

تزریق دی اکسید کربن برای افزایش بهره برداری از چاههای نفت

مهتا مومنی، فرح قطبی

آدرس: شرکت ملی صنایع پتروشیمی دفتر توسعه صنایع پایین دستی (m.momeni@nipc.net, ghotbi@nipc.net)

چکیده: در این مقاله به روشهای مختلف جداسازی دی اکسید کربن از گاز دودکش به عنوان یکی از مهمترین گازهای گلخانه ای می پردازد که ممکن است در صنایع پایین دستی پتروشیمی، افزایش بهره برداری از چاههای نفت استفاده شود یا در لایه های زیرین زمین ذخیره شود. در ادامه میزان تولید دی اکسید کربن در مناطق ویژه ماهشهر و عسلویه محاسبه شده، برخی شاخص های اقتصادی نظیر سرمایه مورد نیاز برای جداسازی و هزینه های بهره برداری و درآمدهای حاصل از مصرف آن بررسی می شود.

کلمات کلیدی: گازهای گلخانه ای - دی اکسید کربن - جداسازی - تزریق - افزایش بهره برداری از چاههای نفت - برآورد اقتصادی

تئوری

اصلی ترین گاز گلخانه ای ساخت انسان دی اکسید کربن است. سالیانه حدود ۶ میلیارد تن از این گاز به علت استفاده از سوختهای فسیلی وارد جو می شود. این گاز به علاوه سایر گازهای گلخانه ای باعث تغییرات شدید در آب و هوای زمین شده اند. برای جلوگیری از ادامه این روند مخرب باید از ورود بیشتر این گازها به هوا ممانعت کرد.

برای کاهش انتشار دی اکسید کربن می توان با استفاده از تکنولوژی های جدید از شدت تولید آن کاست نظیر استفاده از:^[۱]

- واحدهای تولید برق فوق کارآمد[□]
 - استفاده از زیست توده و سوخت زیستی^{□□}
 - سلولهای سوختی (استفاده از انرژی ترکیب هیدروژن و اکسیژن در تولید برق)
 - استفاده از انرژیهای پاک
- و یا می توان آن را جمع کرده و مصرف کرد یا جای مطمئنی انبار کرد. یعنی:
- جداسازی^{□□□} و به دام انداختن کربن^{□□}: روشهای به دام انداختن حدود ۹۵ تا درصد از انتشار دی اکسید کربن را حذف کند. در این روش باید دی اکسید کربن از سایر گازها جدا شده و در صنایعی نظیر صنایع غذایی، تولید نوشیدنیها، کود شیمیایی و یا ازدیاد

^I Ultra-efficient

^{II} Cellulosic biomass & biofuel

^{III} Capture

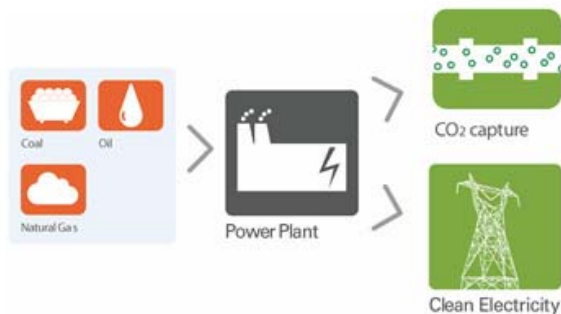
^{IV} Sequestration

برداشت از مخازن نفتی به کار رود و یا در محل مناسبی جمع گردد. با انجام این کار می توان از درآمد حاصل از فروش گواهی کاهش انتشار دی اکسید کربن در هوا به میزان حدود ۱۰ دلار به ازاء هر تن استفاده کرد.

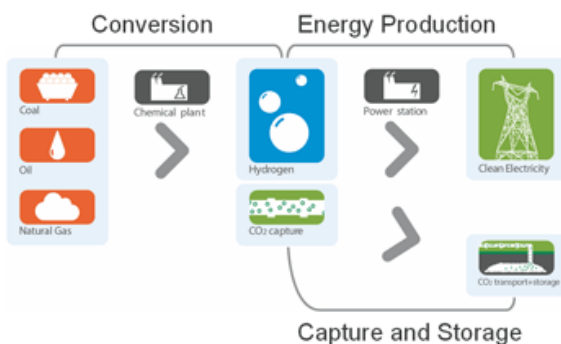
جداسازی [۲]

دی اکسید کربن تولید شده در نیروگاهها و صنایع بزرگ نظیر صنایع سیمان، فولاد و پالایشگاههای نفت را می توان در سه موقعیت مختلف جدا کرد. جدا سازی ممکن است قبل، در حین یا بعد از سوزاندن سوختهای فسیلی باشد:

۱. جداسازی پس از احتراق: در این روش دی اکسید کربن پس از سوزاندن سوخت از گاز دودکش جدا می شود. غلظت CO₂ در گاز دودکش معمولاً کم است (بین ۳ تا ۱۵ درصد حجمی) و توسط حلالهای مایع نظیر آمینها از سایر گازها جدا می شود. این روش در نیروگاهها و صنایع سیمان به راحتی قابل استفاده است.

