

# Projekt izgradnje novoga podzemnog skladišta plina u Republici Hrvatskoj – PSP Grubišno Polje

## Construction of new underground gas storage in Republic of Croatia – UGS Grubišno Polje

**Bruno Ernečić**  
**Alen Paljušić**

Podzemno skladište plina d.o.o

**Laslo Farkaš Višontai**

Podzemno skladište plina d.o.o  
laslo.farkas-visontai@psp.hr



**Ključne riječi:** podzemno skladište plina, izgradnja, tehnološka rješenja, izazovi u realizaciji

**Keywords:** underground gas storage, construction, applied technology solutions, project challenges

### Sažetak

Formiranje podzemnog skladišta plina na eksploatacijskom polju za podzemno skladištenje prirodnog plina „Grubišno Polje“ jedinstven je pothvat u ovoj grani energetike i naftno-plinske industrije. S obzirom na to da se radi o ciljanom ležištu, u kojem se trenutačno nalazi izvorni plin, ponajprije treba provesti inicijalnu, tj. probnu eksploataciju kako bi se zatim pristupilo potencijalnom formiranju skladišta. Cjelokupan projekt zamišljen je u dvije faze: probna eksploatacija i formiranje skladišta prirodnog plina.

U prvoj fazi realizacije projekta izgradit će se objekti koji su nužni za inicijalno crpljenje plina iz originalnoga plinskog ležišta putem dviju postojećih bušotina. Valja izgraditi bušotinske radne prostore, priključne i spojne plinovode, objekte za pripremu plina za transport, tj. plinsku stanicu, elektroenergetske objekte, sustave nadzora i upravljanja procesom i ostalo. Dodatan izazov realizaciji ove faze

jest povećan udio dušika (oko 18% vol.) u ležišnom plinu.

Budu li rezultati probne eksploatacije pozitivni i bude li donesena odluka o izgradnji podzemnog skladišta plina, slijedit će druga faza projekta. Svi prije navedeni i izgrađeni objekti ostat će u funkciji, a postrojenje će se nadograditi svim elementima koji su potrebni za rad podzemnog skladišta plina: novim radnim bušotinama i bušotinskim platformama, kompresorskom stanicom i dr.

Prema predviđenim radnim parametrima, PSP Grubišno Polje bilo bi podzemno skladište relativno malenoga radnog volumena (oko  $110 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) i relativno velikih kapaciteta povlačenja plina (do  $100.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Situacije na izrazito dinamičnom tržištu plina itekako opravdavaju izgradnju takvog skladišta, stoga je taj projekt i uvršten na listu strateških investicijskih projekata od interesa Republike Hrvatske.

Realizacija prve faze projekta počela je u veljači 2022. godine te bi, prema vremenskom planu, probna proizvodnja trebala krenuti u drugom kvartalu 2023. godine. Poslije prikupljanja dodatnih informacija tijekom inicijalne/probne proizvodnje, početak realizacije druge faze projekta – formiranje podzemnog skladišta plina koje će znatno pridonijeti fleksibilnosti skladišnog sustava u RH.



## Abstract

The forming of an underground gas storage in the exploitation field for underground storage of natural gas „Grubišno Polje“ is a unique project in the energy, oil and gas industry. Given that it's a specific targeted field where the initial test of exploitation of reservoir gas must be first carried out and then followed with formation of the gas storage. Therefore, the whole project is planned to be carried out in two phases: original reservoir gas production and the formation of the natural gas storage.

In the first phase of the project, the facilities necessary for the initial production of gas from the original gas reservoir will be constructed and the production itself will be carried out using the existing two gas wells in the field. It is necessary to construct well sites and connecting gas pipelines, gas treatment facilities, electrical power generators, process monitoring with control systems and all the other associated and support facilities. An additional challenge to the realization of this phase is the increased content amount of nitrogen (about 18% vol.) in the reservoir gas.

In the case of positive test production results, followed by decision-making on the construction of underground gas storage, the second phase of the project will be carried out. All the previously constructed facilities would remain in operation, upgraded with the facilities required for operation as the underground gas storage (new working wells with connecting pipelines, additional compressor etc.).

According to the planned operating parameters, UGS Grubišno Polje would be an underground storage of relatively small working volume (about  $110 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) and relatively large gas withdrawal capacities (up to  $100,000 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

Situations on the extremely dynamic gas market justify the construction of such a storage facility, consequently this project is included on the list of a strategic investment projects with an interest to the Republic of Croatia and the implementation of the first phase of the project is at a full swing.

In February of 2022 the company started with a first phase of the project while test exploitation should take place at the second quarter of 2023, accordingly to the time schedule.

Test exploitation completion should provide additional data necessary to start phase 2 of this project and that's the construction of the underground gas storage. UGS Grubišno Polje is going to provide additional flexibility to the national storage system.

## Uvod u projekt izgradnje PSP-a Grubišno Polje

Republika Hrvatska, odnosno Ministarstvo gospodarstva rada i poduzetništva donijelo je 2011. godine odluku o provođenju javnog natječaja za davanje odobrenja za istraživanje mineralnih sirovina, tj. za dodatne istražne radove radi utvrđivanja mogućnosti skladištenja ugljikovodika u geološkim strukturama eksploatacijskog polja ugljikovodika Grubišno Polje. Time je nedvojbeno iskazan interes RH za početak aktivnosti koje bi na kraju trebale dovesti do izgradnje novoga podzemnog skladišta plina u RH na lokaciji Grubišno Polje.

Ta je odluka bila sukladna *Strategiji energetskeg razvoja Republike Hrvatske* iz 2009. godine, koja već u temeljnim načelima, u kategoriji sigurnosti opskrbe energijom, utvrđuje potrebu povećanja podzemnih skladišnih kapaciteta prirodnog plina, a zatim navodi potporu Vlade RH povećanju podzemnih skladišnih kapaciteta prirodnog plina. Također, u razvojnim smjernicama za sektor nafte i prirodnog plina jasno se spominje izgradnja podzemnih skladišta prirodnog plina, kao i u ciljevima i aktivnostima razvoja na području nafte i plina u razdoblju do 2020. godine, i to u dijelu koji se odnosi na povećanje sigurnosti opskrbe domaćeg tržišta naftom, naftnim derivatima i prirodnim plinom. Slijedom toga, poslije se u *Strategiji* samo potvrđuje da je nužno izgraditi dodatne kapacitete podzemnih skladišta prirodnog plina te, osim radnog volumena skladišta, osigurati i potreban kapacitet povlačenja prirodnog plina u satima vršne potrošnje prirodnog plina u sustavu.

Te su strateške energetske smjernice samo potvrđene i novom *Strategijom energetskeg razvoja Republike Hrvatske do 2030. godine s pogledom na 2050. godinu*. U dijelu koji se odnosi na transport i skladištenje prirodnog plina navodi se da „razvoj sustava za skladištenje plina obuhvaća dogradnju postojećega podzemnog skladišta plina, izgradnju i puštanje u rad novoga (vršnog) skladišta plina...“.

Konačan dokaz interesa i važnosti izgradnje PSP-a Grubišno Polje za RH jest činjenica da je projekt izgradnje podzemnog skladišta plina na eksploatacijskom polju ugljikovodika Grubišno Polje uvršten na listu strateških projekata Republike Hrvatske.

Godine 2009., poslije osnivanja i prelaska u 100%-tno vlasništvo tvrtke Plinacro d.o.o., tvrtka Podzemno skladište plina (PSP) d.o.o. postaje nacionalni operator sustava skladišta plina. Među ostalim zadacima, tvrtka PSP zadužena je i za razvoj sigurnoga,

pouzdanog i učinkovitog sustava skladišta plina radi osiguranja dugoročne sposobnosti sustava da udovolji zahtjevima korisnika. Sukladno tomu, tvrtka PSP javila se na spomenuti otvoreni natječaj i bila odabrana kao najpovoljniji ponuditelj, odnosno mjerodavno Ministarstvo izdalo je tvrtki PSP d.o.o. rješenje kojim joj se odobrava istraživanje mineralnih sirovina, tj. dodatni istražni radovi radi utvrđivanja mogućnosti skladištenja ugljikovodika u geološkim strukturama eksploatacijskog polja ugljikovodika Grubišno Polje. Početak dodatnih istražnih radova tvrtka PSP d.o.o. prijavila je dana 29. veljače 2012. godine.

