

Uloga skladišta prirodnog plina u plinskom sustavu

Putnik, Aleksandra

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:149:362122>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Chemical Engineering and Technology University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Aleksandra Putnik

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, rujan 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE
SVEUČILIŠNI PREDDIPLOMSKI STUDIJ

Aleksandra Putnik

**ULOGA SKLADIŠTA PRIRODNOG PLINA U
PLINSKOM SUSTAVU**

ZAVRŠNI RAD

Voditelj rada: izv. prof. dr. sc. Igor Sutlović

Članovi ispitnog povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Igor Sutlović

Prof. dr. sc. Veljko Filipan

Izv. prof. dr. sc. Vladimir Dananić

Zagreb, rujan 2016.

Zahvaljujem se izv. prof. dr. sc. Igoru Sutloviću na pomoći, ukazanom trudu i na izvrsnom mentorstvu prilikom pisanja ovog rada. Također se želim zahvaliti mojoj obitelji i prijateljima koji su uvijek uz mene i pružaju mi podršku u svemu.

ULOGA SKLADIŠTA PRIRODNOG PLINA U PLINSKOM SUSTAVU

Sažetak rada:

U radu se govori o ulozi skladišta prirodnog plina u plinskom sustavu, a glavna uloga skladišta prirodnog plina jest mogućnost iskorištavanja prirodnog plina iz skladišta kada imamo veliku potražnju plina. Opisane su karakteristike prirodnog plina, transportnog sustava i oblici podzemnih skladišta plina. U sigurnosti opskrbe prirodnim plinom veliku ulogu imaju transportni sustav i s njime povezana skladišta prirodnog plina. Navedeni su važni projekti, kako za europske zemlje, tako i za Republiku Hrvatsku koji bi osigurali bolju sigurnost opskrbe prirodnim plinom. Opisano je jedino podzemno skladište plina u Republici Hrvatskoj, te planirana skladišta plina u Republici Hrvatskoj. Također, dan je osvrt i na druge europske zemlje i njihove kapacitete podzemnih skladišta plina.

Ključne riječi: prirodni plin, podzemno skladište prirodnog plina, sigurnost opskrbe, transport plina

ROLE OF UNDERGROUND STORAGE IN GAS SUPPLY SYSTEM

Abstract:

This paper discusses the role of underground natural gas storage in the gas system. Main role of underground natural gas storage is to supply natural gas from storage during period of large demand. Characteristics of the natural gas transportation system and forms of underground gas storage facilities are described. Security of natural gas supply is based on the gas transport system associated with underground gas storage. Also, many important projects to ensure better security of natural gas supply are mentioned for European countries including Croatia. Current underground gas storage facility in the Croatia is described as well as planned gas storages in Croatia. Review for other European countries capacities of their underground gas storages is given.

Keywords: natural gas, underground gas storage, security of supply, gas transportation system

SADRŽAJ:

1. UVOD	1
1.1. Svojstva prirodnog plina.....	1
1.2. Opis transportnog sustava.....	1
1.3. Svojstva skladišta plina	3
2. OPĆI DIO.....	3
2.1. Podzemna skladišta plina.....	5
2.1.1. Oblici podzemnih skladišta prirodnog plina	8
2.2. Sigurnost opskrbe prirodnim plinom	9
2.2.1. Kriterij N-1.....	16
2.3. Podzemno skladište Okoli	17
2.4. Planiranje izgradnje novih plinskih skladišta u Republici Hrvatskoj.....	18
2.5. Skladišta prirodnog plina u drugim europskim zemljama.....	19
2.5.1. Mađarska.....	19
2.5.2. Austrija.....	20
2.5.3. Njemačka	21
2.5.4. Srbija	21
2.5.5. Češka.....	21
2.5.6. Poljska.....	22
3. ZAKLJUČAK	22
4. LITERATURA.....	23

1.UVOD

1.1. Svojstva prirodnog plina

Prirodni plin iz ležišta je plinska smjesa različitih ugljikovodika od kojih je najveći udio metana (CH_4) kojeg ima oko 70%.¹ U manjim količinama prisutni su ostali ugljikovodici poput etana, propana, butana i primjese težih ugljikovodika, te ugljični dioksid (CO_2) i dušik (N_2). Osim ovih spojeva moguća je i pojava helija, sumporovodika, argona, vodika, živinih i drugih para.² Ovisno o tipu ležišta mijenja se i sastav prirodnog plina.³ Prirodni plin pojavljuje se samostalno u ležištima koji se naziva slobodni plin i ima oko 95% zaliha, a može se pojaviti i s naftom koji se naziva naftni ili kaptažni plin, te on ima oko 5% zaliha.¹

Prirodni plin nije otrovan, lakši je od zraka, bez boje je i bez mirisa.³ Kada plin dolazi u distributivni sustav dodaje se kemijsko sredstvo, odorans, koji je jakog i karakterističnog mirisa kako bi se plin osjetio ako dođe negdje do propuštanja. Prema karakteristikama izgaranja spada u plinove koji izgaraju duljim plavičastim plamenom, prilikom kojeg nastaje CO koji je vrlo otrovan.⁴

Svojstva prirodnog plina iz ležišta se razlikuju od svojstava prirodnog plina koje isporučuju proizvođači ili prodavatelji. Glavne specifikacije kvalitete prirodnog plina prilikom isporuke u Republiku Hrvatsku su te da je minimalni volumni udio metana (CH_4) 85%, maksimalni volumni udio etana (C_2H_6) je 7%, udio propana (C_3H_8) i ostalih viših ugljikovodika je maksimalno 6%, dok dušik (N_2), ugljični dioksid (CO_2) i drugi inertni plinovi zauzimaju maksimalno 7%.³

Prirodni plin je primarni oblik energije koji se može izravno upotrijebiti. Njegova upotreba u kućanstvima je sve veća, koristi se za grijanje i hlađenje, u tehnološkim procesima, za proizvodnju toplinske i električne energije, a koristi se i kao sirovina u kemijskoj industriji, naročito petrokemijskoj.²

1.2. Opis transportnog sustava

Prirodni plin se transportira u plinovitom stanju cjevovodima ili u ukapljenom obliku specijalnim brodovima za ukapljeni prirodni plin. Osim toga se transportira u specijalno toplinsko izoliranim cisternama u željezničkom ili cestovnom prometu, no taj oblik transporta se rjeđe primjenjuje.²

Transportnim sustavom u Republici Hrvatskoj upravlja operator transportnog sustava Plinacro d.o.o. Transportni sustav se sastoji od međunarodnih, magistralnih, regionalnih i odvojnih plinovoda i objekata na plinovodu, mjernih redukcijskih stanica (MRS) koje imaju različite kapacitete, te ostalih objekata i sustava koji omogućavaju pouzdan i siguran rad transportnog sustava. Glavni cilj transportnog sustava je osiguravanje sigurnosti i pouzdanosti transporta i isporuke plina. ⁵

Transportni sustav RH kojim upravlja operator transportnog sustava Plinacro d.o.o. sastoji se od plinovoda od kojih 952 km plinovoda ima maksimalan radni tlak 75 bara, a 1741 km plinovoda ima maksimalan radni tlak od 50 bara; ulazne mjerne stanice koja ima 2 interakcijske mjerne stanice na spojevima s transportnim sustavom Republike Slovenije i Republike Mađarske, 7 ulaznih mjernih stanica na spojevima s postrojenjima za proizvodnju prirodnog plina, te 1 ulazna mjerna stanica na spoju s podzemnim skladištem plina Okoli i izlazne mjerne redukcijske stanice odnosno njih 157 na kojima je priključeno 37 distribucijskih sustava i 24 krajnja kupca plina. Osim ovih navedenih dijelova, transportni sustav čine i plinski čvorovi, blokadne stanice, odašiljačko prihvatne čistačke stanice, katodna zaštita, sustav za daljinsko očitavanje fiskalnog mjerenja, sustav za daljinski nadzor, upravljanje i prikupljanje podataka, komunikacijski sustav, sustav za računalnu simulaciju i sustav za upravljanje kapacitetima transportnog sustava. ⁵



Slika 1.2.1. Plinski transportni sustav Republike Hrvatske ⁶

1.3. Svojstva skladišta plina

Skladištenje prirodnog plina ima važnu ulogu u svakom plinskom sustavu, jer podzemna skladišta plina osiguravaju dobru sigurnost opskrbe.⁷

