

# 40 godina proizvodnje prirodnog plina iz ležišta duboke Podravine – najznačajniji energetske potencijal u Hrvatskoj

40 years of natural gas production from deep Podravina reservoirs – major energy potential in Croatia

Mirko Lukić, dipl. ing.  
HUNIG, Zagreb  
mirko.lukic777@gmail.com



**Ključne riječi:** prirodni plin, centralne plinske stanice Molve I, II i III

**Key words:** natural gas, Gas Treatment Plants Molve I, II and III

## Sažetak

Najveća proizvodnja ugljikovodika – prirodnog plina i kondenzata i najznačajnije geološke rezerve u Hrvatskoj nalaze se u području središnje Podravine. Upravo ta proizvodnja činila je energetske okosnicu razvoja Hrvatske posljednjih četrdeset godina, koliko naime traje proizvodnja ugljikovodika u Podravini. Plinska i plinsko-kondenzatna polja Molve, Kalinovac, Stari Gradac i Gola duboka najznačajniji su energetske potencijal Republike Hrvatske i teško da će se u budućnosti moći nadmašiti.

Prirodni plin pridobiven iz podravskog ležišta obrađuje se i pročišćava u tehnološkim postrojenjima centralnih plinskih stanica Molve I, II i III. Od

svog projektiranja do danas ta su postrojenja stalno usavršavana i dograđivana u skladu sa zahtjevima složenog tehnološkog procesa proizvodnje i zaštite okoliša uz primjenu suvremenih tehnoloških dostignuća te predstavljaju moderan i siguran kompleks postrojenja uz maksimalnu energetske učinkovitost i zaštitu čovjekovog okoliša.

Racionalno korištenje plina te razvijanje svijesti o štednji energije bitni su preduvjeti održivog razvoja. Energetske neovisnost, pouzdanost rada i dostupnost energenata bitni su čimbenik neprekidnog i sigurnog rada postrojenja za proizvodnju i pripremu plina za transport. Vlastita proizvodnja toplinske i električne energije u kogeneraciji omogućava energetske neovisnost te povećava indeks uštede primarne energije kao i ukupnu učinkovitost proizvodnje.

Proizvodnja prirodnog plina je započela na polju Molve 1981., gotovo sedam godina nakon otkrića polja (1974.) iz dvije bušotine kroz CPS Molve I kapaciteta  $1 \times 10^6 \text{ m}^3$  na dan plina na ulazu u postrojenje. U



Slika 1. Panorama kompleksa centralnih plinskih stanica Molve iz zraka

drugoj fazi, koncem 1984. godine, uz izgrađenu CPS Molve II, kapaciteta  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$  ulaznog plina na dan, u proizvodnju je pušteno još desetak proizvodnih bušotina na polju Molve i toliko na polju Kalinovac i Stadi Gradac. Posljednja faza privođenja potencijala svih polja punoj proizvodnji realizirana je od 1987. do 1993. na temelju projekta Podravina, izgradnjom dodatnih dvadesetak proizvodnih bušotina, pet plinskih stanica i CPS Molve III kapaciteta  $5 \times 10^6 \text{ m}^3$  ulaznog plina na dan.

Do sada je iz ležišta duboke Podravine pridobiveno oko 44 milijardi  $\text{m}^3$  plina s primjesama i oko 9 milijuna tona plinskog kondenzata i C3+, a u distributivnu mrežu otpremljeno je oko 33 milijarde  $\text{m}^3$  plina.

Od početka rada do danas na području duboke Podravine izrađeno je stotinjak kanala bušotina, a danas ih je gotovo polovica aktivna. U radu su 44 bušotine i to 15 na polju Molve, 12 na Kalinovcu, 3 na Starom Gradecu, 3 na Goli dubokoj, 2 na Vučkovcu, po jedna na Zebancu i Vukanovcu i 7 na Ferdinandovcu.

Ukupna ulaganja u izgradnju bušotina i postrojenja CPS Molve iznosila su oko jedne milijarde dolara.

## 1. Uvod

Od dvadesetak plinskih polja, koliko ih je u dosadašnjem istraživanju otkriveno u kopnenom dijelu RH, posebno mjesto pripada trima plinsko-kondenzatnim poljima u Podravini otkrivenima sredinom sedamdesetih, odnosno osamdesetih godina prošlog stoljeća. Najveća proizvodnja plina više desetljeća,

ali i najznačajnije preostale pridobive geološke zalihe ugljikovodika (plina i kondenzata), nalaze se upravo na području duboke Podravine.

Početkom proizvodnje prirodnog plina iz polja duboke Podravine pojavili su se novi tehnološko-tehnološki izazovi koji su rezultirali primjenom novih materijala i sofisticiranih tehnologija. Usporedo s većim otkrićima prirodnog plina u Hrvatskoj 80-tih godina prošlog stoljeća počela je intenzivnija plinifikacija svih dijelova Hrvatske, a time i ekspanzija korištenja plina kao važnog energenta.

Geološke zalihe i proizvodnja prirodnog plina iz ležišta duboke Podravine (polje Molve Kalinovac i Stari Gradac) okosnica su energetike RH. Uključivanjem u proizvodnju polja Gola duboka, sredinom 2000. proizvodnja iz centralnih plinskih stanica Molve, gdje se obrađuje plin iz ova četiri polja činila je tada oko 75 posto ukupne domaće proizvodnje plina i preko 30 posto proizvodnje nafte u obliku plinskog kondenzata i C2+.

Ležišta plina i plinskog kondenzata zaliježu na dubinama 3 000 m Molve, 3 400 Kalinovac i oko 4 000 metara Stari Gradac, uglavnom u slojevima miocenskih karbonata, donjetrijaskih kvarcita i srednjetrojaskih dolomita. Početni tlakovi na tim dubinama kretali su se između 475 i 505 bar, a temperature dosežu i  $200^\circ \text{C}$ .

Plin iz podravnih ležišta sadrži ugljikovodične komponente (metan 71,0-76,0 posto, etan 3,3-7,7%, C3+ 1,7-4,7%), ali i relativno velike količine štetnih i korozivnih primjesa: ugljik (IV) oksida ( $\text{CO}_2$ ) 10-25%, vodik sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 0,007 -0,02%, žive (Hg) u

koncentraciji od 0.1 do 1,5 mg/m<sup>3</sup> te merkaptanski sumpor (RSH).

Ležišta plina duboke Podravine dakle karakteriziraju iznimno teški prirodni uvjeti – velike dubine zalijeganja, početni ležišni tlak viši od hidrostatskog, visoka slojna temperatura, velika izdašnost bušotina uvjetovana visokim brzinama strujanja te prisutnost korozivnih i otrovnih ugljikovodičnih primjesa.

Način izrade kanala bušotina te izbor koncepcija zacjevljenja, proizvodnog podzemnog i nadzemnog opremanja, sigurnosno-blokadnog sustava, čišćenje i pripreme plina za transport morali su u ponajprije zadovoljiti siguran rad ljudi, optimalnu i dugotrajnu proizvodnju te zaštitu okoliša. Upravo to su bili razlozi za posebno dizajniranje konstrukcije proizvodnih bušotina kao i kvalitete materijala koji će jamčiti kontinuiran i siguran rad bušotina. Jednako tako to je utjecalo i na brojna inovativna tehničko-tehnološka rješenja u izradi kanala bušotina kao i sabirno-transportnog sustava.

Na temelju vlastitih iskustava prikupljenih u prve tri godine proizvodnog rada polja Molve posve je određen sastav i sadržaj agresivnih primjesa u plinu i kreirana koncepcija proizvodnog opremanja bušotina. Stalnom kontrolom stanja ugrađene opreme, mjerenjem stjenki uzlaznog niza mikrokaliperom, mjerenjem debljina stjenki priključnih plinovoda, praćenjem rezultata kemijskih analiza djelotvornosti inhibitora vrše se posebne korektivne radnje ili preventivne zamjene oštećenih dijelova ponajprije priključnih plinovoda.

Dosadašnja iskustva pokazuju da je izabrani materijal za proizvodno opremanje bušotina u potpunosti superioran u odnosu na korozivne uvjete te na niti jednoj bušotini nije bilo potrebe za kapitalnim remontom opreme zbog njezina propuštanja. Najveće preinake i preventivne zamjene cjevovoda bile su na priključnim plinovodima bušotina gdje su radi poboljšanja mijenjani geometrija i materijal za izradu horizontalnih kompenzacijskih lica te ugrađene dodatne lire u trasi plinovoda radi kompenzacija toplinskih dilatacija. U procesnim postrojenjima napravljene su brojne dogradnje i preinake koje su imale za cilj optimizaciju procesa i zaštitu okoliša.

## 2. Iz ležišta duboke Podravine pridobiveno 44 milijarde m<sup>3</sup> plina

Ukupan sabirno-transportni sustav polja duboke Podravine čini jedinstvenu tehnološku cjelinu. Proizvodni fluid nakon prve redukcije tlaka na tlak priključnog plinovoda (70-150 bar), sa svih bušotina se

skuplja na centralno mjesto (plinska stanica, PS ili centralna plinska stanica, CPS), gdje se, nakon druge redukcije tlaka (na 60 bar), vrši trofazna separacija. Plin oslobođen tekuće faze transportira se sa svih pet plinskih stanica na postrojenje za izdvajanje štetnih primjesa na Centralnim plinskim stanicama Molve (CPS I, II i III).

Voda se slanovodom transportira također do CPS Molve, odakle se utiskuje u za to pripremljene utisne bušotine, u intervale dubine 1500 do 1700 m.