## Vremenski okvir i realizacija projekta u fazama

Realizacija projekta zapravo je službeno počela s početkom dodatnih istražnih radova 2012. godine. Poslije je definirano da će se projekt izgradnje podzemnog skladišta plina realizirati u dvije faze, od kojih će se prva faza odnositi na dio projekta za inicijalno crpljenje postojećih rezerva plina iz ležišta Grubišno Polje, a druga faza bit će formiranje podzemnog skladišta plina u djelomično iscrpljenome plinskom ležištu.

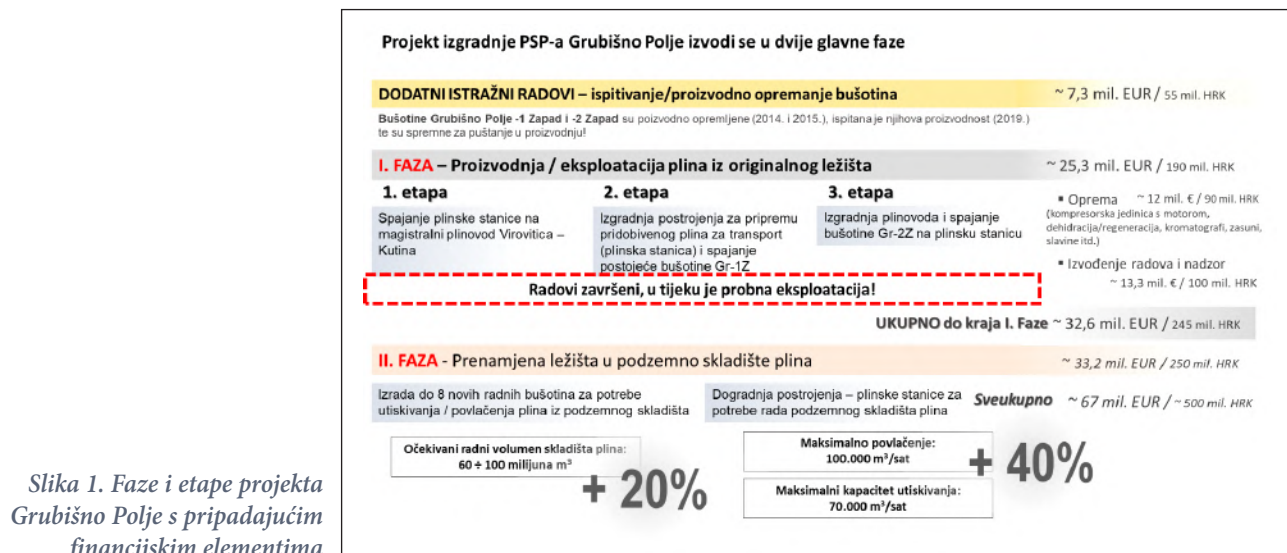
Spomenute faze i etape realizacije projekta shematski su prikazane na slici 1.

Kao što se vidi na slici 1., konačni ciljevi realizacije projekta jesu povećanje skladišnih kapaciteta za oko 20% u odnosu prema postojećima u RH i povećanje kapaciteta povlačenja za oko 40% u odnosu prema postojećem stanju.

Do kraja 2019. godine tvrtka Podzemno skladište plina završila je dodatne istražne radove na eksploatacijskom polju ugljikovodika Grubišno Polje. Na

temelju prikupljenih podataka, informacija, analiza i rezultata dodatnih istražnih radova donesena je odluka da se krene u sljedeću fazu projekta, tj. u 1. fazu realizacije projekta izgradnje podzemnog skladišta plina, odnosno da se od mjerodavnog Ministarstva zaštite okoliša i energetike zatraži dozvola za skladištenje prirodnog plina u geološkim strukturama eksploatacijskog polja Grubišno Polje. Radi toga je napravljen *Projekt razrade i eksploatacije za podzemno skladište prirodnog plina na eksploatacijskom polju Grubišno Polje*, koji je provjerilo i prihvatilo mjerodavno stručno povjerenstvo Ministarstva. Prije je već proveden postupak procjene utjecaja zahvata na okoliš s izradom i prihvaćanjem studije utjecaja na okoliš, ishoda je lokacijska dozvola kojom je određena etapna izgradnja postrojenja, a na temelju elaborata o rezervama potvrđene su količina i kakvoća rezerva te je utvrđeno eksploatacijsko polje za skladištenje prirodnog plina Grubišno Polje. *Dozvolu za skladištenje prirodnog plina na eksploatacijskom polju za skladištenje prirodnog plina „Grubišno Polje“* Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja izdalo je dana 7. svibnja 2021. godine (za obje etape izgradnje).

Poseban naglasak pri provođenju projekta stavljen je na realizaciju izgradnje podzemnog skladišta plina u fazama i etapama gradnje. Naime, s obzirom na to da se radi o neiscrpljenom ležištu, nužna prva faza (koja se, sukladno lokacijskoj dozvoli, sastoji od prve tri etape izgradnje) prije prenamjene ležišta u skladište plina jest crpljenje plina iz originalnog ležišta. Osim samog pražnjenja ležišta radi dobivanja radnog volumena za skladištenje plina, bitno je i dio originalnoga ležišnog plina u funkciji plinskog jastuka zamijeniti plinom standardne kvalitete, a budući da originalan ležišni plin ima udio dušika od oko 18%



Slika 1. Faze i etape projekta Grubišno Polje s pripadajućim financijskim elementima

(vol.). Crpljenje plina u toj, početnoj fazi provodit će se putem dviju postojećih bušotina: Gr-1Z i Gr-2Z, koje su izbušene kao istražne, a naknadnim remontnim radovima prenamijenjene u proizvodne, uz izgradnju njihovih priključnih plinovoda, plinske stanice za pripremu plina za transport i spojnog plinovoda do transportnog sustava. U drugoj i konačnoj fazi projekta napraviti će se nove radne bušotine u funkciji podzemnog skladišta plina i obaviti dogradnja postojećega nadzemnog postrojenja, namijenjenoga pripremi plina iz transportnog sustava za utiskivanje u skladište, kao i pripremi povučenog plina iz skladišta za transport.