Ovisno o svom agregatnom stanju, prirodni plin se može skladištiti na nekoliko načina ,a dijele se na:

- a) tehnologija skladištenja prirodnog plina u plinovitom stanju, te
- b) tehnologija skladištenja ukapljenog prirodnog plina (primjeri spremnika ukapljenog prirodnog plina su Darwin u Australiji i Jadranski UPP terminal u Italiji) ³

Skladišta su vrlo korisna za proizvodnju prirodnog plina, jer ona smanjuju izloženosti proizvodnih bušotina i time produljuje vijek trajanja proizvodnih polja. Također, skladišta imaju utjecaj i na transportni sustav prirodnog plina. Glavna karakteristika skladišta je smanjenje povremenih zagušenja transportnog sustava i osiguravanje stabilnost samog sustava. ⁸

Opskrba i potražnja prirodnog plina nije uvijek ista, već oscilira a skladišta plina osiguravaju zadovoljavanje potražnje potrošača kada je potražnja plina veća od količine prirodnog plina koja se nalazi u distributivnoj mreži. Broj plinskih skladišta u svijetu se povećava, posebice nakon nestabilnosti koje se javljaju na tržištu nafte i plina. ³

2. OPĆI DIO

Pravo pristupa skladištu prirodnog plina imaju proizvođači, opskrbljivači, trgovci i operator transportnog sustava.⁸ Potrošnja prirodnog plina nije uvijek ista te ovisno o kakvoj se potražnji radi imamo različita skladišta plina. Kao primjer može se prikazati godišnja kretanja potrebe za prirodnim plinom temeljena na mjesečnoj bazi u području koje karakteriziraju slični klimatski uvjeti kao u Republici Hrvatskoj. ³

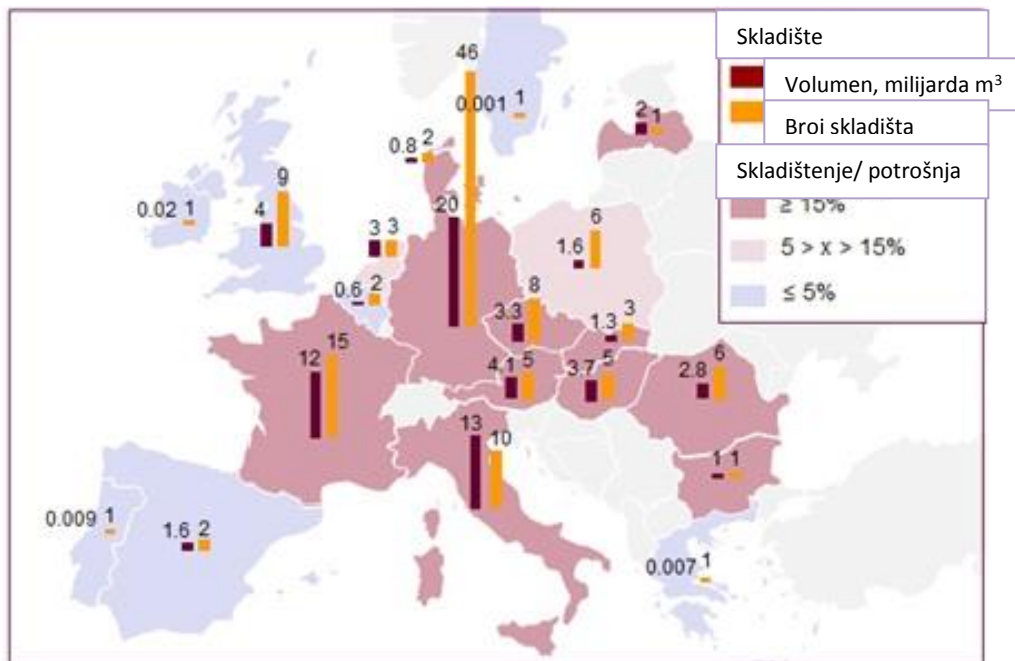


Slika 2.1. Dijagram potražnje prirodnog plina po mjesecima ³

Iz dijagrama se jasno može vidjeti kada je potražnja manja od količine prirodnog plina koja se nalazi u distributivnoj mreži, ali također može se vidjeti i kada se višak prirodnog plina utiskuje u skladište. Taj primjer je karakterističan za sezonsko skladištenje plina, to znači da se podzemno skladište plina puni za vrijeme ljetnih mjeseci, a prazni se za vrijeme zimskih mjeseci. Negdje se može javiti da su veće dnevne promjene potražnje plina nego godišnje, te stoga postoje dnevna skladišta prirodnog plina. Kod dnevnih skladišta plina, prirodni plin se skladišti tijekom noći, a koristi se ujutro i predvečer. Postoje iznimne situacije vršne potrošnje, te se koriste skladišta gdje se velike količine prirodnog plina distribuiraju u kratkom periodu od par dana. Takva skladišta nazivaju se skladišta za pokrivanje vršne potrošnje, a koriste se u najhladnijim zimskim danima, a nadopunjavaju se u ljetnim mjesecima. Strateška skladišta plina koriste se kada se javljaju prekidi opskrbe prirodnog plina koji su uzrokovani tehničkim problemima poput otkazivanja kompresorskih stanica ili problemi s plinovodom. Prekidi opskrbe utječu i na transport i distribuciju prirodnog plina, pa ih mogu uzrokovati i političke nesuglasice. ³ Kao primjer možemo navesti slučaj između Ukrajine i ruske tvrtke Gazprom u zimi 2008.-2009. koja je ukinula isporuku prirodnog plina za Ukrajinu jer je Ukrajina bila dužna 600 milijuna dolara za ranije isporuke. ⁹ Prirodni plin iz strateških skladišta se ne mora koristiti nekoliko godina osim za izvanredne situacije. Da bi se osigurale potrebne količine prirodnog plina, skladišta su vrlo često u blizini plinskih polja, te takva skladišta se nazivaju proizvodnim skladištima čija je svrha da sigurno dobavljaju prirodni plin u plinovod. Svi navedeni oblici skladišta koriste se svugdje u svim zemljama svijeta i na svim tržištima plina.³

2.1. Podzemna skladišta plina

Sve je veća potreba za prirodnim plinom kao energentom, pa se time javlja potreba i za podzemna skladišta prirodnog plina. Prilikom projektiranja skladišta prirodnog plina tehnike, tehnologije, izgradnja, te nadgledanje potječu iz naftne industrije. Prvo podzemno skladište u svijetu je izgrađeno 1916.godine u Ontariju, Kanada. U Europi, prema podacima iz 2009.godine, ima 133 podzemna skladišta plina.³ Kapacitet skladišta u Europi prema 2015. godini iznosi 145,5 milijarda m³.¹⁰



Slika 2.1.1. Podzemna skladišta plina u Europi¹¹

U tablici 2.1.1. su prikazani tehnički radni kapaciteti skladišta prirodnog plina u zemljama Europe iz koje se jasno vidi da Njemačka ima najveće kapacitete od svih država koje su članice EU-28, a u Europi najveći kapacitet ima Ukrajina. U tablici 2.1.2. su prikazani tehnički radni kapaciteti u različitim tipovima skladišta u zemljama Europe iz koje se vidi da se najviše koriste iscrpljena ležišta kao skladišta prirodnog plina.¹⁰

Tablica 2.1.1. Tehnički radni kapaciteti skladišta plina u zemljama Europe ¹⁰

	milijarda m ³		
	radni volumen	u izgradnji	planirani
Austija	8,3		
Belgija	0,7		
Bugarska	0,6		1,7
Hrvatska	0,6	0,0	
Češka	3,5	0,5	0,2
Danska	1,0		
Francuska	12,0	0,1	0,7
Njemačka	24,6	2,0	0,7
Grčka			0,4
Mađarska	6,3		
Irska	0,2		0,2
Italija	16,6	3,4	7,1
Latvija	2,3		2,8
Litvanija			0,5
Nizozemska	12,9		
Poljska	2,8	0,8	0,0
Portugal	0,3		
Rumunjska	3,1		1,6
Srbija	0,5	0,4	
Slovačka	3,1		0,9
Španjolska	4,1		0,2
Švedska	0,0		
Ujedinjeno Kraljevstvo	5,0	0,2	12,5
EU-28	108,3	7,4	29,3
Albanija			1,3
Bjelorusija	1,1	1,0	
Turska	4,2	0,2	1,4
Ukrajina	32,0		
Europa	145,5	8,5	31,9