Izdvojeni plinski kondenzat doprema se sa svih stanica na PS IP Kalinovac, gdje se dodatno zagrijava i otplinjava pri atmosferskom tlaku, nakon čega se pumpama otprema u Rafineriju Sisak, dok se izdvojeni kaptazni plin na KS Kalinovac komprimira na 60 bar i transportira na CPS Molve radi ekstrakcije.

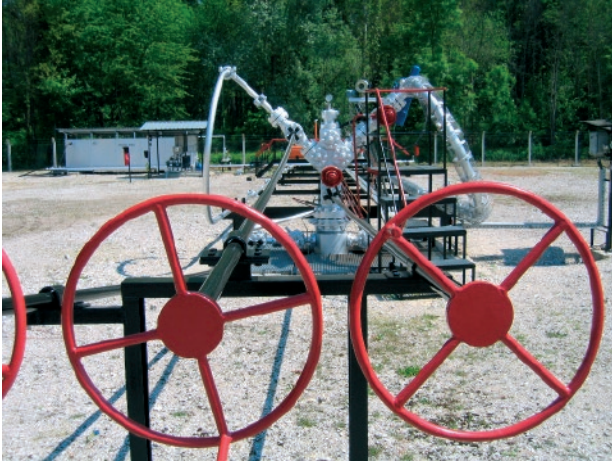
Ekstrakcija štetnih primjesa CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S i Hg obavlja se u postrojenjima Cps Molve I i II toplim karbonatnih postupkom, odnosno Benfield procesom, dok se na CPS Molve III pročišćavanje vrši pomoću aMDEA otopine, uz dodatnu frakcionaciju C2+ komponenata iz obrađenog plina, pomoću Cold Box postupka. Zaseban dio postrojenja su LO-CAT jedinica i apsorberi žive, koji daju punu ekološku komponentu procesnom postrojenju CPS Molve III.

U funkciji tehnoloških objekata međusobno je povezan informatički sustav, na bazi mikroprocesora, za nadzor i upravljanje svim proizvodnim objektima te elektro-energetski sustav s kogeneracijskom proizvodnjom električne energije i vodene pare iz prirodnog plina.

Proizvodnja prirodnog plina je započela na polju Molve 1981. godine, gotovo sedam godina nakon otkrića polja (1974.) iz dvije bušotine kroz CPS Molve I kapaciteta 1 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> na dan plina na ulazu u postrojenje. U drugoj fazi, koncem 1984. godine, uz izgrađenu CPS Molve II, kapaciteta 3 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ulaznog plina na dan, u proizvodnju je pušteno još desetak proizvodnih bušotina na polju Molve i toliko na polju Kalinovac i Stadi Gradac. Posljednja faza privođenja potencijala svih polja punoj proizvodnji realizirana je od 1987. do 1993. na temelju Projekta Podravina, izgradnjom dodatnih dvadesetk proizvodnih bušotina, pet plinskih stanica i CPS Molve III kapaciteta 5 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> ulaznog plina na dan.

Od 1986. iz svih se ležišta proizvodi više od milijardu prostornih metara prirodnog plina s primjesama na godinu. Najveća proizvodnja je dosegnuta 1993. s više od 1,9 milijardi m<sup>3</sup>. Iako od tada pratimo prirodni pad proizvodnje, ipak desetak godina razina proizvodnje se zadržala na respektabilnih 1,6 milijardi





Slika 2. Proizvodna bušotina na polju Molve

m<sup>3</sup>, da bi puštanjem u rad polja Gola duboka proizvodnja povećana na 1,75 milijardi m<sup>3</sup> plina godišnje iz ležišta. Ukupna proizvodnja plinskog kondenzata, C<sub>2</sub> + i primarnog benzina u tim je godinama iznosila preko 350 000 tona, što je tada činilo gotovo 30 posto hrvatske proizvodnje nafte.

Do sada je iz ležišta duboke Podravine pridobiveno oko 44 milijardi m<sup>3</sup> plina s primjesama i oko 9 milijuna tona plinskog kondenzata i C<sub>3</sub>+, a u distributivnu mrežu otpremljeno je oko 33 milijarde m<sup>3</sup> plina. Promatrano pojedinačno, na polju Molve je od 1981. do 2020. proizvedeno oko 21 milijarda kubika plina i 2,9 milijuna tona kondenzat. Na polju Kalinovac, koje proizvodi od 1985. ukupno je proizvedeno 9,4 milijardi prostornih metara prirodnog plina i 4,5 milijuna tona kondenzata. Istodobno, na polju Stari Gradac u razdoblju od 1988. do danas proizvedeno je 1,2 milijuna kubika plina i još oko 900 tisuća tona kondenzata. Ovim brojkama treba dodati i četvrto podravsko polje Gola duboka iz kojeg je od 2000. do 2020. ostvarena proizvodnja prirodnog plina od 1,7 milijardi kubika te još 400 tisuća tona kondenzata.

### 3. Projekt Podravina – najslženiji projekt u povijesti Ininog upstreama

Projekt Podravina je najveći, najznačajniji i najkompleksniji energetski projekt u povijesti Inine djelatnosti istraživanja i proizvodnje ugljikovodika dovršen u posljednjih četrdeset godina u Hrvatskoj, a pokazao je kako se jedan značajan energetski i ekološki koncept učinkovito primjenjuje i realizira u praksi.

Tijekom godišnjeg remonta centralnih plinskih stanica Molve, u rujnu 1987., kada se proizvodilo iz

deset bušotina, označen je službeni početak radova na novoj fazi projekta. Glavni cilj bio je udvostručiti proizvodnju plina s milijardu na dvije milijarde kubika na godinu. Trebalo je ubrzano osposobiti inženjere, koji su dobili priliku da pomaknu granice svoje stručnosti. Kreiran je, u to vrijeme prvi puta nov pristup radu koji se temeljio na timskom radu, visokoj stručnosti i profesionalnosti, maksimalnom angažiranju, zajedništvu...

Ukupno 30 novih proizvodnih i tehnoloških objekata, nazvanih jednim imenom projekt Podravina, dali su Hrvatskoj, dvostruko više plina i kondenzata. Umjesto četiri milijuna kubika i 350 tona kondenzata, proizvodilo se sedam milijuna kubika plina i tisuću tona kondenzata na dan.

Oko desetak posto sredstava za gradnju proizvodnog i sabirno-transportnog sustava Podravine bilo je utrošeno za rješenje ekoloških izazova. Naime, sastav plina i značajke ovog ležišta zahtijevale se specifičan pristup u odabiru i primjeni suvremenih tehnologija tijekom istraživanja, proizvodnje i oplemenjivanja prirodnog plina i plinskog kondenzata te njegove otpreme mnogobrojnim potrošačima.

Nakon puštanja u rad ključnog tehnološkog objekta projekta Podravina, Centralne plinske stanice Molve III, provedeno je jednogodišnje mjerenje onečišćenja okoliša. Istraživala se i kakvoća zraka, vode, tla, poljoprivrednih i šumskih ekosustava i divljači nakon ugradnje uređaja za uklanjanje sumporovodika i žive iz prirodnog plina.

Usporedba toga monitoringa i rezultata prikupljenih sveobuhvatnim studijama o utvrđivanju stanja ekosustava na lokalitetu plinskih polja Podravine tijekom 1987.-1995., unatoč velikom povećanju proizvodnje plina, pokazuje značajno smanjenje razine sumpornih spojeva i žive u okolišu. Pritom je ostvarena i vrlo uspješna suradnja s velikim brojem domaćih i inozemnih znanstvenika i institucija. Od fakulteta Sveučilišta u Zagrebu treba istaknuti sljedeće: Rudarsko-geološko-naftni, Prirodoslovno matematički, Agronomski, Šumarski Veterinarski, Kemijsko inženjerstvo te Elektrotehnika i računarstvo. Uz njih surađivalo se s Institutom Ruđer Bošković, Zavodom za javno zdravstvo, Institutom za medicinska istraživanja i medicinu rada, slovenskim Institutom Jožef Štefan i drugima.

Primijenivši najbolja svjetska iskustva i dostupna rješenja INA-Naftaplin je usvojio – primijenio, ugradio i unaprijedio vrlo kompleksan tehničko-tehnološki postupak kontrole žive u procesu oplemenjivanja prirodnog plina. Program je obuhvatio pouzdanu i



Slika 3. Gradnje CPS-a Molve III

učinkovitu tehnologiju i postrojenje za uklanjanje žive iz plina aktivnim ugljenom impregniranim sumporom te sigurno i točno mjerenje žive u okolišu, odnosno radnom prostoru.

