | Dravska*, Savska, Sjeverni jadran | Dravska*, Savska* | Dravska*, Savska i Slavonsko-srijemska, Murska* | Dravska*, Savska, *Murska* |
| **Starost** | paleozoik*, mezozoik*, miocen*, pliocen, kvartar | mezozoik*, miocen*, *pliocen* | paleozoik, mezozoik, miocen*, *pliocen* | paleozoik, mezozoik, pliocen |
| **Litologija ležišnih stijena** | magmatske*, metamorfne* karbonati*,breče*, pješčenjaci | karbonati*, breče*, pješčenjaci* | karbonati, breče, pješčenjaci* | magmatske stijene, breče, pješčenjaci |
| **Vrsta zamke** | strukturna*, strukturno-stratigrafska | strukturna*, strukturno-stratigrafska | strukturna*,strukturno-stratigrafska*, stratigrafska | strukturna, strukturno-stratigrafska |
| **Statistički podaci** | | | | |
| **Broj polja** | 13 (+2) | 16 (+3) | 18 (+6) | 5 |
| **Apsolutna dubina (m)** | -150 do -3054<br>*-2950 do -3050* | -240 do -3400<br>*-1450 do -3400* | -240 do -2230<br>*-710 do -1920* | -350 do -2110 |
| **Prosječni broj ležišta** | 13<br>*1* | 6<br>*6* | 5<br>*8* | 5 |
| **Udio u ukupnom pridobivanju (%)** | 90,75<br>*82,13* | 7,83<br>*17,63* | 1,38<br>*0,24* | 0,04 |
| **Predviđeno trajanje pridobivanja (godine)** | 31<br>*37,5* | 26<br>*34* | 10<br>*26* | |
| **Petrofizikalni podaci** | | | | |
| **Šupljikavost (%)** | 16,60-25,23<br>*(11,17-16,97)* | 16,39-21,96<br>*(16,52-21,28)* | 14,31-18,21<br>*(3,50)* | 12,28-15,,64 |
| **Propusnost ($10^{-15}$ $m^2$)** | 5,87-184,69<br>*(2,07-32,10)* | 4,96-30,51<br>*(14,77-20,79)* | 30,20-151,82<br>*(0,08-20,70)* | 2,85-13,25 |
| **Relativna prosječna gustoća plina (zrak=1)** | 0,672<br>*(784,0 kg/$m^3$)* | 0,705<br>*(720,0 kg/$m^3$)* | 0,678<br>*(723,9 kg/$m^3$)* | |

Prema **Velić et al. (2010)** ukupne geološke rezerve iznose $740\times10^6$ $m^3$ ekvivalenata nafte. Početne rezerve nafte su $112\times10^6$ $m^3$, kondenzata $10{,}74\times10^6$ $m^3$ te plina 100,67 $10^9$ $m^3$. Razlika između procijenjenih početnih rezervi i ukupno pridobivenih količina daje preostale rezerve koje su prikazane u **tablici 2-3** gdje su količine kondenzata prikazane u zagradi. Preostale rezerve nafte iznose $8{,}01\times10^6$ $m^3$ a plina $35{,}76\times10^9$ $m^3$. **Dobrova et al. (2003)** prema preostalim rezervama svrstao je 2002. godine Hrvatsku na treće mjesto među državama središnje i istočne Europe, ali prema novim podacima vrijednosti preostalih rezervi su niže.

Najznačajnije količine rezervi nafte nalaze u području Panonskog bazena, a prirodnog plina na području Dravske depresije (eksploatacijska polja Molve i Kalinovac). Intenzivnijim istraživanjima u zadnjih 20-ak godina također su utvrđene i značajne rezerve prirodnog plina u Sjevernom Jadranu.

**Tablica 2-3.** Preostale rezerve ugljikovodika u Hrvatskoj (preuzeto iz **Malvić et al., 2011**)

| **Dobrova et al.,2013** | | | | | | **Velić et al.,2010.** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Početne rezerve | | Ukupno prdobiveno | | Preostale rezerve | | Početne rezerve | | Ukupno prdobiveno | | Preostale rezerve | |
| nafta | plin | nafta | plin | nafta | plin | nafta | plin | nafta | plin | nafta | plin |
| **141,18** | **108,11** | **109,70** | **26,16** | **31,48** | **81,95** | **112,06 (10,73)** | **100,67** | **104,45 (6,93)** | **64,91** | **8,01** | **35,76** |
| Nafta $10^6$ $m^3$; Plin $10^9$ $m^3$ | | | | | | | | | | | |

Pridobivanje i iskorištavanje ležišta ostvaruje se kroz nekoliko faza. Dva su načina iznošenja nafte na površinu: samoizlijevanjem (erumpiranjem) i mehaničkim podizanjem. Bušotine erumpiraju naftu u početnoj fazi iskorištavanja ležišta, tj. **primarnoj** fazi kada se ležišta iskorištavaju djelovanjem prirodne ležišne energije (otopljeni plin u nafti, plin u plinskoj kapi i stlačena podinska voda). U **sekundarnoj** se fazi poboljšava učinkovitost iskorištavanja ležišta fizičkim djelovanjem, najčešće vodom. Kada tlak ležišta postane nedostatan za iznošenje nafte na površinu, primjenjuje se podizanje s pomoću dubinskih sisaljki (klipne i centrifugalne). Dio preostale nafte može se dobiti i u **tercijarnoj fazi**, metodama za povećanje iscrpka (engl. EOR- *Enhanced oil recovery*). Iscrpak se povećava utiskivanjem kemikalija, korištenjem toplinske energije te utiskivanjem plina.

U Hrvatskoj nafta se pridobiva pomoću prirodne ležišne energije, zavodnjavajem, plinskim liftom i dubinskim sisaljkama. Najčešća sekundarna metoda je utiskivanje vode. Zadnjih dvadeset godina primjena utiskivanja $CO_2$ pod uvjetima miješanja testirana je za 14 polja u laboratorijima INE (**Goričnik & Domitrović, 2003; Novak et al., 2013 a, b**) te analizirana i na RGN fakultetu (**Novak, 2015; Vulin, 2010**). Ova metoda za 33 % ležišta pokazala je potpunu mješljivost, a za 59 % polja djelomičnu mješljivost. Postignuti iscrpak za neka od najvećih hrvatskih polja iznosi samo 16 % (Žutica), Kloštar 31 %, Stružec 39 % te čak 51 % na polju Beničanci.

Prema nekim istraživanjima koja su provedena za Panonski bazenski sustav, generirano je 2 do 4 puta više nafte nego što je utvrđeno u postojećim ležištima (**Malvić et al., 2011**). Iako su to možda precijenjenje vrijednosti, značajan dio rezervi ugljikovodika može se dobiti povećanjem iskoristivosti ležišta i otkrivanjem novih. Prema **Velić et al. (2012)** značajnija ležišta mogu se očekivati u sedimentima neogenske podloge, uz rubove depresija ili gdje postoje izdignuća u paleoreljefu, te u stratigrafskim zamkama unutar panonskih i pontskih sedimenata. Sedimenti gornjeg i donjeg miocena sastoje se od raznovrsnih litofacijesa zbog čega se mogu očekivati stratigrafske zamke.

## 2.3. Transport nafte i plina

Transport nafte u Hrvatskoj odvija se Jadranskim naftovodom (JANAF). Jadranski naftovod izgrađen je 1979. godine kao međunarodni sustav transporta nafte od tankerske luke i terminala Omišalj do domaćih i inozemnih rafinerija u istočnoj i središnjoj Europi. Projektirani kapacitet cjevovoda je 34 milijuna tona transporta nafte godišnje, a instalirani 20 milijuna tona. Kapacitet skladišta na terminalima Omišalj, Sisak i Virje iznosi $1{,}3\times10^6$ $m^3$ za sirovu naftu, a 100 000 $m^3$ za derivate nafte u Omišlju i Zagrebu.

Sustav JANAF-a sastoji se od:

• prihvatno-otpremnog terminala Omišalj na otoku Krku;

• cjevovoda dugačkog 622 kilometra s dionicama: Omišalj-Sisak; Sisak-Virje (s dionicom do Lendave)-Gola (hrvatsko-mađarska granica); Sisak-Slavonski Brod (s dionicom do Bosanskog Broda)-Sotin (hrvatsko-srbijanska granica)

• prihvatno-otpremnih terminala u Sisku, Virju i kod Slavonskog Broda;

• podmorskog naftovoda Omišalj-Urinj koji povezuje terminal Omišalj na otoku Krku s INA-Rafinerijom nafte Rijeka na kopnu. Cjevovod je ukupne duljine 7,2 km, od čega je približno 6 km podmorski dio (**JANAF d.d., 2015**).

Transport prirodnog plina je regulirana energetska djelatnost koja se obavlja kao javna usluga i predstavlja osnovnu djelatnost tvrtke PLINACRO koja je vlasnik i operator plinskog transportnog sustava (**slika 2.3**) te raspolaže s ukupno 2662 km cjevovoda.




**Slika 2.3.** Plinski transportni sustav u Hrvatskoj (izvor: http://www.plinacro.hr/, **2015**)

U 2013. godini transport plina se odvijao putem 2410 km plinovoda. Plin je u transportni sustav preuziman preko devet priključaka na ulaznim mjernim stanicama, od kojih je šest u funkciji prihvata plina iz proizvodnih polja na teritoriju Republike Hrvatske, dva su priključka međunarodna i u funkciji su prihvata plina iz uvoznih dobavnih pravaca (Slovenija i Mađarska), dok je jedan priključak u funkciji povlačenja plina iz podzemnog skladišta Okoli. Transportni sustav omogućuje predaju plina na području 17 županija. U Hrvatskoj je u 2013. godini poslovalo 36 tvrtki koje su se bavile distribucijom prirodnog plina. Duljina distribucijske plinske mreže za plin iznosi 17 242 km (**PLINACRO d.o.o., 2015**).

U vlasništvu tvrtke PLINACRO nalazi se i skladište plina Okoli. Projektirani radni obujam podzemnog skladišta plina Okoli iznosi 553 milijuna $m^3$. Maksimalni kapacitet utiskivanja iznosi 3,84 milijuna $m^3$/dan, a maksimalni kapacitet crpljenja 5,76 milijuna $m^3$/dan. Tehnološki proces se odvija u dva ciklusa: ciklus utiskivanja (travanj-listopad) i ciklusu povlačenja (listopad-travanj).

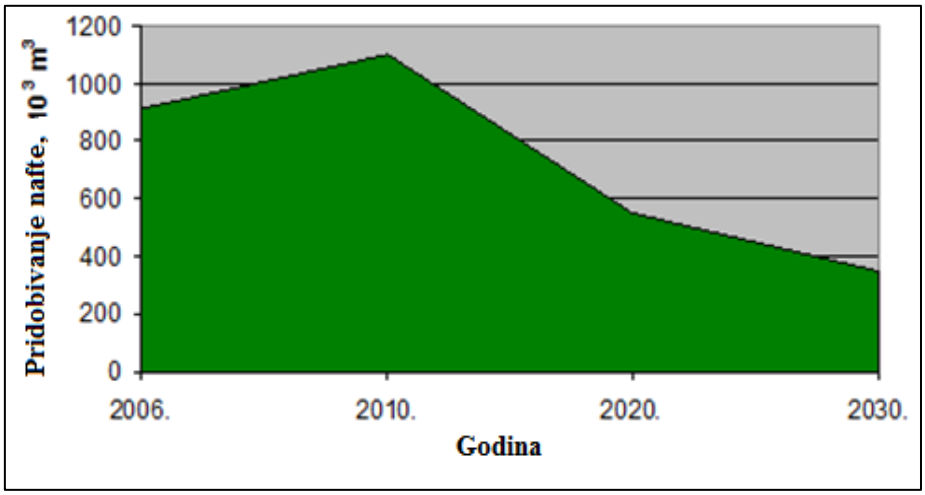
Prirodni plin se na području Panonskog bazena najvećim dijelom pridobiva iz ležišta Molve i Kalinovac. Na polju Molve su izgrađena postrojenja za preradbu i pripremu plina za transport-Centralne plinske stanice Molve I, II i III.

## 2.4. Sigurnost opskrbljenosti naftom i plinom u Hrvatskoj

Porast potrošnje svih oblika energije nameće rješavanje opskrbe svim izvorima energije u budućnosti, a posebno nafte i plina. Budući da eksploatacija nafte i plina ima svoj vijek, bitno je voditi brigu o potrošnji i korištenju tih resursa. Raspolaganje i opskrba resursima temeljna je zadaća energetske politike svake zemlje pa tako i Hrvatske, s obzirom na činjenicu da se oko 70 % potreba energije podmiruje korištenjem tekućih i plinovitih ugljikovodika. U nastavku će biti iznesene procjene pridobivanja i potrošnje nafte i plina koje su načinili **Karasalihović-Sedlar et al. (2009)**.

**Karasalihović-Sedlar et al. (2009)** procjenjuje kako će uloga tekućih goriva u energetskoj potrošnji u Hrvatskoj i dalje biti vrlo značajna te da se njihov udio neće znatnije smanjivati

u razdoblju do 2020. pa i do 2030. godine. Očekuje se porast potrošnje tekućih goriva u neposrednoj potrošnji od oko 2 % godišnje u razdoblju do 2030. godine.

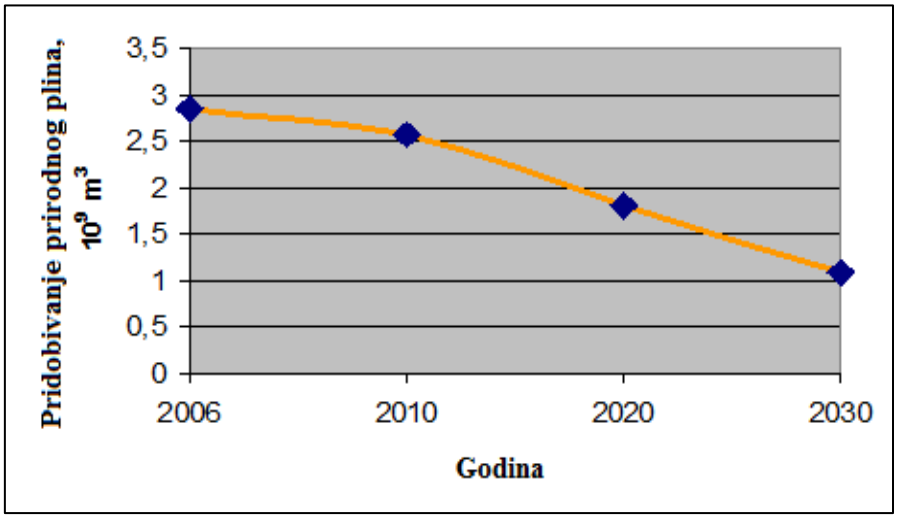



**Slika 2.4.** Projekcija pridobivanja nafte u Hrvatskoj (preuzeto iz **Karasalihović et al., 2009**)

Na **slici 2.4** prikazana je projekcija pridobivanja nafte i kondenzata. Prilikom proračuna projekcija pridobivanja nafte i kondenzata za razdoblje do 2020. godine u obzir je uzeta buduće pridobivanje nafte i kondenzata na postojećim domaćim eksploatacijskim poljima i korištenje novih tehnologija i metoda (EOR metode). Predviđa se rast zavisnost o uvoznoj nafti koja će nakon 2020. god. činiti preko 90 % ukupnih potreba za naftom u Hrvatskoj. Nakon 2020. godine osobito važno postaje uključivanje energetske infrastrukture u infrastrukturu neposrednog i šireg okruženja, te diversificiranje opskrbe novim izvorima i osiguranje novih pravaca uvoza, a time i osposobljavanje energetskog sustava Republike Hrvatske. Kako bi se omogućio razvoj strateških zaliha nafte potrebno je osigurati dodatne skladišne kapacitete.

Posljednja dva desetljeća potrošnja prirodnog plina značajno raste, a prirodni plin dobiva stratešku ulogu. Predviđa se da će udio prirodnog plina u svjetskoj potrošnji energije do 2050. godine porasti, sa sadašnjih 23 %, na gotovo 45 %. U Hrvatskoj se prema **Hrnčević et al. (2008)** predviđa porast potrošnje prirodnog plina u neposrednoj potrošnji po stopi od 4,2 % godišnje do 2020. godine.

Procjena budućeg pridobivanja prirodnog plina u Republici Hrvatskoj u razdoblju do 2030. godine prikazana je na **slici 2.5**. Vidljivo je kako će u budućnosti proizvodnja prirodnog plina padati. Prema predviđanjima uvozom prirodnog plina 2015. godine će se zadovoljavati 50 % domaćih potreba za prirodnim plinom, a nakon 2020. god. 65 % domaćih potreba.

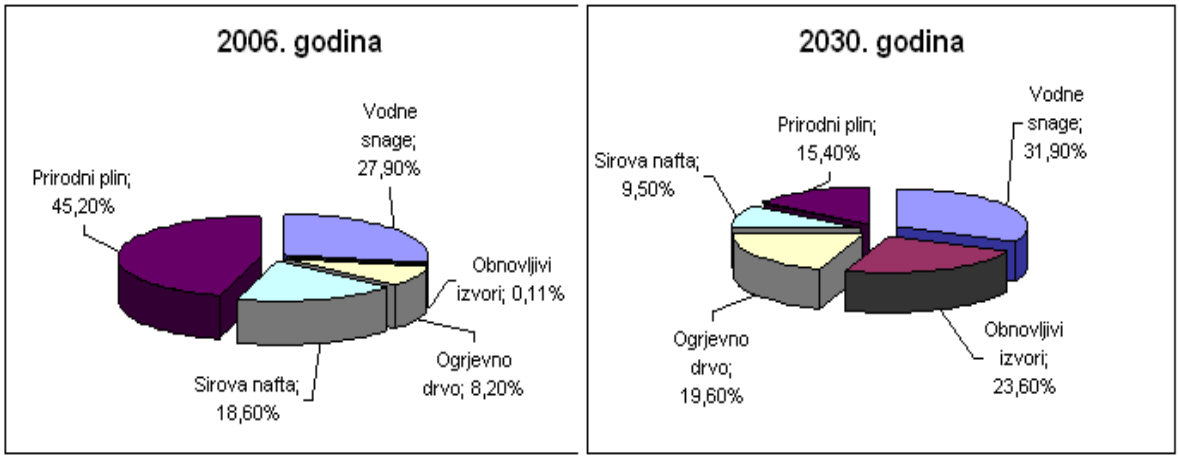



**Slika 2.5.** Procjena domaće proizvodnje prirodnog plina u razdoblju do 2030. godine (preuzeto iz **Hrnčević at al., 2008**)

Iz sve veće uvozne zavisnosti, koja je posljedica porasta potrošnje, proizlazi i porast osjetljivosti energetskog sektora i time cjelokupnog gospodarstva Republike Hrvatske. Razvoj potreba za prirodnim plinom u Republici Hrvatskoj i uključivanje u energetsku infrastrukturu neposrednog i šireg europskog okruženja nalaže osiguranje novih pravaca uvoza prirodnog plina i dovršetak izgradnje hrvatskog transportnog sustava. Sigurnost opskrbe prirodnim plinom bitno će se povećati izgradnjom terminala za UPP i njegovih velikih skladišnih kapaciteta.

Prema predviđanjima, prateći dosadašnji trend smanjenja proizvodnje, 2030. god. vlastita opskrbljenost ukupnom primarnom energijom u Hrvatskoj će iznositi od 21 do 23 %. Obzirom na navedena predviđanja, vidljivo je da će Hrvatska sve više ovisiti o uvozu energenata. U domaćoj proizvodnji primarne energije najvećim udjelom sudjeluju nafta i prirodni plin, čiji će udio u razdoblju do 2030. godine biti na razini oko 25 % (**slika 2.6**). S

obzirom da će nafta i prirodni plin u ukupnoj potrošnji energije 2030. god. sudjelovati s oko 60-70 %, dostatne količine navedenih energenata će se osigurati uvozom (**Hrnčević et al., 2008**).




**Slika 2.6.** Udjeli u ukupnoj proizvodnji primarne energije u Republici Hrvatskoj (preuzeto iz **Hrnčević at al., 2008**)

# 3. PRIDOBIVANJE I UVOZ NAFTE I PLINA U HRVATSKU OD 2000. DO 2013. GODINE

Pregled pridobivanja ugljikovodika u Republici Hrvatskoj obrađen je za period od 1. siječnja 2000. do 31. prosinca 2013. godine. Obrazlažu se i iznose podaci dobiveni iz Ministarstva gospodarstva, Uprava za energetiku i rudarstvo (Sektor za rudarstvo). Podaci o uvozu sirove nafte te plina dobiveni su iz Uprave za energetiku i rudarstvo (Sektor za energetiku: *Energija u Hrvatskoj*).

## 3.1. Pridobivanje nafte i plina u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine

Bilančne rezerve Republike Hrvatske prikazane su u **tablici 3-1** za 2013. godinu. Iznosile su 21 387×$10^6$ $m^3$ plina i 13 471×$10^3$ $m^3$ nafte i kondenzata. U bilančne rezerve uvrštavaju se utvrđene količine nafte, kondenzata i prirodnog plina u ležištu koje se poznatom tehnikom i tehnologijom mogu rentabilno iskoristiti.

**Tablica 3-1.** Bilančne rezerve nafte, kondenzata i prirodnog plina u Hrvatskoj (preuzeto iz ***1,*2, *3***)

| **Bilančne rezerve/godina** | **2000.** | **2005.** | **2010.** | **2013.** |
|---|---|---|---|---|
| **Prirodni plin ($10^6$ $m^3$)** | 29 205 | 30 359 | 31 587 | 21 387 |
| **Nafta i kondenzat ($10^3$ $m^3$)** | 11 474 | 9331 | 10 482 | 13 471 |

Količine pridobivenih ugljikovodika razvrstani kao nafta i kondenzat (tekući ugljikovodici) te prirodni plin prikazane su u **tablici 3-2**. Razvidno je da količine nafte i kondenzata opadaju, a plina osciliraju.