Tablica 2.1.2. Tehnički radni kapacitet u različitim tipovima skladišta ¹⁰

	milijarda m ³					
	radni volumen		u izgradnji		planirani	
	broj skladišta		broj skladišta		broj skladišta	
	EU-28					
Iscrpljena ležišta	73,4	73,0	4,5	5,0	20,7	16,0
Solne kaverne	16,7	46,0	3,1	4,0	5,1	9,0
Akviferi	17,2	24,0	-0,2		3,3	1,0
Ostalo	1,1	2,0			0,2	1,0
Ukupno	108,3	145,0	7,4	9,0	29,3	27,0
	Europa					
Iscrpljena ležišta	106,6	86,0	4,8	5,0	20,7	17,0
Solne kaverne	18,5	48,0	3,9	4,0	7,7	13,0
Akviferi	19,4	27,0	-0,2		3,3	1,0
Ostalo	1,1	2,0			0,2	1,0
Ukupno	145,5	163,0	8,5	9,0	31,9	32,0

Svako podzemno skladište plina karakterizirano je radnim volumenom plina, potisnim plinom ili plinskim jastukom, dobavom i vremenom potrebnim za utiskivanje plina u podzemno skladište plina ili za crpljenje plina iz podzemnog skladišta plina. ³

Radni volumen plina je maksimalan volumen plina koji možemo iscrpiti iz punog skladišta. Više puta godišnje se može crpiti ta količina plina iz skladišta, kao što se može i utisnuti. Što je veći dopušteni tlak u ležištu to imamo veću korisnu količinu plina. ³

Plinski jastuk je plin koji se ne može iscrpiti iz ležišta te ostaje u podzemnom skladištu plina. ³ Služi za održavanje adekvatnog tlaka i brzine dobave za vrijeme povlačenja.

Kapacitet povlačenja je najčešće izražavana mjera količine prirodnog plina koji se može dovesti iz skladišta u određenom vremenu. Kapacitet povlačenja izražava se u mjeri veličine od milijun kubičnih metara na dan. Kapacitet povlačenja je dana kao varijabla i ovisi o nekoliko faktora kao npr. količini prirodnog plina u rezervoaru, tlaku, kapacitetu kompresije, konfiguraciji i površini skladišta i drugim. Brzine povlačenja variraju direktno s ukupnom količinom prirodnog plina u rezervoaru, to znači da je najveća kad je maksimalno popunjen i opada kada prilikom crpljenja prirodnog plina dođe do smanjenja tlaka u ležištu. ^{3,12} Kapacitet utiskivanja je suprotan od kapaciteta povlačenja a izražava se kao mjera koja se može utisnuti

u skladište u određenom vremenu. Kako se popunjava skladište kapacitet utiskivanja se smanjuje.³

Vrijeme rada skladišta prikazuje se kao odnos između kapaciteta povlačenja i radnog volumena ili između kapaciteta utiskivanja i radnog volumena, te prikazuje učinkovitost postrojenja. Vrijeme rada skladišta je od 60 do 120 dana, što je poprilično dugo, dok je vrijeme vršne potrošnje vrlo kratko, od 1 do 20 dana, a može biti i u nekoliko sati.³

2.1.1. Oblici podzemnih skladišta prirodnog plina

Postoje različiti oblici podzemnih skladišta prirodnog plina. Glavni oblici podzemnih skladišta prirodnog plina su iscrpljena plinska i naftna ležišta, solne kaverne, napušteni rudnici i akviferi.³

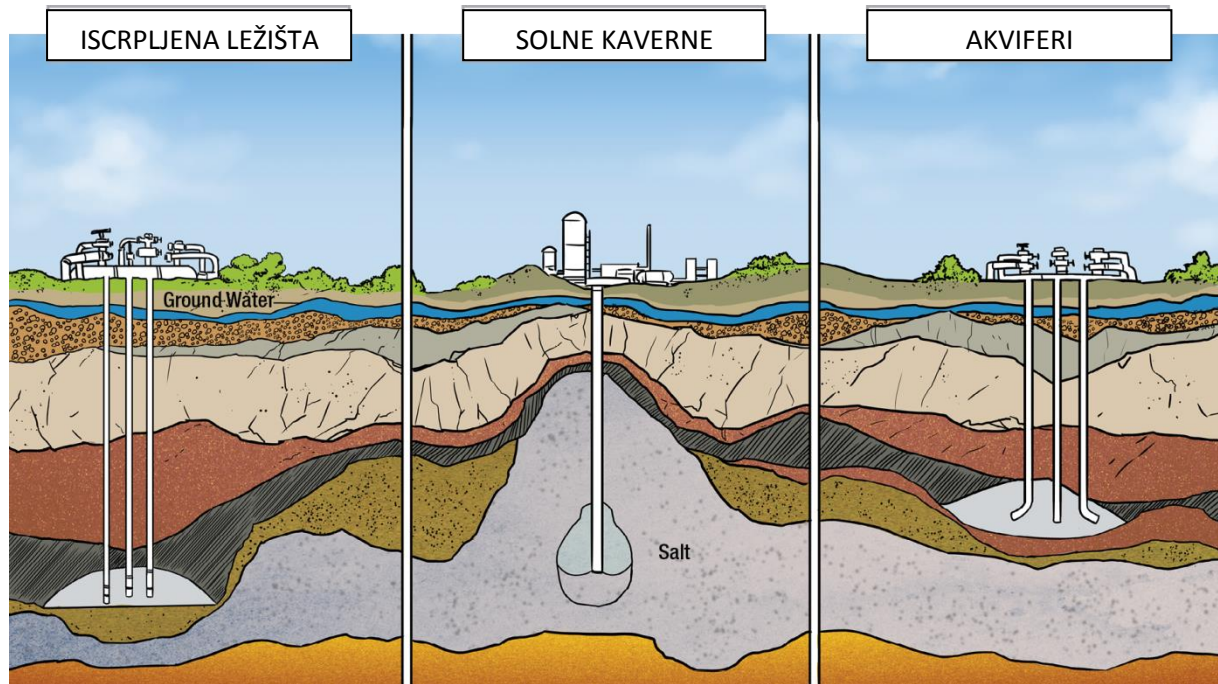
Iscrpnna plinska ležišta su najčešći oblici podzemnih skladišta prirodnog plina, a glavna prednost je ta jer imaju poznate karakteristike ležišta u koje se prirodni plin utiskuje. Svako ležište plina mora imati odgovarajuće značajke da bi bilo dobro skladište, a to su: nepropusnost ležišta, veličina ležišta, svojstva ležišta, snaga akvifera, prisustvo kondenzata u ležišnom plinu, te udaljenost skladišta plina od tržišta. Na temelju ovih karakteristika može se vidjeti koje ležište može biti dobro skladište prirodnog plina i ne znači da su sva ležišta dobra skladišta.³

Prirodni plin se može skladištiti i u naftnim ležištima, tako da se skladišti u plinskoj kapi koja je prisutna u ležištu. Karakteristike naftnih ležišta slične su karakteristikama plinskih ležišta. Kada se skladišti prirodni plin u plinskoj kapi on omogućuje povećanje proizvodnje nafte u odnosu na period utiskivanja. Prirodni plin se može skladištiti i u naftna ležišta bez plinske kape, ali priprema takvih ležišta za skladištenje prirodnog plina traje nekoliko godina jer se nafta mora zamijeniti prirodnim plinom. Skladištenje plina u stara naftna ležišta predstavlja veliki rizik, jer može doći do prodora prirodnog plina između ležišta.³

Akviferi, odnosno ležišta vode, su također oblici skladišta prirodnog plina, iako je skladištenje u akvifer ekonomski nepovoljnije. Kako bi se prirodni plin skladištio u akvifer moraju se provesti brojne analize i testovi, što zahtjeva puno vremena i financijskih sredstava.³

U solne kaverne se također skladišti prirodni plin, jer sol ima mnoge prednosti koje pogoduju za skladištenje prirodnog plina jer na temelju svojih svojstava (srednja čvrstoća, teče plastično) mogu zatvoriti pukotine koje mogu predstavljati mjesta na kojima se plin gubi.