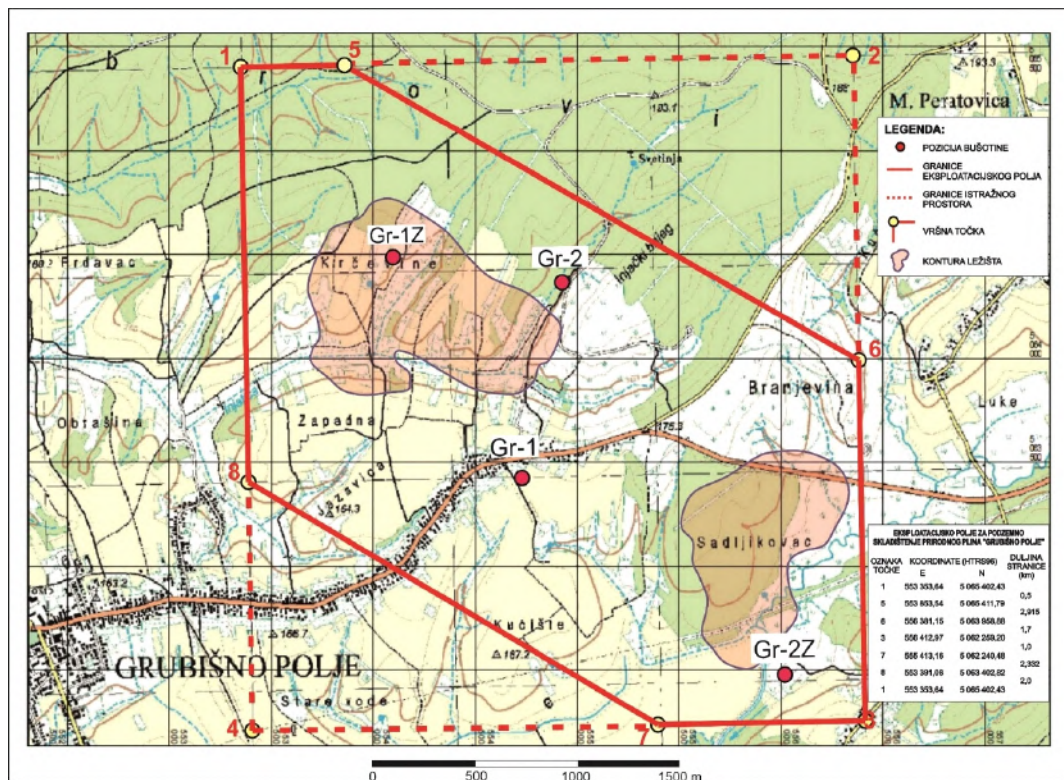
## Geografski položaj eksploatacijskog polja za podzemno skladištenje plina „Grubišno Polje“

Eksploatacijsko polje za podzemno skladištenje plina „Grubišno Polje“ proteže se južnim obodom Bilogore, sjeverno i istočno od grada Grubišnog Polja, na području Bjelovarsko-bilogorske županije. Područje je obradivo (oranice i livade) i djelomično prekriveno šumama. Pretežno je ravničarsko, s nadmorskim visinama od oko 130 do najviše 205 metara. Površina eksploatacijskog polja iznosi 6525 km<sup>2</sup> (652,5 ha).

Područje odobrenog eksploatacijskog polja za podzemno skladištenje plina „Grubišno Polje“, s koordinatama vršnih točaka, prikazano je na slici 2.

## Pregled izvedenih istražnih radova na eksploatacijskom polju

Istražni radovi na području strukture Grubišno Polje počeli su 1940. godine, i to geološkim kartiranjem te gravimetrijskim, magnetometrijskim i seizmičkim mjerenjima. Godine 1941. utvrđen je niz gravimetrijskih maksimuma, među kojima i gravimetrijski maksimum Grubišno Polje koji je ispitan bušotinom Gr-1, izbušenom 1940. godine. Daljnja magnetometrijska mjerenja načinjena su godina 1964. i 1969., a seizmička mjerenja provode se od 1977. do 1996. godine, kada je snimljeno 94,8 km seizmičkih 2D profila. Poslije toga, godine 1994., na zapadnom dijelu strukture Grubišno Polje napravljena je bušotina Gr-1Z kojom je utvrđeno ležište plina u badenskim vapnencima, klastitima i paleozojskim metamorfita (škriljalcima). Zatim je, 1996. godine, napravljena bušotina Gr-2Z, smještena na jugoistočnom uzvišenju zapadnog dijela strukture, kojom je utvrđeno ležište plina u istim naslagama. Ležište je nazvano „Grubišno Polje“. Snimanje i interpretacija 3D seizmike izvedeni su godina 1998. i 1999. Reinterpretacija 3D



Slika 2. Topografska karta eksploatacijskog polja za podzemno skladištenje plina „Grubišno Polje“ s ucrtanim bušotinama

Tablica 1. Pregled bušotinskog fonda eksploatacijskog polja „Grubišno Polje“

Bušotina	Godina izrade	Dužina kanala bušotine	Nadmorska visina	Raskrivena ležišta	Raskriveni intervali	Napomena	Status bušotine
		m	m		m		
<b>Gr-1</b>	1940./1941.	1036,7	169,0	-	<b>100,5 – 1014,5**</b>	nezacijevljena sekcija	likvidirana
<b>Gr-2</b>	1965.	920,0	147,9	-	<b>249,0 – 920,0**</b>	nezacijevljena sekcija	likvidirana
<b>Gr-3*</b>	1965.	1150,0	142,1	-	<b>254,0 – 1150,0**</b>	nezacijevljena sekcija	likvidirana
<b>Gr-1Z</b>	1994.	953,0	150,8	Vapnenci i metamorfiti	805,0 – 842,0 848,0 – 854,0 <b>881,0 – 893,0***</b> <b>908,0 – 917,0***</b>	zacijevljeni interval	istražna
<b>Gr-2Z</b>	1996.	1081,0 (Hv = 931,7)	134,3	Vapnenci i metamorfiti	970,0 – 991,0 993,5 – 1005,0 1010,0 – 1018,0 <b>1041,0 – 1047,0***</b>	zacijevljeni interval	istražna

\* bušotina Gr-3 nalazi se izvan trenutačnih granica eksploatacijskog polja za podzemno skladištenje plina „Grubišno Polje“

\*\* sekcije izolirane cementnim čepovima

\*\*\* intervali izolirani mehaničkom pregradom u zacijevljenom kanalu bušotine

seizmike, bazirana na novim spoznajama i radovima, a provedena 2018. godine, rezultirala je posljednjim izmjenama strukturnog rješenja.

Na širem području eksploatacijskog polja Grubišno Polje dosad je napravljeno 5 istražnih bušotina: Gr-1, Gr-2, Gr-3, Gr-1Z i Gr-2Z. Bušotinama Gr-1, Gr-2 i Gr-3 nije utvrđena prisutnost ugljikovodika na području polja pa su one likvidirane, dok su bušotine Gr-1Z i Gr-2Z nabušile plinsko ležište „Grubišno Polje“ u vapnencima člana Mosti miocenske starosti i metamorfitima temeljnoga gorja. Pregled bušotinskog fonda prikazan je na tablici 1.

U razdoblju od 2012. do 2019. godine tvrtka Podzemno skladište plina obavljala je na tom istražnom prostoru dodatne istražne radove radi utvrđivanja mogućnosti skladištenja ugljikovodika u geološkim strukturama. Uz reinterpretaciju podataka preuzetih od tvrtke INA d. d., znatniji radovi na lokaciji polja obavljani su 2014. i 2015. godine, kad su na obje bušotine obavljani radovi kapitalnog remonta sloja i opreme, u okviru kojih su obavljena i seizmička mjerenja vertikalnoga seizmičkog profiliranja (VSP), snimanja karotažnih dijagrama u zacijevljenom kanalu bušotine te hidrodinamička mjerenja radi ispitivanja vodenog zasićenja. Opsežna hidrodinamička mjerenja obiju bušotina i njihova mjerenja izvedena su 2018. godine, što su ujedno bili