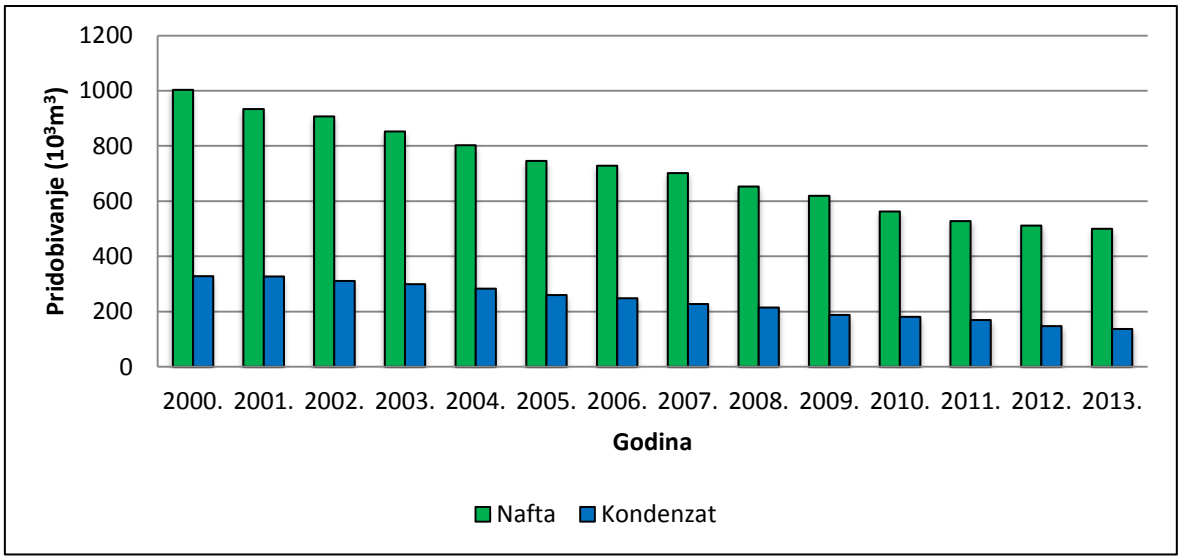
**Tablica 3-2.** Količine pridobivanja nafte, kondenzata i prirodnog plina u Hrvatskoj (preuzeto iz ***1,*2, *3***)

| **Pridobivanje/godina** | **2000.** | **2005.** | **2010.** | **2013.** |
|---|---|---|---|---|
| **Kondenzat ($10^3$ $m^3$)** | 329 | 260 | 181 | 137 |
| **Nafta ($10^3$ $m^3$)** | 1004 | 746 | 563 | 500 |
| **Prirodni plin ($10^6$ $m^3$)** | 1888 | 2432 | 2833 | 1963 |

U razdoblju od 2000. do 2013. godine ukupno je pridobiveno 12 478×$10^3$ tona nafte i kondenzata te 32 675×$10^6$ $m^3$ prirodnog plina. Sirova nafta se 2013. godine pridobivala iz 33 naftna polja, a plinski kondenzat iz osam plinsko-kondenzatnih polja. Prirodni plin pridobivao se iz 16 plinskih polja Panonskog bazena i 9 plinskih polja Jadranskog podmorja (2013. godina).

### 3.1.1. Pridobivanje nafte i kondenzata

Količine pridobivene nafte i kondenzata prikazane su na **slici 3.1**, u obliku histograma. Primjetan je trend opadanja u pridobivanja nafte i kondenzata u promatranom razdoblju. Količine pridobivene 2013. godine su upola manje u odnosu na 2000. godinu i iznose 500×$10^3$ $m^3$ za naftu.

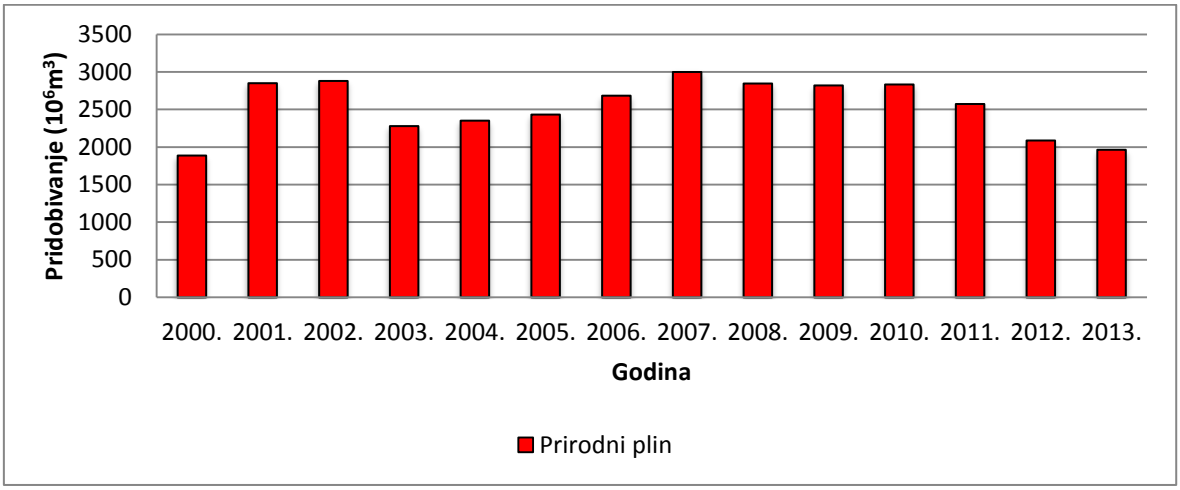



**Slika 3.1.** Histogram pridobivanja nafte i kondenzata u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine

### 3.1.2. Pridobivanje plina

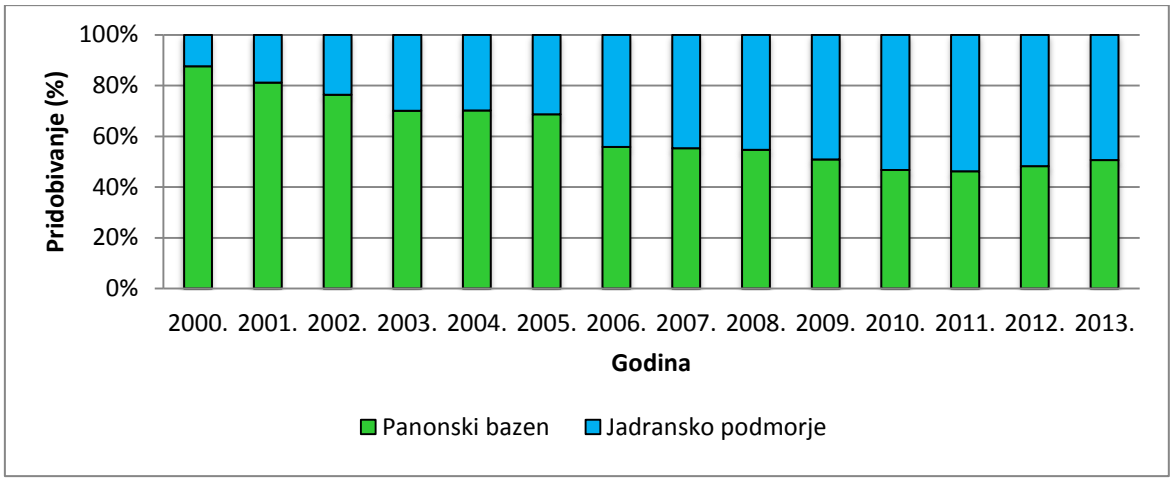
Pridobivene količine plina u Hrvatskoj, u razdoblju od 2000. do 2013. godine znatno su varirale. Najveće količine ostvarene su 2007. godine (približno 3000×$10^6$ $m^3$) nakon čega

je slijedilo opadanje u količini pridobivenog plina te u 2013. godini iznosi približno $2000 \times 10^6\ m^3$ (**slika 3-2**).




**Slika 3.2.** Histogram pridobivanja plina u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine

Budući da se plin u Hrvatskoj pridobiva iz dvije cjeline, na hrvatskom dijelu PBS-a i Jadranskog podmorja) ukupna količina pridobivenog plina je u ovisnosti o količinama dobivenim iz pojedinih cjelina i njihovom međusobnom odnosu. Na **slici 3.3** može se uočiti da je na početku promatranog razdoblja najvažniju ulogu u ukupnom pridobivanju imala količina pridobivena iz ležišta Panonskog bazenskog sustava. Preokret u eksploataciji označava 2009. godina kada najveći udio pridobivenog plina ima Jadransko podmorje, a na samom kraju promatranog razdoblja njihov odnos se opet izjednačava. Uspoređujući količine plina crpljene iz hrvatskog dijela PBS-a i u Jadranskom podmorju razvidno je da se njihov omjer ustabilio na približno 50 %.




**Slika 3.3.** Histogram odnosa pridobivanja prirodnog plina iz ležišta hrvatskog dijela PBS-a i Jadranskog podmorja (2000.-2013. god.)

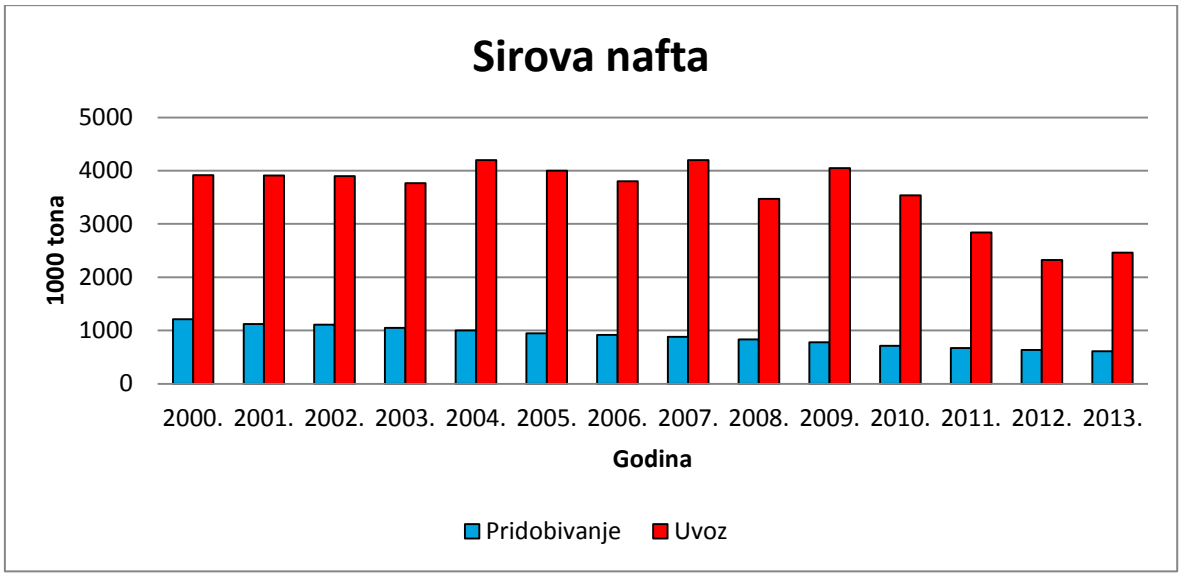
## 3.2. Uvoz nafte i plina u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine

Republika Hrvatska svoje potrebe za fosilnim gorivima samo djelomično podmiruje vlastitim pridobivanjem nafte i prirodnog plina, dok veći dio uvozi. Budući da količine nafte i plina koje su pridobivene iz hrvatskih eksploatacijskih polja nisu dostatne za potrebe potrošnje u Republici Hrvatskoj, uvoz nafte i plina je nužan.

**Tablica 3-3**. Količine uvoza nafte i prirodnog plina u Hrvatsku (preuzeto iz ***1,*2, *3**)

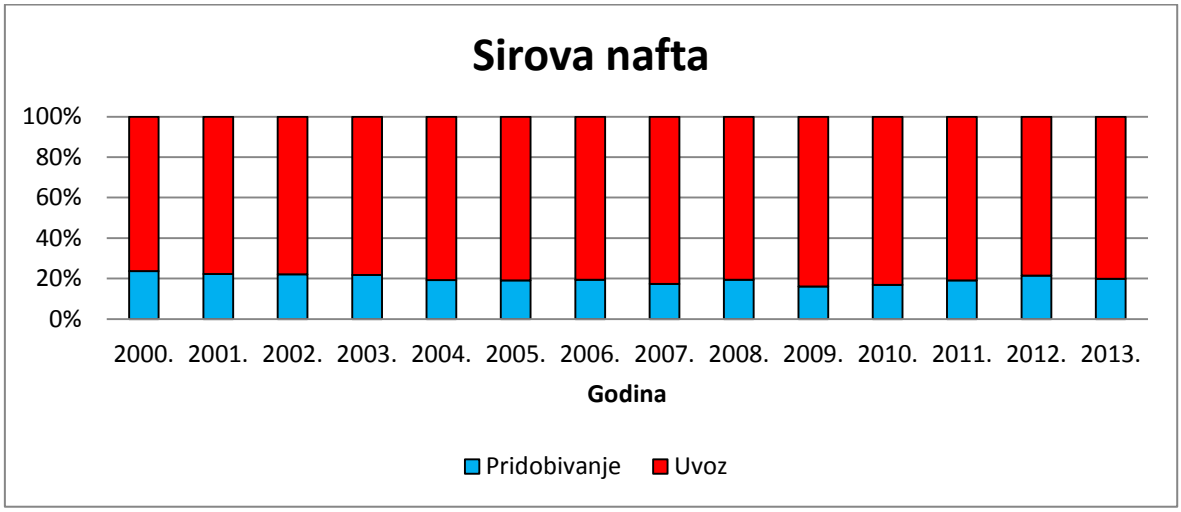
| **Uvoz/godina** | **2000.** | **2005.** | **2010.** | **2013.** |
|---|---|---|---|---|
| **Prirodni plin ($10^6$ m$^{3)}$** | 1108 | 1134 | 1069 | 1270 |
| **Nafta (1000 tona)** | 3914 | 3998 | 3536 | 2461 |

Tijekom promatranoga razdoblja, od 2000. do 2013. godine, ukupna količina uvezene sirove nafte iznosi 50 360×$10^3$ tona. Količine uvezene nafte su se mijenjale ovisno o pojedinoj godini (**tablica 3-3)**. Trend uvoza nije pravilan, ali može se uočiti da je uvezena količina zadnje tri godine bila bitno manja u odnosu s najvećom uvezenom količinom koja je ostvarena 2004. i 2007. godine (**slika 3.4**). Količina nafte koja je pridobivena u Hrvatskoj ima pravilan trend opadanja u promatranom razdoblju.



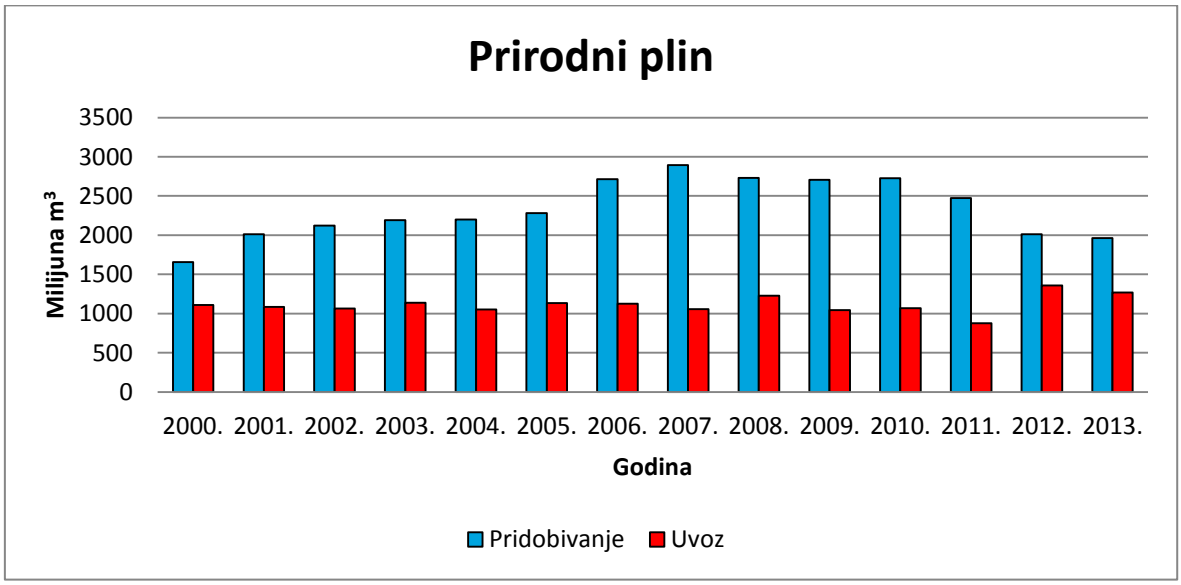

**Slika 3.4.** Histogram pridobivanja nafte i uvoza u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine.

Pridobivanjem nafte i kondenzata na domaćim eksploatacijskim poljima pokriva se 20 % domaćih potreba za sirovom naftom. Kada se gleda međusobni odnosa uvoza i domaćeg pridobivanja može se zaključiti da se približno 80 % raspoloživih količina podmiruje iz uvoza (**slika 3.5**). Taj se omjer bitno nije mijenjao tokom godina iako je opadalo pridobivanje u Hrvatskoj, jer također opadao je i uvoz.




**Slika 3.5.** Odnos domaćeg pridobivanja nafte i uvoza nafte u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine

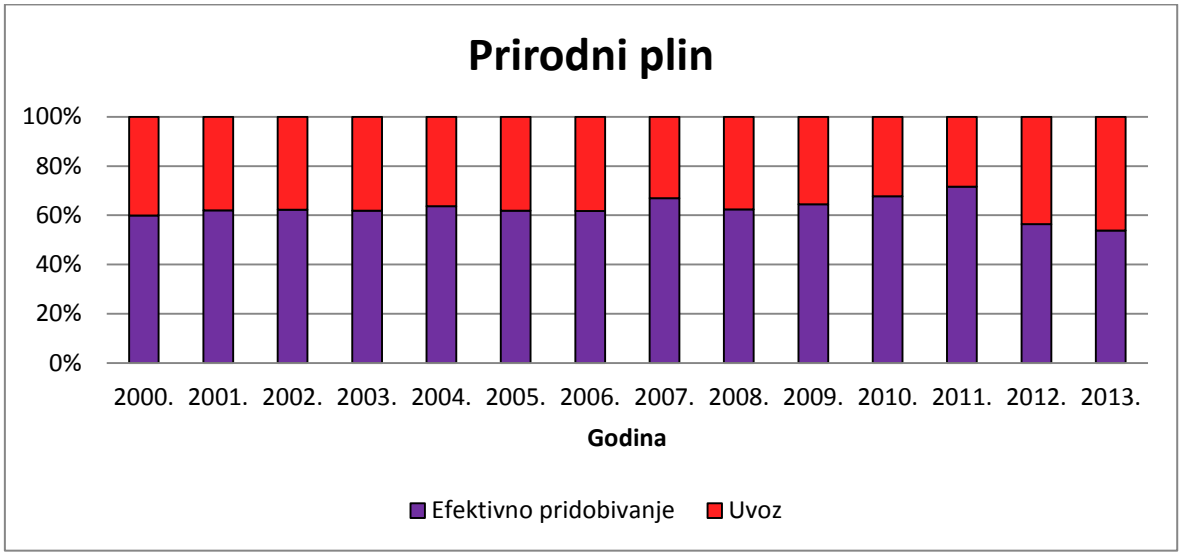
Na **slici 3.6** prikazane su količine prirodnog plina pridobivene iz hrvatskih izvora te količine plina iz uvoza. Promatrano razdoblje generalno se može podijeliti u dva dijela. Od 2000. do 2007. godine primjetan je rast u pridobivanju prirodnog plina u Hrvatskoj. Najveće pridobivene količine odnose se na 2007. godinu i iznose gotovo 3000 milijuna kubičnih metara, što je približno dvostruko veći iznos u usporedbi s količinama ostvarenim 2000. godine. U navedenom razdoblju uvezene količine plina iznose nešto više od 1000 milijuna kubičnih metara i relativno se taj iznos održao u prvom dijelu promatranog razdoblja. Nakon 2007. godine došlo je do pada u domaćem pridobivanju plina. Godine 2013. pridobivene količine plina iznose približno $2000\times10^6$ $m^3$. U navedenom razdoblju ukupno je uvezeno $15\ 608\times10^6$ $m^3$ prirodnog plina. Zanimljivo je uočiti da je u 2011. godini količina uvezenog plina bila najniža, u odnosu na cijelo promatrano razdoblje, a 2012. i 2013. godine ostvaren je najveći uvoz (oko $1300\times10^6$ $m^3$). Osim značajnog pada u domaćem pridobivanju istovremeno je došlo i do porasta u uvozu prirodnog plina (2012. i 2013. god.).




**Slika 3.6.** Histogram pridobivanja plina i uvoza u Hrvatsku od 2000. do 2013. godine

U Hrvatskoj više od dvije trećine prirodnog plina dolazi iz domaćih izvora, pri čemu se dio pridobivene količine izvozi prema ugovoru o podjeli proizvodnje između INE d.d. i talijanske tvrtke Agip, koja je sudjelovala u investiranju u razradu i privođenje pridobivanju plinskih polja u Sjevernom Jadranu. Pridobivanje prirodnog plina iz hrvatskih

izvora pokriva od 60 do 70 % ukupnih potreba, dok se s uvozom pokriva ostatak. Odnos domaćeg pridobivanja prikazan je na **slici 3.7**. Efektivno pridobivanje predstavlja razliku između pridobivenih količina i količina plina koji se izvozi prema ugovoru s Agip-om. Najmanji udio u raspoloživim količinama prirodnog plina, domaće pridobivanje ostvarilo je u 2012. i 2013. godini.