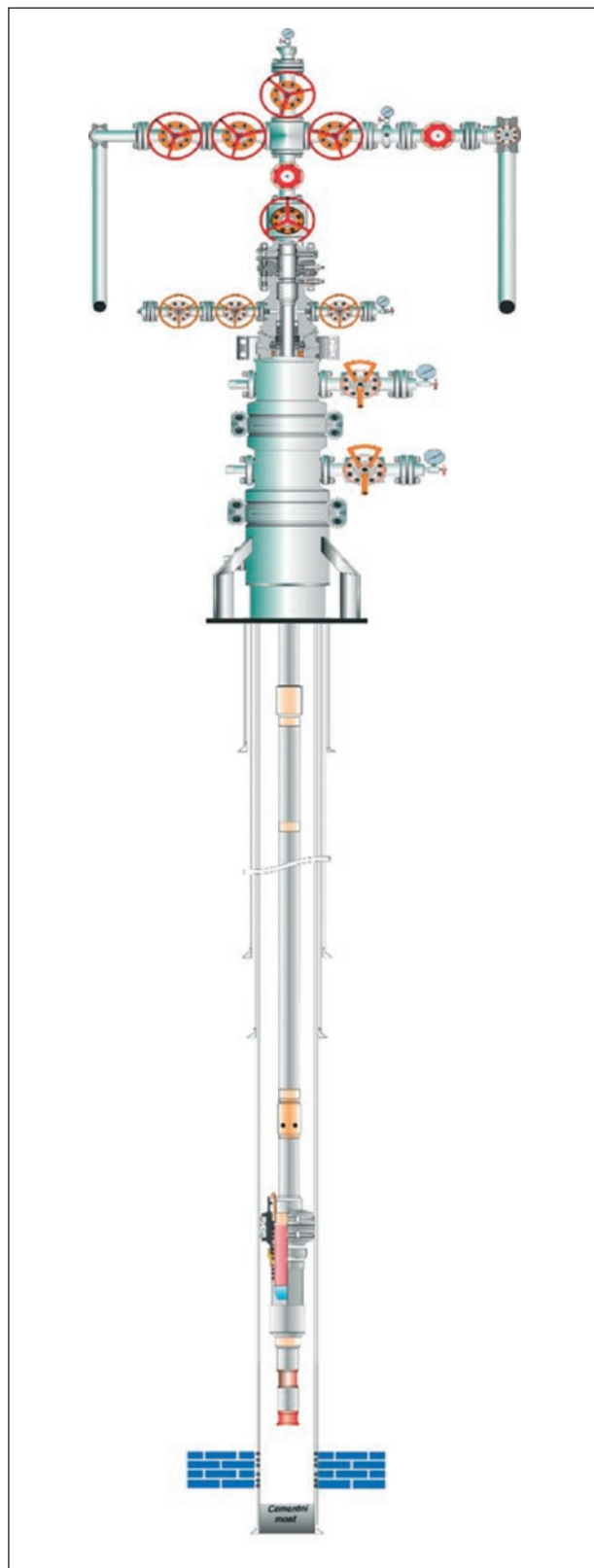
Pod projektom Podravina podrazumijeva se proizvodno opremanje bušotina, izgradnja sabirno-transportnog sustava, uključujući i odgovarajuće plinske stanice, izgradnja procesnih postrojenja za pripremu prirodnog plina za transport potrošačima, odnosno izgradnja centralnih plinskih stanica Molve.

#### 4. Konstrukcija i oprema proizvodnih bušotina

Plinsko polje Molve otkriveno je u početku 1974. istražnom bušotinom Mol-1. Već prvi pokazatelji u ispitivanju proizvodnosti, na dubinama većim od 3 000 m, ukazali su na značajne akumulacije ugljikovodika, koji su u sebi, osim ugljikovodičnih komponenti, sadržavali značajne količine štetnoga ugljika (IV) oksida ( $\text{CO}_2$ ), a kasnije, u istoj proizvodnoj smjesi determiniran je i vodik-sulfid ( $\text{H}_2\text{S}$ ), merkaptani (RSH) i živa (Hg).

Tijekom 1978. i 1979. istočnije, na još većim dubinama, na lokacijama Kalinovac i Stari Gradac, također su izbušena vrlo zanimljiva ležišta ugljikovodika. Kasnije se utvrdilo da prirodni plin s tih polja sadrži i značajne količine plinskoga kondenzata, posebno na poljima Kalinovac i Stari Gradac.

Komercijalna proizvodnja plina počela je 1981. do 1984. s plinskog polja Molve, iz dvije proizvodne bušotine kroz postrojenje CPS Molve I, iznosila samo desetinu maksimalno dosegnute proizvodnje. Dobljalo se i do desetak tisuća tona plinskoga kondenzata. Od 1985. godine uključenjem u proizvodnju dodatnih



Slika 4. Konstrukcija bušotine duboke Podravine

bušotina polja Molve te ispitne proizvodnje na polju Kalinovac, zatim puštanjem u rad CPS Molve II, počinje rast proizvodnih količina od 0,5 do 1,5 milijardi prostornih metara plina s primjesama.

Proizvodnja od pedesetak tisuća tona plinskog kondenzata iz 1985. povećana je devedesetih godina na gotovo 400 tisuća tona godišnje. Uz plinski kondenzat, u rashladnim jedinicama procesnih postrojenja proizvodilo se i desetak tisuća tona primarnog benzina godišnje.

Tih godina ulazne količine u hrvatsku distributivnu plinsku mrežu kretale su se od dvadesetak tisuća m<sup>3</sup>/h (u 1984.), odnosno 120 tisuća m<sup>3</sup>/h plina u 1992. Početkom rada novoga procesnog postrojenja, CPS Molve III, ta proizvodnja, ovisno o potrebama potrošnje, dostigla je 200 tisuća m<sup>3</sup>/h plina, da bi potom uz prirodni pad proizvodnje postepeno padala na sadašnjih 50-tak tisuća m<sup>3</sup>/h.

U svim fazama istraživanja, izvođenja rudarskih radova, proizvodnje i pripreme plina – zbog izuzetno nepovoljnih prirodnih uvjeta (visokog tlaka i temperature) te štetnih i korozivnih primjesa – bio je potreban pristup potpuno različit od dotadašnjeg, uz uporabu visokokvalitetnih materijala (uglavnom na bazi krom-nikal legura) i usvajanje najviših tehnoloških postignuća od izgradnje do postrojenja za obradu kiselih plinova, kao i primjene sigurnosno-blokadnih sustava.

Od početka rada do danas na području duboke Podravine izrađeno je stotinjak kanala bušotina, od kojih je sada gotovo polovica aktivna. Naime, u radu su 44 bušotine i to: 15 na polju Molve, 12 na Kalinovcu, po tri na Starom Gradecu i polju Gola duboka, dvije na Vučkovcu, po jedna na Zebancu i Vukanovcu te 7 na Ferdinandovcu. Na slici 4 prikazano je podzemno i nadzemno opremanje bušotine na području duboke Podravine.

Ukupna ulaganja u izgradnju bušotina i postrojenja CPS Molve iznosila su oko jedne milijarde dolara.

Konstrukcija proizvodnih bušotina i njihovo zacementiranje u četiri niza zaštitnih cijevi zadovoljava kriterije gradjenata pornog tlaka, primanja i razdiranja stijena te gradijent temperature. Isto tako odabir korištenog materijala (duplex legure s povećanim sadržajem Cr, Ni, Mo, Cu, W...) u potpunosti je u skladu s otežanim prirodnim uvjetima proizvodnje – sa stanovišta moguće korozije te sigurnosti i dugotrajnosti proizvodnje.

Protok ugljikovodika se, od perforacije do ušća, odvija podzemnom proizvodnom opremom, koju čini niz elemenata sastavljenih u jednu plinotijesnu cjelinu. Svi elementi traju cijeli radni vijek bušotine i čine također pouzdani sigurnosno blokadni sustav bušotine.

Sigurnosno blokadni sustav bušotine sastoji se od tri hidraulička sigurnosna ventila (jedan je dubinski,

na 50 m od ušća) koji, osim daljinskog zatvaranja bušotina, omogućava i samozatvaranje po određenim procesnim kriterijima.

Nadzemno opremanje ušća bušotine (bušotinska glava, erupcijski uređaj) predstavlja, u sigurnosti, najkritičnije mjesto zbog svoje izloženosti u prostoru i velikih promjena temperature, pa je primijenjen dvoslojni materijal kako bi se postigla puna superiornost u sprječavanju korozivnog djelovanja „kiselog“ fluida.

Ležištima plina polja Molve iz kojih se godišnji prihod od proizvodnje mjerio u stotinama milijuna dolara na godinu, 1996. je zaprijetila voda. Hitno je trebalo okupiti sav stručni potencijala i pronaći rješenje da se spriječi prodor vode.

Odmah je smanjena proizvodnja da bi se rasteretili proizvodni slojevi. Obavljeno je snimanje 3D seizmike na temelju koje su locirane nove razradne bušotine, koje će omogućiti ravnomjerno crpljenje i tako rasteretiti bušotine koje su proizvodile s većim udjelom vode. Ž. Šikonja i struka ponudili su inovativno rješenje izrade re-entry bušotina, čijom izradom se zaustavio prodor vode i gubitak zaliha. Proizvodnja tih bušotina bila je 30% ukupne proizvodnje na polju Molve. Cilj koso usmjerenih bušotina bio je ostvariti proizvodnju iz dobro propusnih litologija u vršnom dijelu ležišta, pri čemu bi se smanjila mogućnost prodora slojne vode, odnosno gubitak proizvodnje ugljikovodika. Prva kosa bušotina bila je Molve 12 alfa (1998.). Na polju Molve do 2001. godine izrađene su četiri koso usmjerene bušotine te još sedam u razdoblju od 2001. do 2004. na ostalim proizvodnim poljima duboke Podravine.

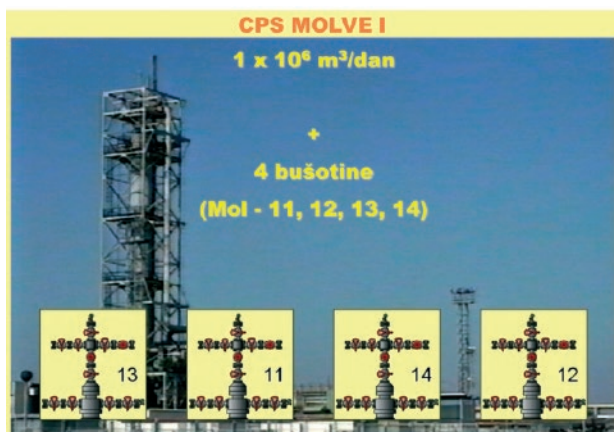
## 5. Energetski kompleks procesnih postrojenja CPS Molve I, II i III

Usporedno sa saznanjima o mogućim zalihama ugljikovodika na ta tri polja, tekla je i fazna izgradnja proizvodnih objekata. Od otkrića polja Molve do početka proizvodnje iz dvije proizvodne bušotine, preko CPS Molve I (slika 5.) trebalo je punih šest godina.