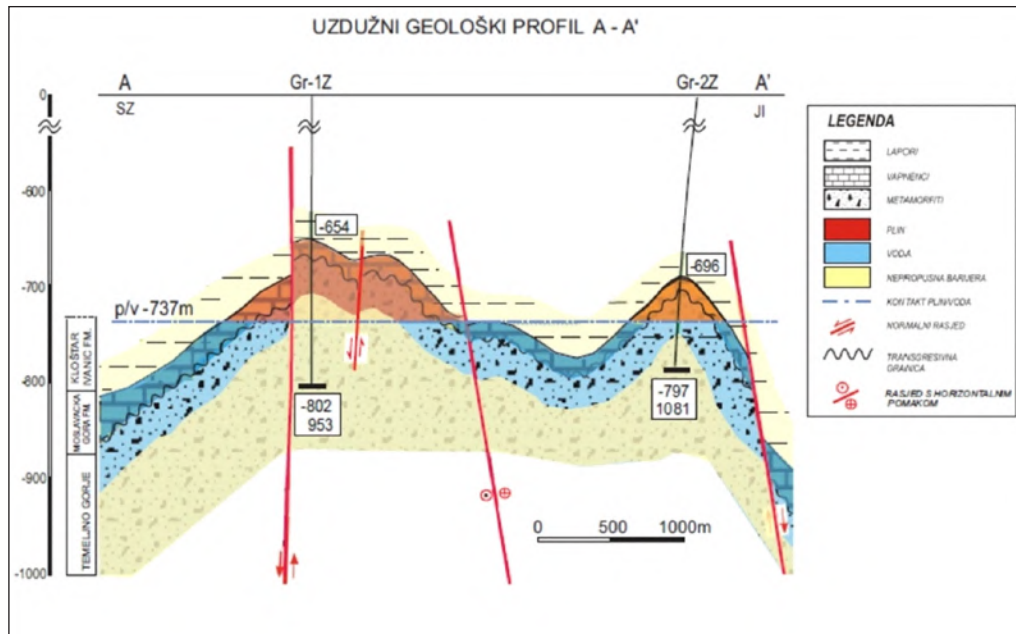
i posljednji obavljani rudarski radovi na istražnim bušotinama.

## Geološki opis ležišta

Najzanimljivija strukturna forma u središnjem dijelu prostora jest antiklinala, čija se duža os proteže smjerom sjeverozapad-jugoistok (slika 2). Antiklinala ima dva maksimuma, na zapadnom i istočnom dijelu. Na zapadnome vršnom dijelu antiklinale napravljena je bušotina Gr-1Z. Njome je otkriven plin u biogenim vapnencima člana Mosti i metamorfitima podloge tercijara. Na istočnom dijelu antiklinale izvedena je usmjerena bušotina Gr-2Z kojom je potvrđeno plinsko ležište „Grubišno Polje“ u tim stijenama.

Rezervoarske stijene nalaze se u metamorfitima podloge tercijara (granitni tinjčev škriljavac i migmatitski gnajs), kronostratigrafski neodređenima, kao i u miocenskim bioklastičnim vapnenačkim naslagama i konglomeratičnim pješčenjacima člana Mosti. Pokrovne su stijene lapori koji litostratigrafski pripadaju naslagama formacije Kloštar Ivanić (lapor Brezine).

Hidrodinamičkim mjerenjima potvrđeno je postojanje ležišta ugljikovodika u metamorfitima temeljnoga gorja i biogenim vapnencima člana Mosti na oba strukturna uzvišenja antiklinale. Ležišta su heterogene litološke građe s pretpostavljenim jedinstvenim



Slika 3. Uzdužni geološki profil ležišta s naznačenim stratigrafskim i faznim granicama (početna distribucija vode)

kontaktom plin/voda na apsolutnoj dubini od -737 m. Kompleks vapnenaca ima iznimno povoljna kolektorska svojstva. Vršni dio metamorfita također pokazuje dobra kolektorska svojstva, koja se porastom dubine smanjuju.

## Petrofizikalne karakteristike ležišnih stijena

Osnovni petrofizikalni parametri ležišnih stijena, poroznost/šupljikavost ( $\phi$ ), zasićenje vodom ( $S_w$ ), efektivna debljina ležišta ( $h_{ef}$ ), procijenjeni su kompleksnom analizom karotažnih mjerenja (CRA,  $P_{hi}$ - $S_w$ ). Laboratorijskim petrofizikalnim i petrografskim

analizama i mjerenjima na uzorcima jezgara stijena analizirane su litologija, šupljikavost i horizontalna i vertikalna propusnost jezgrovanih intervala ležišta. Osnovni petrofizikalni parametri ležišta, upotrijebljeni pri proračunu rezerva prirodnog plina, prikazani su na tablici 2.

## Fizikalne karakteristike ležišta i ležišnog plina

Početni tlak i temperatura ležišta određeni su na osnovi HD mjerenja bušotinama Gr-1Z i Gr-2Z. S pomoću modificiranog izokronskog testa svako od područja ispitano je posebno. Na temelju dobivenih

Tablica 2. Petrofizikalni parametri koji su upotrijebljeni za izračunavanje rezerva plina

Bušotina	Litofacijes	Interval	Ukupna debljina $h_u$	Analize karotažnih mjerenja			Laboratorijske analize jezgara
				Efektivna debljina $h_{ef}$	Šupljikavost	Zasićenje vodom $S_{wi}$	Šupljikavost
							m
Gr-1Z	vapnenac	805 – 817	12	12,0	9,8	25,9	12,9 (59)
	metamorfite	817 – 890	71	7,0	2,0	30,0	4,1 (21)
Gr-2Z	vapnenac	970,0 – 975,3	5,3 (4,7*)	4,5 (4,0*)	8,6	27,4	11,6 (20)
	metamorfite	975,3 – 1010	34,7 (31,2*)	17,5 (15,7*)	4,0	37,1	4,7 (7)

\* vertikalna debljina

rezultata mjerenja određeni su početni tlak i temperatura za oba područja na svakoj bušotini posebno, i to na apsolutnoj dubini težišta ležišta, a prikazani su na tablici 3. Početni tlakovi na oba ležišta viši su od hidrostatskog tlaka.

Tablica 3. Početni tlak i temperatura ležišta

Bušotina	Apsolutna dubina težišta ležišta	Početni tlak	Temperatura
	H (m)	$p_i$ (bar)	$T_R$ (°C)
Gr-1Z	-705,0	91,6	65,1
Gr-2Z	-716,0	90,3	65,0

Komponentni sastav ležišnog plina preuzet je iz analize plina uzorkovanoga dana 15. ožujka 1995. godine za vrijeme ispitivanja bušotine Gr-1Z. Budući da je prijašnjim DST ispitivanjima utvrđeno da je komponentni sastav plina za litofacijes vapnenaca gotovo jednak komponentnom sastavu plina u metamorfitima, i to na obje bušotine, prihvaćen je jedan komponentni sastav plina za cijelo ležište „Grubišno Polje“, a prikazan je na tablici 4. Prema svojem sastavu i kvaliteti, plin u ležištu „Grubišno Polje“ odgovara suhom plinu s velikim udjelom dušika (više od 18% vol.).

Tablica 4. Kromatografska analiza prihvaćenog sastava plina

Komponenta	Sadržaj Molni udio (%)
N <sub>2</sub>	18,39
CO <sub>2</sub>	0,77
CH <sub>4</sub>	79,31
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,81
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,26
i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,23
n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,08
i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,08
n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,02
C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,05
C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	0,00
Ukupno:	100,00
Mol. masa (kg/mol)	18,87
Gustoća 15 °C (kg/m <sup>3</sup> )	0,79936
Relativna gustoća (zrak = 1)	0,65218

## Stanje rezerva prirodnog plina prije početka proizvodnje

Ukupni volumen otkrivenog plina klasificiran je i kategoriziran sukladno Pravilniku o rezervama, što je prikazano na tablici 5.