**Slika 3.7.** Odnos domaćeg pridobivanja i uvoza prirodnog plina u Hrvatsku (2000.-2013.god.)

# 4. PRERADBA NAFTE

Budući da postoje velike razlike u fizikalnim i kemijskim svojstvima pojedinih nafti, nafta se ne može izravno upotrebljavati ni kao gorivo ni kao sirovina za industriju. Uporabivi naftni proizvodi dobivaju se njenom preradbom.

Po svom kemijskom sastavu nafta se pretežno sastoji od ugljikovodika te u manjem dijelu od organskih spojeva s kisikom, dušikom i sumporom, a mogu biti prisutne i anorganske tvari npr. metali u vrlo malim količinama. Fizikalno-kemijska svojstva nafte jako se mijenjaju ovisno o porijeklu, odnosno o kemijskom sastavu nafte.

Prema **Sertić-Bionda (2006)** svojstva koja su bitna kod obrade nafta većinom su određena neugljikovodičnim sastavom (sumpor, kisik i dušik). Organski sumporovi, kisikovi i dušikovi spojevi imaju tendenciju koncentriranja u naftnim frakcijama s višim temperaturama vrelišta i na taj način bez obzira na njihov početni sadržaj u sirovoj nafti znatno otežavaju obradu tih naftnih frakcija. Ugljikovodični dio nafte većinom se sastoji od parafinskih, naftenskih i aromatskih organskih spojeva. Olefinski spojevi se uobičajeno ne nalaze u sirovoj nafti, a i acetilenski ugljikovodici također.

Nafta koja se crpi iz ležišta skuplja se na površini u sabirnoj stanici koja se sastoji od odjeljivača i spremnika. Prvo se izdvaja plinska faza, a zatim tekuća faza (nafta i voda) koja se odvodi u postrojenje za odvodnjavanje. U tom postrojenju tekuća faza se zagrijava i dodaje se sredstvo za razbijanje emulzije. Nafta koja se izdvojila odvodi se u spremnik i zatim se transportira do rafinerija (**Cerić, 2006**).

Rafinerije nafte su velika industrijska postrojenja u kojima se iz sirove nafte različitim procesima izdvajaju naftni derivati. Preradba nafte u rafinerijama je kompleksan proces čiji je glavni cilj postizanje kvalitetnih proizvoda koji će zadovoljiti zahtjeve na tržištu i postići ekonomičnu vrijednost.

## 4.1. Procesi preradbe nafte

Nafta koja dolazi u rafinerije sadrži vodu i soli otopljene u vodi koje je potrebno ukloniti prije preradbe jer njihov sadržaj smanjuje kvalitetu proizvoda i otežava preradbu. Nafta se zatim procesima preradbe razdvaja na dijelove ili frakcije, a također se iz nje uklanjaju mehaničke i druge primjese. Prema potrebama tržišta frakcije se dorađuju i prerađuju u pojedine proizvode.

Procesi preradbe nafte razvrstavaju se na primarne i sekundarne, ili prema **Cerić (2006)**, na fizikalno-separacijske i kemijsko-konverzijske procese. Kod fizikalnih procesa ugljikovodici iz sirovine separiraju se u grupe, bez njihove razgradnje, dajući tražene proizvode. To znači da kod fizikalnih procesa nema nikakvih kemijskih reakcija nego samo razdvajanje po fizikalnim obilježjima, prvenstveno prema vrelištu. Kod kemijskih procesa najkompleksniji ugljikovodici cijepaju se na jednostavnije i preoblikuju u različite spojeve. Također, jednostavni spojevi preoblikuju se u kompleksne spojeve stvarajući tražene proizvode od ukapljenog naftnog plina pa do ulja za loženje i bitumene.

### 4.1.1. Fizikalno-separacijski procesi preradbe nafte

U preradbi nafte koriste se različite tehnike separacije. Ovim procesima se pri preradi nafte ne mijenjaju ni veličina ni struktura prisutnih ugljikovodika, a najznačajnije tehnike separacije su: destilacija, apsorpcija, adsorpcija, kristalizacija i ekstrakcija s otapalom.

Destilacija je prvi i osnovni proces u rafinerijskoj preradbi kojim se dobivaju temeljne frakcije (plinske frakcije, laki benzin, teški benzin, lako plinsko ulje, teško plinsko ulje, vakumski destilati, ostatak), koje se pretežito koriste kao sirovine u sekundarnoj preradi nafte. Proces se provodi u destilacijskim kolonama, a razlikuju se: atmosferska destilacija (destilacija pri atmosferskom tlaku) i vakumska destilacija (destilacija pri sniženom tlaku).

Temeljni cilj destilacije je dijeljenje kapljevine na komponente različitih vrelišta. Principi destilacije su jednostavni. Zagrijavanjem i vrenjem isparuju se komponente koje se zatim hlađenjem odvojeno ukapljuju. Frakcije atmosferske destilacije su: laki benzin (<150 °C),

teški benzin (150-200 °C), petrolej (200-260 °C), lako plinsko ulje (260-300 °C), teško plinsko ulje (300-360 °C) i ostatak (>360 °C). Zagrijavanjem se odvajaju komponente s vrelištem obično do 375 °C. Prema **Cerić (2006)** ako se nafta zagrije iznad 380 °C dolazi do neželjenog krekiranja, odnosno cijepanja dugolančanih molekula, što negativno utječe na kvalitetu proizvoda i ekonomičnost preradbe. Da bi se to izbjeglo, vrelište nafte se snižava pomoću vodene pare pod sniženim tlakom (vakumska destilacija). Vakumska destilacija koristi se za pripremu sirovine za procese katalitičkog krekinga, za dobivanje baznih ulja.

### 4.1.2. Kemijsko-konverzijski procesi preradbe nafte

Sekundarni (konverzijski) procesi preradbe nafte odvijaju se na temelju kemijskih promjena. Zagrijavanjem pri određenoj temperaturi i tlaku uz određeni katalizator mijenja se kemijski sastav ugljikovodika. Dodavanjem kemikalija dolazi do kemijskih reakcija koje omogućavaju odvajanje spojeva. Sekundarnom preradbom dobije se širok raspon raznih proizvoda koji odgovaraju uvjetima potrošnje.

Prema **Cerić (2006)** postoje tri kategorije konverzijskih procesa koji omogućuju dobivanje različitih proizvoda iz osnovnih proizvoda koji su dobiveni destilacijom. To su:

a) Smanjenje veličine molekula (krekiranje ili cijepanje)

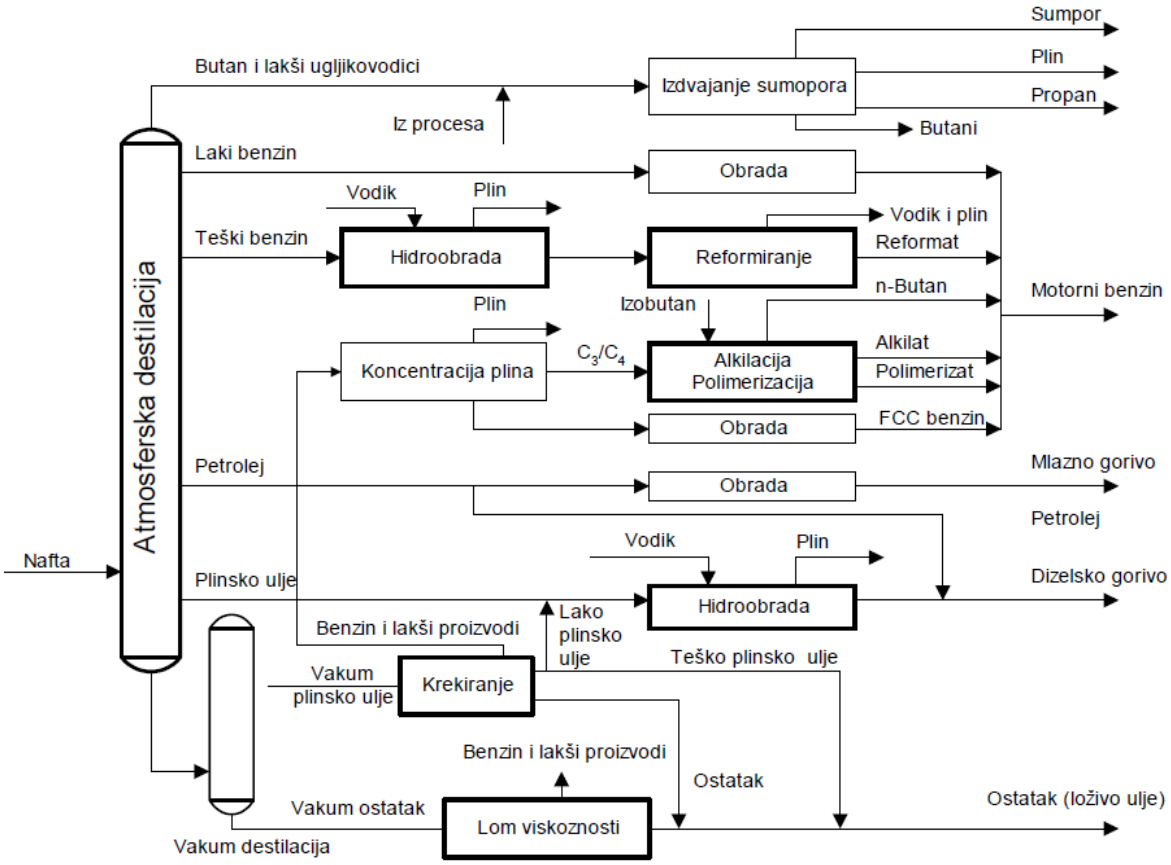
Krekiranje se koristi kad se želi iz teških manje vrijednih proizvoda dobiti lakše proizvode koji imaju veću vrijednost. Glavni kreking procesi su termički kreking (visbreaking, koking), katalitički kreking (FCC) i hidrokreking.

b) Promjena molekularne strukture bez znatne promjene njezine veličine

U ovu grupu spadaju katalitički reforming i izomerizacija čiji je glavni cilj povećanja oktanskog broja benzina, kako bi se dobio više vrijedan proizvod.

c) Povećanje molekula

Povećanje molekula odvija se pomoću procesa polimerizacije i alkilacije. Ovim reakcijama se jednostavne molekule međusobno spajaju tako da nastaje polimer.




**Slika 4.1.** Shematski prikaz rafinerijske preradbe nafte (**Sertić-Biondić, 2006**)

Na **slici 4.1** prikazana je shema preradbe nafte u rafinerijama i glavni produkti preradbe nafte. Preradba nafte u rafinerijama je vrlo kompleksan proces kojima nastaju mnogobrojni proizvodi koji se danas mogu naći na tržištu, a produkti su raznih procesa preradbe. U nastavku će prema **Sertić-Biondić (2006)** ukratko biti opisani sekundarni procesi i proizvodi koji nastaju pojedinim procesima.

### 4.1.2.1.Termičko krekiranje

Podrazumijeva procese cijepanja ugljikovodika višeg vrelišta u ugljikovodike nižeg vrelišta pri povišenim temperaturama, bez utjecaja katalizatora. Najzastupljeniji procesi su:

- Lom viskoznosti (engl. *visbreaking*) je blaži oblik toplinskog krekiranja, kojemu je cilj smanjenje viskoznostii točke tečenja destilacijskih ostataka radi poboljšanja kvalitete loživih ulja.
- Koksiranje (engl. *coking*) je proces za dobivanje vrjednijih proizvoda od destilacijskih ostataka, uz proizvodnju koksa. Temperatura je najvažnija varijabla procesa i ovisi o vrsti sirovine i procesu, a kreće se u intervalu od 450 do 650°C. Sirovine procesa su ostaci destilacije, dok su produkti: plin, benzin, plinsko ulje, koks.

#### 4.1.2.2. Katalitičko krekiranje (FCC)

To je proces krekiranja težih destilacijskih frakcija u lakše, a provodi se u prisutnosti katalizatora. Najzastupljeniji je proces u fluidiziranom katalitičkom sloju (engl. *Fluidized Catalytic Cracking*, FCC). Sirovine za procese katalitičkog krekiranja mogu biti vakuum plinska ulja, teško plinsko ulje iz atmosferske destilacije, plinska ulja dobivena procesima termičkog krekiranja, a dodaju se i manji udjeli ostataka destilacije. Proizvodi procesa su frakcije benzina, ukapljenog naftnog plina i cikličkog ulja, a uglavnom se koriste kao komponente za namješavanje gotovih proizvoda.

#### 4.1.2.3. Hidrokrekiranje

Ovaj proces se primjenjuje kada nije moguće provesti drugi oblik krekiranja zbog visokog sadržaja sumpora, dušika i metala. Odvija se u prisutnosti vodika uz katalizator. Kao katalizatori koriste se najčešće zeoliti uz metalne okside i sulfide (Co-Mo, Ni-Mo). Glavni cilj hidrkokrekiranja je dobivanje benzina iz plinskog ulja, a također se iz benzina ovim procesom dobiva ukapljeni plin.

#### 4.1.2.4. Reformiranje

Procesi reformiranja su procesi pretvorbe niskooktanskih benzina u visokooktaanske benzine, a procesi mogu biti termički ili katalitički (prisutnost katalizatora). Reformiranjem

dolazi do kemijske pretvorbe ugljikovodika, povećava se oktanski broj benzinske frakcije dobivene atmosferskom destilacijom što ima svoju primjenu u namješavanju motornih benzina. Produkt koji nastaje naziva se još i reformat-benzin.

#### 4.1.2.5. Izomerizacija

Izomerizacija je proces pretvorbe n-alkana u izoalkane, čime se povećava oktanski broj. Sirovina je benzinska frakcija koja sadrži pretežito n-pentan i n-heksan. Izomerizacijom nastaje tzv. izomerat-benzin koji služi kao komponenta motornog benzina. Također iz n-butana izomerizacijom nastaje izobutan koji služi kao sirovina za proces alkilacije.

#### 4.1.2.6. Alkilacija

Proces alkilacije se zasniva na katalitičkoj reakciji izobutana s laganim olefinima čime nastaju visokorazgranati parafini višeg vrelišta. Produkt alkilacije naziva se alkilat-benzin koji je najkvalitetnija komponenta za namješavanje motornog benzina.

#### 4.1.2.7. Polimerizacija (oligomerizacija)

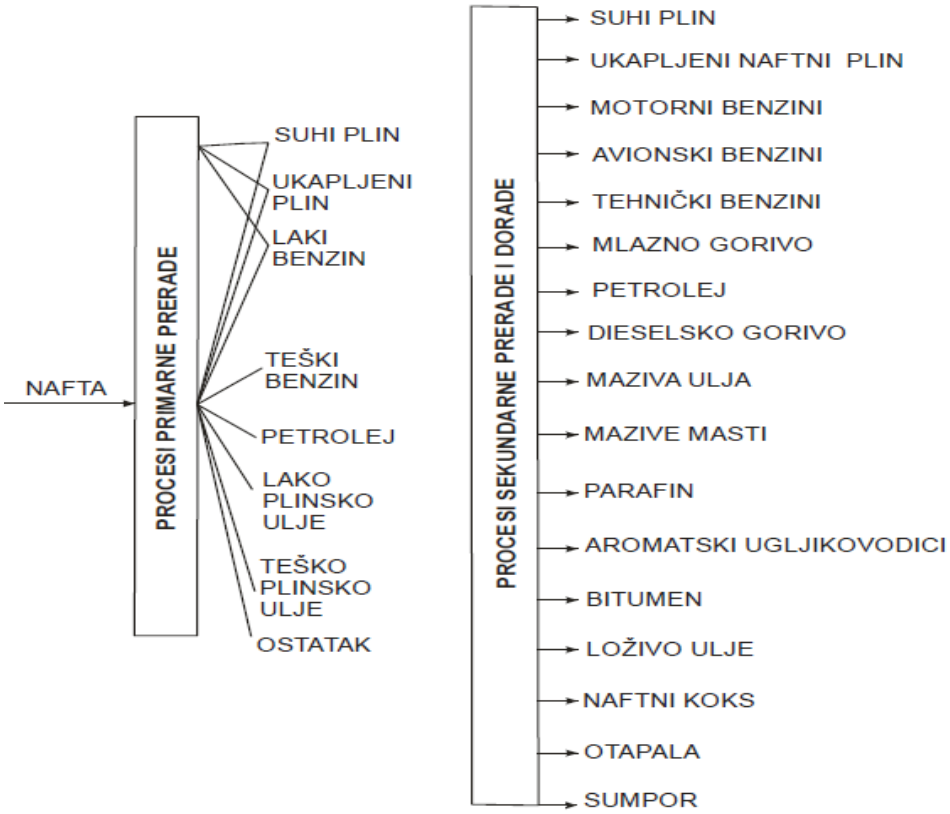
Polimerizacija je kemijska reakcija kod koje dolazi do spajanja velikog broja nezasićenih molekula istih ili različitih spojeva u jedan spoj (polimer). Procesom oligomerizacije se iz plinovitih alkena, nastalih uglavnom u procesima krekiranja uz katalizator, dobivaju kapljevite sastavnice motornih benzina vrlo visokih vrijednosti oktanskog broja, tzv. polimer-benzin.

Poseban proces u preradbi nafte je obrada proizvoda. Derivati nafte proizvedeni primarnim i sekundarnim procesima nisu u svakom slučaju i komercijalni produkti prikladni za upotrebu. Kombinacijom separacijskih i konverzijskih procesa pojedini derivati mogu se rafinirati (pročistiti) kako bi se zadovoljile određene karakteristike proizvoda potrebne za tržište. Iz derivata se uklanjaju sumporovi, dušikovi i kisikovi spojevi, povećava se

kemijska stabilnost spojeva, mijenja se miris proizvoda. Uklanjanje sumpora iz derivata pomoću vodika najrašireniji je proces rafinacije u rafinerijama, a taj proces se naziva hidrodesulfurizacija.

## 4.2. Rafinerijski proizvodi i njihova upotreba

Naftni derivati su proizvodi rafinerijske preradbe nafte, u prvome redu proizvodi atmosferske i vakuumske frakcijske destilacije koji se mogu izravno upotrijebiti kao gorivo ili kao sirovine za dobivanje različitih organskih spojeva. Najvažnije skupine naftnih derivata su naftni plin, petroleter, motorni benzin, dizelsko gorivo, mlazno gorivo, odnosno kerozin i petrolej (za mlazne motore), loživo ulje (lako i teško), mazivo ulje, bitumen i naftni koks, parafin (vosak) te olefinski i aromatski ugljikovodici kao petrokemijske sirovine, posebice etilen, propilen, benzen, toluen i ksileni.




**Slika 4.2.** Shematski prikaz produkata preradbe nafte (**Sertić-Biondić, 2006**)

**Slikom 4.2** prikazani su osnovni derivati koji se dobivaju preradbom nafte, bilo primarnim ili sekundarnim postupcima. Cilj preradbe nafte je proizvodnja derivata određenih svojstava koji se koriste kao goriva ili kao sirovine u industriji. Produkti nafte moraju po svojim svojstvima i kvaliteti odgovarati zahtjevima tržišta. Značaj dobivanja i preradbe nafte ne leži samo u dobivanju naftnih derivata koji se koriste kao goriva za pogon motora, maziva, ili kao ulja za loženje već i u kemijskoj preradbi nafte pri kojoj nastaju različiti proizvodi. Danas je na tržištu prisutno čak nekoliko tisuća proizvoda koji su produkti preradbe nafte. Najvažniji derivati nafte su rafinerijski plin, ukapljeni naftni plin (skr. UNP), benzin, petrolej i mlazno gorivo, dizelska goriva, loživa ulja, maziva i bitumen.

### 4.2.1. Rafinerijski plin

Rafinerijski plin sastoji se uglavnom od metana, etana i vodika. Najlaganiji je produkt preradbe nafte i služi kao industrijsko gorivo ili kao sirovina za petrokemikalije.

### 4.2.2. Ukapljeni naftni plin

Najvažniji plinoviti produkti se ukapljuju i rabe kao ukapljeni naftni plinovi. Tekući plin najlakši je derivat nafte, a sastoji se od propana i butana. Dobivaju se ukapljivanjem njihovih smjesa pod tlakom. Ukapljeni naftni plin koristi se kao gorivo u kućanstvu, za pogon motora ili kao sirovina u petrokemiji. Često se primjenjuje izraz LPG (engl. *Liquified Petroleum Gas*) kao kratica za ukapljeni naftni plin.

### 4.2.3. Benzin

Postoji nekoliko vrsta benzina, od kojih su najvažniji motorni benzini i avionski benzini koji se razvrstavaju prema oktanskim brojevima te služe kao goriva za motore s unutrašnjim sagorijevanjem. Kod benzinskih motora, gorivo se raspršuje u struju zraka, prilikom čega nastaje eksplozivna smjesa koja se inicijalno pali pomoću električne struje. Benzini su složene smjese tekućih ugljikovodika, koji imaju destilacijske granice od oko

30 do 200 °C. Primarni benzin je sirovina za proizvodnju motornih benzina i vrijedna sirovina za petrokemiju.

Motorni benzini dobivaju se namješavanjem frakcija primarne i sekundarne prerade nafte i dodataka (aditiva). Motorni benzin nastaje miješanjem (engl. *blending*) nekoliko vrsta benzina, prvenstveno dobivenih konverzijskim procesima preradbe nafte čime se osigurava uvijek odgovarajuća i stalna primjenska svojstva, posebice oktanski broj te hlapivost (pokazuje utjecaj na početno paljenje motora). Oktanski broj prikazuje kakvoću motornog benzina s obzirom na jednolikost izgaranja. Osim motornih benzina postoje i specijalni benzini koji se razvrstavaju prema vrelištu, a također i namjeni. To su petroleter (30-70 °C), medicinski benzin, benzin za ekstrakciju (60-165 °C), benzin za gumu i naftna otapala.

### 4.2.4. Petrolej i mlazno gorivo

Petrolej za koristi za rasvjetu i kao motorno gorivo, a mlazna goriva za pogon mlaznih motora. Mlazna goriva su smjesa frakcija benzina i petroleja, destilacijskog raspona 165-285 °C. Kako se ta vrsta goriva koristi za zračni promet a gdje prevladavaju izrazito niske temperature najbitnije svojstvo je filtrabilnost, odnosno potrebno je osigurati odgovarajuće temperature zamrzavanja.