Šupljikavost i propusnost solne kaverne onemogućuje prirodnom plinu da pobjegne iz ležišta. Solne kaverne nisu osjetljive na operaciju utiskivanje – proizvodnja, i obrnuto. Promjena utiskivanja i proizvodnje moguća je u nekoliko minuta, i upravo to ih čini zanimljivima trgovcima plina.³



Slika 2.1.1.1. Primjeri oblika podzemnih skladišta prirodnog plina u iscrpnim ležištima, solnim kavernama, te u akviferima ¹³

2.2. Sigurnost opskrbe prirodnim plinom

Skladišta karakterizira sigurnost u sprječavanju poremećaja u opskrbi prirodnim plinom jer se nalaze u blizini potrošača. Skladištenje prirodnog plina stabilizira cijene jer smanjuje izloženost porastu cijena radi naglih promjena u ponudi, odnosno potražnji. Jedna od glavnih karakteristika je i ta što štite od neočekivanih događaja velikog utjecaja kao što su, npr. tehnički kvarovi koji se mogu dogoditi prilikom proizvodnje ili na cjevovodima, ili određeni geopolitički rizik. Važnost skladišta vidljiva je i u politički osjetljivim situacijama, gdje u prvi plan dolazi veća moć pregovaranja. Zemlje koje imaju dovoljno skladišnog kapaciteta manje su osjetljive kod pregovora o strateškim investicijama na globalnoj energetskej karti, te imaju bolju pregovaračku poziciju. ⁸

Sigurnost opskrbe prirodnim plinom usko je vezana za plinski transportni sustav. Tehnički kapaciteti ulaza i izlaza iz transportnog sustava omogućavaju sigurnu i pouzdanu opskrbu plinom.⁶

Za 2013. godinu ulaz u transportni sustav Republike Hrvatske osiguravalo je 8 opskrbljivača plina, a na izlazima iz transportnog sustava bilo je aktivno 43 opskrbljivača plinom.⁶

Tablica 2.2.1. Količina prirodnog plina predana u transportni sustav⁶

	2012.	2013.	%
	(u TWh)	(u TWh)	
UMS RH	15,41	13,12	-14,86%
Uvoz	12,98	12,20	-6,01%
UKUPNO	28,39	25,32	-10,81%
PSP Okoli	2,80	3,36	20,11%
SVEUKUPNO	31,19	28,68	-8,04%

Iz tablice 2.4.1. se može uočiti da je količina prirodnog plina koja je predana u transportni sustav manja 2013. godine u odnosu na 2012. godinu. S plinskih polja na teritoriju RH je preuzeto 14,86% manje plina, uvezeno je 6,01% manje, dok su količine prirodnog plina preuzete iz skladišta prirodnog plina Okoli povećane za 20,11%.

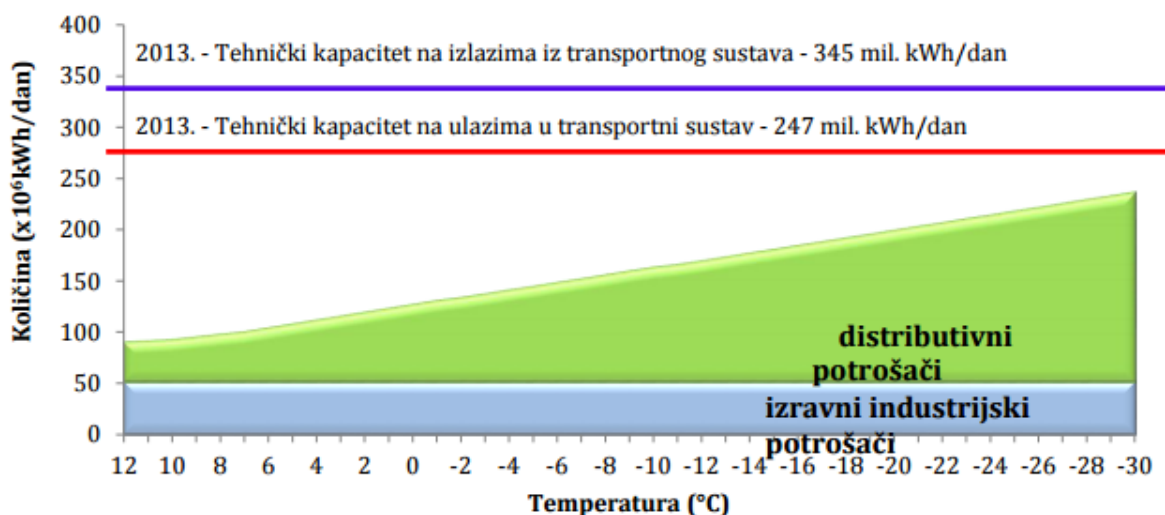
Tablica 2.2.2. Količina prirodnog plina koja je isporučena na izlazima iz transportnog sustava⁶

	2012.	2013.	%
	(u TWh)	(u TWh)	
distributivni potrošači	11,01	10,91	-0,99%
izravni industrijski potrošači	3,61	3,51	-2,70%
energetske transformacije	6,68	5,73	-14,26%
petrokemija	5,73	5,76	0,39%
UKUPNO	27,03	25,91	-4,20%
PSP Okoli	4,25	2,81	-33,77%
SVEUKUPNO	31,28	28,72	-8,22%

Iz tablice 2.4.2. može se vidjeti da je također u 2013. godini došlo do smanjenja isporuke količine prirodnog plina iz transportnog sustava u odnosu na 2012. godinu i to za 8,22%

uključujući i podzemno skladište plina Okoli. Kod energetske transformacije se vidi najveće smanjenje ukupno isporučenih količina plina.

Sa stajališta sigurnosti opskrbe 2013. godina za Republiku Hrvatsku je bila dobra, jer nije bilo poteškoća prilikom rada plinskog transportnog sustava i kapaciteti transportnog sustava su u potpunosti zadovoljili potrebe tržišta prirodnog plina u Republici Hrvatskoj. Što se može vidjeti i na slici 2.4.1..⁶



Slika 2.2.1. Rasploživi ulazni i izlazni kapaciteti transportnog sustava i potrošnja plina pri različitim temperaturama okoline ⁶

Kako bi se osigurale mjere za očuvanje sigurnosti opskrbe prirodnim plinom propisani su propisi kojima operator transportnog sustava mora omogućiti stalni dvosmjerni kapacitet na svim prekograničnim povezivanjima među državama koje su članice Europske unije. Također, operator transportnog sustava mora prilagoditi funkcioniranje transportnog sustava kako bi se omogućio djelomični ili u cijelosti fizički protok plina u oba smjera. ⁶

Plinski transportni sustav Republike Hrvatske povezan je s plinskim transportnim sustavom Republike Mađarske dvosmjernim međudržavnim spojnim plinovodom, što znači da imamo dvosmjernu interkonekciju preko UMS (ulazna mjerna stanica) Dravaszerdahely. Također je povezan i s plinskim transportnim sustavom Republike Slovenije jednosmjernim međudržavnim spojnim plinovodom, što znači da imamo jednosmjernu konekciju preko UMS Rogatec. Niti UMS Rogatec, niti UMS Dravaszerdahely do sada nisu bili u mogućnosti ostvariti dvosmjerni protok. ⁶