U sklopu postrojenja CPS Molve I, 2010. izgrađena je i puštena u rad kompresorska stanica KS CPS I koja omogućuje transport plina na nižem tlaku od sadašnjih 46 bar, a time i povećava vijek trajanja bušotina.

U drugoj fazi, uz izgradnju CPS Molve II 1984. u proizvodnju je pušteno još desetak bušotina na polju Molve i na poljima Kalinovac i Stari Gradac (slika 6.). Izgradnjom i pokretanjem postrojenja CPS II bila je





Slika 5. Centralna plinska stanica Molve I



Slika 6. Centralna plinska stanica Molve II

potrebna tri puta veća snaga od one koja je instalirana na CPS-u Molve I, stoga je 1987. u rad pušteno vlastito kogeneracijsko postrojenje za proizvodnju električne i toplinske energije koje je osiguravalo kontinuiran i pouzdan rad postrojenja. Radile su se rekonstrukcije i dogradnje na sustavu kaptažnog plina, pa je na taj način postignuta cjelokupna iskoristivost na parnom sustavu – gdje su uštedene znatne količine toplinske energije, a radom Dogradnje ,87, izlazni kapacitet postrojenja, u međufazi, do puštanja u rad postrojenja CPS Molve III je povećan gotovo 20% s relativno malim materijalnim ulaganjima. Cjelokupan tehnološki sustav nadzora i upravljanja naknadno je zamijenjen jeftinijim i djelotvornijim distribuiranim sustavom na bazi mikroprocesora, koji od tada osigurava simplificirano vođenje procesa bez ikakvih zastoja

Zbog nedostatnih količina plina za obradu, danas je u radu na CPS II visokotlačna i niskotlačna separacija te otprema kondenzata.

Zadnja faza privođenja punoj proizvodnji potencijala polja ostvarena je temeljem projekta Podravina, od 1987. do 1992. godine izgradnjom dodatnih dvadesetak bušotina, pet plinskih stanica i CPS Molve III.

Posebna vrijednost takve gradnje bila je u tome što su se svi novoizgrađeni proizvodni kapaciteti odmah počeli iskorištavati, pri čemu su postignuti maksimalni gospodarski učinci, kako u kvantitativnom, tako i u kvalitativnom smislu.

CPS Molve III (slika 7.), se nakon puštanja u rad od 1992. nalazila u probnom radu. Zahvaljujući iskustvima stečenim na prethodnim objektima, gotovo sve aktivnosti puštanju u probni rad bile su djelo Ininih djelatnika. Sve te aktivnosti uspješno su okončane i postrojenje je postiglo projektirane parametre u gotovo svim svojim dijelovima. Puštanje u rad izvedeno je po tehnološkim jedinicama: ulazna obrada plina

s apsorpcijom žive, sustav za pročišćavanje CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S-a aMDEA procesom, dehidracija plina i na kraju sustav za konverziju H<sub>2</sub>S-a u elementarni sumpor S<sup>0</sup> (Lo-Cat proces) te rashladna jedinica NGL postrojenja za proizvodnju C<sub>2+</sub>. Ispušne cijevi za CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S s postrojenja CPS Molve I i II spojene su na Lo-Cat postrojenje CPS Molve III.

2005. godine pušteno je u rad postrojenje regenerativne termičke oksidacije za spaljivanje ostataka vodik (II) sulfida u izlaznoj struji CO<sub>2</sub> te kompresori kaptažnih plinova s funkcijom komprimiranja svih kaptažnih plinova na postrojenju koji se preko KS CPS I otpremaju na ulaz u postrojenje CPS III. Optimizacijom postrojenja zamijenjen je jedan plinski motor elektromotorom. 2014. godine u rad je pušteno EOR postrojenje za komprimiranje CO<sub>2</sub> iz ležišta nakon Lo-Cat jedinice, koji se tehnološkim plinovodom otprema prema EOR-u Ivanić Grad.

U svim fazama gradnje objekata su korištena najnovija svjetska postignuća na području proizvodnje i prerade plina, pa je svaki novi tehnološki objekt na CPS Molve predstavljao bitan pomak naprijed u,



Slika 7. Centralna plinska stanica Molve III

prije svega, utrošku energije po jedinici proizvedena i očišćena plina. Tako je, na primjer, značajnija ušteda električne i toplinske energije (vodene pare) na postrojenju CPS Molve II u odnosu na postrojenje CPS Molve I, gdje je u oba slučaja primijenjena tehnologija pročišćavanja plina Benfield-procesom, u još većoj mjeri ostvarena na procesnom postrojenju CPS Molve III, gdje se primjenjuje kemijski tzv. aMDEA proces.

Na svim proizvodnim objektima su ugrađene hidrauličke turbine koje su supstituirale električnu energiju nužnu za pokretanje agregata za cirkulaciju otopine; vodena para se koristi na nekoliko stupnjeva, pa joj se povećava energetska djelotvornost; za proizvodnju električne energije koriste se turboelektrični agregati, gdje se kao sporedni proizvod dobiva i značajna količina vodene pare, te se ukupna iskoristivost agregata podiže do 75%, dok se u procesnom postrojenju CPS Molve III koristi dodatna energija na ekspanderu (hladna turbina).

Tehnološki procesi obrade obuhvaćaju: separaciju ulaznog plina, uklanjanje Hg, izdvajanje CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S, dehidraciju plina, ekstrakciju C<sub>3+</sub> komponenata te oksidaciju H<sub>2</sub>S u elementarni sumpor (Lo-Cat) i regenerativnu termičku oksidaciju tj. spaljivanje preostalih sumpornih (i ostalih) spojeva u izlaznoj struji CO<sub>2</sub> iz Lo-Cat postrojenja pri 850 °C.

Postrojenja se sastoje od osnovnih procesnih (tehnoških) jedinica za čišćenje i pripremu plina za transport te pomoćnih jedinica za energetska opskrbu, pripremu instrumentalnog zraka.

Proces obrade plina na CPS III može se podijeliti u nekoliko faza:

- Separacija – odvajanje plinske od tekuće faze (slana voda i plinski kondenzat) – slana voda se pumpama utiskuje u utisne bušotine, a kondenzat se otprema prema rafineriji;
- Uklanjanje žive iz plina adsorpcijom aktivnim ugljenom impregniranim sumporom;
- Izdvajanje CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S iz plina apsorpcijom 40 postotnom otopinom metildietanolamina (CPS III). Procesna otopina prolazi proces čišćenja (regeneracija) u striper koloni te se očišćena vraća u sustav, a kiseli plinovi se otpremaju na postrojenje za izdvajanje elementarnog sumpora (Lo-Cat postrojenje).
- Dehidracija plina molekularnim sitima (CPS III) čime se uklanja preostala vlaga.
- Izdvajanje visokomolekularnih ugljikovodika – pothlađivanjem plina se ukapljuju ugljikovodici teži od etana te se dobivena C<sub>3+</sub> frakcija i šalje prema OFIG-u na daljnju preradu, dok se preo-

stali plin otprema u distributivni sustav i koristi za vlastitu potrošnju.

- Lo Cat postrojenje – obrađuje struju CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>S nakon obrade u apsorpcijskom dijelu za izdvajanje kiselih plinova pretvara dio H<sub>2</sub>S oksidacijom u elementarni sumpor.
- Regenerativna termička oksidacija, (RTO jedinica) – struja CO<sub>2</sub> s preostalim H<sub>2</sub>S oksidira na 800 – 900 °C u SO<sub>2</sub> i ispušta se u atmosferu (ispust visine 60 m).
- EOR postrojenje služi za komprimiranje, dehidraciju te otpremu 600 000 m<sup>3</sup>/dan izdvojenog CO<sub>2</sub> prema EOR-u Ivanić Grad.

## 6. Razvoj elektroenergetskog sustava na CPS Molve

Za kontinuiran rad ovih postrojenja potrebna je stalna i pouzdana opskrba električnom i toplinskom energijom te energijom gorivog plina. Za stabilan rad objekata prerade plina Molve potrebni su sljedeći preduvjeti:

- neprekidan rad procesnih objekata i bušotina,
- neovisni i pouzdani izvor električne energije,
- procesna para i toplinska energija za popratna grijanja.

Kako bi se osiguralo kontinuirano napajanje tehnoških objekata električnom energijom INA-Naftaplin je 1987. izgradio vlastiti osnovni izvor napajanja električnom energijom, upotrebljavajući vanjsku mrežu kao rezervni izvor napajanja. Instalirana su četiri turbo električna agregata svaki s mogućnošću uporabe otpadne topline ispušnih plinova radi postizanja optimalnog stupnja djelovanja cjelokupnog sustava. Odabir ovakvog kogeneracijskog postrojenja za proizvodnju električne i toplinske energije u obliku visokotlačne suho zasićene pare zadovoljavao je potrebe procesa prerade plina na CPS Molve. S obzirom na to da se objekti postrojenja CPS Molve nalaze na mjestu koje je ujedno i energetska izvor, odnosno plinsko polje, plin je izabran kao pogonsko gorivo za pogon agregata.

Nakon puštanja u rad plinskog polja Molve te početnih problema u puštanju postrojenja CPS I i pronalaska H<sub>2</sub>S-a u prirodnom plinu, CPS I bio je u kontinuiranom pogonu od 1981. Primijenjena tehnologija obrade plina bila je Benfield proces. Otopina je kristalizirala kao zasićeni fluid na +80°C, a temperatura u procesu se odvijala na 120°C. Nestanak električne ili toplinske energije u zimskim uvjetima





Slika 8.  
Trafostanica Virje

mogao je uzrokovati potpuni zastoj postrojenja. Na postrojenju CPS II primijenjen je također poboljšani Benfield proces.