Tablica 5. Stanje rezerva prirodnog plina na eksploatacijskom polju „Grubišno Polje“

Kategorija	Količine/Rezerve
Ukupni volumen otkrivenog plina, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	198,582
Ukupni volumen otkrivenog plina bez dušika, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	162,063
Ukupne pridobivene količine plina, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	3,552
Ukupne pridobivene količine plina bez dušika, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	2,899
Preostali ukupni volumen otkrivenog plina, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	195,030
Preostali ukupni volumen otkrivenog plina bez dušika, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	159,164
Preostale pridobive količine plina:	za P2
Plin – ukupno, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	150,829
Plin – bez dušika, 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	123,092
Konačni prognozirani iscrpak, %	77,74
Rezerve:	P2

## Analiza mogućnosti proizvodnje plina na eksploatacijskom polju „Grubišno Polje“

S obzirom na to da kvaliteta plina koju sudionik na tržištu predaje u sustav, odnosno koju operator transportnog sustava može preuzeti u sustav mora odgovarati standardnoj kvaliteti plina te da plin iz ležišta „Grubišno Polje“ ima povećan udio dušika u svojem sastavu, provedena je analiza tehnoloških uvjeta za povezivanje postrojenja PSP Grubišno Polje na transportni sustav, a radi inicijalnog pridobivanja plina iz ležišta. Hidrauličkim analizama i simulacijama protjecanja plina u transportnom sustavu testirana je mogućnost preuzimanja prirodnog plina iz ležišta „Grubišno Polje“. Zadovoljavajuću kvalitetu plina koja se predaje u transportni sustav može se postići miješanjem plina iz ležišta s plinom iz transportnog

sustava u odgovarajućem omjeru koji osigurava izlaznu smjesu prihvatljivih parametara kvalitete, propisanih Općim uvjetima opskrbe plinom (NN 50/18, 88/19, 39/20 i 100/21). Prihvaćeno tehničko rješenje omogućava postrojenju PSP Grubišno Polje da samostalno povlači plin iz transportnog sustava, miješa ga s plinom iz ležišta u odgovarajućem omjeru i tako dobivenu smjesu vraća u transportni sustav te pritom samostalno stvara potrebnu razliku tlaka za takav proces.

Plin iz ležišta, tj. bušotina Gr-1Z i Gr-2Z dolazit će na plinsku stanicu preko priključnih plinovoda koji završavaju na ulaznom razdjelniku bušotina. Dolazne linije na ulaznom razdjelniku opremljene su blokadnim i regulacijskim ventilom, masenim mjerilom protoka, mjernim pretvornicima tlaka i temperature te zapornom armaturom. Nakon ulaznog razdjelnika bušotinski plin ulazi u zajednički kolektor i separator plina V-001 (najvećeg kapaciteta od 100.000 m<sup>3</sup>/h) koji će odvajati plinsku i tekuću fazu (tj. slojnu vodu; plinski se kondenzat ne očekuje u proizvodnji, što je utvrđeno ispitivanjem bušotina u istražnoj fazi). Poslije separatora plin se dodatno suši u dehidracijskoj koloni DU-11 TEG (trietilen glikol) postupkom dehidracije, uobičajenim u ovakvim vrstama postrojenja, do uvjeta rosišta traženih Općim uvjetima opskrbe plinom. Jedinica za dehidraciju sastoji se od dehidracijske kolone T-100, hladnjaka glikola, tj. izmjenjivača topline glikol/plin E-110, regeneratora glikola DU-11-02 na čeličnom postolju (skidu) i pumpnog skida DU-11-03. Apsorpcijska kolona jest vertikalna tlačna posuda s ugrađenim strukturnim pakiranjem. U međusobnom kontaktu TEG preuzima, odnosno veže na sebe vlagu iz plina i na izlazu iz vrha apsorpcijske kolone izlazi dehidrirani prirodni plin. Na dnu kolone nalazi se prostor za skupljanje kapljevine koja dolazi s ulaznim plinom. Vlažni TEG iz apsorpcijske kolone odlazi u skid-jedinicu za regeneraciju vlažnog TEG-a. Regeneracija glikola dio je opreme za dehidraciju i služi za uklanjanje vlage koju je glikol preuzeo na sebe u dehidracijskoj koloni. Regeneracija se obavlja zagrijavanjem glikola na temperaturu vrenja vode, tako da voda ispari, a glikol ponovo postane higroskopian. Odvojena tekuća faza iz sustava dehidracije odvodi se u spremnik tehnološke kanalizacije V-003, a suhi plin odlazi prema regulacijskom ventilu i točki miješanja plina s plinom iz transportnog sustava.

Priključenje PSP-a Grubišno Polje na plinski transportni sustav provest će se putem dvaju spojnih plinovoda nazivnog promjera 300 mm (12"), dužine oko 350 metara, položenih u zajednički rov od plinske

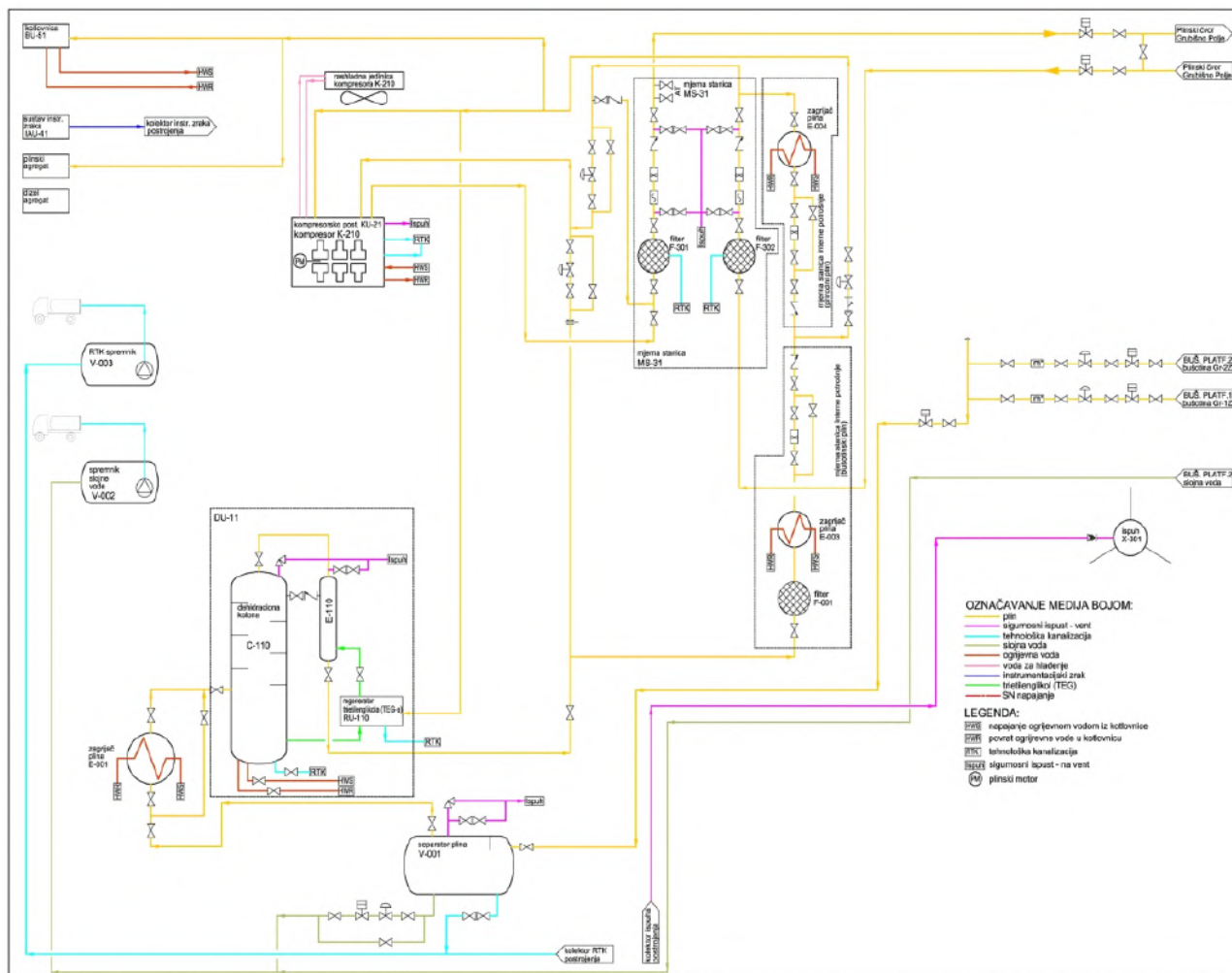
stanice PSP-a Grubišno Polje do mjesta priključenja, tj. novoga plinskog čvora, a na postojeći magistralni plinovod Virovitica – Kutina DN500/50. Plin za miješanje iz plinskoga transportnog sustava (čvora Grubišno Polje) dolazi spojnim plinovodima do mjerne stanice. Predviđeno je da se kroz jedan plinovod uzima prirodni plin iz transportnog sustava, a kroz drugi plinovod u transportni sustav predaje plin iz podzemnog skladišta plina, namiješan s plinom iz transportnog sustava. Na plinskoj se stanici plin iz transportnog sustava filtrira i mjere mu se protočne količine prije slanja u točku miješanja plina s plinom iz bušotina. S obzirom na to da je riječ o plinu standardne kvalitete, on ne prolazi kroz nikakav dodatni procesni postupak, nego se direktno miješa s dehidriranim plinom iz ležišta u zajednički plinovod na postrojenju.