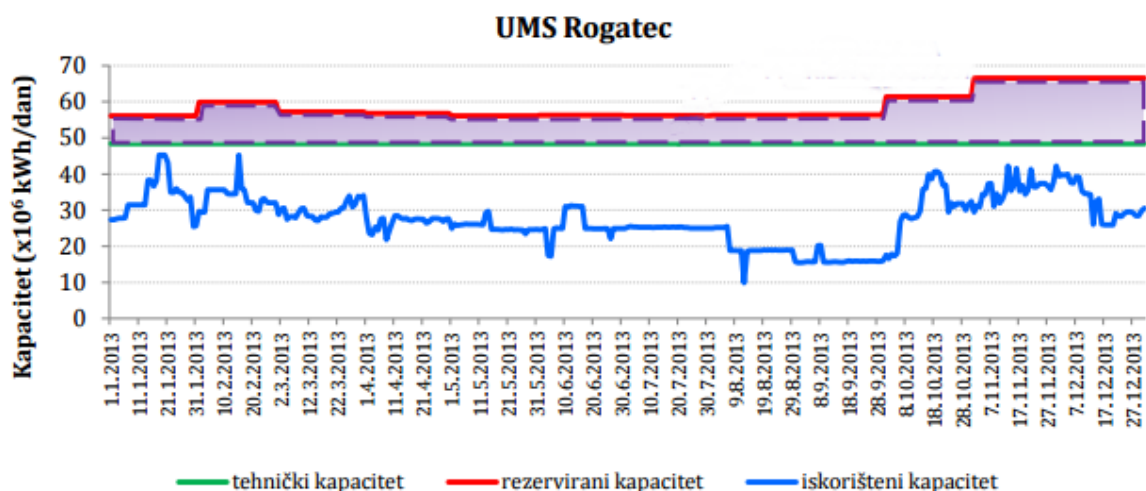
Kako je već spomenuto Republika Hrvatska uvozi prirodni plin preko Slovenije interkonekcijskim plinovodom Zabok – Rogatec i preko Mađarske interkonekcijskim

plinovodom Dravaszerdahely – Donji Miholjac. ⁶ Interkonekcija s Mađarskom se kasnije uspostavila u odnosu na Sloveniju, tek 2010.godine, te je to omogućilo Republici Hrvatskoj da se oslobodi kapacitet koji se uvozi iz Slovenije i Austrije, ali također da se omogući uvoz iz glavnog trgovačkog središta plina Baumgartena. Upravo ta interkonekcija Republike Hrvatske s Republikom Mađarskom je potaknula interes ruskog Gazproma za hrvatski transportni sustav, te da se Hrvatska priključi Južnom toku koji je bio u planu. ¹⁴ Na zastoju projekta Južni tok je najviše utjecala politika država kroz koje bi Južni tok prolazio, ali ako se promijeni politička situacija taj projekt bi se ponovno mogao pokrenuti. ¹⁵

Tablica 2.2.3. Kapaciteti ulaza u transportni sustav ⁶

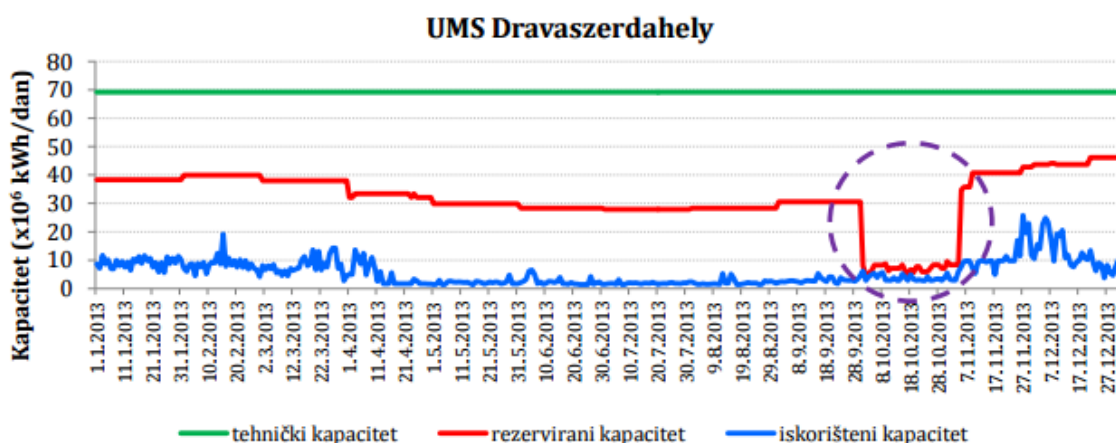
	Tehnički kapacitet	Najveći iskorišteni kapacitet	Prosječna iskorištenost kapaciteta
UMS Rogatec	48,4	45,2	27,8
UMS Terminal Pula	55,3	25,0	18,7
Panon ukupno	19,0	19,0	17,3
UMS Dravaszerdahely	69,1	25,7	5,6
Ukupno	191,8	115,0	69,4

Tablica 2.4.3. prikazuje tehnički kapacitet i iskorišteni kapacitet ulaza u transportni sustav koji se izražava u kWh/ dan. Možemo vidjeti da postoje 4 ulaza u transportni sustav. Ukupni tehnički kapacitet na ulazu u transportni sustav iznosi 191,8 kWh/dan bez kapaciteta povlačenja iz PSP Okoli, najveće iskorišteni kapacitet je 115,0 kWh/dan, dok je prosječna iskorištenost kapaciteta 69,4 kWh/dan. Iz ovih podataka se vidi da je veći tehnički kapacitet nego što je najveća iskorištenost, što je i poželjno, a nepoželjno bi bilo da je veća iskorištenost nego tehnički kapacitet. ⁶



Slika 2.2.2. Tehnički, rezervni i iskorišteni kapacitet na UMS Rogatec ⁶

Na UMS Rogatec tehnički kapacitet iznosi 48,4 mil. kWh/dan, a prosječna iskorištenost iznosila je 57,5%, dok je vršna iskorištenost 2013.godine bila 93%. Tehnički kapacitet je konstantan, dok iskorišteni kapacitet varira. Iskorišteni kapacitet je veći u zimskom razdoblju, a manji je u ljetnom razdoblju.



Slika 2.2.3. Tehnički, rezervni i iskorišteni kapacitet na UMS Rogatec ⁶

Na UMS Dravaszerdahely tehnički kapacitet iznosi 69,1 mil kWh/dan, prosječna iskorištenost tehničkog kapaciteta je bila 8,13%, dok je vršna potrošnja bila, također za 2013. godinu, 37%. Na slici možemo uočiti da je u jednom periodu od 28.9.2013. do 7.11.2012. nastupilo gotovo kritično stanje, jer je rezervni kapacitet znatno opao, te je bio za malu razliku veći od iskorištenog kapaciteta.

Iako je tehnički kapacitet UMS Dravaszerdahely veći od tehničkog kapaciteta UMS Rogatec, u transportni sustav preko UMS Rogatec je preuzeto 10,1 TWh plina, dok je preko UMS Dravaszerdahely preuzeto samo 2,05 TWh plina.⁶

Tablica 2.2.4. Projekcija bilance opskrbe prirodnog plina u Republici Hrvatskoj 2015.-2024.⁶

PROJEKCIJE BILANCE PRIRODNOG PLINA U RH 2015.-2024.										TWh
	2015.	2016.	2017.	2018.	2019.	2020.	2021.	2022.	2023.	2024.
POTROŠNJA PRIRODNOG PLINA	24,56	24,89	25,05	28,93	30,99	31,22	31,41	31,60	31,74	31,90
PROIZVODNJA PRIRODNOG PLINA U RH	13,00	14,61	12,08	10,75	11,02	9,11	8,15	7,67	6,71	5,75
MINIMALNE POTREBE UVOZA	11,56	10,28	12,97	18,18	19,97	22,11	23,26	23,93	25,03	26,15

Potrošnja prirodnog plina u Republici Hrvatskoj od 2015. do 2024. godine bi se povećavala iz godine u godinu, ali proizvodnja prirodnog plina u Republici Hrvatskoj je do 2016.godine veća nego potreba uvoza prirodnog plina. Od 2017. godine očekuje se preokret, pa bi proizvodnja prirodnog plina u Republici Hrvatskoj bila sve manja, a uvoz prirodnog plina bi bio sve veći.⁶

Republika Hrvatska je uvozila prirodni plin od ruskog Gazproma kao i od talijanskog ENI-a, ali su se našli i drugi dobavljači. U budućnosti kako je već rečeno povećat će se uvoz prirodnog plina pa je s toga jako važno da se Hrvatska uključi u europske tokove i tržište prirodnog plina, jer se tako osigurava bolja povezanost plinskog transportnog sustava, a time se povećava i sigurnost opskrbe.⁶