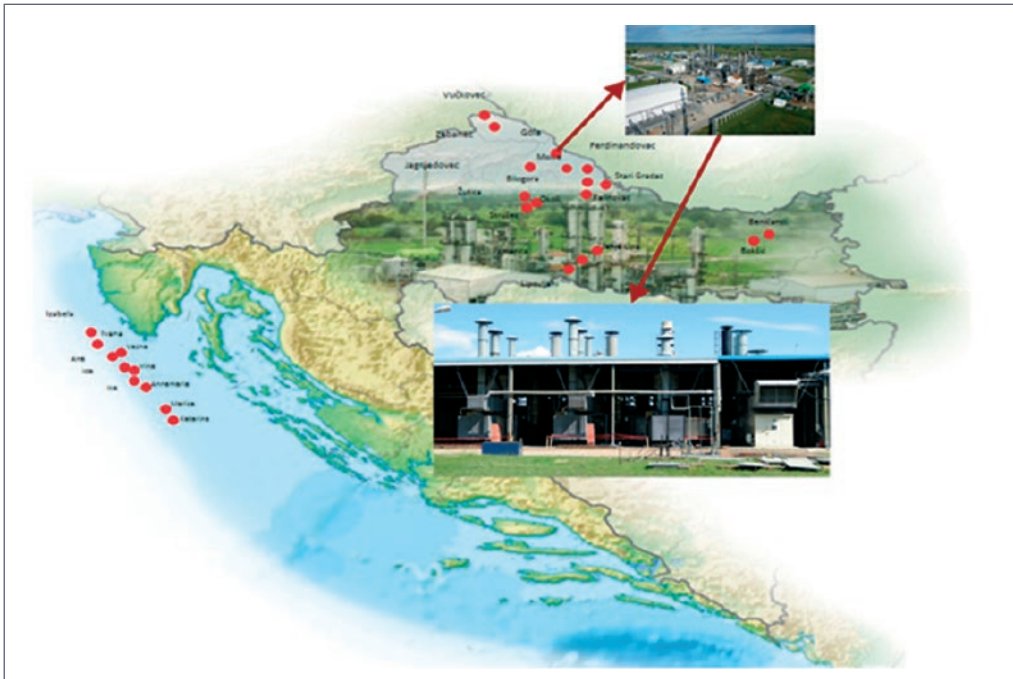
Pogonska stanja postrojenja su karakterizirali česti ispadi električne energije iz vanjske mreže, a posljedica toga bio je prekid procesa obrade plina i spaljivanje plina na baklji, što je predstavljalo ogroman gubitak za kompaniju. Zaključeno je da elektroenergetski sustav tadašnje Elektroprivrede ne zadovoljava potrebe trajnog rada Ininih postrojenja, koja su se napajala samo s 35 kV dalekovodom Koprivnica – Novigrad – Virje – Janaf – CPS. Kao alternativa, izgrađen je turboelektrični agregat proizveden u brodogradilištu Uljanik 1982. Ovaj skid agregat osigurao je stabilnu opskrbu električnom energijom do svibnja 1987.

Izgradnjom i pokretanjem postrojenja CPS II u jesen 1984., električki konzum je porastao na 4 MW, a potrošnja pare na 40-50 t/h pri tlaku 10 bar. S ovom potrošnjom električne energije postrojenje je ponovo bilo ovisno o utjecajima u vanjskoj mreži.

Iako je za postrojenje i trafostanicu CPS Molve II bila potrebna tri puta veća snaga od one koja je instalirana na CPS-u Molve I, CPS II se u početku električnom energijom napajala iz energetske objekta, koji su izgrađeni za potrebe rada CPS I. To je uzrokovalo brojne tehničke probleme, ali oni su uspješno rješavani zahvaljujući povećanoj pažnji tehničkog osoblja.

Prema elektroenergetskoj suglasnosti Elektre Koprivnica, rezervno napajanje električnom energijom CPS- a II bilo je uvjetovano izgradnjom 110 kV dalekovoda Koprivnica – Virje i trafostanice 110/35 kV Virje. Najvažniji energetske objekt prijenosne i distribucijske mreže na ovom dijelu Hrvatske, spomenuta trafostanica izgrađena je sredstvima INA-Naftaplina, a smještena je u blizini CPS-a Molvi, upravo zato da bi i rezervno napajanje iz vanjske mreže bilo pouzdano. Uz trafostanicu Virje, financirana je i gradnja dispečerskog centra Elektre Koprivnica (slika 6.). Kvaliteta napajanja električnom energijom iz HEP-ove mreže je znatno poboljšana puštanjem u rad trafostanice u Virju, ali to još uvijek nije zadovoljavalo potrebe rada svih centralnih plinskih stanica, jer i kratkotrajan nestanak električne energije uzrokovan kvarom ili udarom munje prekidao je rad procesnih postrojenja. Primjerice u srpnju i kolovozu 1986. zabilježeno je čak šezdesetak propada napona koji su uzrokovali prekid rada postrojenja. To je bio jedan od razloga da INA-Naftaplin u Molvama gradi vlastitu energan. Puštanjem u rad postrojenja CPS III u prosincu 1992. do travanja 1993. električni konzum je porastao na 6-7 MW, ovisno o dinamici rada polja i radu postrojenja.

Početkom proizvodnje na polju Gola duboka 2000., zbog većeg postotka CO<sub>2</sub>, potrebna je bila kontinuirana veća cirkulacija aMDEA otopine u postrojenju CPS III. Istovremeno se pojavila i problematika



Slika 9. Energana-  
kogeneracijsko  
postrojenje na  
CPS Molve

nepouzdanog rada plinskih motora i visokih troškova održavanja. To je bio razlog za pokretanje projekta optimizacije aMDEA sustava na CPS III. Sustav je pušten u rad u rujnu 2003., a potrebe za električnom energijom u radu su povećane na 7.5 – 8.5 MW.

Da bi osigurao kontinuitet proizvodnje na polju Kalinovac i Stari Gradec, 2004. pokrenut je projekt dogradnje KS Kalinovac, što je povećavalo postojeće potrebe za električnom energijom. Zbog toga je pokrenut projekt izgradnje TEA 4. Agregat je instaliran i pušten u rad 2006.

U očekivanju novih projekata (kompresorska proizvodnja, EOR) u području elektroenergetike pokrenuti su projekti:

- povećanja snage rasklopnog postrojenja 6kV,
- selektivnost istosmjernog razvoda 110 V DC,
- numerička zaštita i
- optimizacija plinskih turbo-električnih agregata i prateće opreme na CPS Molve.

Realizacijom ovih projekata od 2008. do 2010. omogućeno je priključenje novih trošila na elektroenergetski sustav. Realizacijom projekata ostvareni su uvjeti za nadolazeće projekte i obnovu energane.

Kompresorska proizvodnja polja Molve započela je 2010. U KS CPS I ugrađena su tri stroja po 700 kW. U rujnu 2012. izvršena je zamjena plinskog motora CD-3502 A s pogonskim elektromotorom u reguliranom pogonu 2500 kW, 650 – 900 min<sup>-1</sup>. Krajem 2013., prije završetka projekta EOR, reguliran

je odnos s HEP-om i plaćena nova elektroenergetska suglasnost za Inina postrojenja.

S početkom rada EOR projekta i puštanjem u rad kompresornice za CO<sub>2</sub> u srpnju 2014. znatno su povećane potrebe za opskrbom električne energije na 12 – 13,5 MW. Istovremeno su počeli radovi za projekt obnove energane zbog zadovoljenja zakonske regulative NOx. Nova zakonska regulativa najavljena je 2014. sa stupanjem na snagu 2016. Nova ekološka dozvola propisuje maksimalne emisije NOx plinova koje se spuštaju s 200 mg/m<sup>3</sup> na 75 mg/m<sup>3</sup>. Projekt obnove energane realiziran je u razdoblju od 2017. do 2018.

Daljnje povećanje potreba za električnom i toplinskom energijom bile su rezultat puštanja u proizvodnju polja Vučkovec i Zebanec u srpnju 2016. kada je došlo do maksimalnog povećanja otpremljene količine komprimiranog CO<sub>2</sub> prema EOR-u Ivanić Grad.

Vlastiti izvori električne energije su povezani na elektroenergetski sustav Podravina na naponskoj razini 6 kV tako da mogu odvojeno napajati pojedine dijelove postrojenja, a mogu raditi i usporedno s prijenosnom mrežom HEP-a. Ukupna dnevna proizvodnja četiri plinska turboelektrična agregata iznosi do 320 MWh električne energije. Maksimalno projektirana proizvodnja pare iznosi 8 t/h po agregatu. U kogeneracijskom postrojenju se dnevno proizvodi 480 t pare što predstavlja 90% ukupnih potreba pare za potrebe procesa, a ostatak se proizvodi u klasičnim parnim kotlovima na plin u kotlovnici CPS –a II.

Do 2021. u kogeneracijskom postrojenju potrošeno je 746.428.703 m<sup>3</sup> plina za proizvodnju 1.625.325.762 kWh električne energije i 4.611.829 t toplinske energije suhozasićene pare.

Ekvivalent utrošene energije gorivog plina za proizvodnju električne i toplinske energije, kod čišćenja i pripreme plina za transport iznosi cca 4,5% ekvivalenta energije prosječno proizvedenih i otpremljenih količina plina i plinskog kondenzata.

Proces optimalizacije proizvodnje stalan je proces i svakodnevni zadatak svih uposlenih na Molvama.