### 4.2.5. Dizelska goriva

Rafinerije općenito proizvode više tipova dizel-goriva, što ovisi o konstrukciji motora koje pogone i uvjetima rada. Općenito, ova goriva su smjese petrolejske frakcije i frakcije lakog plinskog ulja s područjem destilacije od 160-360 °C. Dizelska goriva koriste se kao pogonska goriva za motore u kojima se goriva smjesa samostalno pali u atmosferi vrućeg stlačenog zraka. Sagorijevni mehanizam dizel motora se bitno razlikuje od benzinskog Otto motora. Gorivo mora sagorjeti pravilnom, jednoličnom brzinom mora imati sposobnost što lakšeg zapaljenja za razliku od goriva za Otto motore koje treba biti što otpornije prema zapaljenju.

Najvažnije svojstvo kod izbora i korisne primjene dizel goriva je svojstvo paljenja kojeg opisuje cetanski broj. Cetanski broj ovisi o kemijskom sastavu goriva, tako će veći sadržaj parafina uvjetovati veći broj.

### 4.2.6. Loživa ulja

Loživa ulja dobivaju se namješavanjem plinskih ulja i ostataka primarne i sekundarne preradbe, teškog cikličkog ulja, aromatskog ekstrakta dobivenog procesom ekstrakcije otapalima. Uvjeti koji moraju zadovoljiti su viskoznost i količina sumpora. Različita loživa ulja koriste se kao goriva u industriji i domaćinstvima, ali i u prometu. Ekstra lako loživo ulje je lakša i čistija vrsta loživog ulja koje se primjenjuje za izvore topline u sustavima grijanja i industriji opremljenih s instalacijama za predgrijavanje goriva pri skladištenju i uporabi.

### 4.2.7. Maziva

Razlikuju se maziva ulja (motorna i industrijska) i mazive masti čija je glavna upotreba za podmazivanje. Maziva ulja su složene smjese viših ugljikovodika, dobivenih miješanjem baznog mineralnog ulja i odgovarajućih dodataka. Najvažnije svojstvo je viskoznost maziva a koriste se za podmazivanje metalnih površina strojeva i uređaja, radi smanjenja trenja i drugih štetnih posljedica. Motorna ulja se koriste u različite svrhe. Osnovna im je funkcija podmazivanje motora, štednja goriva, hlađenje i brtvljenje motora, sprječavanje korozije. Mazive masti imaju veću viskoznost zbog čega se primjenjuju kada upotreba mazivih ulja nije moguća ili dovoljna.

### 4.2.8. Bitumen

Bitumen je po sastavu smjesa različitih ugljikovodika s molekulama kisika, sumpora i dušika, te vrelištem do 525 °C. Proizvodi se oksidacijom vakuum ostataka nafte, a koristi

se kao cestograđevni i industrijski materijal, za sve vrste izolacija i pokrivanja, u elektroindustriji, industriji gume, za izradu premaza, lakova, itd.

### 4.3. Prirodni plin

Prirodni plin je jedini primarni oblik energije koji se može neposredno upotrebljavati, a pridobiva se eksploatacijom iz polja prirodnog plina te procesa eksploatacije sirove nafte (izdvajanjem plina u procesu čišćenja nafte).

Prirodni plin je smjesa nižih ugljikovodika i anorganskih spojeva i plinova. Najvećim dijelom sastoji se od metana ($CH_4$), zatim etana i propana. U prirodnom plinu ima i neugljikovodičnih sastojaka; $CO_2$, $N_2$, $H_2S$, $H_2O$, He, Ar, Ne te žive. Naziva se još i zemni plin, a uz naftu i ugljen jedan je od najbitnijih i najraširenijih energenata na Svijetu. Upotrebljava se u svim granama industrije za proizvodnju električne energije, za toplinske potrebe i kao gorivo za pogon motornih vozila te kao temeljna sirovina petrokemijske industrije. Često se pojavljuje otopljen u nafti, ali najčešće u plinskim ležištima.

Obradbom prirodnog plina se izdvajaju teže frakcije kao što su propan i butan te viši ugljikovodici kako bi ostao samo metan. Na plinskom polju vrši se odvajanje kapljevitih ugljikovodika i vode od plina (dehidracija) kako zbog pada temperature u plinovodu ne bi došlo do ukapljivanja na putu do potrošača ili do postrojenja za konačnu preradu. Da bi se to ostvarilo plin iz bušotine vodi se priključnim plinovodom do postrojenja za pripremu plina tzv. *plinske stanice*. Plinska stanica sadržava postrojenja u kojima se plin odvaja od tekućih ugljikovodika, postrojenje za uklanjanje vode i kompresorsku stanicu. Po potrebi plinska stanica sadrži još postrojenje za čišćenje plina od $CO_2$, $H_2S$ i Hg što ovisi o kvaliteti plina i njegovoj daljnjoj upotrebi. U procesu obrade prirodnog plina dobivaju se frakcije ukljikovodika metan, etan, propan, *n*-butan, *i*-butan, te sirovi gazolin (primarni benzin).

Prirodni se plin u pogonima za ukapljivanje prvo pročišćava od primjesa, a potom se hladi. Ukapljeni prirodni plin (engl. *Liquefied Natural Gas* - LNG) je bistra, nekorozivna, kriogena tekućina ohlađena na -162 °C pri normalnom tlaku i većinom se sastoji od

metana. Hlađenjem mu se smanjuje obujam za oko 600 puta i to je odlična značajka za prijevoz tankerima. Ukapljeni prirodni plin (skr. UPP) se prevozi posebnim tankerima do terminala za UPP gdje se tekući prirodni plin uplinjava u posebnim postrojenjima i cjevovodima se potom šalje do krajnjih korisnika.

Ukapljeni prirodni plin treba razlikovati od ukapljenog naftnog plina (engl. LPG – *Liquified Petroleum Gas*). Ukapljeni naftni plin (UNP) koji nastaje preradom nafte i čuva se u spremnicima i plinskim bocama te je lako zapaljiv i eksplozivan, dok UPP nije eksplozivan na otvorenom, inertan je i nije otrovan.

Prirodni plin je idealno fosilno gorivo jer je vrlo čist, jednostavan za transport i upotrebu Čišći je od nafte i ugljena, pa se sve više spominje i kao rješenje za postojeće klimatske promjene i probleme s lošom kvalitetom zraka.

### 4.4. Preradba nafte u Hrvatskoj

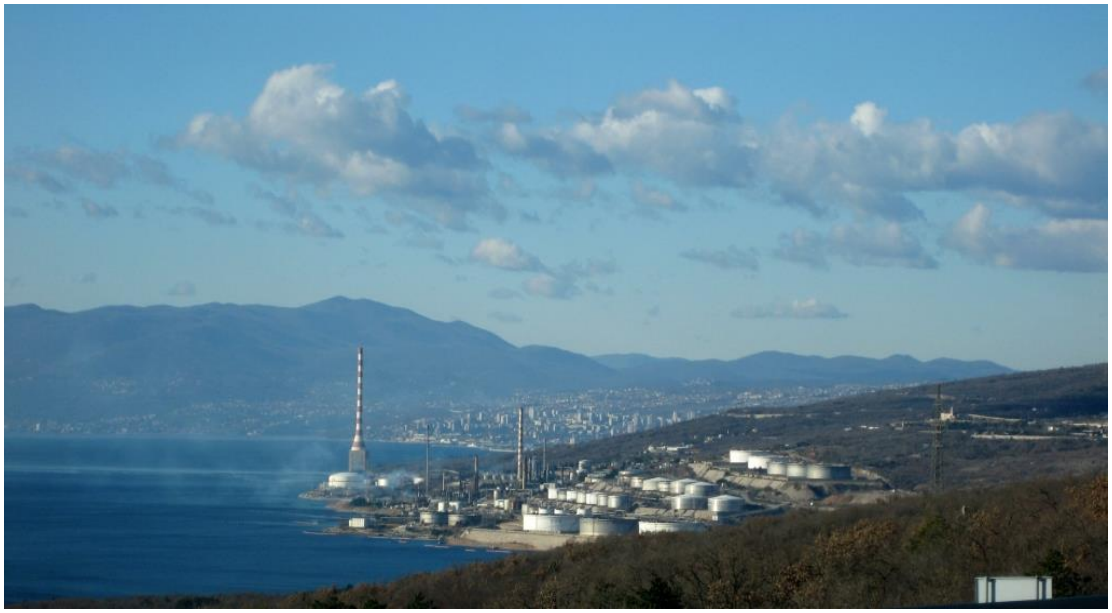
Preradba nafte u Republici Hrvatskoj odvija se u rafinerijama u Rijeci i Sisku te u pogonu Maziva u Zagrebu koji su u vlasništvu INA, d.d. Osim rafinerijskih postrojenja i pogona za proizvodnju goriva i maziva, INA koristi i određeni opseg potrebne mreže za distribuciju nafte i drugih proizvoda. Isporuka nafte rafinerijama obavlja se cjevovodima, a prijevoz drugih proizvoda morem, cestom i željeznicom uz korištenje skladišnih kapaciteta. Prodaja je organizirana kroz veleprodaju kao i razgranatu maloprodajnu mrežu. Rafinerije u Hrvatskoj imaju dugu povijest i veliki značaj u gospodarstvu.

#### 4.4.1. Rafinerija u Rijeci

Rafinerija u Rijeci smještena je na morskoj obali s pristupom luci i cjevovodnom sustavu JANAF. Položaj je pogodan za opskrbu tržišta u Hrvatskoj, Bosne i Hercegovine, Slovenije, Crne Gore i drugih zemalja na Mediteranu.

Prva industrijska preradba nafte u hrvatskim krajevima započela je 1883. godine s dovršenjem rafinerije nafte u Rijeci, na današnjoj lokaciji stare rafinerije na Mlaki. Ova rafinerija bila je najveći pogon za preradbu nafte u Europi s godišnjim preradbenim kapacitetom od 60 tisuća tona, to je i ostala sljedećih desetak godina. Podmirivala je trećinu potreba za derivatima Austro-Ugarske Monarhije. Početkom Drugog svjetskog rata ima kapacitet od 120 tisuća tona. Završivši poslije rata u granicama Jugoslavije, razorena pa obnovljena, rafinerija izrasta u jugoslavenski najvažniji naftaški pogon. Godine 1965., s novim postrojenjima na Urinju, dobiva preradbeni kapacitet od 8 milijuna tona. Pogon na Mlaki tada se specijalizira za proizvodnju maziva a pogon na Urinju za goriva. Osamdesetih godina prošlog stoljeća se u Rijeci proizvodi 250 vrsta derivata, a 1984. i prvi bezolovni benzin u ondašnjoj državi (**INA d.d., 2015**).

Rafinerija je odigrala važnu ulogu u stvaranju Republike Hrvatske, kao opskrbljivač derivatima u devedesetima, u doba Domovinskog rata. U razvoj Ininog rafinerijskog sustava u posljednjih je nekoliko godina uloženo više od 5 milijarda kuna.



**Slika 4.3.** Rafinerija nafte Rijeka (izvor: http://hr.wikipedia.org/wiki/Rafinerija_nafte, **2015**)

U Rafineriji nafte Rijeka **(slika 4.3)** izgrađena su tri procesna postrojenja: hidrokreking kompleks-blagi hidrokreking, postrojenje za proizvodnju vodika i postrojenje za izdvajanje sumpora (tzv. postrojenje Claus), kao i brojna pomoćna postrojenja i instalacije koja su u komercijalnom radu od svibnja 2011. godine. U veljači 2014. godine potpisan je ugovor o izradbi baznog dizajna za postrojenje za obradbu teških ostataka za Rafineriju nafte Rijeka s kompanijom Bechtel Hydrocarbon Technical Solutions (BHTS). Ova tehnologija priznata je po izvrsnim ekološkim i ekonomskim pokazateljima na osjetljivim lokacijama, kao što je i Rijeka, a bazni dizajn predstavlja veoma važan element u studiji izvodljivosti na temelju koje će se donijeti odluka o ovom ključnom investicijskom projektu za Rafineriju (**INA d.d., 2015**).

### 4.4.2. Rafinerija nafte Sisak

Rafinerija nafte Sisak je smještena 50 kilometara južno od Zagreba što je značajno budući da područje Zagreba bilježi najveću potrošnju naftnih proizvoda u zemlji. Smještaj Rafinerije pogodan je za opskrbu i drugih lokalnih tržišta u Hrvatskoj, kao i onih u sjeverozapadnoj Bosni i Hercegovini, sjeveroistočnoj Sloveniji i zapadnoj i sjevernoj Srbiji. Rafinerija prerađuje naftu iz domaćih izvora (koju proizvodi INA), kao i rusku naftu Moguća je i opskrba naftom s Mediterana putem naftovoda JANAF.

Razvila se iz Shellova skladišnog prostora izgrađenog 1923. na ušću Kupe u Savu. Na istoj lokaciji Shell 1927. godine izgrađuje kotlovsku destilaciju s dnevnim preradbenim kapacitetom od 170 tona. Domaća se nafta počinje prerađivati 1940. Rafinerija tada godišnje prerađuje 96 tisuća tona nafte i proizvodi dvjesto vrsta derivata.

Tijekom Drugog svjetskog rata pogon je teško oštećen. Proizvodnja je obnovljena u rujnu 1945. godine. Nakon što je 1960. izgrađen naftovod Stružec-Sisak, pretežno se prerađuje nafta sa slavonskih i moslavačkih polja. Godine 1961. započela je izgradnja kombiniranog postrojenja II. Zahvaljujući tome, rafinerija 1964., prva u državi, uspijeva preraditi više od milijun tona nafte te počinje proizvodnju benzina od 98 oktana. Stalna izgradnja novih postrojenja dovodi do tehnološkog vrhunca u osamdesetim godinama prošlog stoljeća, uz sposobnost prerade 6,7 milijuna tona nafte. U Domovinskom ratu, rafinerija se nalazila

nekoliko kilometara od bojišnice, što je dovelo do ponovnog ratnog razaranja. Obnova proizvodnje i novi zahtjevi glede kakvoće proizvoda, postavili su pitanje novog investicijskog ciklusa (**INA d.d., 2015**).



**Slika 4.4.** Rafinerija nafte Sisak (izvor: http://www.glas-slavonije.hr/, **2015**)

Rafinerija nafte Sisak (**slika 4.4**) kompleksna je rafinerija s dobro odabranom tehnologijom. Raspolaže velikim skladišnim prostorom, suvremenim instalacijama za otpremu proizvoda, riječnom lukom s tri pristaništa za dopremu nafte i otpremu derivata. Rafinerija nafte Sisak može se pohvaliti prvim integriranim sustavom upravljanja u Hrvatskoj.

U Rafineriji nafte Sisak također su izgrađena tri postrojenja, odnosno postrojenje za izdvajanje sumpora, postrojenje za hidrodesulfurizaciju FCC benzina i postrojenje za izomerizaciju. U rujnu 2007. godine pušteno je u rad postrojenje za odsumporavanje (Claus), čiji je ekološki učinak maksimalno smanjenje emisija sumporovodika i sumporovog dioksida iz sustava rafinerijskog loživog plina. U rad je 2009. pušteno i postrojenje HDS FCC benzina (hidrodesulfurizacija FCC benzina), a 2011. pušteno je u rad i postrojenje za izomerizaciju. Također, Rafinerija nafte Sisak od sredine 2013. godine ima mogućnost proizvodnje dizelskih goriva s biokomponentom, a u rujnu iste godine je u

rad pušten sustav dodatne obrade otpadnih voda KROFTA, dok je u travnju 2014. izvršena montaža novih koksnih komora na Koking postrojenju u Rafineriji nafte Sisak (**INA d.d., 2015**).

### 4.4.3. Maziva Zagreb

Proizvodnja industrijskih i specijalnih maziva te srodnih proizvoda u Zagrebu započela je u dvije tvrtke: "Iskra" i rafinerije nafte "Olex". Godine 1927. započela je industrijska proizvodnja tehničkih masti u tvornici "Iskra". U to su vrijeme uz Rafineriju nafte Rijeka još samo "Iskra" i "ENOL" proizvodili mineralna maziva. Zbog srodnih proizvodnji, a time i paralelnih razvojnih putova, te dvije tvrtke su se 1962. godine integrirale u jedno, novo poduzeće i preuzele novo ime "ENOL - ISKRA". Godine 1964. u tvrtku pod imenom "ENOLIS" integrirane su Rafinerija u Rijeci, Rafinerija u Sisku, Naftaplin te rafinerija u Zagrebu. Kako bi se unaprijedili uvjeti za rad i razvoj, iz prostorno skučenih pogona u Klari i Heinzelovoj ulici, izgrađena su nova postrojenja na današnjoj lokaciji na Žitnjaku te su sva postrojenja i ostali dijelovi poslovnog sustava bili u punoj funkciji 1973. godine. U to je doba INA Rafinerija Zagreb bila jedna od najmodernijih specijaliziranih rafinerija u Europi. INA Rafinerija Zagreb mijenja naziv 1997. godine te sljedećih pet godina, do 2002. godine, nosi ime INA Maziva Zagreb, a zatim Maziva-Zagreb d.o.o. koja od tada djeluju samostalno, kao dio INA grupe. Godine 2012. proizvodnja motornih ulja se iz Rijeke seli u Zagreb i kompletna proizvodnja INA MAZIVA vrši se na adresi Radnička cesta 175 u Zagrebu, 2013. godine tvrtka Maziva-Zagreb d.o.o. mijenja naziv u INA MAZIVA d.o.o (**INA MAZIVA d.o.o., 2015**).

### 4.4.4. Centralna plinska stanica Molve

Na plinskom polju Molve u Podravini nalazi se postrojenje za obradu prirodnog plina. Objekti prerade plina Molve (**slika 4.5**) su postrojenje za obradu i pripremu prirodnog plina za transport. Prirodni plin iz plinsko kondenzatnih ležišta "duboke Podravine" osim ugljikovodika (najviše metana) sadrži i niz štetnih primjesa ($CO_2$, $H_2S$, Hg, slojna voda). Radi zadovoljenja kvalitete prirodnog plina za uporabu potrebno je ukloniti štetne primjese i zbrinuti na okolišno prihvatljiv način. Glavna sirovina u radu postrojenja je prirodni plin

koji se doprema iz plinskih bušotina sustavima cjevovoda. Plin se iz 34 proizvodne bušotine preko 6 plinskih stanica sabirno-transportnim sustavom doprema na obradu u Centralnu plinsku stanicu (skr. CPS) Molve. Proces obrade plina može se odvijati u tri procesne jedinice (CPS I, II i III). Plinsko polje Molve otkriveno je 1974. godine, a 1980. završena je izgradnja postrojenja za obradu prirodnog plina procesna jednica CPS Molve I, ulaznog je kapaciteta $1x10^6$ $m^3$ plina/dan. CPS Molve II izgrađeno je 1984. godine, kapaciteta $3x10^6$ $m^3$ plina/dan i 1992. CPS Molve III kapaciteta $5x10^6$ $m^3$ plina/dan.



**Slika 4.5.** Centralna plinska stanica Molve (izvor: www.energetika-net.com, **2015**)

## 4.5. Kapaciteti preradbe u rafinerijama nafte u Hrvatskoj

Hrvatske rafinerije imaju dugu povijest proizvodnje naftnih derivata. U skladu sa zahtjevima tržišta i raspoloživom količinom sirove nafte kapaciteti preradbe hrvatskih rafinerije su se mijenjali tokom povijesti. Zadnjih nekoliko godina ulagalo se u nova postrojenja za preradbu, i to uglavnom u postrojenja za sekundarnu preradbu nafte, u svrhu pridobivanja kvalitetnijih proizvoda koji postižu veću vrijednost na tržištu, a također i u svrhu zaštite okoliša.

U **tablici 4-1** prikazani su trenutni kapaciteti hrvatskih rafinerija. Rafinerija nafte u Rijeci ima veće kapacitete od rafinerije u Sisku. Kapacitet za atmosfersku destilaciju nafte, koja je prvi i osnovni proces preradbe nafte, za Rijeku iznosi $5\times10^6$, a za Sisak $4\times10^6$ tona/god. Ukupno ove rafinerije imaju kapacitet za preradbu atmosferskom destilacijom u iznosu od 9 milijuna tona godišnje. Budući da se zadnjih nekoliko godina može uočiti pad u uvozu sirove nafte, a također i pad u eksploataciji s domaćih polja, količina prerađene nafte u Hrvatskoj znatno je manja od kapaciteta rafinerija.