U Europu se najviše prirodni plin uvozi iz Ruske Federacije ali u zadnje vrijeme na taj uvoz jako utječu loša politička i gospodarska situacija, te se radi toga želi smanjiti uvoz iz Ruske Federacije i usmjeriti prema novim izvorima dobave prirodnog plina. Jedan od važnih projekata je Južni Koridor koji bi omogućio dobavne pravce iz kaspijskih i srednjoistočnih izvora prirodnog plina. Donesena je odluka i o izgradnji plinovodnog megasustava TAP+TANAP+SCP (Trans-Adriatic Pipeline +Trans Anatolian Natural Gas Pipeline Project +South Caucasus Pipeline) kako bi se transportirao plin s azerbejdžanskog polja Shah Deniz, iako je to još sve u pregovorima, Europska unija se ponajviše orijentira na Južni Koridor.⁶



Slika 2.2.4. Planirani projekt TAP+TANAP+SCP ¹⁶

Europa se okreće prema novim projektima kako bi imala nove izvore prirodnog plina, shodno s time i Hrvatska ima koristi od tih projekata, jer se dio projekata planira u okruženju Hrvatske i na teritoriju Hrvatske. Važni projekti za Hrvatsku su: TAP+IAP, LNG, Nabucco, te Južni Koridor. Republika Hrvatska sa svojim plinskim transportnim sustavom je spremna za povezivanje s pravicima navedenih projekata. Interkonekcija između hrvatskog i mađarskog sustava omogućuje povezivanje s projektima Nabucco i Južni Koridor. Uključivanje Hrvatske u projekte TAP+IAP (Ionian Adriatic Pipeline) omogućavaju, kako je već spomenuto, dobavu prirodnog plina iz kaspjskih i srednjoistočnih izvora. ⁶



Slika 2.2.5. Planirani dobavni pravci prirodnog plina ¹⁷

Jako veliki značaj za sigurnost opskrbe u Republici Hrvatskoj predstavlja LNG (liquid natural gas) terminal, koji se planira izgraditi u Omišlju na otoku Krku. On bi predstavljao najveći

hrvatski regionalni i transregionalni potencijal, jer zbog svoje strateške pozicije omogućuje dobavu prirodnog plina i za zemlje koje su u okruženju. Početak rada LNG terminala planira se u 2019. godini, a njegov kapacitet bi trebao iznositi 4-6 milijardi m³. LNG terminal omogućio bi transport prirodnog plina prema Sloveniji i to u dva pravca, Mađarskoj, postoji mogućnost transporta prema Bosni i Hercegovini, kao i prema Crnoj Gori preko plinovodnog sustava IAP-a koji se planira tek za 2021.godinu. Svi planirani projekti od izgradnje novih skladišta prirodnog plina kao i otvaranje novih dobavnih pravaca u Hrvatskoj osiguravaju bolju sigurnost opskrbe, a samim time zadovoljenje N-1 kriterija. ⁶

2.2.1. Kriterij N-1

Kriterij N-1 je formula pomoću koje se opisuje tehnički kapacitet infrastrukture u svrhu zadovoljavanja cjelokupne potražnje plina na području izračuna kada dolazi do poremećaja u jedinstvenoj infrastrukturi na dan vrlo visoke potražnje za plinom. Uglavnom se to događa jednom u 20 godina. Prema kriteriju N-1, ako je ≥ 1 odnosno $\geq 100\%$ tada je zadovoljena sigurnost opskrbe. ⁶

Formula N-1 glasi: ⁶

$$N - 1(\%) = \frac{EPm + Pm + Sm - Im}{Dmax} \times 100$$

Kao primjer može se uzeti 2013. godina u Republici Hrvatskoj gdje je N-1 iznosio 93%.

$$N - 1(\%) = \frac{48,4 + 69,1 + 44,5 + 55,1 - 69,1}{159,2} \times 100 = 93\%$$

Gdje $48,4 \text{ mil.} \frac{kWh}{d}$ predstavlja tehnički kapacitet na graničnim ulaznim točkama (Epm Rogatec), $69,1 \text{ mil.} \frac{kWh}{d}$ predstavlja Epm Dravaszerdahely, $44,5 \text{ mil.} \frac{kWh}{d}$ je tehnički najveći kapacitet proizvodnje (Pm), $55,1 \text{ mil.} \frac{kWh}{d}$ je maksimalni izlazni kapacitet skladišta prirodnog plina (Sm), $69,1 \text{ mil.} \frac{kWh}{d}$ predstavlja tehnički kapacitet najveće plinske infrastrukture uz maksimalni kapacitet za opskrbu područja izračuna (Im, Dravaszerdahely), te $159,2 \text{ mil.} \frac{kWh}{d}$ predstavlja ukupnu dnevnu potražnju prirodnog plina na dan kada je najveća potražnja za prirodnim plinom (Dmax).

Na temelju izračuna N-1 za 2013.godinu vidi se da sigurnost opskrbe nije zadovoljena jer nije 100%, te kako bi sigurnost opskrbe bila zadovoljena potrebno je osigurati nove ulazne kapacitete plina preko kojih bi osigurali i veću dobavu. ⁶

2.3. Podzemno skladište Okoli

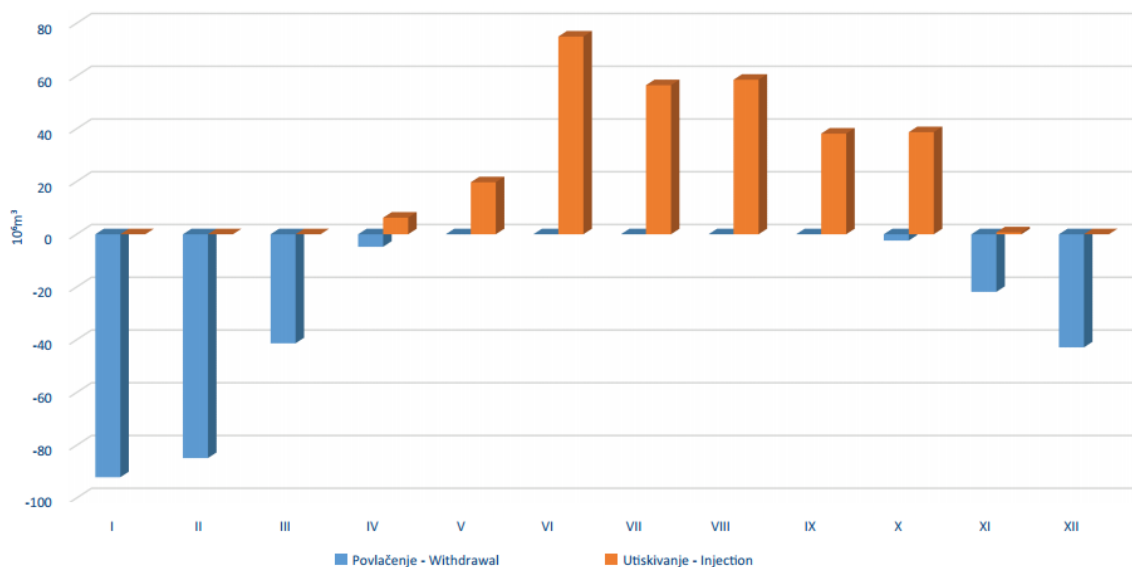
U Republici Hrvatskoj trenutno postoji samo jedno podzemno skladište plina, u mjestu Okoli. Podzemno skladište plina Okoli nalazi se na lokaciji Velika Ludina koja je u Sisačko-moslavačkoj županiji. ¹⁸ Skladište plina Okoli se izgradilo u djelomično ispražnjenim plinskim poljima Okoli. 1987. podzemno skladište Okoli je pušteno na probni rad, a 1988. je započeo rad s prvim ciklusom utiskivanja plina. ¹⁹ Podzemno skladište plina Okoli je u sastavu društva Podzemno skladište plina d.o.o. , a ono je u vlasništvu operatora transportnog sustava, PLINACRO d.o.o.. ⁷ Podzemno skladište plina Okoli u fondu imaju 35 bušotina, od kojih je 24 bušotine radne, 9 bušotina je mjernih, odnosno one prate stanje ležišta, te su dvije utisne koje služe za povratno utiskivanje ležišne vode. ¹⁸ Tehničke karakteristike podzemnog skladišta prirodnog plina Okoli prikazane su u tablici 2.2.1.. Podzemno skladište plina Okoli spada u sezonska skladišta. ⁷