## 7. Sabirno transportni sustav u Podravini

Sabirno transportni sustav polja Molve, Kalinovac i Stari Gradac, Gola duboka i polja Vučkovec, Vukanovec i Zebanec čini jedinstvenu tehnološku cjelinu. Sličnost ležišnih uvjeta, proizvodnih fluida i štetnih komponenti u ležištima uvjetovali su njihovo povezivanje u jedinstveni sustav, kojeg tvori četrdesetak proizvodnih bušotina i sedam plinskih stanica. Taj sustav čine stotine kilometara priključnih i tehnoloških cjevovoda (plinovodi, kondenzatovodi, slanovodi), u funkciji osnovnog odvajanja kapljive od plinske faze, te obrade i otpreme plinskog kondenzata i vode. Sav pridobiveni plin s preko četrdesetak bušotina i 6 plinskih stanica je transportnim sustavom povezan u jedinstvenu tehnološku cjelinu te se doprema na obradu u CPS Molve I/II/III. Zadnjih je godina u radu samo CPS Molve III. Povijesni prikaz puštanja u proizvodnju



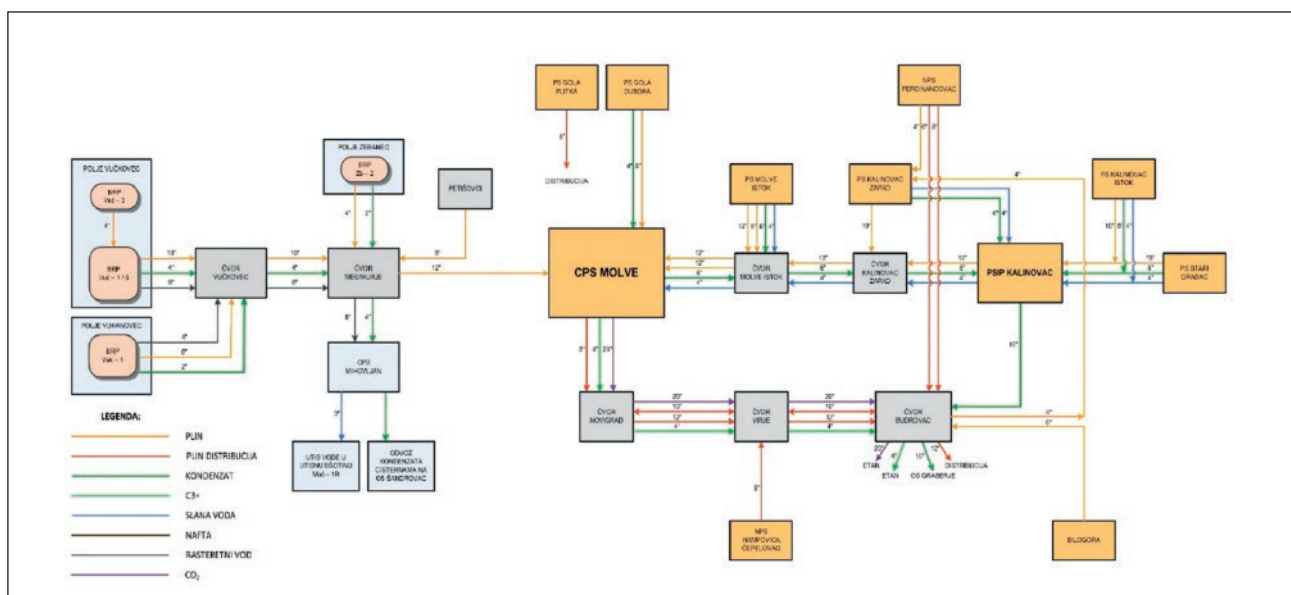
Slika 10. Razvitak sabirno transportnog sustava Podravine

pojedinih polja duboke Podravine i povezanost sabirno transportnog sustava predložen je na slici 10.

Od 2016. godine u sabirno transportni sustav su povezani cjevovodi polja Vučkovec, Vukanovec i Zebanec te plin s primjesama se transportira plinovodom do CPS Molve, a kondenzat sa CPS Mihovljan se transportira cisternama (slika 11.).

Obradeni plin iz polja duboke Podravine, osim metana, sadrži i druge ugljikovodične komponente, posebno etan, propan, butan i nešto manje ostale više ugljikovodike (tablica 1.), a oni su predstavljali osnovnu sirovinsku bazu za rad procesnih postrojenja Etan u Ivanić Gradu i Etilen u Zagrebu.

Iz procesnih se postrojenja CPS Molve I i II plin otpremao tehnološkim plinovodom, a C<sub>2+</sub> i C<sub>3+</sub> proizvodi iz procesnog postrojenja CPS III



Slika 11. Sabirno transportni sustav Podravine



Tablica 1: Sastav proizvodnog fluida

Polje	Molve	Kalinovac	Stari Gradac	Gola Duboka
metan (%)	69,22	69,97	66,50	41,04
etan (%)	3,26	6,76	7,19	1,76
propan (%)	1,02	2,35	2,83	0,68
i-butan (%)	0,2	0,63	0,92	0,17
n-butan (%)	0,23	0,75	1,21	0,18
i-pentan (%)	0,09	0,39	0,67	0,05
n-pentan (%)	0,06	0,34	0,63	0,08
heksan+ (%)	0,53	5,26	9,09	0,02
dušik (%)	1,64	1,37	0,94	2,38
ugljični dioksid (%)	23,75	12,17	9,02	53,64
sumporovodik (mg/m <sup>3</sup> )	170	137	311	1130
živa (mg/m <sup>3</sup> )	1,5	1,5	1,5	0
merkaptan (mg/m <sup>3</sup> )	10	9	25	21

produktovodom do Etana Ivanić Grad. C<sub>2+</sub> proizvod predstavljao je 99%-tnu smjesu etana i viših ugljikovodika, koji se dobiju u rashladnoj sekciji postrojenja CPS Molve III, pothlađivanjem izlaznog plina na -105°C. Te sirovine su činile preko 80% ulazne sirovine za proizvodnju etana, odnosno etilena, te za proizvodnju tekućeg propana, butana i

primarnog benzina u procesnom postrojenju Etan. Cijeli lanac Molve – Etan – Etilen bio je koncipiran kao moderan tehnološki slijed u kojem se ostvaruje, energetske i gospodarstveno, gotovo potpuna valorizacija proizvedena plina u smislu dobivanja osnovnih petrokemijskih sirovina, a kasnije za proizvodnju LPG proizvoda.

	ULAZ CPS III	Izlaz u distribuciju	Standardna kvaliteta plina propisana Općim uvjetima za opskrbu prirodnim plinom	C <sub>3+</sub>
<b>sastav</b>	<b>mol %</b>	<b>mol%</b>		<b>tež%</b>
C <sub>1</sub>	57,22	92,253	Min 85% mol	0
C <sub>2</sub>	3,06	3,717	Max 7% mol	7,26
C <sub>3</sub>	1,04	0,171	Propan (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) i viši ugljikovodici max 6% mol	40,37
i-C <sub>4</sub>	0,25	0		13,97
n-C <sub>4</sub>	0,33	0		18,48
i-C <sub>5</sub>	0,20	0		8,29
n-C <sub>5</sub>	0,18	0		6,29
C <sub>6+</sub>	0,28	0		5,32
N <sub>2</sub>	2,15	3,859	Max 7% mol	0,02
CO <sub>2</sub>	35,29	0		0
H <sub>2</sub> S	286 mg/m <sup>3</sup>	0	Max 5 mg/m <sup>3</sup>	0
merkaptan	20-30 mg/m <sup>3</sup>	0	Max 6 mg/m <sup>3</sup>	0
živa	1-1,5 mg/m <sup>3</sup>	10 ng/m <sup>3</sup>		0
Točka rosišta vode	35°C	<-80°C	-8°C (pri tlaku od 70 bar)	
Točka rosišta ugljikovodika	35°C	<-30°C	-2°C (pri tlaku od 70 bar)	

Slika 12. Sastav plina i C<sub>3+</sub> frakcije

Od 2014. produktovodom se otprema  $C_{3+}$  frakcija prema Etanu Ivanić Grad, a smjesa metana i etana se otprema u distributivni transportni sustav Republike Hrvatske.

Sastav plina na ulazu u CPS Molve III, izlaznog plina u distributivni sustav sa opisom standardne kvalitete plina te sastav  $C_{3+}$  frakcije prikazan je na slici 12.

Tako valorizirani plin otprema se u distributivnu mrežu potrošačima u Republici Hrvatskoj, gdje posebno značajnu ulogu za reguliranje i ujednačavanje sezonskih potrošnji (ljet/zima) ima podzemno skladište plina PSP Okoli koje omogućuje gotovo neprekidnu proizvodnju tijekom cijele godine iz polja duboke Podravine, iako je omjer zimske i ljetne potrošnje u Republici Hrvatskoj dostizao omjer i do 4:1. Jedinствен je i međusobno povezan informacijski sustav za nadzor i upravljanje svim proizvodnim objektima, sabirno transportnim sustavom te elektroenergetski sustav s vlastitom proizvodnjom električne energije iz plina.

## 8. Ekološki aspekt proizvodnje

Tijekom proteklih 40 godina rada plinskog polja Molve, stručnjaci INA-Naftaplina, u suradnji sa brojnim domaćim i stranim institucijama, sudjelovali su u provedbi većeg broja istraživanja, čiji je cilj bio sigurnost rada i pouzdanog nadzora svih procesnih postrojenja, ali i pravovremeno prepoznavanje i učinkovito smanjenje tehnoloških, ekoloških i zdravstvenih rizika.