Dobivena smjesa izmiješanog plina odlazi na usis kompresora KU-21, u kojem se tlak plina diže na vrijednost potrebnu za vraćanje u transportni sustav (35 – 45 bar, ovisno o tlaku transportnog sustava u određenom trenutku). Plinski motor i kompresor predviđeni su kao dva klipna stroja ugrađena na zajedničko čelično postolje i spojena spojkom za prijenos snage s motora na kompresor. Kompresor i plinski motor imaju odvojene uljne sustave i posebne rashladne sustave. Pri izlazu iz kompresora plin se dodatno filtrira u filtarskom separatoru (koalesceru) kako bi se odvojilo kompresorsko ulje. Tekućina i čestice odvojene u filtru odvođene se u spremnik tehnološke kanalizacije V-003. Nazivni kapacitet kompresora iznosi 70.000 Sm<sup>3</sup>/h, a snaga 3450 kW. Radni tlak plinske stanice bit će oko 20 bar da bi se omogućio što većeg iscrpak plina iz ležišta, što će ujedno biti i vrijednost usisnog tlaka u kompresor.

Poslije podizanja tlaka, plin se preko obračunske mjerne linije, tj. mjerne stanice koja se također nalazi u krugu plinske stanice, otprema u transportni sustav. S pomoću turbinskih i ultrazvučnih mjerila, u mjernoj se stanici kontinuirano prate količine plina u protoku, a zahvaljujući ugrađenom analizatoru kontrolira se i sastav plina.

Zbog veće udaljenosti od plinske stanice, u bušotinskom je krugu Gr-2Z predviđena primarna obrada bušotinskog fluida iz bušotine (odvajanje tekuće faze), poslije koje se plin i tekuća faza posebnim cjevovodima transportiraju do plinske stanice. Odvojena slojna voda iz obiju bušotina privremeno će se skladištiti na plinskoj stanici, u podzemnom spremniku slojne vode V-002, odakle će se periodički odvoziti (autocisternom) na zbrinjavanje.





Slika 4. Prikaz tehnološkog procesa proizvodnje plina

Tehnološki proces pripreme pridobivenog plina iz ležišta za transport, kao i sve glavne i pomoćne dijelove sustava prikazuje shema plinske stanice na slici 4.

Prema Elaboratu o rezervama ugljikovodika – 4. obnova, sa stanjem na dan 31. prosinca 2021., na osnovi geološkog opisa ležišta i rezultata hidrodinamičkih mjerenja na oba strukturalna tjemena u plinskoj zoni, na eksploatacijskom polju ugljikovodika „Grubišno Polje“ može se tijekom primarne proizvodnje pretpostaviti scenarij proizvodnje uz volumetrijski režim.

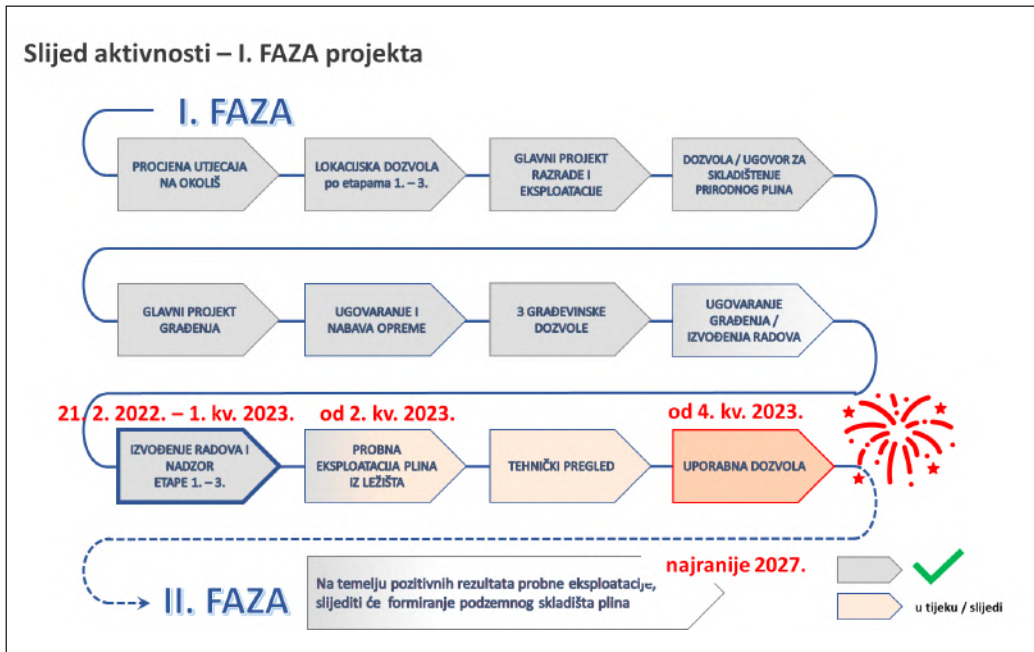
Za plinska ležišta s dodatnim vodonapornim režimom iscrpak plina ovisi o raznim geološko-fizikalnim parametrima i o intenzitetu proizvodnje (jači intenzitet proizvodnje – veći iscrpak). Takva se ležišta trebaju kontinuirano i intenzivno eksploatirati, odnosno idealno bi bilo da se plin proizvodi brže od prodora i utoka vode u plinsku zonu kako bi se izbjeglo zavodnjavanje većih količina plina. Pritom valja obratiti pozornost na to da ne dođe do kritičnog konusiranja vode na proizvodnim bušotinama.

U skladu s tim, izgradnjom nadzemnoga proizvodnog postrojenja bit će tehnički omogućena kontinuirana i intenzivna proizvodnja plina iz ležišta na eksploatacijskom polju ugljikovodika „Grubišno Polje“ u fazi inicijalne proizvodnje, što bi pozitivno utjecalo na buduće ponašanje ležišta u fazi kad to bude podzemno skladište plina. Upravo je to iznimno važan tehnološki razlog da se pronađe rješenje za kontinuiranu proizvodnju u inicijalnoj fazi, a ne sezonski (ljet/zima) kao što je prije bilo predloženo zbog ograničenja transportnog sustava, koje je, zapravo, uzrokovano jedino trenutno propisanim standardnom kvalitetom plina.

## Realizacija I. faze projekta

Na slici 5. prikazan je pojednostavnjeni slijed aktivnosti I. i II. faze projekta s vremenskim planom realizacije trenutno aktualnih dijelova projekta.

Poslije završenog projektiranja, ishođenja potrebnih dozvola, provedenog natječaja za odabir izvođača



Slika 5. Prikaz slijeda aktivnosti za realizaciju projekta

radova, dana 21. veljače 2022. godine počeli su radovi na izgradnji opisanih naftno-rudarskih objekata. U skladu s uvjetima iz ugovora, planirani rok izgradnje iznosi 12 mjeseci, uz dodatna 3 mjeseca za testiranje i probni rad postrojenja.