**Tablica 4-1**. Kapaciteti preradbe u rafinerijama nafte u Hrvatskoj (preuzeto iz ***3**)

| **Kapaciteti preradbe** | **Instalirani (1 000 tona/god.)** |
|---|---|
| **1. RAFINERIJA NAFTE RIJEKA (URINJ)** | |
| **atmosferska destilacija** | **5000** |
| **reformiranje** | **730** |
| **FCC** | **1000** |
| **visbreaking** | **600** |
| **izomerizacija** | **250** |
| **HDS/MHC** | **1040-560** |
| **hidrokreking** | **2600** |
| **2. RAFINERIJA NAFTE SISAK** | |
| **atmosferska destilacija** | **4000** |
| **reformiranje** | **720** |
| **FCC** | **500** |
| **koking** | **240** |
| **vakum destilacija** | **800** |
| **bitumen** | **350** |
| **3. MAZIVA ZAGREB** | |
| **maziva** | **60** |

## 4.6. Preradba nafte i rafinerijski proizvodi u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine

Pregled preradbe nafte u Republici Hrvatskoj obrađen je za period od 1. siječnja 2000. do 31. prosinca 2013. godine. Obrazlažu se i iznose podaci dobiveni iz Ministarstva

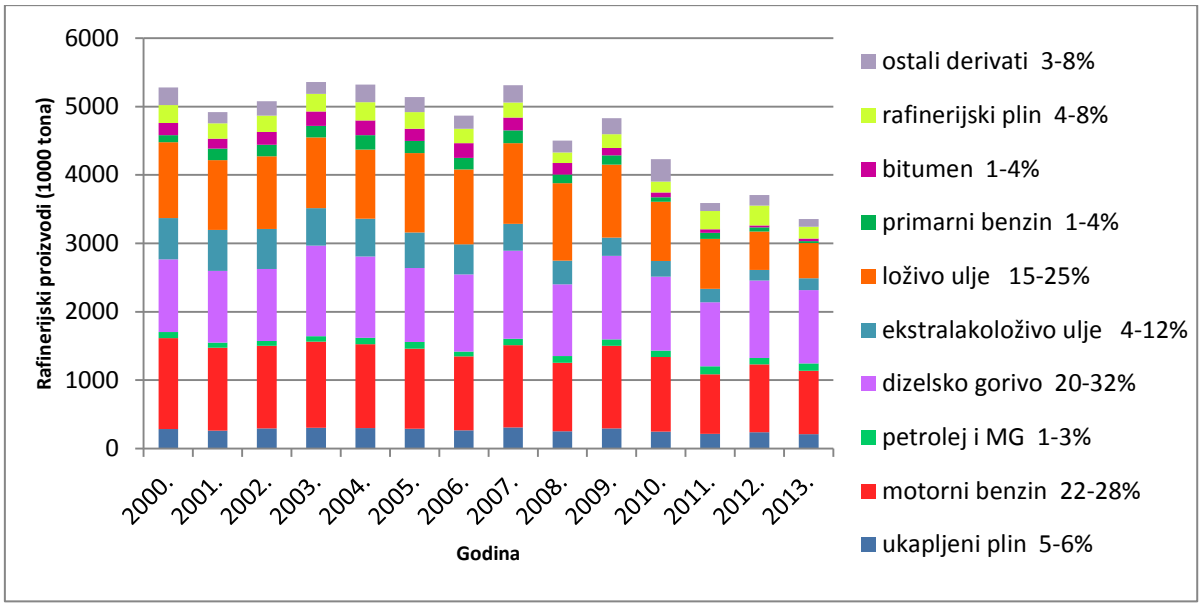
gospodarstva, Uprava za energetiku i rudarstvo (Sektor za energetiku: *Energija u Hrvatskoj*).

U **tablici 4-2** prikazani su rafinerijski proizvodi koji nastaju procesima preradbe nafte u hrvatskim rafinerijama, te njihove količine. U razdoblju od 2000. do 2013. godine uočava se značajan pad u ukupnoj proizvodnji. Najzastupljeniji proizvodi, s obzirom na udio u ukupnoj proizvodnji, bili su motorni benzin, loživo ulje te dizelsko gorivo što se može iščitati i iz histograma količina rafinerijskih proizvoda (**slika 4.6**).

**Tablica 4-2.** Rafinerijski proizvodi (preuzeto iz ****1,*2, *3***)

| **Godina/(1 000 t)** | **2000.** | **2005.** | **2010.** | **2013.** |
|---|---|---|---|---|
| **Rafinerijski proizvodi – ukupna proizvodnja** | 5280 | 5139 | 4232 | 3357 |
| **ukapljeni plin** | 284 | 291 | 246 | 209 |
| **motorni benzin** | 1330 | 1168 | 1094 | 928 |
| **petrolej i MG** | 88 | 99 | 95 | 109 |
| **dizelsko gorivo** | 1064 | 1081 | 1079 | 1072 |
| **ekstralakoloživo ulje** | 603 | 522 | 228 | 169 |
| **loživo ulje** | 1111 | 1160 | 868 | 514 |
| **primarni benzin** | 103 | 177 | 66 | 30 |
| **bitumen** | 177 | 181 | 67 | 36 |
| **rafinerijski plin** | 262 | 241 | 162 | 175 |
| **ostali derivati** | 259 | 221 | 328 | 113 |

Primjetan je pad proizvodnje motornog benzina i loživog ulja, dok su proizvedene količine dizelskog goriva približno ostale jednake u promatranom razdoblju. Na **slici 4.6** isti trend u opadanju se može uočiti i za ostale rafinerijske proizvode.

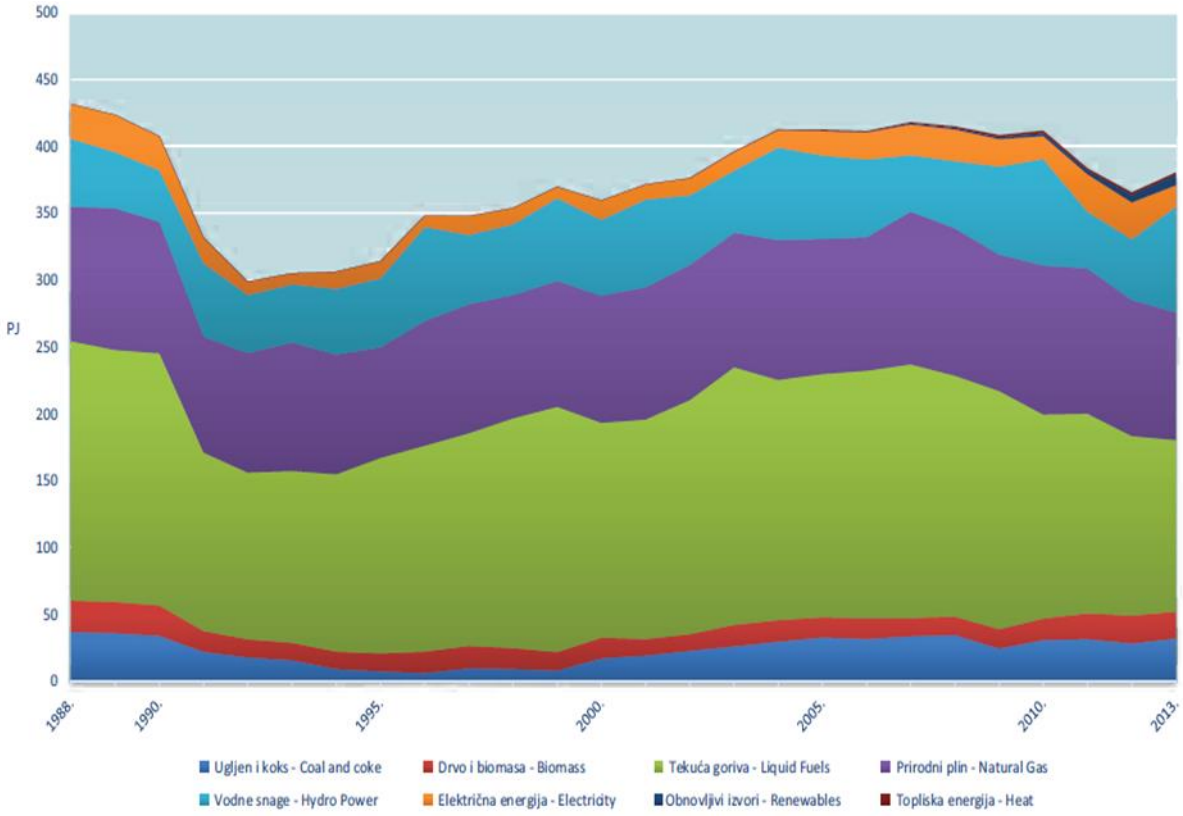



**Slika 4.6.** Rafinerijski proizvodi u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)

U navedenom razdoblju došlo je do promjena u strukturi potrošnje energije u prometu i to takvih da je udio dizelskog goriva i mlaznog goriva povećan, dok je udio motornog benzina smanjen. Zbog promjena u strukturi potrošnje tekućih goriva u prometu dizelsko i mlazno gorivo održali su gotovo jednaku vrijednost u proizvodnji (ili uz blago povećanje) za cijelo promatrano razdoblje (**tablica 4-2**). Najveći pad u proizvodnji bilježe loživo ulje i ekstralako loživo ulje.

# 5. POTROŠNJA NAFTE I PLINA

Potrošnja energije u Hrvatskoj, poput potrošnje energije u ostalim zemljama, ovisna je o globalnim i nacionalnim utjecajima. Najveći udio u potrošnji energije zauzimaju tekuća goriva i prirodni plin (**slika 5.1**).




**Slika 5.1.** Ukupna potrošnja energije u Hrvatskoj (izvor:***3**)

Potrošnja energije od 1988. do 2013. godine prikazana je na **slici 5.1**. Današnja potrošnja energije manja je od potrošnje iz 1988. godine. Osim izravnih i neizravnih šteta hrvatski proizvođači dijelom su promijenili ciljano tržište. Tradicionalne gospodarske, prvenstveno proizvodne grane se mijenjaju i dolazi do restrukturiranja gospodarstva uz postupnu dominaciju sektora usluga i trgovine. Takvi trendovi odražavaju se na potrošnju. Najveći porast potrošnje ostvaren je 2007. godine, nakon čega se bilježi pad. Ekonomske prilike u svijetu odražavaju se i na hrvatsko gospodarstvo, a samim time i na potrošnju energije, a također i na potrošnju tekućih goriva (benzin, petrolej, dizel goriva, loživa ulja) i plina.

Zadnjih nekoliko godina porast u potrošnji energije bilježe samo obnovljivi izvori te vodne snage.

Najveći udio u ukupnoj potrošnji energije u Hrvatskoj ostvaruju tekuća goriva. Njihov udio iznosio je 43,4 % u 2008. godini te se do 2013. godine smanjio na 33,7 %. Osim udjela tekućih goriva u 2013. godini smanjio se još i udio prirodnog plina i uvozne električne energije.

**Reščec** (**2011**) piše o promjeni primjene loživog ulja za potrebe hrvatskih termoelektrana. Većina naših velikih termoelektrana (npr. termoelektrane Sisak i Urinj) i niz industrijskih i malih kotlovnica za rad svojih parnih kotlova koristi se uljem za loženjem. Većina termoelektrana trebala bi obustavit rad tijekom nekoliko narednih godina. Moguća je prenamjena postojećih elektrana koje će se za pogon najčešće koristiti prirodnim plinom. Naše će rafinerije nafte prvo smanjiti proizvodnju ulja za loženje, a zatim će ga prestati ili gotovo prestati proizvoditi. To će se dogoditi zato što će se s početkom rada novih postrojenja u objema rafinerijama (integrirana postrojenja hidrokreking teških plinskih ulja i hidrodesulfurizacija) teški ugljikovodici pretvarati u srednje (dizel-gorivo) i lake (benzini, ukapljeni naftni plin i rafinerijski plinovi) frakcije. Također, rafinerije vlastitu potrošnju ulja za loženje zamjenjuju prirodnim plinom. Povećana potreba za plinom rješavat će se prije svega njegovim uvozom. Također je važno usporiti, pa i zaustaviti porast potrošnje dizelskoga goriva jer je njegov uvoz sada velik i skup.

Potrošnja energije može se podijeliti na nekoliko kategorija. Osnovne kategorije su neposredna i neenergetska potrošnja te kategorija ostalo.

a) Neposredna potrošnja energije obuhvaća potrošnju u prometu, potrošnju u industriji te opću potrošnju (potrošnja u kućanstvima, graditeljstvu, poljoprivredi).
b) Neenergetska potrošnja predstavlja potrošnju energenta u neenergetske svrhe. Energent se koristi kao sirovina za daljnje proizvode što se prvenstveno odnosi na petrokemijsku industriju.
c) Ostalo. U kategoriju ostalo spadaju: gubici transporta i distribucije, potrošnja energije za pogon energetskih postrojenja i gubici transformacije. Pod pojmom

energetske transformacije smatra se svaki proces pretvorbe energije iz jednog oblika u drugi. Energija fosilnih goriva može biti pretvorena u drugi oblik energije poput električne, mehaničke ili toplinske koje su potrebnije.

## 5.1. Potrošnja naftnih derivata i plina u Hrvatskoj od 2000. do 2013. godine

Naftni derivati i plin u Republici Hrvatskoj predstavljaju glavni izvor energije. Naftni derivati najveću potrošnju ostvaruju u prometu te u energetskim transformacijama dok je potrošnja prirodnog plina najveća u energetskim transformacijama i u općoj potrošnji. Najmanja potrošnja derivata nafte i plina odnosi se na potrošnju u industriji.

### 5.1.1. Potrošnja naftnih derivata

Potrošnja naftnih derivata odnosi se uglavnom na potrošnju rafinerijskih proizvoda u neposrednoj potrošnji. U **tablici 3-2** prikazani su rafinerijski proizvodi koji nastaju procesima preradbe nafte u hrvatskim rafinerijama. Najbitniji rafinerijski proizvodi su ukapljeni plin, motorni benzin, mlazno gorivo, dizelsko gorivo, ekstralakoloživo ulje i loživo ulje. Ukupno gledano, u razdoblju od 2000. do 2013. godine, u Hrvatskoj ostvareno je smanjenje potrošnje većine derivata nafte, a porast je ostvaren u potrošnji dizelskog i mlaznog goriva.

U **tablici 5-1** prikazane su kategorije potrošnje energije naftnih derivata i područja koja obuhvaćaju. Potrošnja naftnih derivata prikazana je na temelju ove raspodjele kategorija potrošnje (**slika 5.2**).

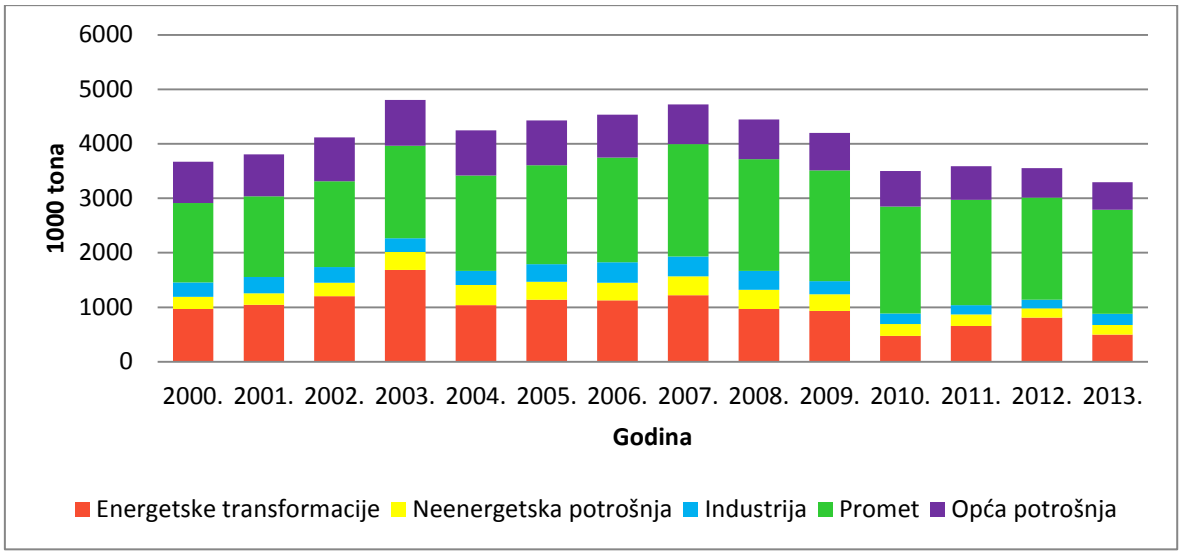
**Tablica 5-1.** Potrošnja naftnih derivata

<table>
<tr><th rowspan="2">Potrošnja za pogon</th><th rowspan="2">Energetske transformacije</th><th rowspan="2">Neenergetska potrošnja</th><th colspan="3">Neposredna potrošnja</th></tr>
<tr><th>Industrija</th><th>Promet</th><th>Opća potrošnja</th></tr>
<tr><td>proizvodnja nafte i plina</td><td>termoelektrane</td><td rowspan="9">gubitci</td><td>željeza i čelika</td><td>željeznički</td><td>kućanstva</td></tr>
<tr><td>elektroprivreda</td><td>javne toplane</td><td>obojenih metala</td><td>cestovni</td><td>usluge</td></tr>
<tr><td>rafinerija</td><td>javne kotlovnice</td><td>stakla i nemetalnih minerala</td><td>zračni</td><td>poljoprivreda</td></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td>industrijske toplane</td><td>kemijska</td><td>pomorski i riječni</td><td>graditeljstvo</td></tr>
<tr><td>industrijske kotlovnice</td><td>građevnoga materijala</td><td>javni gradski</td><td rowspan="5"></td></tr>
<tr><td>rafinerije</td><td>papira</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>gradske plinare</td><td>prehrambena</td></tr>
<tr><td></td><td>ostalo</td></tr>
</table>

Najveća potrošnja naftnih derivata ostvarila se u prometu. Motorni benzin najviše sudjeluje u potrošnji, zatim slijedi dizelsko gorivo te mlazno gorivo koje se koristi pretežno u zračnom prometu. Zadnjih nekoliko godina ulogu u potrošnji u prometu dobiva i ukapljeni plin (**slika 5.4**).

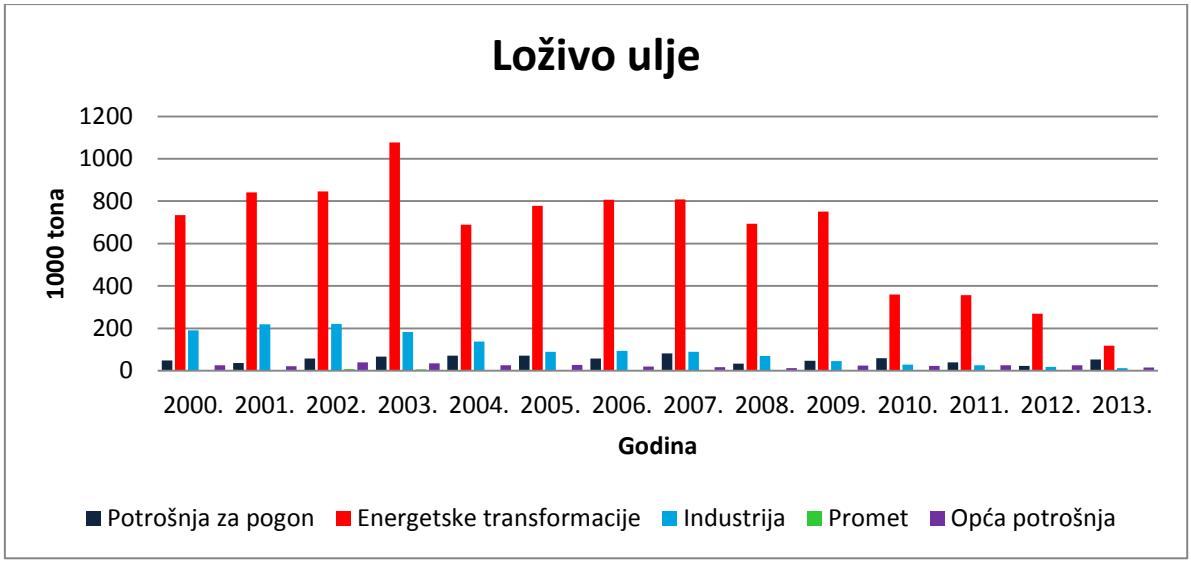
U razdoblju od 2000. do 2013. godine došlo je do promjena u strukturi potrošnje energije u prometu i to takvih da je udio motornog benzina znatno smanjen dok je udio dizelskog goriva i mlaznog goriva povećan.

Najveća potrošnja naftnih derivata dostignuta je 2003., a zatim 2007. godine (**slika 5.2**). Do 2007. godine potrošnja naftnih derivata bila je u porastu, nakon čega slijedi gotovo konstantan pad u potrošnji, te se najniža vrijednost (za promatrano razdoblje) postiže 2013. godine. Najveći porast potrošnje u promatranom razdoblju ostvario je promet.




**Slika 5.2**. Potrošnja naftnih derivata u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)

Kategorija koja se nalazi na drugom mjestu po potrošnji naftnih derivata su energetske transformacije. Potrošnja derivata za potrebe energetskih transformacija 2013. godine upola je manja u odnosu na početak promatranog razdoblja.



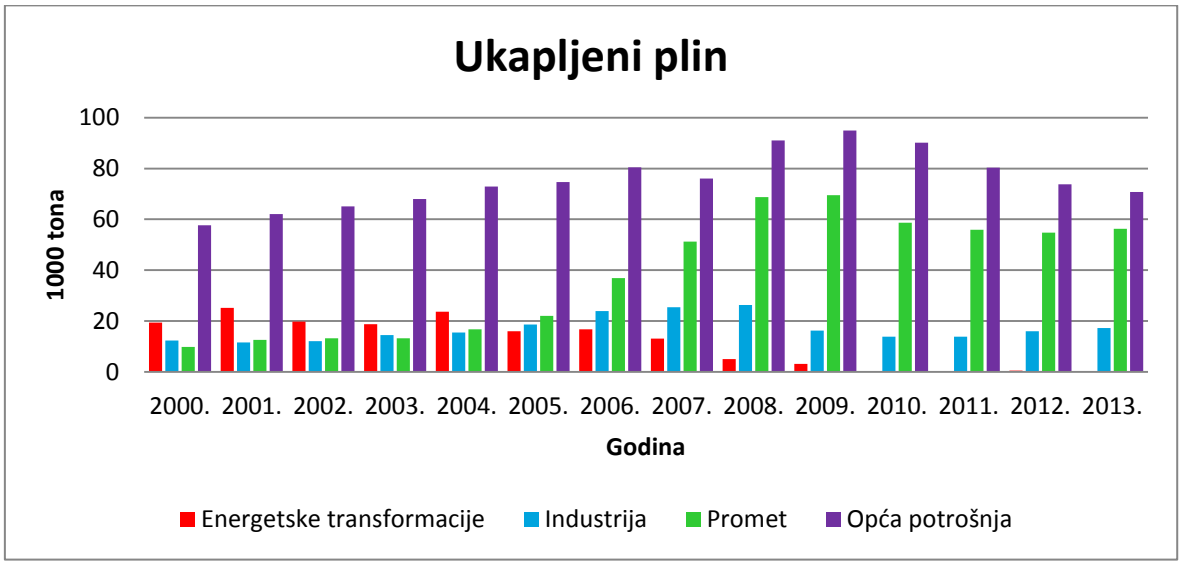

**Slika 5.3**. Potrošnja loživog ulja u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)

U energetskim transformacijama najveću ulogu ima loživo ulje. Na **slici 5.3** može se uočiti drastičan pad potrošnje loživog ulja za energetske transformacije u promatranom

razdoblju. Potrošnja za transformacije doživjela je najveći pad u potrošnji za promatrano razdoblje. Struktura potrošnje u energetskim transformacijama odrazila se na potrošnju loživog ulja.