Prisustvo štetnih i otrovnih komponenti, osim utjecaja na tehnološku problematiku bitno je utjecalo i na ekološki aspekt proizvodnje.

Sastav ležišnog fluida iz plinskih i plinsko-kondenzatnih ležišta duboke Podravine uvjetovao je primjenu različitih tehnoloških rješenja u cilju zadovoljenja sigurnosnih, proizvodnih i ekoloških kriterija. Optimalnom tehnologijom, tj. izgradnjom apsorbера, uklonio se problem žive, pa je njezin sadržaj iznosio najviše  $10 \text{ mg/m}^3$ , što je neusporedivo bolje od postojećih standarda. Primijenjenim tehnološkim rješenjima s Lo-Cat uređajima za odsumporavanje, riješila se emisija vodik-sulfida i merkaptana u svim trima postrojenjima jer su od 1994. sva tri ispusta otpadnih plinova spojena na Lo-Cat jedinicu u sklopu CPS Molve III. Uklanjanje sumpornih spojeva vodik (II) sulfida i merkaptana, iz prirodnog plina odvijalo se u Lo-Cat postrojenju za odsumporavanje (konverziju vodik (II) sulfida u elementarni sumpor) na CPS Molve III, koje je pušteno je u rad 1992., prema

tada najstrožim domaćim i svjetskim propisima te je svojim radom i zadovoljavalo tražene kriterije.

Puštanjem u proizvodnju polja Gola duboka (2000.) i bušotine Stari Gradac – 1zapad (2002.), povećala se ulazna koncentracija vodik (II) sulfida u postrojenje CPS Molve III.

Poduzimanjem niza tehnoloških zahvata i testiranja pojedinih procesnih parametara došlo je do smanjenja izlazne koncentracije vodik sulfida, a time i povećanja proizvodnje sumpornog kolača.

Zakonski zahtjevi za emisije onečišćujućih tvari u zrak i prihvaćanje smjernica EU, rezultirali su izgradnjom postrojenja regenerativne termičke oksidacije kojim se emisija  $H_2S/RSH$  znatno smanjila.

Značajna sredstva su uložena u praćenje i izradu ekoloških studija, monitoringa okoliša i iznalaženja takvih tehnoloških postupaka koji onečišćavanje svih vrsta čine neznatnim. INA Naftaplin je usporedo s početkom eksploatacije prirodnog plina iz ležišta duboke Podravine (1981.) započeo sa mjerenjem karkvoće okoliša, tzv. nultog stanja okoline CPS Molve, te i nadalje sve do danas, a u suradnji sa raznim znanstvenim ustanovama i institutima.

Obaveza provođenja monitoringa okoliša proizlazi i iz uporabne dozvole za CPS Molve III.

Proizvodnjom plina i plinskoga kondenzata na području Podravine, a na osnovu svih dosadašnjih podataka mjerenja i interpretacija stručnih ustanova u Republici Hrvatskoj (Institut za medicinska istraživanja, Šumarski fakultet, Veterinarski fakultet, Agromski fakultet i dr.) do sada je količina štetnih tvari ispuštenih u atmosferu uglavnom bila ispod zakonom dopuštene granice (MDK). Radi se uglavnom o  $CO_2$ ,  $H_2S$ , merkaptanima i živi.

U usporedbi s ostalim velikim proizvođačima energije, npr. termoelektranama, postoje manje količine ispuštenih efluenata i onečišćivača u atmosferu za istu količinu proizvedene energije.

## 9. Program monitoringa okoliša CPS-a Molve

Kako je Studija utjecaja na okoliš naznačila potencijalnu mogućnost djelovanja CPS-a Molve na poremećaj prirodnih ekosustava te izvor antropogenih utjecaja na okoliš to je, sukladno odredbama zakona te zahtjevima stručne i šire javnosti, pod koordinacijom Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba 1991. godine započeo monitoring okoliša CPS-a Molve. Od 2000. do danas koordinator provođenja

spomenutog monitoringa je Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije.

Monitoring okoliša na Molvama u razdoblju od 1991. do danas provodi niz kompetentnih ustanova ovisno o vrsti ispitivanja potencijalnih čimbenika utjecaja na okoliš. Važno je istaknuti da je provođenje monitoringa i dalje u planu kako bi se pravodobno spriječio potencijalni negativan utjecaj centralne plinske stanice na okoliš.

Zagrebački Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada provodi ispitivanje kakvoće zraka, mjerenje radioaktivnosti, sadržaja žive u zraku te mjerenje sadržaja žive u urinu žitelja mjesta Orahovec i Molve.

Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije provodi monitoring kakvoće vode i mjeri sadržaj žive u namirnicama biljnog i životinjskog porijekla. Agronomski fakultet iz Zagreba provodi motrenje tla na području CPS-a Molve, zagrebački Veterinarski fakultet provodi mjerenje žive u tkivu divljači i goveda, a Šumarski fakultet iz Zagreba provodi istraživanje stanja šumskog ekosustava.

Kontinuiranim monitoringom različitih indikatora antropogenih utjecaja na području CPS-a Molve u razdoblju od 1991. do danas utvrđene su značajne varijabilnosti i promjene. Stalnom brigom o okolišu i sve većim ulaganjem u njegovu zaštitu te provođenjem monitoringa INA je na području CPS-a Molve onečišćenje zraka, tla i vode te biljnog i životinjskog svijeta svela na najmanju moguću mjeru.

## 10. Funkcionalno i učinkovito gospodarenje otpadom

Provodi se funkcionalno i učinkovito gospodarenje otpadom. Razvrstava se i evidentira količina nastalog otpada u procesu. Prilikom zbrinjavanja otpada popunjava se prateći list otpada i deklaracija o fizikalno kemijskim svojstvima otpada ili kemijska analiza opasnog otpada, a godišnje količine nastalog otpada prijavljuju se u bazu registra onečišćenja okoliša.

Nadzor i kontrola emisija u zrak provodi se sukladno odredbama Zakona o zaštiti zraka i prema Rješenju o objedinjenim uvjetima zaštite okoliša.

Hrvatska se donošenjem Zakona o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime (NN-MU 2/96) i ratifikacijom Kyotskog protokola svrstala u krug zemalja koje su preuzele obvezu smanjivanja emisija staklenič-



Slika 13. Lo-cat postrojenje za odsumporavanje na Molvama

kih plinova. Najznačajniji instrument, odnosno mjera politike klimatskih promjena, je uspostava Europskog sustava trgovanja emisijskim jedinicama stakleničkih plinova (EU-ETS). Uspostavom EU-ETS-a omogućuje se provedba mjera gospodarskih subjekata obuhvaćenih ETS-om na troškovno učinkovit način, s ciljem ispunjenja obveza preuzetih Kyotskim protokolom. Obveze u sustavu praćenja emisija CO<sub>2</sub> uključuju izradu Plana praćenja emisija stakleničkih plinova i na osnovu njega dobivanje dozvole za emisije stakleničkih plinova, otvaranje korisničkih računa u Registru Europske unije te godišnje praćenje emisija na osnovu utrošenog goriva, izvješćivanje i verifikaciju izvješća o emisijama stakleničkih plinova i predaju emisijskih jedinica u Registar u iznosu koji odgovara verificiranoj ukupnoj emisiji stakleničkih plinova iz postrojenja.

Ispitivanjem radnog okoliša (mikroklimatskih uvjeta, kemijskih štetnosti, razine buke i osvjetljenosti), ustanovljeno je da radne prostorije i prostori u sklopu centralnih plinskih stanica zadovoljavaju sve propisane sigurnosne i zdravstvene zahtjeve utvrđene pravilima zaštite na radu. Mjerenje razine buke u procesu se vrši na 35 mjernih točaka sa ciljem utvrđivanja da li razine specifične buke koju uzrokuje rad izvora buke (el. motori pumpi, kompresora, plinske turbine) na postrojenjima CPS I/II/III, a rezultati mjerenja pokazuju da nema prekoračenja dopuštenih razina buke.



## 11. Zaštita zdravlja i sigurnosti djelatnika

Zaštita zdravlja i sigurnosti djelatnika je na izuzetno visokoj razini. Redovitim kontrolama zdravlja djelatnika, od početka rada procesnih postrojenja do danas, nije utvrđena prisutnost niti jednog profesionalnog oboljenja. Zahvaljujući primjeni svih potrebnih mjera iz područja tehničke zaštite i zaštite na radu, u dosadašnjem razdoblju nije bilo nikakvih akcidenata ni ozljeda na radu.

Svi ti primjeri, uz postojeći monitoring u radnom i životnom okolišu, jedinstven su i konkretan dokaz ukupne tehnološke strategije ulaganja INA-e na području Podravine, gdje se primijenjena postignuća na zaštiti čovjekova okoliša mogu mjeriti s najvišim svjetskim ekološkim standardima.

## 12. Zaključak

Proizvodnja plina bila je, i još uvijek jest, jedan od najznačajnijih zamašnjaka i multiplikatora razvoja hrvatskog gospodarstva. Na pedeset plinskih polja u Republici Hrvatskoj do danas je proizvedeno više od 80 milijardi m<sup>3</sup> plina, od čega samo na području duboke Podravine, koja ove godine obilježava veliki jubilej – 40 godina rada, proizvedeno je više od 32 milijarde prostornih metara tog vrijednog energenta.

Objekti centralnih plinskih stanica sagrađeni su i koncipirani tako da osiguravaju kontinuiranu proi-

zvodnju i pouzdanu opskrbu prirodnog plina tijekom cijele godine.

Postignuta je svjetska tehnološka razina koja osigurava siguran i stalan izvor energije te zadovoljava norme i specifikacije gotovih proizvoda i zahtjeve u zaštiti okoliša i očuvanju i zaštiti zdravlja ljudi.