Za pravnu ugovornu stranu realizacije projekta odabran je tzv. žuti FIDIC (franc. Fédération Internationale des Ingénieurs-Conseils – Međunarodni savez inženjera-savjetnika, sa sjedištem u Ženevi). Ugovor je, prema predlošku FIDIC-a, prilagođen smjernicama za konkretan slučaj projekta Grubišno Polje.

U skladu s izdanom lokacijskom dozvolom za I. fazu projekta predviđena je etapna izgradnja objekata i postrojenja, i to:

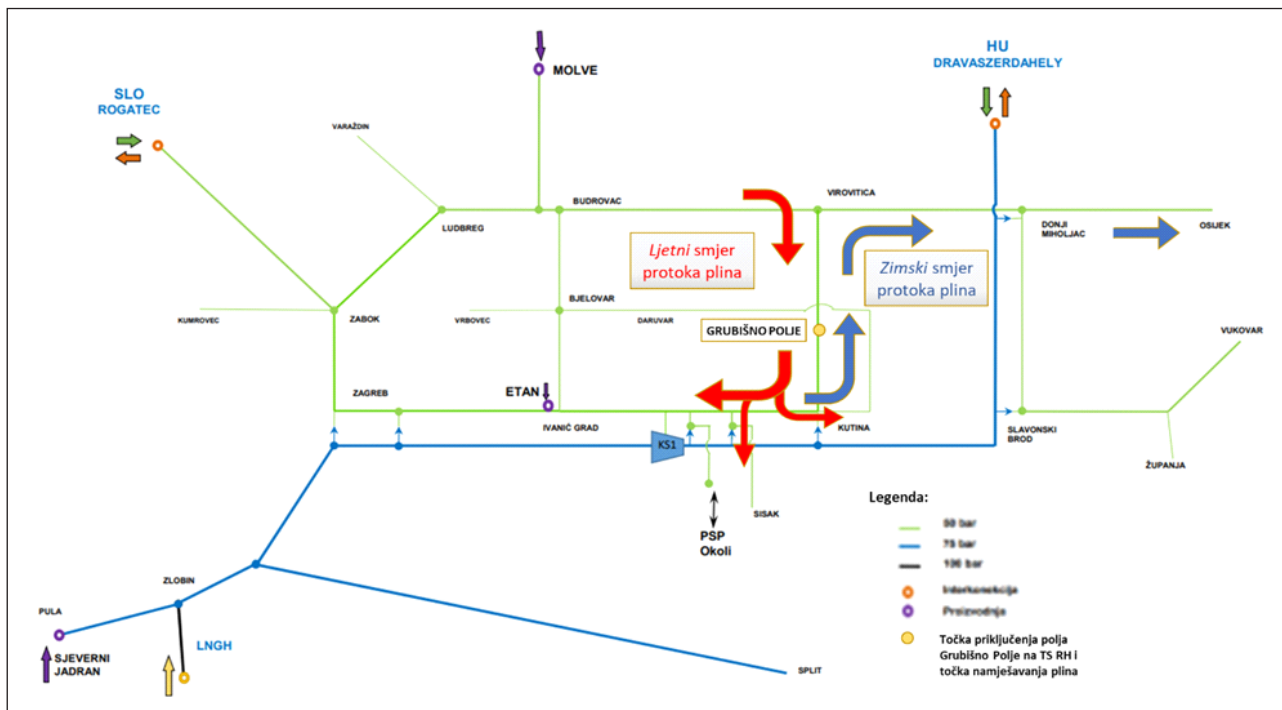
- **1. etapa izgradnje:** Rekonstrukcija magistralnog plinovoda Virovitica – Kutina DN 500/50 izgradnjom plinskoga priključnog čvora Grubišno Polje, izgradnja mjerne stanice i spojnog plinovoda od mjerne stanice do plinskog čvora
- **2. etapa izgradnje:** Izgradnja plinske stanice i priključnog plinovoda od bušotine Gr-1Z do plinske stanice, a radi inicijalnog crpljenja procijenjenih pridobivih količina rezerva prirodnog plina iz ležišta bušotinom Gr-1Z koja će se opremiti za inicijalno crpljenje
- **3. etapa izgradnje:** Izgradnja priključnog plinovoda od bušotine Gr-2Z do plinske stanice, a radi inicijalnog crpljenja procijenjenih pridobivih količina rezerva prirodnog plina iz ležišta bušotinom Gr-2Z koja će se opremiti za inicijalno crpljenje.

## Osvrt na realizaciju I. faze projekta

Tijekom I. faze projekta eksploatirat će se originalni plin iz ležišta „Grubišno Polje“. Proizvedeni će se plin, u skladu s projektiranom tehnologijom, umiješati u plin koji se nalazi na toj točki u plinskome transportnom sustavu RH.

Na slici 6. prikazana je pojednostavnjena shema transportnog sustava (TS) RH, s točkom gdje se priključuje plinsko polje „Grubišno Polje“. Ujedno su prikazani tzv. uobičajeni ljetni i zimski smjerovi protoka plina plinovodom Virovitica – Kutina, gdje je i točka priključenja Grubišnog Polja.

Analizom simulacije protoka plina u transportnom sustavu, provedenom s pomoću softverske aplikacije SIMONE, može se utvrditi da u ljetnim mjesecima, kad je PSP Okoli u ciklusu utiskivanja, smjer protoka plina u plinovodu Virovitica – Kutina ide od Virovitice prema Kutini, što znači da će i namiješani plin iz Grubišnog Polja imati taj smjer. Na Slici 1 – taj smjer prikazan je crvenim strelicama. U tom smjeru od glavnih potrošača osim kućanstva, treba spomenuti Petrokemiju Kutina, ovisno da li je u radu ili ne te termoelektranu (TE) kod Siska. U slučaju da je spomenuta TE u radu, praktički bi mogla potrošiti sav proizvedeni i namiješani plin iz Grubišnog Polja. U zimskim mjesecima, odnosno kada je PSP Okoli u ciklusu povlačenja, plin iz PSP Okoli će prevladati u određivanju smjera protoka plina u plinovodu Virovitica-Kutina i smjer protoka će biti od Kutine



Slika 6. Pojednostavnjenja shema transportnog sustava (TS) RH, s točkom priključenja polja „Grubišno Polje“ na TS i točkom namiješavanja plina

prema Virovitici. Na slici 6. taj je smjer prikazan plavim strjelicama, a na njemu se od glavnih potrošača, osim kućanstava, nalazi i termoelektrana (TE) Osijek. Bude li TE Osijek u radu, praktički bi mogao potrošiti sav proizveden i namiješan plin iz Grubišnog Polja. Namiješani plin iz Grubišnog Polja ne bi izazvao nikakav poremećaj u TS-u RH, dakako, uz uvjet da se snižavanjem propisane minimalne gornje ogrjevne vrijednosti omogućuju proizvodnja i rad Grubišnog Polja i tijekom ljetnih i zimskih mjeseci.

Uz neke elemente bitne za realizaciju projekta, svakako valja istaknuti da je ključna oprema specificirana na temelju Glavnog projekta građenja i nabavljena prije početka izgradnje, što je znatno pridonijelo ispunjenju ugovorom predviđenih rokova. To se odnosi na kompresorski skid, plinski motor, plinski agregat, dizelski elektroagregat, kromatografe, mjernu opremu i dio zaporne armature.