Opća potrošnja održava relativno jednake vrijednosti uz blagi pad za cijelo promatrano razdoblje. Najvažniji rafinerijski proizvod koji se koristio za opću potrošnju bilo je ekstralako loživo ulje. Njegova potrošnja najveća je bila 2003. godine, nakon čega se njegova uloga u općoj potrošnji drastično smanjivala te je 2013. godine tri puta manja u odnosu na 2003. Potrošene količine loživog ulja dosežu jednaku vrijednost kao i dizelsko gorivo. Osim dizelskog goriva značajniji udio u općoj potrošnji imao je i ukapljeni plin.

Neenergetska potrošnja i potrošnja naftnih derivata u industriji bila je približno konstantna, uz blagi rast do sredine promatranog razdoblja te blagi pad od sredine razdoblja. Potrošnja ovih kategorija 2013. godine je najmanja u odnosu na ostale godine.




**Slika 5.4**. Potrošnja ukapljenog plina u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)

Zanimljivo je uočiti promjenu u strukturi potrošnje ukapljenog plina. Najvećim dijelom sudjeluje u općoj potrošnji. Od 2006. godine njegova primjena u prometu se znatno povećala, dok se istodobno gotovo u potpunosti prestao koristiti za energetske transformacije (**slika 5.4**).

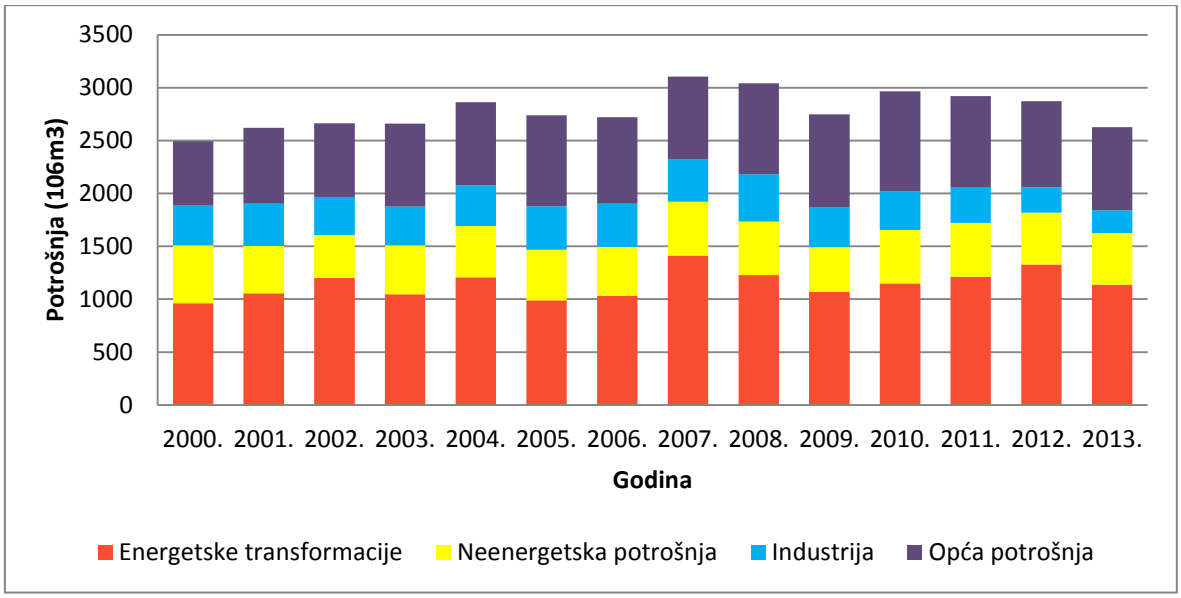
### 5.1.2. Potrošnja plina

Struktura potrošnje prirodnog plina se razlikuje od potrošnje naftnih derivata. Najveći udio prirodnog plina koristi se za energetske transformacije, a ostatak u općoj potrošnji, neenergetskoj potrošnji i industriji.

**Tablica 5-2.** Potrošnja plina

| **Potrošnja za pogon** | **Energetske transformacije** | **Neenergetska potrošnja** | **Neposredna potrošnja** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Industrija** | **Promet** | **Opća potrošnja** |
| proizvodnja nafte i plina | termoelektrane | gubitci | željeza i čelika | cestovni | kućanstva |
| rafinerija | javne toplane | | obojenih metala | javni gradski | usluge |
| degazolinaža | javne kotlovnice | | stakla i nemetalnih minerala | ostali | poljoprivreda |
| | industrijske toplane | | kemijska | | |
| | industrijske kotlovnice | | građevnoga materijala | | |
| | rafinerije | | papira | | |
| | gradske plinare | | prehrambena | | |
| | degazolinaža | | ostalo | | |

U **tablici 5-2** prikazane su kategorije potrošnje plina. U razdoblju od 2000. do 2013. godine ukupno gledajući ostvaren je porast potrošnje plina za energetske transformacije i opću potrošnju (uz povremene oscilacije). Potrošnja prirodnog plina u industriji održavala se konstantnom do 2009. godine nakon čega je slijedio negativan trend i potrošnja u industriji se gotovo dvostruko smanjila (**slika5.5**).




**Slika 5.5**. Potrošnja plina u Hrvatskoj (2000.-2013.god.)

# 6. STATISTIČKA ANALIZA

U ovom poglavlju ukratko su opisane neke od statističkih metoda koje su korištene kako bi se pokušala utvrditi statistička povezanost uvoza i pridobivanja ugljikovodika u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2000. do 2013. godine. Metode koje su izabrane za statističku analizu su F-test, t-test te koeficijent korelacije. Podatci su analizirani u Excelu kao dijelu MsOffice™ paketa koji ima brojne funkcije čime je omogućena brza analiza podataka, a statistički testovi napravljeni su pomoću MS Excel paketa „Analysis Toolpak“.

## 6.1. Teorijska osnova

Statistička analiza podataka ima vrlo široku primjenu te je vrlo bitno razumjeti osnovne pojmove kako bi se mogla izabrati odgovarajuća metoda za analizu podataka. Statističkom analizom mogu se dobiti korisne informacije te se u tu svrhu podaci grupiraju i iz njih se dobivaju osnovne statističke veličine.

Cilj je statističke analize da se na osnovi skupa podataka o nekom obilježju donesu valjani zaključci o obilježju u cjelini. U matematičkom smislu, obilježje je slučajna varijabla pa se problem svodi na to da se, na osnovi uzorka vrijednosti te slučajne varijable, odredi njezina razdioba ili neka druga karakteristika. Drugi pristup tom problemu naziva se testiranje hipoteza. Bit tog postupka je da se postavi neka hipoteza (pretpostavka) o slučajnoj varijabli i da se, na osnovi uzorka vrijednosti te varijable, ispita istinitost te hipoteze (npr. **Pfaff, 2012**).

S obzirom da su u ovom radu za analizu podataka izabrani F-test, t-test te koeficijent korelacije ukratko će biti opisane statističke veličine vezane za navedene metode.

Aritmetička sredina $\bar{x}$ je zbroj umnoška vrijednosti svakog obilježja varijable i njegove frekvencije podijeljen s opsegom populacije (**6.1**).

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{l} x_i f_i \tag{6.1}$$

Gdje su:

$\bar{x}$ - *aritmetička sredina,*

*f - frekvencija obilježja na smjestištu „i“,*

$x_i$ - *rezultat mjerenja na smjestištu „i“,*

*n - broj podataka (opseg populacije).*

Očekivanje $\mu$ je nepristrani procjenitelj aritmetičke sredine slučajne varijable.

Veličina uzorka $n$ predstavlja broj mjerenja varijable.

Varijanca $\sigma^2$ zbroj svih umnožaka između kvadrata razlike vrijednosti obilježja i aritmetičke sredine podijeljen s opsegom populacije (**6.2**). To je minimum svih srednjih vrijednosti kvadratnih odstupanja od aritmetičke sredine.

$$\sigma^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{l}(x_i - \bar{x})^2 \tag{6.2}$$

Gdje su:

$\sigma^2$ - *varijanca,*

$x_i$ - *rezultat mjerenja na smjestištu „i“,*

$\bar{x}$ - *aritmetička sredina,*

*n - opseg populacije.*

Standardna devijacija $\sigma$ je drugi korijen iz varijance (**6.3**). Izražena je u originalnim jedinicama mjere zbog čega se vrlo često upotrebljava. Definira se kao prosječno odstupanje vrijednosti elementa od aritmetičke sredine. Pomoću standardne devijacije u originalnim mjernim jedinicama obilježja može se uspoređivati raspršenost oko aritmetičke sredine nizova koji su grupirani po jednakom obilježju.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{l}(x_i - \bar{x})^2} \tag{6.3}$$

Gdje su:

*$\sigma$ - standardna devijacija,*

*$\sigma^2$ - varijanca,*

*$x_i$ - rezultat mjerenja na smjestištu „i“,*

*$\bar{x}$ - aritmetička sredina,*

*n - opseg populacije.*

Nepristrana procjena varijance $s^2$ je zbroj svih umnožaka između kvadrata razlike vrijednosti elementa $x_i$ i aritmetičke sredine $\bar{x}$ podijeljen s korigiranim brojem uzoraka uzetih iz populacije (**6.4**).

$$s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{l}(x_i - \bar{x})^2 \quad (6.4)$$

Gdje su:

*$s^2$- nepristrana procjena varijance,*

*$x_i$ - rezultat mjerenja na smjestištu „i“,*

*$\bar{x}$ - aritmetička sredina,*

*n - opseg populacije.*

## 6.2. Statističke metode i testovi

Postupak usporedbe dviju grupa uzoraka ili populacija podrazumijeva donošenje odluke o njihovoj statistički značajnoj sličnosti ili pak različitosti. U tu svrhu koriste se statistički testovi (npr. **Malvić i Medunić, 2015**). Postoje različiti testovi za različite vrste hipoteza pa treba izabrati test koji odgovara postavljenoj hipotezi. Za svaki test propisan je postupak koji treba provesti.

Statistička hipoteza je tvrdnja o sličnosti ili različitosti dvije skupine mjerenja slučajne varijable, a što je pretpostavljeno po nekom drugom svojstvu negoli isključivo statističkom, npr. geološkom. Postupak kojim se donosi odluka o prihvaćanju ili

neprihvaćanju hipoteze temeljem podataka iz uzorka se naziva testiranjem statističkih hipoteza. Statistički testovi se dijele na parametarske i neparametarske. Testiranje polazi od formiranja nulte hipoteze $H_0$ i alternativne hipoteze $H_1$ koja je komplementarna nultoj hipotezi. Moguće odluke su prihvaćanje nulte hipoteze i odbacivanje nulte hipoteze. Budući da se odluka donosi na temelju podataka iz uzorka, u postupku testiranja su moguće dvije vrste pogreške.

Pogrješka tipa I. se iskazuje vjerojatnošću $\alpha$ odbacivanja istinite nulte hipoteze. Još se naziva razinom značajnosti ili signifikantnosti. Pogrješka tipa II. se iskazuje vjerojatnošću $\beta$, a vjerojatnost $1-\beta$ se naziva snagom testa i označava vjerojatnost odbacivanja neistinite $H_0$ hipoteze. U slučaju prihvaćanja hipoteze $H_0$ kaže se da je opravdano prihvatiti kao vjerojatno istinitu tvrdnju iz hipoteze s razinom signifikantnosti $\alpha$ (**Koceić, 2011; Pavlić, 1970**).

Prema **Malvić i Medunić (2015)** hipoteza o sličnosti kod geoloških podataka obično se odbacuje ako nije zadovoljila provjeru uz razinu značajnosti od 0, 05 (5 %) ili manje. Korištenjem te vrijednosti postoji i 5 % vjerojatnosti odbacivanja ispravne hipoteze. Kako bi bili što sigurniji u ispravnu odluku može se koristiti više razina značajnosti, obično 0,01 ili 0,001 (1 % ili 0,1 %). Važno je imati na umu da ukoliko se hipoteza prihvati, to samo znači kako je dokazano da ona nije statistički pogrješna.

Statistički testovi razlikuju se prema tome testiraju li varijablu čija je razdioba izdužena na jednu (npr. $\chi^2$) ili dvije strane (normalna). Prema pravilu, nulta hipoteza se prihvaća kada je vrijednost testa manja od kritične vrijednosti. Kod jednosmjernog testa ispituje se samo jedna od te dvije tvrdnje, dok kod dvosmjernoga obadvije. To znači da se kod razdioba gdje je moguće načiniti dvosmjerni test, također moguće načiniti dva jednosmjerna testa.

### 6.2.1. *F*-test

*F*-testom uspoređuju se varijance dviju slučajnih varijabli normalne razdiobe. Da bi se testirala činjenica o jednakosti varijanci pretpostavljaju se hipoteze. Pretpostavljamo da su

na raspolaganju dva slučajna uzorka, veličine $n_1$ i $n_2$. Testira se hipoteza $H_0$: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$. Test-vrijednost računa se prema izrazu **6.5**.

$$f = \frac{s_1^2}{s_2^2} \tag{6.5}$$

Gdje su:

*$f$ - test vrijednost*

*$s_1^2$- nepristrana procjena varijane za uzorak veličine $n_1$*

*$s_2^2$- nepristrana procjena varijane za uzorak veličine $n_2$*

i ona je vrijednost slučajne varijable koja ima F-razdiobu sa $k_1 = n_1 - 1$ i $k_2 = n_2 - 1$ stupnjeva slobode uz pretpostavku da su varijance dviju slučajnih varijabli normalne razdiobe međusobno jednake. Kod F- razdiobe slučajna varijabla je definirana je kao omjer dvije nezavisne hi-kvadrat ($\chi^2$) varijable. Ako je hipoteza $H_0$ istinita izračunata test-vrijednost $f$ treba biti u području vrijednosti $F$ razdiobe.

S obzirom da su varijable ravnopravne u brojnik se stavlja veća procjena varijance pri računanju test-vrijednosti. Ako je hipoteza istinita i $s_2^1 > s_2^2$, uz vjerojatnost pogrješke prve vrste te razinu značajnosti $\alpha = 0.05$, kritično područje je ono za $f > f_{0.05}$ (npr. **Pfaff, 2012**).

### 6.2.2. *t*-test

$t$-test je naziv za test koji ima nekoliko varijanti, ovisno o postavljenoj hipotezi i alternativnoj hipotezi. Dvije su osnovne varijante, gdje se ispituje hipoteza o vrijednosti očekivanja slučajne varijable ili hipoteza o jednakosti očekivanja dviju slučajnih varijabli (**Pavlić, 1970**).

Jedna od osnovnih varijanti t-testa je hipoteza o vrijednosti očekivanja slučajne varijable. Hipoteza koja se želi ispitati jest da očekivanje slučajne varijable ima neku unaprijed zadanu vrijednost označenu s $\mu_0$. Nulta hipoteza glasi $H_0$: $\mu=\mu_0$.

Iz uzorka od n vrijednosti te slučajne varijable može se izračunati$\bar{x}$ i $s$, a test vrijednost za ovu hipotezu računa se prema jednadžbi **6.6**.

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \tag{6.6}$$

Gdje su:

t - *test vrijednost,*

$s$- *standardna devijacija,*

$x_i$ - *rezultat mjerenja na smjestištu „i“,*

$\bar{x}$ - *srednja vrijednost populacije,*

$\mu_0$ - *očekivanje slučajne varijable,*

*n - opseg populacije.*

Znajući vrijednost slučajne varijable t-razdiobe s $k = n - 1$ stupnjeva slobode, moguće je odrediti kritično područje hipoteze ako je postavljena hipoteza istinita. Za tabličnu vrijednost $t_\alpha$ t-razdiobe vrijedi $P(|T| > t_\alpha) = \alpha$. Uz razinu značajnosti $\alpha$, hipoteza se odbacuje za $|t| > \alpha$.

Druga osnovna varijanta *t*-testa je hipoteza o jednakosti očekivanja dviju slučajnih varijabli. Pretpostavlja se da obje slučajne varijable imaju normalnu razdiobu. Cilj je ispitati hipotezu da su očekivanja tih dviju slučajnih varijabli jednaka, $H_0$: $\mu_1 = \mu_2$. Za provođenje testa treba imati po jedan uzorak vrijednosti svake od varijable, veličine $n_1$ i $n_2$. Računaju se karakteristike $\bar{x}_1$ i $s_1^2$ te $\bar{x}_2$ i $s_2^2$ za svaki uzorak. Potrebno je izračunati i karakteristiku $s_d^2$ prema izrazu **6.7** koja povezuje oba uzorka.

$$s_d^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \times \frac{n_1 + n_2}{n_1 \times n_2} \tag{6.7}$$

Gdje su:

$s_1^2$- *nepristrana procjena varijane za uzorak veličine* $n_1$

$s_2^2$- *nepristrana procjena varijane za uzorak veličine* $n_2$

Test-vrijednost u ovom testu dana je jednadžbom **6.8**.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s_d} \tag{6.8}$$

i ona je vrijednost slučajne varijable koja ima F-razdiobu s $k_1 = n_1 - 1$ i $k_2 = n_2 - 1$ stupnjeva slobode. Uz pretpostavku da su očekivanja dviju slučajnih varijabli normalne razdiobe međusobno jednaka, kritično područje bit će kao i u prethodno izloženoj varijanti t-testa. Prije provođenja ovog testa treba utvrditi je li obilježja imaju normalnu razdiobu. Drugi uvjet je da su varijance tih varijabli međusobno jednake, što treba ispitati *F*-testom. Ako su obje pretpostavke ispunjene, provodi se *t*-test. Kada je $|t| > t_\alpha$ hipotezu se odbacuje, a u suprotnom se ne odbacuje.

Postoji još nekoliko vrsta $t$-testova, no svi oni točno ili vrlo približno slijede t-razdiobu nulte hipoteze. Testiranje hipoteze o pretpostavljenoj vrijednosti očekivanja osnovnog skupa se provodi tako da se iz osnovnog skupa izuzme slučajan uzorak veličine n članova. Ako imamo veliki uzorak (n>30), riječ je o testu velikim uzorkom (z-test), gdje je vrijednost varijable z iz standardizirane normalne razdiobe, a ako je u uzorku trideset i manje članova (n≤30), tada se radi o malenom uzorku, koristi se studentova t – razdioba i provodi se t-test.

Graf t-razdiobe je sličan grafu normalne funkcije (simetričan u odnosu na os y) ali je spljošteniji jer se koriste stupnjevi slobode. Povećavanjem stupnjeva slobode graf Studentove t-funkcije (t-krivulja) postaje sve sličnija z-krivulji (normalna razdioba), a za velike stupnjeve slobode su te dvije krivulje gotovo iste.

Svaki od vrsta $t$-testova ima odgovarajući broj stupnjeva slobode te se bilo koji može primijeniti bilo za 1- ili 2-smjerni test. Svaki takav test rezultira i vjerojatnošću, a ako je i simetričan sadrži i tri alternativne hipoteze:

a) ako je $H_0$: $\mu > \mu_0$, P vrijednost = P ($T \geq t$)
b) ako je $H_0$: $\mu < \mu_0$, P vrijednost = P ($T \leq t$)
c) ako je $H_0$: $\mu \neq \mu_0$, P vrijednost = P ($T \leq -|t|$ ili $T \geq |t|$) ili $2P(T \geq |t|)$

Dvije od njih sadržane su u 1-smjernom, a jedna u 2-smjernom testu. Nakon izračuna test vrijednosti vjerojatnost se očita iz tablica za Studentovu (t) razdiobu. Ako je manja od granične za potvrđivanje statističke značajnosti, a to je obično 0,05 nulta hipoteza se odbacuje, a alternativna prihvaća.

## 6.3. Koeficijent korelacije

Pearsonov koeficijent korelacije koji se označava slovom „r“ može poprimiti vrijednosti u rasponu od -1 do 1 (tj. potpune negativne ili pozitivne korelacije). Vrijednost 0 označava nepostojanje bilo kakve linearne veze, dok su sve vrijednosti između navedenih granica podložne u geologškoj interpretaciji onoga što se zove „smislena veza“ dviju varijabli (**Malvić i Medunić, 2015**).
Općenito ako je $|r| \leq 0{,}5$ smatra se da nema linearne ovisnosti, $0{,}5 \leq |r| \leq 0{,}7$ linearna ovisnost postoji, a $0{,}7 \leq |r|$ linearna ovisnost je jaka (**Pfaff, 2012**).

Međutim, prema **Malvić i Medunić (2015)** za pravilnu interpretaciju izračunatog koeficijenta korelacije bitno je poznavanja pravila, posebno empiričkih, znanstvene grane u kojoj se korelacija računa kako bi se mogla određena numerička vrijednost proglasiti dovoljno velikom da je ta korelacija smislena ili „značajna“. Koeficijent korelacije jednostavno se računa pomoću funkcija u Excelu.