Tablica 2.3.1. Tehničke karakteristike PSP-a Okoli ⁷

radni volumen skladišta	553 mil. m ³
maksimalni kapacitet utiskivanja	3,84 mil. m ³ / dan
maksimalni kapacitet povlačenja	5,76 mil. m ³ / dan
tehnološki proces odvija se u dva ciklusa:	
ciklus utiskivanja (travanj – listopad):	
minimalni kapacitet	30.000 m ³ /h
maksimalni kapacitet	160.000 m ³ /h
ciklus povlačenja (listopad – travanj):	
minimalni kapacitet	20.000 m ³ /h
maksimalni kapacitet	240.000 m ³ /h

Na slici 3.2.1. je prikazan rad podzemnog skladišta plina Okoli za 2014. godinu. Na slici možemo vidjeti u kojem se mjesecu vršilo utiskivanje koje je prikazano žutim stupcima, a u kojim mjesecima se vršilo povlačenje koje je prikazano plavim stupcima. Prema podacima za 2014.godinu ukupno je kroz ležište podzemnog skladišta prirodnog plina prošlo 583,8

milijuna m³ plina, od tog iznosa oko 290,1 milijun m³ je povučeno dok je oko 293,7 milijuna m³ prirodnog plina utisnuto. ¹⁸



Slika 2.3.1. Rad PSP Okoli u 2014.godini ¹⁸

2016. godine su započeli radovi za dogradnju i modernizaciju motokompresornice što predstavlja jedan od najvažnijih dijelova tehnološkog procesa rada podzemnog skladišta plina Okoli. Vrijednost radova iznosi 195 milijuna kuna. Projekt je od velike strateške važnosti za tvrtku Podzemno skladište plina jer modernizacijom Okolija osigurava se pouzdanost i stabilnost rada skladišta, ali i cijelog plinskog sustava Republike Hrvatske. Realizacija projekta omogućuje uklanjanje problema vezanih za utiskivanje prirodnog plina, jer nova tehnološka rješenja omogućuju znatno smanjenje broja dana ciklusa utiskivanja, što znači sa 180 dana smanjit će se na 120 dana, te osigurava rezervne kapacitete utiskivanja, čime se povećava konkurentnost skladišta u odnosu na druga okolna skladišta. Uz sve to, dobit će se veća kvaliteta i fleksibilnost u pružanju usluge, doći će do smanjenja emisije štetnih plinova koji utiču na okoliš, uklonit će se rizik od ovisnosti o jednom pogonskom gorivu i dobavljaču rezervnih dijelova, te će se osigurati uštede u poslovanju. Provedba ovog projekta i završetak planira se 2017./2018. godine. ²⁰

2.4. Planiranje izgradnje novih plinskih skladišta u Republici Hrvatskoj

Već je spomenuto kako u Republici Hrvatskoj postoji jedno plinsko skladište, podzemno skladište prirodnog plina Okoli. Uz njega se nastoji izgraditi još podzemnih plinskih skladišta

u svrhu osiguranja veće opskrbe prirodnim plinom. Tvrtka Plinacro je objavila Desetogodišnji plan razvoja plinskog transportnog sustava Republike Hrvatske u razdoblju od 2015. do 2024. Godine u kojem su navedene tri razvojne faze plinskog skladišta:

1. faza se temelji na modernizaciji postojećeg podzemnog skladišta plina Okoli koja je već u tijeku i opisana je u prethodnom poglavlju
2. faza se temelji na izgradnji vršnog skladišta plina u Grubišnom Polju koje se planira do 2018. godine
3. faza se temelji na izgradnji sezonskog skladišta plina u Beničancima, no ta faza je uvjetna jer ovisi o dinamici koja je sukladna mogućnostima i potrebama⁶

Velika važnost se posvećuje projektu za izgradnju podzemnog skladišta prirodnog plina na eksploatacijskom polju Grubišno Polje. Projekt se planira obaviti u 2 faze.²¹

Prva faza bi uključivala crpljenje dijela pridobivenih rezervi prirodnog plina iz plinskog ležišta. Kako se planira raditi skladište koje nikad nije crpljeno, mora se prvo iscrpiti dio prirodnog plina iz plinskog ležišta. Neiscrpljeni dio prirodnog plina imao bi ulogu plinskog jastuka. Uz sve navedeno moraju se izgraditi svi potrebni objekti, plinovodi, priključci na plinovode i drugo kako bi se spremnik spojio na transportni sustav.²¹

Druga faza projekta bi bila izgradnja vršnog podzemnog skladišta plina u djelomično iscrpljenom plinskom ležištu Grubišno Polje. Planira se kako će vršno podzemno skladište Grubišno Polje imati radni volumen od minimalno 25 milijuna m³, a maksimalan kapacitet utiskivanja bio bi 1,4 milijuna m³/dan i maksimalan kapacitet povlačenja od 1,7 do 2,4 milijuna m³/dan. Imao bi mogućnost višekratnog punjenja i pražnjenja za vrijeme ogrjevne sezone, te bi mu glavna zadaća bila pokrivanje vršnih potreba za plinom u plinskom sustavu u Republici Hrvatskoj za vrijeme grijanja, odnosno bio bi podrška tijekom povlačenja plina iz podzemnog skladišta plina Okoli. Tako bi vršno skladište Grubišno polje povećalo ukupnu fleksibilnost opskrbe plina u Republici Hrvatskoj.²¹

2.5. Skladišta prirodnog plina u drugim europskim zemljama

2.5.1. Mađarska

Mađarska ima 4 skladišta prirodnog plina kojim upravlja tvrtka Magyar Földgáztároló. Ukupni godišnji kapacitet pohrane prirodnog plina za sva skladišta je 4,43 milijarde m³, dok je dnevni maksimalni kapacitet povlačenja oko 53,6 milijuna m³.²²

Tablica 2.5.1.1. Skladišta i kapaciteti skladišta u Mađarskoj ²²

	Zsana	Hajdúszoboszló	Pusztaderics	Kardoskút
Radni kapacitet, milijun m ³	2170	1640	340	280
Kapacitet povlačenja, milijun m ³ /dan	28	19.8	2,9	2,9
Kapacitet utiskivanja, milijun m ³ /dan	17	10.3	2,5	2.15

Na temelju podataka, najveće skladište prirodnog plina je Zsana sa svojim radnim kapacitetom, kao i kapacitetom povlačenja i utiskivanja, dok je najmanje skladište plina Kardoskút.

2.5.2. Austrija

Austrija ima 3 podzemna skladišta plina kojima upravlja tvrtka OMV. Sva skladišta prirodnog plina nalaze se u blizini najvažnijih plinovoda, kao i u blizini velikih gradova poput Beča i Linza. Trenutni ukupni volumen spremnika iznosi 28 TWh. ²³



Slika 2.5.2.1. Prikaz plinovoda i skladišta plina u Austriji ²³

Baumgarten predstavlja europsko čvorište plinskih pravaca. Preko plinskog čvorišta u Baumgartenu prolazi 1/3 ukupnih količina prirodnog plina, oko 47 milijardi m³ iz nalazišta koje se nalaze u zapadnom Sibiru i dolaze u europske države. Baumgarten je odabran kao glavno čvorište, ne samo zato što je u blizini granice, nego zato što se pored njega nalaze iscrpljena pliska polja koja mogu poslužiti kao podzemna skladišta prirodnog plina. Kroz Baumgarten ne prolazi samo ruski plin, nego i norveški plin iz nalazišta u Sjevernom moru, kao i plin iz Alžira koji dolazi preko Italije itd. I glavnim

plinskim središtem, Baumgartenom, upravlja tvrtka OMV. Na prethodnoj slici 3.4.2.1. možemo vidjeti plinovode koji se pružaju u više smjerova europskog čvorišta Baumgartena.²⁴

2.5.3. Njemačka

Njemačka posjeduje najveći kapacitet uskladištenog prirodnog plina u Europi, a čak je četvrta u svijetu, jer su ispred nje samo Sjedinjene Američke Države, Rusija i Ukrajina. Može pohraniti 24 milijarde m³ prirodnog plina. Posjeduje 51 skladište prirodnog plina, koja omogućuju da Njemačka opskrbi samu sebe za 80 dana, no točno vrijeme opskrbe ovisi o trenutnom nivou punjenja skladišta. Njemačka posjeduje povoljne geološke uvjete za skladištenje prirodnog plina. Prirodni plin se skladišti u solnim kavernama koje se nalaze u sjevernoj Njemačkoj, a mogu se skladištiti i u iscrpljenim plinskim i naftnim ležištima.²⁵