Uspješnoj realizaciji I. faze izgradnje pridonijeli su ovi elementi upravljanja projektom:

- obavljanje više stvari istodobno
- potpora upravnih tijela:
  - Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (MINGOR)
- Uprava za energetiku / Sektor za naftno rudarstvo i geotermalne vode za energetske svrhe

- Uprava za procjenu utjecaja na okoliš i održivo gospodarenje otpadom
- Operativna skupina za potporu realizaciji strateškog projekta
  - Agencija za ugljikovodike (AZU)
  - Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine (MPGI)
  - Hrvatska energetska regulatorna agencija (HERA)
  - Ministarstvo unutarnjih poslova (MUP) – Sektor za eksplozivne atmosfere
  - Državni inspektorat
  - HEP, Hrvatske šume, Hrvatske vode, ...
  - tijela lokalne samouprave
  - potpora vlasnika i projektnog tima te međusobna suradnja svih zaposlenika investitora i ostalih dionika
  - upravljanje promjenama (engl. *Change Management*), i to na dijelu, a ne samo na papiru
  - kontinuirana otvorena komunikacija među dionicima procesa INVESTITOR – IZVOĐAČ – NADZOR, o čemu govori i više od 60 održanih tjednih koordinacijskih sastanaka
  - upravljanje tehničkom dokumentacijom (engl. *Cloud*) projekta: 2 Tbit memorijskog prostora, trenutni pristup svim dokumentima i preko mobitela

## Probni rad i probna eksploatacija

Specifičnost projekta jest u činjenici da se, kao što je prikazano na slici 1., prva etapa realizira na temelju građevinske dozvole koju je izdalo Ministarstvo prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, jer se taj dio odnosi na spoj plinske stanice na plinski transportni sustav RH. Stoga je energetska objekt time definiran te se, u skladu s odgovarajućom zakonskom praksom, taj dio projekta administrativno tako tretira.

Objekti 2. i 3. etape naftno su rudarski objekti, a pripadajuće građevinske dozvole izdalo je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja.

Glavnim projektom predviđeni su probni rad i probna eksploatacija, s tim da se probni rad odnosi na objekte 1. etape, a probna eksploatacija, s posebnim

programima i procedurom odobravanja, na postrojenja i objekte 2. i 3. etape.

Dakako, probni rad i probna eksploatacija provodit će se usporedo, jer izgrađeni objekti i postrojenja čine jedinstvenu tehnološku cjelinu pa odvojena testiranja nisu moguća.

Izgradnja planiranih objekata završena je tijekom travnja 2023., što se može vidjeti na slikama 7. – 9., a tijekom svibnja pripremaju se formalni početak probnog rada i probne eksploatacije.

Slikom 7. dominira kompresornica u kojoj se nalazi kompresor s kapacitetom komprimiranja od 70.000 m<sup>3</sup>/h, pogonjen plinskim motorom snage od 3,6 MW. Također, na slikama se mogu uočiti solarni paneli za proizvodnju električne energije. Naime, plinska stanica, plinski čvor za priključak na plinski



Slika 7. Zračna snimka izgrađene plinske stanice na lokaciji Grubišno Polje



Slika 8. Zračna snimka plinskog čvora na mjestu priključka plinske stanice Grubišno Polje na plinovod Virovitica – Kutina

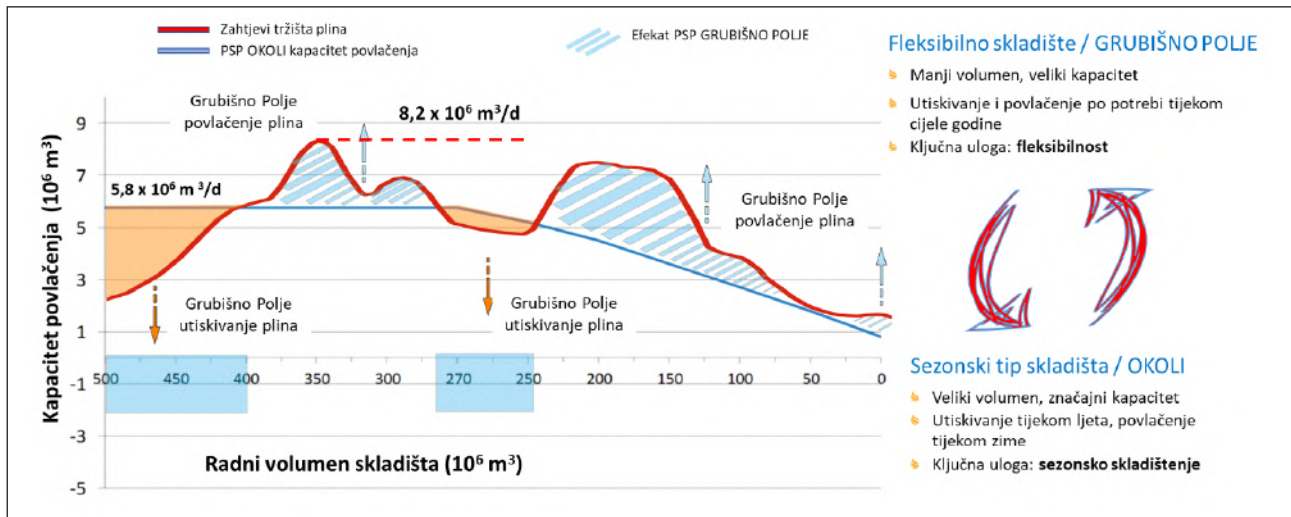
transportni sustav i bušotinski krug bušotine Gr-1Z nemaju priključak na elektroenergetsku mrežu, nego ti objekti iskorištavaju električnu energiju iz vlastite proizvodnje (solarni paneli i plinski generator).

Uzimanje plina iz transportnog sustava za namiješavanje i iz smjera Kutine i iz smjera Virovitica omogućeno je preko plinskog čvora. Također, povrat namiješanog plina moguć je u oba smjera, ovisno o uvjetima u transportnom sustavu.

Na slici 9. prikazani su bušotinski krugovi na polju „Grubišno Polje“. Valja napomenuti da od svih novoizgrađenih objekata, jedino bušotinski krug bušotine Gr-2Z ima priključak na elektroenergetsku mrežu RH. Zbog udaljenosti bušotine Gr-2Z od plinske stanice, na tom se bušotinskom krugu nalazi i separator za separaciju plinske i tekuće faze, a odvojenim se vodovima transportiraju plin i tekuća faza do plinske stanice.



Slika 9. Zračna snimka bušotinskih krugova Grubišno Polje-1Z i-2Z



Slika 10. Shematski prikaz povećanja izlaznih kapaciteta i fleksibilnosti skladišnog sustava

## Konačan cilj realizacije projekta Grubišno Polje

Na slici 10. pojednostavnjeno su prikazani konačan cilj i razlozi realizacije projekta izgradnje drugoga podzemnog skladišta plina u RH. U slučaju stavljanja u funkciju „Grubišnog Polja“ kao podzemnog skladišta plina, ono će pridonijeti fleksibilnosti skladišnog sustava u RH, osobito zbog planiranih znatnih kapaciteta povlačenja, što će trenutačne mogućnosti povlačenja plina iz PSP-a Okoli od oko  $5,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dan}$  povećati na više od  $8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{dan}$ . U daljnjoj upotrebi PSP Okoli doista može „ponovo“ biti sezonski tip skladišta, dok će sve ostale zahtjeve tržišta i korisnika za brzim promjenama pokrivati PSP Grubišno Polje.

## Zaključak

Posebnost ovog projekta temelji se na činjenici da je riječ o formiranju podzemnog skladišta plina u neiscrpljenome plinskom ležištu, za razliku od uobičajene prakse iskorištavanja iscrpljenih plinskih i naftnih ležišta. Upravo je stoga projekt osmišljen tako da sve instalacije izgrađene radi inicijalnog crpljenja plina u prvoj fazi projekta budu u funkciji i budućeg skladišta plina nakon realizacije druge faze.

Izgradnjom novoga podzemnog skladišta plina relativno malenoga radnog volumena postići će se znatno povećanje ukupnih izlaznih kapaciteta iz sustava skladišta plina, uz poboljšanje fleksibilnosti cijeloga skladišno-transportnog sustava, što će pridonijeti povećanju sigurnosti opskrbe plinom u Republici Hrvatskoj.