Koeficijent korelacije koji se često koristi je Pearsonov koeficijent korelacije. Kada se računa iz određenog skupa uzoraka (podataka), Pearsonov koeficijent korelacije rezultat je sljedeće jednadžbe (**6.9**):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \tag{6.9}$$

Gdje su:
*$r$ - korelacijski koeficijent*
*$x_i$ i $y_i$ - mjereni podaci varijabli „x“ i „y“ na smjestištima „i“,*
*$\bar{x}$ i $\bar{y}$ - srednje vrijednosti varijabli „x“ i „y“.*

Također se često koristi i Spearmanov koeficijent korelacije ranga, kao još jedan izraz mjere ovisnosti između dviju varijabli. Opći oblik jednadžbe glasi:

$$r(R_x, R_y) = \frac{c(R_x,R_y)}{s_{Rx}s_{Ry}} \tag{6.10}$$

Gdje su:
*r(Rx, Ry) - koeficijent korelacije rangova varijabli „x“ i „y“,*
*c(Rx, Ry) - kovarijanca rangova varijabli,*
*sRx, sRx - standardne devijacije rangova varjabli.*

Ovaj korelacijski koeficijent izražava se u rangovima i u njemu se rabi medijan umjesto aritmetičke sredine i standardne devijacije, odnosno radi se o neparametarskom testu.

## 6.4. Statistička analiza podataka

Podatci su analizirani pomoću programskog paketa Microsoft Excel koji je jedan od najčešće korištenih računalnih programa za primjenu statističkih izračuna i analize. Rezultati F-testa i t-testa dobiveni su pomoću MS Excel paketa za statističku analizu „Analysis Toolpak“. Korištenjem navedenog paketa u složenoj statističkoj analizi može se uštedjeti mnogo koraka u postupku i vremena. Potrebno je navesti podatke i parametre za svaku analizu i alat zatim koristi odgovarajuće funkcije makronaredbi i prikazuje rezultate u izlaznoj tablici.

### 6.4.1. *F*-test

U sklopu paketa za statističku analizu (*Analysis Toolpak*) moguće je provesti F-test s dva uzorka za usporedbu dviju varijanci populacija. Ovaj alat vraća rezultate testiranja nulte hipoteze prema kojoj ta dva uzorka dolaze iz distribucija s jednakim varijancama u odnosu na zamjensku hipotezu prema kojoj se varijance razlikuju. Nakon unošenja podataka alat izračunava testnu vrijednost prema jednadžbi **6.5** i prikazuje statističke veličine u obliku tablice (**tablica 6-1**).

**Tablica 6-1.** F-test, efektivno pridobivanje i uvoz prirodnog plina (2000.-2013.godina)

| *F-test* | *Efektivno pridobivanje* | *Uvoz* |
|---|---|---|
| Očekivanje | 1878,59 | 1114,89 |
| Varijanca | 45726,95 | 13210,82 |
| Veličina uzorka | 14,00 | 14,00 |
| Stupnjevi slobode | 13,00 | 13,00 |
| F-vrijednost | 3,46 | |
| P(F<=f) , jednosmjeran test | 0,02 | |
| Kritična vrijednost F, jednosmjeran test | 2,58 | |

Veličine koje su prikazane su: očekivanje, varijanca, veličina uzorka, stupnjevi slobode, F vrijednost, i kritična vrijednost F-testa. P vrijednost predstavlja izračunatu vrijednosti pomoću koje se dolazi do zaključka i predstavlja vjerojatnost odnosno površinu ispod repova krivulje distribucije. Kada je P vrijednost veća od vrijednosti $\alpha$ hipoteza se prihvaća i obrnuto. Ako test vrijednost („F“) iznosi približno 1, to znači da su varijance osnovne populacije jednake.

Iz tablica se može očitati vrijednost 2,58 navedena u **tablici 6-1** kao kritična vrijednost F testa. U brojnik jednadžbe **6-1** za izračun test vrijednosti se stavlja veća procjena varijance. Zbog toga je izračunati F uvijek veći od 1. Dobiva se vrijednost za F=3,46 što je manje od kritične vrijednosti F. S obzirom na takav rezultat hipoteza $H_0$ ne prihvaća se kao istinita. Drugim riječima, procjene varijanci efektivnog pridobivanja i uvoza razlikuju se značajno.

**Tablica 6-2.** F-test, potrošnja i uvoz prirodnog plina (2000.-2013.godina)

| *F-test* | *Potrošnja* | *Uvoz* |
|---|---|---|
| Očekivanje | 2984,39 | 1114,89 |
| Varijanca | 32125,53 | 13210,82 |
| Veličina uzorka | 14,00 | 14,00 |
| Stupnjevi slobode | 13,00 | 13,00 |
| F-vrijednost | 2,43 | |
| P(F<=f) , jednosmjeran test | 0,06 | |
| Kritična vrijednost F, jednosmjeran test | 2,58 | |

**Tablica 6-3.** F-test, potrošnja i uvoz nafte (2000.-2013.godina)

| *F-test* | *Potrošnja* | *Uvoz* |
|---|---|---|
| Očekivanje | 4502,87 | 3597,20 |
| Varijanca | 598885,64 | 380359,33 |
| Veličina uzorka | 14 | 14 |
| Stupnjevi slobode | 13 | 13 |
| F-vrijednost | 1,57 | |
| P(F<=f) , jednosmjeran test | 0,21 | |
| Kritična vrijednost F, jednosmjeran test | 2,57 | |

U **tablicama 6-2 i 6-3** prikazani su rezultati F-testa za podatke uvoza i potrošnje, za plin i naftu. Može se uočiti da je F-vrijednost u oba slučaja manja od tablične vrijednosti kritičnog F. S obzirom na takav rezultat hipoteza $H_0$ prihvaća se kao istinita. Drugim riječima, procjene varijanci ne razlikuju se značajno, pa ne možemo na bazi gornjih uzoraka zaključiti da uzorci potječu iz normalnih razdioba s različitim varijancama.

### 6.4.2. *t*-test

$t$-test se vrlo često računa u Excelu kao dijelu MsOffice$^{TM}$ paketa. Excel funkcija za $t$-test analizu s dva uzorka ispituje vrijednostispituje mogu li se srednje vrijednosti dviju populacija smatrati (približno) jednakim.. Dostupna su tri alata: test uparena dva uzorka za srednje. Dostupna su tri alata: test uparena dva uzorka sa srednjim vrijednostima, test dva uzorka s pretpostavkom jednakih varijanci, test dva uzorka s pretpostavkom različitih varijanci. Prije provođenja $t$-testa poželjno je napraviti F-test koji daje podatak o jednakosti varijanci.

Test uparena dva uzorka za srednje vrijednosti koristi se kada u uzorcima dolazi do prirodnog uparivanja opažanja, na primjer kada se grupa uzoraka testira dvaput, prije i poslije pokusa. Pokušava se utvrditi dolaze li opažanja prije i poslije pokusa iz distribucije s jednakim srednjim vrijednostima populacija.

Test dva uzorka s pretpostavkom jednakih varijanci izvodi studentov test s dva uzorka. Pretpostavlja se da oba skupa dolaze iz raspodjele s jednakim varijancama. Određuje vjerojatnost da li su dva uzorka došla iz raspodjela jednakih srednjih vrijednosti.
Test dva uzorka s pretpostavkom različitih varijanci također izvodi studentov t-test na dva uzorka u kojem se pretpostavlja da su dva skupa podataka uzeta iz distribucija s različitim varijancama. Koristi se kada u dva uzorka postoje različiti subjekti.

**Tablica 6-4.** t-test, efektivno pridobivanje i uvoz prirodnog plina (2000.-2013.godina)

| *t-test* | *Efektivno pridobivanje* | *Uvoz* |
|---|---|---|
| Očekivanje | 1878,59 | 1114,89 |
| Varijanca | 45726,95 | 13210,82 |
| Veličina uzorka | 14,00 | 14,00 |
| Pretpostavljena razlika očekivanja | 0,00 | |
| Stupnjevi slobode | 20,00 | |
| t vrijednost | 11,77 | |
| P(T<=t) , jednosmjerni | 0,00 | |
| Kritična vrijednost t, jednosmjerni | 1,72 | |
| P(T<=t) , dvosmjerni | 0,00 | |
| Kritična vrijednost t, dvosmjerni | 2,09 | |

U dobivenim rezultatima uočava se da su očekivanje i varijanca različiti u oba mjerenja. Iz **tablice 6-4** se vidi da postoje P i t vrijednosti za jednu i za obje strane krivulje razdiobe. P i t vrijednosti za jednu stranu krivulje razdiobe koriste se kada postoji definirani smjer kretanja pretpostavljene razlike očekivanja (npr. tražena vrijednost mora biti veća od nekog broja). Uz α=0,05, vidi se da test vrijednost pada u područje odbacivanja nulte hipoteze, tj. odbacuje se hipoteza $H_0$: $\mu_1 - \mu_2 = 0$. Također proizlazi da je izračunata test vrijednost izvan granica kritične vrijednosti t dvosmjernog testa. U ovom testu može se zaključiti da efektivno pridobivanje plina nije utjecalo na uvoz.

**Tablica 6-5.** Koeficijent korelacije, F-test i t-test za prirodni plin (2000.-2013.godina)

| | SPEARMEN | PEARSON | F-test | t-test |
|---|---|---|---|---|
| **Efektivno pridobivanje-ukupno** | 0,85 | 0,78 | $H_0$: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ | $H_0$: $\mu_1 = \mu_2 \neq 0$ |
| **Efektivno pridobivanje-uvoz** | -0,32 | -0,55 | $H_0$: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ | $H_0$: $\mu_1 = \mu_2 \neq 0$ |
| **Efektivno pridobivanje-izvoz** | 0,43 | 0,34 | $H_0$: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ | $H_0$: $\mu_1 = \mu_2 \neq 0$ |

Koeficijenti korelacije za prirodni plin prikazani su u **tablici 6-5**. Pearsonov i Spearmanov koeficijent korelacije sličnog su reda veličine. Najniži koeficijenti korelacije dobiveni su za korelaciju efektivnog pridobivanja s uvozom i izvozom. Pearsonov koeficijent korelacije za odnos efektivno pridobivanje-potrošnja iznosi 0,89, a za ukupno pridobivanje-ukupna potrošnja 0,79.

**Tablica 6-6.** Koeficijent korelacije, F-test za naftu (2000.-2013.godina)

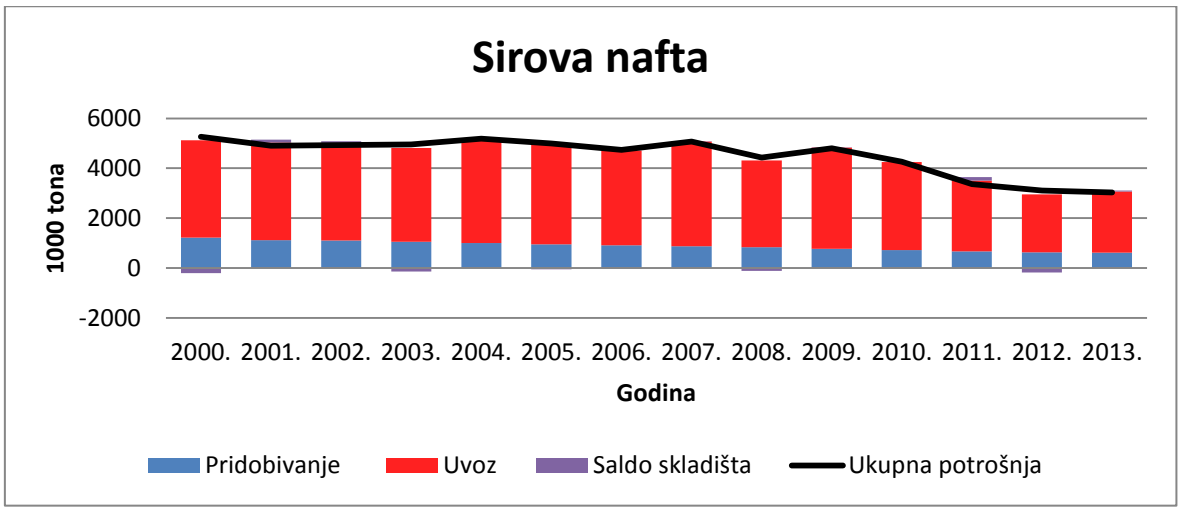
| | **Pearsonov koeficijent korelacije** | **F-test** |
|---|---|---|
| **Pridobivanje-uvoz** | 0,73 | $H_0$: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ |
| **Pridobivanje-potrošnja** | 0,84 | $H_0$: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ |
| **Potrošnja-uvoz** | 0,97 | $H_0$: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ |

Može se uočiti da je korelacija potrošnje s uvozom i domaćim pridobivanjem dala velike vrijednosti koeficijenta korelacije (**tablica 6-6**) što bi moglo upućivati na njihovu međusobnu zavisnost. Koeficijent korelacije pridobivanja i uvoza nešto je niži.

# 7. INTERPRETACIJA REZULTATA ANALIZA

Republika Hrvatska svoje potrebe za fosilnim gorivima samo djelomično podmiruje vlastitim pridobivanjem dok se ostatak uvozi. Na hrvatskim eksploatacijskim poljima u razdoblju od 2000. do 2013. godine ukupno je pridobiveno 12 478×$10^3$ $m^3$nafte i kondenzata te 32 675×$10^6$ $m^3$ plina (***1,*2, *3***). Bilančne rezerve 2013. godine iznosile su 21 387×$10^6$ $m^3$ plina i 13 471×$10^3$ $m^3$ nafte i kondenzata (***3***).

Pridobivanje nafte i kondenzata na domaćim eksploatacijskim poljima pokriva oko 20 % domaćih potreba za sirovom naftom (**slika 3.5** i **7.1**) , dok se ostatak uvozi (oko 80 %). Udio domaćeg pridobivanja u ukupno raspoloživim količinama ostao je gotovo jednak za cijelo promatrano razdoblje, iako je pridobivanje tekućih ugljikovodika (nafte i kondenzata) u Hrvatskoj bilo u stalnom opadanju. Razlog tome je smanjena potrošnja čime su i potrebe za uvozom smanjene. Na početku promatranog razdoblja potrošnja je iznosila oko 5 milijuna tone nafte, dok je taj iznos 2013. sveden na 3 milijuna. Ovaj pad u potrošnji zasigurno je jednim dijelom uzrokovan gospodarskom krizom, a jednim dijelom i promjenama u strukturi potrošnje energije.




**Slika 7.1.** Ukupna količina sirove nafte proizvedene u Hrvatskoj i uvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje

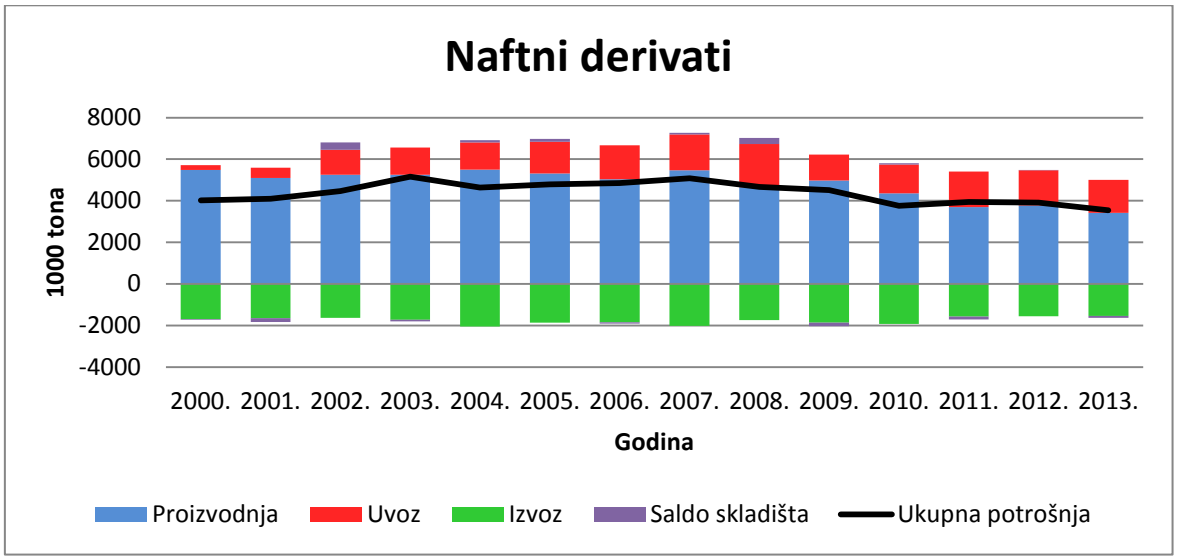
Zanimljivo je uočiti kako je odnos uvezene nafte i nafte s hrvatskih polja ostao gotovo jednak tokom cijelog promatranog razdoblja. Moglo bi se reći da uvoz sirove nafte i pridobivanje ovisi o potrošnji. To podupiru visoki koeficijenti korelacije prikazani u **tablici 6-6**. Pearsonov koeficijent korelacije, koji opisuje odnos potrošnje i uvoza, iznosi 0,97 te pokazuje jaku vezu između ovih podataka. Taj odnos podupire i rezultat F-testa (**tablica 6-3**) koji potvrđuje prihvaćanje hipoteze koja glasi: potrošnja utječe na uvoz. Koeficijent korelacije potrošnje i pridobivanja iznosi 0,84 što je također visoka vrijednost, no nju je osporio rezultat F-testa koji je odbacio hipotezu o vezi pridobivanja sirove nafte i ovisnosti o potrošnji. To se može lako objasniti time što se proizvodnja odvija prema godišnjem planu i općenito planu pridobivanja ležišta u određenoj fazi pridobivanja. Taj iznos određen je politikom proizvođača, a ne države pa i samoga tržišta, jer se mogući višak uvijek može izvesti na inozemna tržišta.

Preradba sirove nafte u Hrvatskoj odvija se u rafinerijama nafte Sisak i Rijeka, te u pogonu Maziva Zagreb. Najvećim dijelom naftni proizvodi koji nastaju preradbom su porijeklom iz uvezene sirove nafte. Količina sirove nafte koja ulazi u rafinerije kreće se od 5 milijuna tona nafte na početku promatranog razdoblja (2000.godina) do 3 milijuna (2013.). Iz kapaciteta kojima raspolažu hrvatske rafinerije (**tablica 4-1**) jasno se može uočiti da se preradba u promatranom razdoblju odvijala puno manjim kapacitetom od raspoloživog. Ukupno ove rafinerije imaju kapacitet za preradbu atmosferskom destilacijom u iznosu od 9 milijuna tona godišnje. U Hrvatskoj se 2013. godine ukupno preradilo 3 milijuna tona sirove nafte od čega su 2,4 milijuna iz uvoza (***3**).

Naftni derivati pokrivaju uglavnom domaću potrošnju dok se manji dio izvozi (**slika 7.2**). Zadnjih nekoliko godina može se uočiti pad u uvozu sirove nafte, a također i pad u eksploataciji s domaćih polja. Time je iscrpljenost ležišta dijelom kompenzirana i manjom potražnjom.

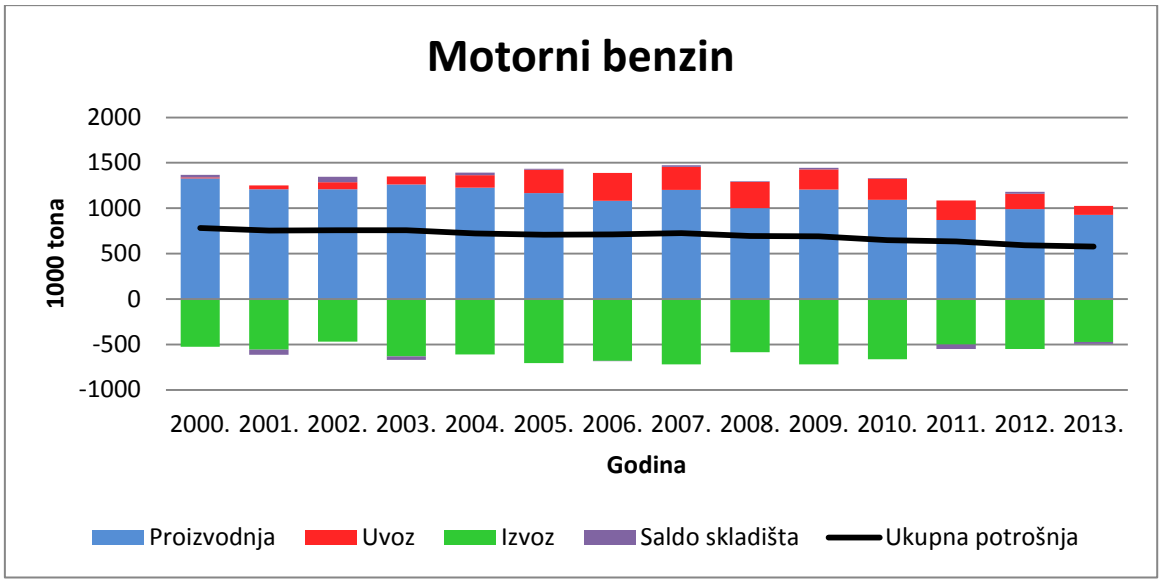
Struktura proizvodnje derivata u hrvatskim rafinerijama tijekom promatranog razdoblja je sljedeća (**tablica 4-2 i slika 4.6**): 5-6 % ukapljenog naftnog plina, 1-4 % primarnog benzina, motorni benzin 22-28 %, 1-3 % mlaznog goriva, 20-32 % dizelskog goriva, 15-25 % loživog ulja, ekstralako loživo ulje 4-12 %. Primjetan je pad količine gotovo svih

proizvoda, a najviše motornog benzina i loživog ulja, dok su proizvedene količine dizelskog goriva približno ostale jednake u promatranom razdoblju što je u skladu s padom potrošnje. Proizvedene količine dizelskog goriva nisu dostatne za potrebe potrošnje zbog čega se dio mora pokriti uvozom (**slika 7.4**).Mogućnost dobivanja vrijednijih proizvoda kao što su benzini i dizelska goriva, povećava profitabilnost rafinerija. Inine rafinerije tehnološkom obnovom i dogradnjama koje su u tijeku trebale bi postati rafinerije takozvane duboke konverzije čime će se postići dobivanje kvalitetnijih proizvoda koji postižu veću vrijednost na tržištu, a također poboljšati će se i uvjeti potrebni za zaštitu okoliša.