2.5.4. Srbija

Srbija ima samo jedno podzemno skladište prirodnog plina, Banatski dvor kojim upravlja tvrtka Srbijagas. Dvosmjerni plinovod je povezan s podzemnim skladištem plina i tako omogućuje nesmetano i potpuno povezivanje podzemnog skladišta prirodnog plina s plinskim transportnim sustavom.²⁶ Ukupni kapacitet skladišta u Srbiji prema GSE-ovim podacima iznosi 500 milijuna m³.¹⁰

2.5.5. Češka

Češka ima 9 podzemnih skladišta prirodnog plina, te posjeduje jedan od najvećih skladišnih kapaciteta plina u Europi. Ukupni kapacitet skladišta je 2931 milijuna m³, te s tom količinom kapaciteta Češka može pokriti 37% godišnje potrošnje prirodnog plina u zemlji. Češka ima pogodne strukture stijena koje mogu biti potencijalna skladišta prirodnog plina, te upravo Vlada nastoji točno odrediti položaje tih potencijalnih skladišta plina.²⁷

2.5.6. Poljska

Poljska ima 8 skladišta prirodnog plina, kojima upravlja tvrtka PGNiG ²⁸. Ukupni volumni kapacitet skladišta plina prema GSE-ovim podacima iznosi 2,8 milijardi m³.¹⁰ Način skladištenja plina u Poljskoj su solne kaverne i djelomično ispražnjena naftna i plinska polja.²⁸

3. ZAKLJUČAK

Energija je svuda oko nas i na različite načine je dobivamo. Jedan od glavnih neobnovljivih izvora energije je prirodni plin. U ovom radu se ističe velika važnost skladištenja prirodnog plina, jer se prirodni plin dosta koristi.

Sva skladišta prirodnog plina omogućavaju dobavu prirodnog plina potrošačima u svako doba i za vrijeme velike potražnje. Različiti tipovi skladišta prirodnog plina osiguravaju povećanje zaliha prirodnog plina koja se ne moraju odmah iskoristiti nego u vrijeme kada se javi potreba za prirodnim plinom. Najčešći oblici skladišta prirodnog plina su napuštena plinska i naftna ležišta, ali osim njih koriste se i drugi tipovi skladišta poput solnih kaverni i akvifera.

Svako skladište prirodnog plina povezano je na plinski transportni sustav čime se povećava sigurnost opskrbe. Republika Hrvatska povezana je interkonekcijskim plinovodom s Mađarskom i Slovenijom i preko njih uvozi prirodni plin. Europa ima u planu brojne projekte koji bi omogućili bolju i veću sigurnost opskrbe prirodnim plinom, pa stoga i Hrvatska ima koristi od tih projekata.

U ovom radu osim karakteristika skladišta prirodnog plina, transportnog sustava, te sigurnosti opskrbe opisana su skladišta prirodnog plina u Hrvatskoj i drugim europskim zemljama. U Hrvatskoj se opisuje podzemno skladište prirodnog plina Okoli, koje je za sada jedino sezonsko skladište, ali se govori i o planiranom skladištu prirodnog plina u Grubišnom Polju. Osim Hrvatske, spominje se Mađarska, Njemačka, Austrija, Slovačka, Poljska i Srbija.

4. LITERATURA

1. http://www.fkit.unizg.hr/download/repository/Energetika_KI_6_NOVO_predavanje.pdf (pristup 12. svibnja 2016.)
2. <http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=163> (pristup 12. svibnja 2016.)
3. Simon, K., Skladištenje i potrošnja energenata, Skladištenje prirodnog plina i nafte, Interna skripta, Rudarsko-geološki-naftni fakultet, Zagreb, (2010.) 8. – 30.
4. <http://www.moslavinaplin.hr/Prirodniplin.aspx> (pristup 18. kolovoza 2016.)
5. <http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=162> (pristup 18. kolovoza 2016.)
6. Zovko, M., Plinacro, Desetogodišnji plan razvoja plinskog transportnog sustava Republike Hrvatske 2015. – 2024., Zagreb, (svibanj, 2015.) 13. – 40.
7. <http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=22> (pristup 15. srpnja 2016.)
8. <http://www.energetika-net.com/specijali/izdvajamo/uloga-podzemnog-skladista-plina-na-hrvatskom-trzistu-prirodnog-plina-18749> (pristup 12. svibnja 2016.)
9. <http://dnevnik.hr/vijesti/svijet/gazprom-najavio-dodatno-smanjenje-ispоруke-plina-ukrajini.html> (pristup 16. srpnja 2016.)
10. <http://www.gie.eu/index.php/maps-data/gse-storage-map> verzija: May 2015 (pristup 16. srpnja 2016.)
11. <http://energy.sia-partners.com/need-gas-storage> (pristup 16. srpnja 2016.)
12. <https://www.eia.gov/naturalgas/storage/basics> (pristup 16. svibnja 2016.)
13. <http://www.energyinfrastructure.org/energy-101/natural-gas-storage> (pristup 17. srpnja 2016.)
14. <http://www.plinacro.hr/default.aspx?id=327> (pristup 27. srpnja 2016.)
15. <http://www.blic.rs/vesti/svet/gazprom-odmrzavamo-juzni-tok-ako-se-okruzenje-promeni/y9fb4lc> (pristup 19. kolovoza 2016.)
16. <http://warrendym.com/wp-content/uploads/2014/05/TANAP-pipeline.jpg> (pristup 20. kolovoza 2016.)
17. http://3.bp.blogspot.com/_8ymXOwQ42dQ/VOYShnzm3LI/AAAAAAAAAG4k/1CLCbWLC2IE/s1600/index5.png (pristup 20. kolovoza 2016.)
18. http://www.mingo.hr/public/energetika/EuHR_2014_finalna.pdf (pristup 23. svibnja 2016.)
19. <http://www.psp.hr/povijest-ppsp-a> (pristup 23. kolovoza 2016.)

20. <http://www.psp.hr/poceli-radovi-na-dogradnji-i-modernizaciji-kompresorskih-postrojenja-pp-a-okoli> (pristup 17. srpnja 2016.)
21. <http://www.psp.hr/izgradnja-vrsnog-skladista-plina-grubisno-polje> (pristup 12. svibnja 2016.)
22. <http://www.magyarfoldgaztarolo.hu/en/BusinessOperation/StorageSites/Lapok/default.aspx> (pristup 20. kolovoza 2016.)
23. https://www.omv.com/portal/01/com/omv/OMV_Group/products/natural-gas/gas-storage/storageaustria (pristup 20. kolovoza 2016.)
24. Labudović, B., EGE- Energetika, gospodarstvo, ekologija, etika, 1(2009.) 96-97.
25. <http://www.germanenergyblog.de/?p=16962> (pristup 21. kolovoza 2016.)
26. <http://www.srbijagas.com/projekti/podzemno-skladiste-gasa-banatski-dvor-sa-gasovodom.86.html> (pristup 20. kolovoza 2016.)
27. <http://www.noerr.com/en/press-publications/News/Underground%20gas%20storage%20in%20the%20Czech%20Republic.aspx> (pristup 20. kolovoza 2016.)
28. <http://en.pgnig.pl/segments-of-activity/trade-and-storage/storage> (pristup 21. kolovoza 2016.)

ŽIVOTOPIS

Moje ime je Aleksandra Putnik i rođena sam 11. kolovoza 1994. u Somboru, Republika Srbija. Odrasla sam u Belom Manastiru, nakon osnovne škole upisala sam Gimnaziju Beli Manastir. Oduvijek sam pokazivala interes na području prirodnih i tehničkih znanosti, te sam u srpnju 2013. upisala Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, smjer Kemijsko inženjerstvo.

Za vrijeme trajanja preddiplomskog studija pokazala sam interes za neobnovljivim izvorima energije, pa sam pohađala dva proljetna stručna seminarra koje je organizirala INA. 2015. godine sam pohađala seminar pod nazivom „*INcredible Adventure with INA*“, a 2016. godine sam pohađala seminar pod nazivom „*It's oil about that gas*“.