Četiri desetljeća proizvodnje ugljikovodika iz polja duboke Podravine i energetski značaj tamošnjih procesnih postrojenja je od iznimne važnosti za energetiku Hrvatsku, jer je u cjelokupnom složenom tehnološkom lancu od istraživanja, proizvodnje i transporta ugljikovodika do potrošača postignuta sigurnost, pouzdanost i kontinuitet opskrbe energijom uz najviši stupanj zaštite zdravlja i okoliša.

Podravina ovom teško dostižnom proizvodnjom plina još uvijek nije rekla svoju „zadnju riječ“, jer INA u sljedećih pet godina planira istražiti preostale plinske potencijale na području Međimurja, Podravine i zapadne Slavonije. S gledišta monetizacije novih plinskih otkrića, INA ima značajnu prednost kroz korištenje postojeće proizvodne infrastrukture.

Ovo razdoblje bitno obilježava rad vrsnih inženjera u procesu projektiranja, izgradnje i rada iznimno složenih rudarskih radova i procesnih postrojenja.

Drugo obilježje ovog razdoblja je rad hrvatskih tvrtki – Crosca, STSI-a, Montera, Montinga, Zagreb Montaze, Đure Đakovića, Uljanika, TPK, Rade Končara, HEP-a i mnogih drugih. Knjiga „Hrvatski naftaši“ daje vrijedne slike svih sudionika u 40-godišnjem razdoblju stvaranja toga vrijednog projekta.

## Literatura

1. Borzatti Josip: KONSTRUKCIJA I IZRADA DUBOKIH ISTRAŽNIH I PROIZVODNIH BUŠOTINA NA PLINSKOM POLJU MOLVE, DIT broj 7 (1981)
2. Pavić Vjekoslav, Borzatti Josip, Lončarić Božidar: PBL METODA RJEŠENJA ZA IZRADU DUBOKIH VRUĆIH BUŠOTINA, NAFTAPLIN broj 1 (1994)
3. Majić Stanislav: OSVAJANJE I ISPITIVANJE VRLO DUBOKIH BUŠOTINA POLJA MOLVE, DIT broj 7 (1981)
4. Sinovčević Željko, Turčin Ivan i Perak Ivica: KRITERIJI PRI IZVOĐENJU REMONTNIH ZAHVATA U PLINSKIM BUŠOTINAMA POLJA MOLVE, DIT broj 17 (1986)
5. Bosnić Ivo; Vranješević Branka; Petrak Franjo i Čikeš Marin: UKLANJANJE I PREVENCIJA KAMENCA U PROIZVODNIM BUŠOTINAMA POLJA KALINOVAC I ŽUTICA, DIT broj 23 (1988)
6. Dragaš, Mate i Putniković, Arso: INTERPRETAJA REZULTATA PLINSKE KAROTAŽE I REZULTATA ISPITIVANJA METODOM DST-a NA PLINSKOM POLJU MOLVE, DIT broj 2 (1980)
7. Kordić Matko i Vrbanac Boris: INTERPRETACIJA PODATAKA U TOKU BUŠENJA NA PLINSKO-KONDENZATNOM POLJU KALINOVAC, DIT broj 6 (1981)
8. Balić Dražen: ODREĐIVANJE ZONA NATPRITISAKA IZ PODATAKA KAROTAŽNIH DIJAGRAMA NA PLINSKOM POLJU KALINOVAC, DIT broj 5 (1981)
9. Batušić Vladimir: REZULTATI ISTRAŽIVANJA PODRUČJA MOLVE-KALINOVAC-STARI GRADAC, DIT broj 7 (1981)
10. Vađunec J., Sobota M., Juranić T. i dr. (1992): Projekt Podravina –CPS Molve III, Priručnik za stručno osposobljavanje

11. Lukić M., Mađer I. i Vađunec J.: CPS Molve – Izbor procesa za obradu prirodnog plina, Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom rudarstvu, Zadar, 2001
12. Zelić M., Pintarić B. i Tišljar V.: Plinsko polje Molve – 20 godina iskustva pod najtežim uvjetima proizvodnje, Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom rudarstvu, Zadar, 2001
13. Šikonja Ž., Lukić M. i Tišljar V.: Usmjerene bušotine u funkciji povećanja konačnog iscrpka plinskog polja Molve, Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom rudarstvu, Zadar, 2001
14. Meandžija I., Osredkar F. i Lukić M.: Pregled primijenjene zaštite od korozivnog djelovanja prirodnog plina iz dubljih ležišta Panona
15. Radičev Mladen: ELEKTROKAROTAŽNA MJERENJA I DRUGI RUDARSKI RADOVI U BUŠOTINAMA POLJA MOLVE, DIT broj 7 (1981)
16. Škrinjar Željko i Gluhak Marijan: TEHNIČKE KARAKTERISTIKE KOMPJUTERIZIRANIH KAROTAŽNIH JEDINICA I ISKUSTVO U RADU S NJIMA PRI MJERENJIMA POD VRLO VISOKIM TEMPERATURAMA, DIT broj 23 (1988)
17. Petrović S., Herenčić Z. i Sobota M.: Kompresorska proizvodnja plina na polju Molve, Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom rudarstvu, Zadar, 2009
18. Sobota M., Hemetek-Potroško, I. i Turkalj F.: 30 godina kogeneracije na CPS Molve – razvoj vlastitog elektroenergetskog sustava, Časopis Nafta i Plin, broj 157, HUNIG, 2019
19. Živković H. : Rudarski projekt eksploatacije ugljikovodika na eksploatacijskom polju Molve – dopuna 15', broj projekta: 20/2019, Zagreb, prosinac 2019 Crnković Josip: POLJE MOLVE I OVISNOSTI O OPSKRBI ELEKTRIČNOM ENERGIJOM, DIT broj 19 (1986)
20. Hemetek-Potroško, I.: Optimization of energy consumption on Molve site, The first central and eastern european international oil and gas conference and exhibition, Siofok, 2011
21. Crnković Josip: POLJE MOLVE I OVISNOSTI O OPSKRBI ELEKTRIČNOM ENERGIJOM, DIT broj 19 (1986)
22. Kramerberger Vladimir: ELEKTROENERGETSKI SUSTAV POLJA MOLVE – HISTORIJAT RAZVOJA I OSNOVNE KARAKTERISTIKE, DIT broj 19 (1986)
23. Špišić Josip: UPRAVLJANJE I NADZOR NAD ELEKTROENERGETSKIM SUSTAVOM PLINSKOG POLJA MOLVE, DIT broj 19 (1986)
24. Cvenarski Boris: ENERGANNA NA CPS-MOLVE – KOMBINIRANA PROIZVODNJA EL. ENERGIJE I SREDNJE-TLAČNE PARE U ENERGANI NA CPS-MOLVE, DIT broj 19 (1986)
25. Radmilović B i Vidaković F.: TRANSFORMATORSKA STANICA 110/35 kV VIRJE – PRVA TIPSKA TS 110/xkV ELEKTROPRIVREDE HRVATSKE, DIT broj 19 (1986)
26. Kolar Franjo: PRIKAZ PROIZVODNOG PROGRAMA NOVIH SKLOPNIH BLOKOVA SREDNJEG I NISKOG NAPONA RADE KONČAR, DIT broj 19 (1986)
27. Haznadar Zijad; Berberović Sead i Šindler Josip: NUMERIČKI PRORAČUN I ANALIZA ZAJEDNIČKOG SISTEMA UZEMLJIVAČA CENTRALNE PLINSKE STANICE MOLVE, DIT broj 19 (1986)
28. Šikonja Želimir; Lukić Mirko; Sobota Mijo i Buljina Kemal: PRIMJENA ELEKTRONIČKOG RAČUNALA U PROCESU PRIDOBIVANJA I PRIPREME ZA TRANSPORT UGLJIKOVODIKA IZ LEŽIŠTA POLJA MOLVE, KALINOVAC I STARI GRADAC, DIT broj 28 (1990)
29. Hemetek-Potroško, I., Jaković L. i Lukić M.: Prirodni plin – Most prema održivoj energetskej budućnosti, Međunarodni znanstveno-stručni skup o naftnom gospodarstvu, Šibenik 2009
30. Horvat M., Jeran Z., Špirić Z., Jačimović R., Miklavčić V.: Mercury and other elements in lichens at INA-Naftaplin gas treatment plant, Molve, Croatia; Journal of Environmental Monitoring, 2000, volume 2, issue 2, 139-144.
31. Špirić Z., Srebočan E., Prevendar – Crnić A.: Mercury in hares organs (*Lepus europaeus* Pallas) in the vicinity of the mercury-contaminated natural gas treatment plant in Croatia; Journal of Environmental Science and Health, Part A (2012) 47, Iss. 1, pp. 77-83
32. Hemetek-Potroško, I: Optimizacija potrošnje energije u energetskeim i procesnim postrojenjima na primjeru Pogona Molve (Optimization of energy consumption on example of Move site)-PhD Thesis, Faculty of mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Zagreb 2011, 92 p.
33. Monografija „Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-križevačke županije 1994.-2019., Grafički zavod Hrvatske, Koprivnica, 2019
34. Novak-Zoroe, S.: „Hrvatski naftaši“, HUNIG, Stega tisak, Zagreb, 2013
35. Monografija „INA- Naftaplin 1952.-2002.“, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 2002
36. Matiša, Željko: RAZVOJ RUDARSTVA I ENERGETIKE REPUBLIKE HRVATSKE, DIT broj 32 (1992)
37. Juričić Mladen i Sečen Josip: INA-NAFTAPLIN U ENERGETICI REPUBLIKE HRVATSKE U SLJEDEĆIM GODINAMA, NAFTAPLIN broj 1 (1993)