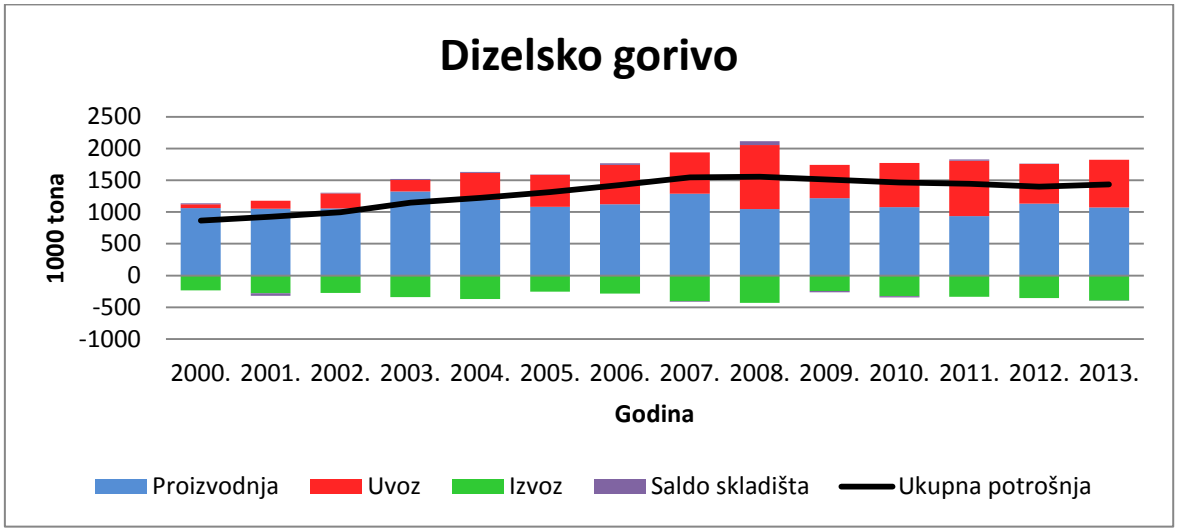



**Slika 7.2.** Ukupna količina naftnih derivata proizvedenih u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje

U razdoblju od 2000. do 2013. godine došlo je do promjena u strukturi potrošnje energije pa tako i potrošnje naftnih derivata. Naftni derivati ostvarivali su najveću potrošnju u prometu te u energetskim transformacijama. Najmanja potrošnja derivata nafte ali i prirodnog plina odnosila se na potrošnju u industriji.



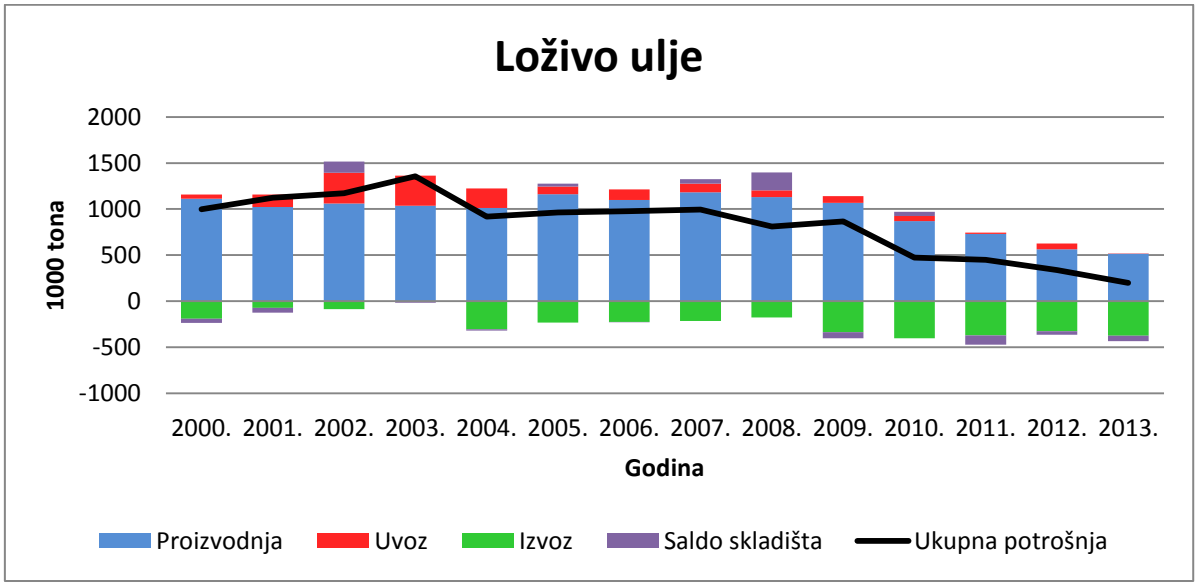

**Slika 7.3.** Ukupna količina motornog benzina proizvedenog u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje




**Slika 7.4.** Ukupna količina dizelskog goriva proizvedenog u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje

Udio dizelskog goriva i mlaznog goriva je povećan, dok je udio motornog benzina smanjen, zbog promjena u potrošnji za promet (**slika 7.3** i **7.4**). Prema nekim podacima zadnjih godina koriste se sve više automobili s dizel motorom. Zbog promjena u strukturi potrošnje tekućih goriva u prometu dizelsko gorivo i mlazno gorivo održali su gotovo

jednaku vrijednost u proizvodnji (ili uz blago povećanje) za cijelo promatrano razdoblje (**tablica 4-2**). Najveći pad u proizvodnji bilježe loživo ulje i ekstralako loživo ulje.

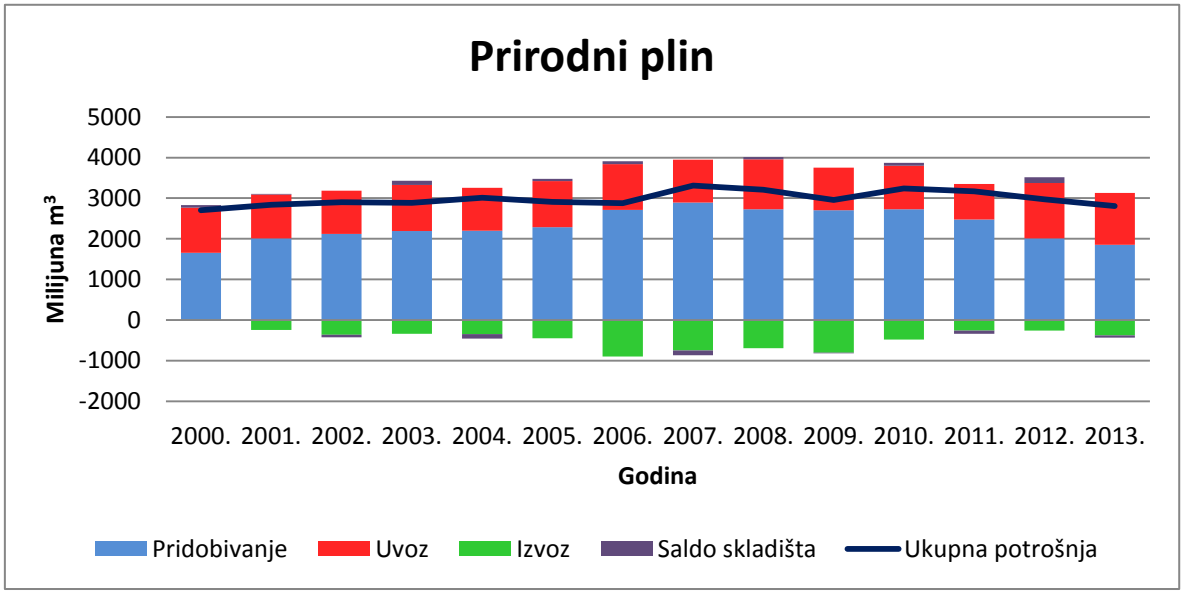



**Slika 7.5.** Ukupna količina loživog ulja proizvedenog u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje

Na **slici 7.2** te **5.3** može se uočiti drastičan pad potrošnje loživog ulja za energetske transformacije u promatranom razdoblju. Struktura promjene potrošnje u energetskim transformacijama odrazila se na potrošnju loživog ulja. U hrvatskim termoelektranama i toplanama zadnjih nekoliko godina se sve manje uporabljuje loživo ulje, a njegovu ulogu preuzima prirodni plin. Također drastičan pad ima i ekstralako loživo ulje čija se primjena u općoj potrošnji znatno smanjila. Opća potrošnja održavala je relativno jednake vrijednosti uz blagi pad u za cijelo promatrano razdoblje. Najznačajnija promjena u strukturi potrošnje je potrošnja ukapljenog plina koji najvećim dijelom sudjeluje u općoj potrošnji, a od 2006. godine njegova primjena u prometu se znatno povećala, dok se istodobno gotovo u potpunosti prestao koristiti za energetske transformacije (**slika 5.4**). Neenergetska potrošnja i potrošnja naftnih derivata u industriji približno je bila konstantna, uz blagi rast do sredine promatranog razdoblja te blagi pad od sredine razdoblja.

Pridobivanje prirodnog plina iz hrvatskih izvora pokriva od 60 do 70 % ukupnih potreba, dok se s uvozom pokriva ostatak. Na **slici 7.6** može se vidjeti da je u razdoblju od 2000. do

2013. godine potrošnja prirodnog plina, pa tako i domaće pridobivanje do sredine razdoblja imalo blagi rast, a zatim pad do kraja razdoblja.




**Slika 7.6.** Ukupna količina pridobivenoga plina u Hrvatskoj, uvezene i izvezene količine od 2000. do 2013. godine te krivulja ukupne potrošnje

Dio pridobivene količine prirodnog plina se izvozi prema ugovoru o podjeli proizvodnje između INE d.d. i talijanske tvrtke Agip, koja je sudjelovala u investiranju u razradu i privođenje proizvodnji plinskih polja u Sjevernom Jadranu.

U Hrvatskoj se prirodni plin pridobiva iz dvije naftnogeološke cjeline (Panonski bazenski sustav i pleistocen Jadranskog podmorja) te je ukupna količina pridobivenog plina u ovisnosti o količinama dobivenim iz pojedinih cjelina i njihovom međusobnom odnosu. Prema **slici 3.3** može se uočiti da je na početku promatranog razdoblja najvažniju ulogu, u ukupnom pridobivanju, imala količina pridobivenih iz ležišta Panonskog bazenskog sustava. Preokret u eksploataciji označava 2009. godina kada veći udio pridobivenog plina ima Jadransko podmorje. Razlog tome je to što je plin u Panonskom bazenu već jako dugo u eksploataciji te se količine preostalih rezervi smanjuju dok su polja u Jadranskom podmorju novije otkrivena. Na samom kraju promatranog razdoblja njihov odnos se opet izjednačava zbog istodobnog smanjenja pridobivanja u PBS-u a također i u Sjevernom

Jadranu. Ta ista polja su doprinjela pozitivnom trendu domaće eksploatacije plina, zatim je opet smanjeno pridobivanje. To je u skladu s potrebama potrošnje. Efektivna pridobivanje i uvoz imaju malu negativnu korelaciju (Spearman: -0,32 i Pearson: -0,55), no vjerojatno i beznačajnu. Razlog je dijelom u tomu što povećanjem proizvodnje raste i dio koji se mora izvesti prema ugovoru s Agipom, pa je povećanje u stvari razmjerno sve manje kako se proizvodi i više. Uvoz je očito konstantniji nego pridobivanje te također uz rezultate t-testa može se zaključiti da efektivno pridobivanje nije utjecalo na uvoz (**tablice 6-1 i 6-4**). Raspršenje vrijednosti od očekivanja je veće za efektivno pridobivanje pa je veća i varijanca.

Međusobna zavisnost prikazana kao koeficijent korelacije iznosi za odnos efektivno pridobivanje-potrošnja 0,89, a za ukupno pridobivanje-ukupna potrošnja 0,79. Ove vrijednosti vrlo su visoke, a da potrošnja utječe na efektivno pridobivanje ukazuje i rezultat F-testa prikazan u **tablici 6-3**.

Struktura potrošnje prirodnog plina nešto se razlikuje od potrošnje naftnih derivata. Najveći udio prirodnog plina koristi se za energetske transformacije, a ostatak u općoj potrošnji, neenergetskoj potrošnji i industriji. U razdoblju od 2000. do 2013. godine ukupno gledajući ostvaren je porast potrošnje plina za energetske transformacije i opću potrošnju (uz povremene oscilacije). Potrošnja prirodnog plina u industriji održavala se konstantnom do 2009. godine nakon čega je slijedio negativan trend i potrošnja u industriji se gotovo dvostruko smanjila (**slika5.5**).

# 8. ZAKLJUČAK

Republika Hrvatska ima bogatu povijest pridobivanja i preradbe nafte i plina. Trenutačno se pridobivanjem s hrvatskih polja pokriva oko 60 % potreba plina i 20 % potreba nafte. Energenti kao što su nafta i plin glavni su pokretači gospodarskog rasta stoga je jedna od glavnih zadaća osigurati opskrpu naftom i plinom. Energetska neovisnost pitanje je suvremenosti i sigurnosti svake države.

Domaća proizvodnja u Hrvatskoj pada, a s obzirom da se u budućnosti može očekivati porast potrošnje nafte i plina, bit će potrebno uvoziti veće količine. U hrvatskoj bilanci potrošnje primarne energije nafta i naftni derivati sudjeluju najvećim dijelom. To se zasigurno neće značajnije promijeniti u narednih nekoliko desetljeća. Očekuju se samo promjene u strukturi potrošnje naftnih derivata te prirodnog plina koji dobiva sve veći značaj u ukupnoj potrošnji. S obzirom na takvo stanje Republika Hrvatska mora ublažiti svoju energetsku ovisnost o uvoznoj energiji. Potrebno je izgraditi dobru energetsku strukturu koja će jamčiti sigurnost opskrbe, a za to zasigurno ima mnogobrojnih načina.

Nadalje, treba otkriti i nove rezerve. Pridobivanje nafte i prirodnog plina zbog iscrpljenja ležišta i dalje će opadati. Zbog toga se treba ulagati u nova istraživanja, ali i razradu sekundarnim i tercijarnim metodama. Panonski bazenski sustav dobro je istraženo područje, ali zaostali ugljikovodici i satelitska ležišta sigurno postoje. U Sjevernom Jadranu također se mogu očekivati dodatne količine plina, posebice u dijelovima koji do sad nisu detaljno istraženi. S obzirom da uvoz, a onda samim time i pridobivanje na domaćim eksploatacijskim poljima, prati trendove potrošnje moglo bi se reći da situacija s domaćim pridobivanjem i nije pesimistična.

Poslovanje rafinerija izrazito je kompleksan proces koji je pod utjecajem mnogobrojnih faktora, a osobito su pod utjecajem tržišta. Poslovanje hrvatskih rafinerija zadnjih je nekoliko godina glavna tema rasprave u društvu i medijima. Kako bi naše rafinerije poslovale uspješno moraju odgovarati zahtjevima na tržištu koja se stalno mijenjaju. Inine rafinerije u procesu su tehnološke obnove, čime bi se trebalo ostvariti dobivanje

kvalitetnijih proizvoda koji bi postizali bolju cijenu i koja će biti u skladu s promjenama u strukturi potrošnje naftnih derivata.

Republika Hrvatska izazovima energetske ovisnosti može se oduprijeti i poboljšanjem učinkovitosti uporabe energije, te korištenjem drugih oblika energije kao što su obnovljivi izvori energije koji bi trebali dobiti sve veću ulogu u ukupnoj potrošnji. Također je bitno osigurati raznolikost dobavnih pravaca i mogućnosti skladištenja nafte i plina kako bi se u nesigurnim uvjetima mogla jamčiti sigurnost opskrbe.

# 9. LITERATURA


*1 *Energija u Hrvatsko*j *2010*: godišnji energetski pregled. Zagreb: Ministarstvo Gospodarstva, Republika Hrvatska, 2010.

*2 *Energija u Hrvatskoj 2013*: godišnji energetski pregled. Zagreb: Ministarstvo gospodarstva, Republika Hrvatska, 2013.

*3 *Energija u Hrvatskoj 2005*: godišnji energetski pregled. Zagreb: Ministarstvo gospodarstva, Republika Hrvatska, 2005.

CERIĆ, E., 2006. *Nafta, procesi i proizvodi*. INA Industija nafte i Kiegen, Zagreb.

DOBROVA, H., KOLLY, E. & SCHMITZ, U., 2003. *E&P Ventures in the Eastern-Central Europe Transformation States after 1989-a Review of Expectations and Results*. Oil Gas European Magazine, 4, 172-182.

GORIČNIK, B. & DOMITROVIĆ, D., 2003. *Laboratory analyses of CO2 process applicability in oil fi elds of Republic of Croatia.* Naftaplin, 1, 5-12.

HRNČEVIĆ, L., DEKANIĆ, I., KARASALIHOVIĆ SEDLAR, D., 2008. *Analiza sigurnosti opskrbe prirodnim plinom u Republici Hrvatskoj*. Energija: časopis Hrvatske elektroprivrede 57/6, 600-609.

KARASALIHOVIĆ SEDLAR, D., DEKANIĆ, I., HRNČEVIĆ, L., 2009. Sigurnost opskrbe naftom u Hrvatskoj. Energija: časopis Hrvatske elektroprivrede 58/1, 6-13.

KOCEIĆ BILAN, N., 2011. *Primijenjena statistika*: interna skripta. Split: Prirodoslovno-matematički fakultet.

MALVIĆ, T. & VELIĆ, J., 2008. *Geologija ležišta fluida: fakultetska skripta*. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

MALVIĆ, T., MEDUNIĆ, G., 2015. *Statistika u geologiji*. Sveučilište u Zagrebu: Rudarsko-geološko-naftni fakultet; Prirodoslovno-matematički fakultet.

MALVIĆ, T., VELIĆ, J. & PEH, Z., 2005. *Qualitative-Quantitative Analyses of the Influence of Depth and Lithological Composition on Lower Pontian Sandstone Porosity in the Central Part of Bjelovar Sag (Croatia).* Geol. Croat., 58/1, 73-85.

MALVIĆ, T., VELIĆ, J., CVETKOVIĆ, M., 2011. *Quantification of Production Variables in Sandstone Hydrocarbon Reservoirs versus other Lithologies in Croatia*. U: prva međunarodna konferencija i izložba o naftno-plinskom gospodarstvu u središnjoj i istočnoj Europi: zbornik radova, Siófok, Mađarska, 14-16. 9. 2011. Naftaplin, 2011, 19-25.

NOVAK, K., 2015. *Modeliranje površinskog transporta i geološki aspekti skladištenja ugljikova dioksida u neogenska pješčenjačka ležišta Sjeverne Hrvatske na primjeru polja Ivanić.* Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

NOVAK, K., MALVIĆ. T., SIMON, K., 2013. *Increased hydrocarbon recovery and $CO_2$ managment, a Croatian example.* Environmental earth sciences 84/6, 1187-1197.

NOVAK, K., MALVIĆ. T., VELIĆ, J., SIMON, K., 2013. *Increased hydrocarbon recovery and $CO_2$ managment, PVT relations and volumes, a Croatian example.* Part II. Environmental earth sciences 71/8, 3641-3653.

PAVLIĆ, I., 1970. *Statistička teorija i primjena*. Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb: Strojarski fakultet.

PFAFF, S., 2012. Udžbenik Sveučilišta u Zagrebu: *Osnove statistike*. 1. izdanje. Zagreb: Element d.o.o.

REŠČEC, F., 2011. *U Hrvatskoj će se smanjiti potrošnja naftnih proizvoda*. Nafta 62 /1-2, 59-64.

SAFTIĆ, B., PEH, Z., VELIĆ, J. & JUTTNER, I., 2001. *Interdepence of Petrophysical Properties and Depth: Some Implications of Multivariate Solution on Distinction Between the Lower Pontian Hydrocarbon- bearing Sandstone Units in the Western Part of the Sava Depression.* Geol. Croat., 54/2, 259-277.

SERTIĆ-BIONDA, K., 2006. *Procesi preradbe nafte*: interna skripta. Zagreb: Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije.

VELIĆ, J., 2007. *Geologija ležišta nafte i plina*. Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

VELIĆ, J., MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M., VRBANAC, B., 2010. *Characteristics of Hydrocarbon Fields in the Croatian Part of the Pannonian Basin*. OIL GAS European Magazine, 36/3, 146-147.

VELIĆ, J., MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M., VRBANAC, B., 2012. *Reservoir geology, hydrocarbon reserves and production in the Croatian part of the Pannonian Basin System.* Geologia Croatica 65/1, 91-101.

VELIĆ, J., WEISSER, M., SAFTIĆ, B., VRBANAC, B. & IVANKOVIĆ, Ž., 2002. *Petroleum-geological characteristics and exploration level of the three Neogene depositional megacycles in the Croatian part of the Pannonian basin*. Nafta, 53/6-7, 239-249.

VULIN, D., 2010. *Modeliranje termodinamičkih i petrofizičkih parametara za geološko skladištenje ugljičnog dioksida*. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Internetski izvori:

INA d.d., *Rafinerije i marketing*.

URL: http://www.ina.hr/rafinerije (12.06.2015.)

INA MAZIVA d.o.o., *Povijest INA MAZIVA d.o.o.*

URL: http://www.ina-maziva.hr/povijest-ina-maziva-doo-s51 (12.06.2015.)

JANAF d.d., *Sustav JANAF-a*.

URL: http://www.janaf.hr/sustav-janafa/sustav-jadranskog-naftovoda/ (20.6.2015.)

PLINACRO d.o.o., *Opis transportnog sustava*.

URL: http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=162 (05.07.2015.)

Rafinerija nafte Rijeka

URL: http://hr.wikipedia.org/wiki/Rafinerija_nafte (15.05.2015.)

Rafinerija nafte Sisak

URL: http://www.glas-slavonije.hr/Slike/2012/09/18486.jpg (15.05.2015.)

Centralna plinska stanica Molve

URL: http://images.energetika-net.com/media/article_images/big/molve-plinske-stanice-20120301082733399.jpg (20.6.2015.)