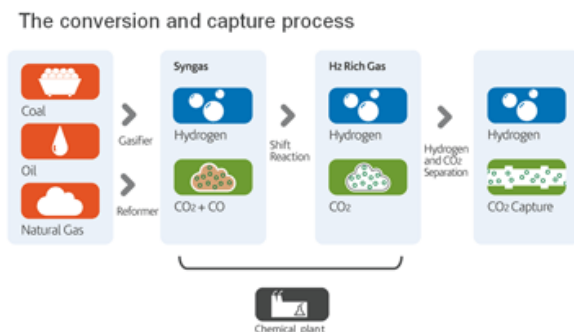


۲. جداسازی قبل از احتراق: در این روش ابتدا سوخت به گاز سنتز (مخلوط هیدروژن و منواکسید کربن) تبدیل می شود. در مرحله بعد و طی یک واکنش کاتالیستی در فشار بالا، منواکسید کربن به دی اکسید کربن تبدیل می شود. غلظت CO₂ در مخلوط حاصل بین ۳۵ تا ۴۵ درصد بوده و از مخلوط جدا می شود. هیدروژن باقیمانده به عنوان سوخت پاک استفاده خواهد شد زیرا محصولات احتراق آن تنها حرارت و بخار آب است.

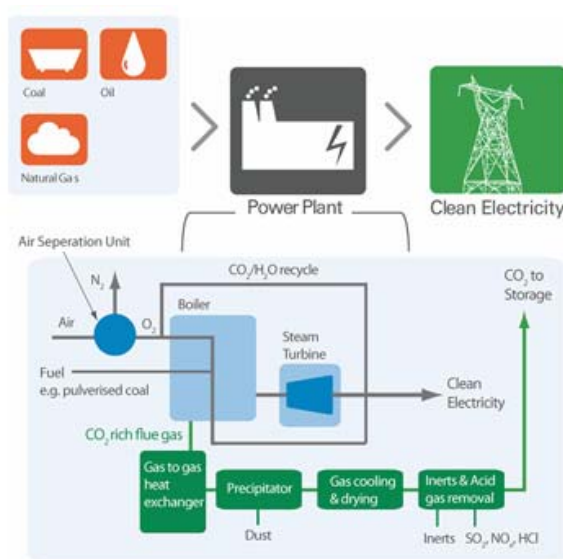


البته این روش نسبت به روش قبلی پیچیده تر و گرانتر است.

^۱ Capture



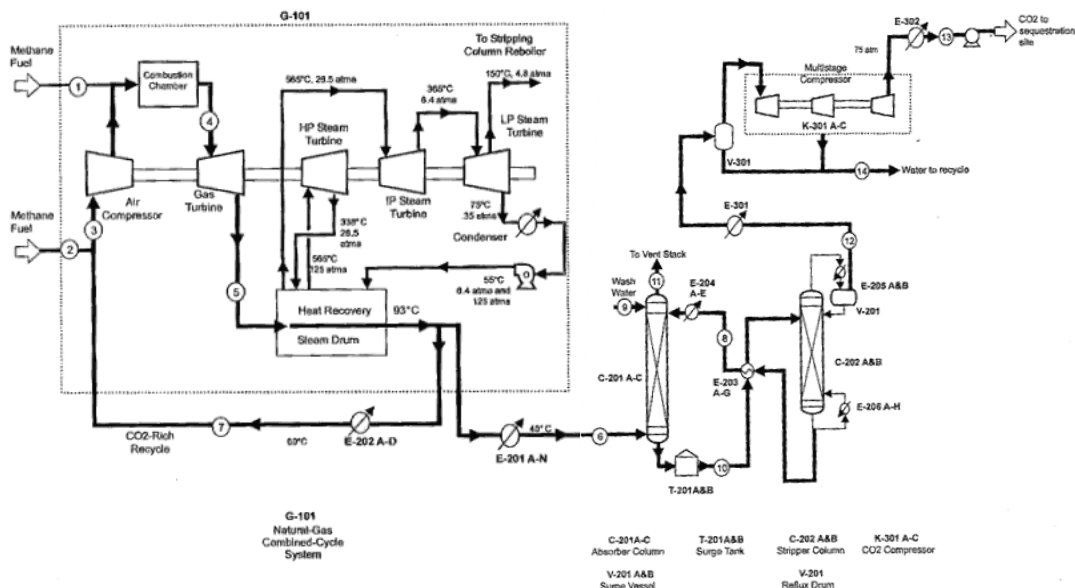
۳. احتراق اکسیژن و سوخت^۱: در این روش به جای سوزاندن سوخت با هوا، ابتدا ازت از اکسیژن جدا شده و اکسیژن خالص برای احتراق استفاده می شود. در این روش گاز دودکش تنها حاوی دی اکسید کربن و بخار آب است (غلظت دی اکسید کربن در آن حدود ۸۰ درصد است) و برای جداسازی بخار آب آن کافی است مخلوط را سرد و فشرده کنند. این روش امروزه در صنایع شیشه گری استفاده می شود و قابلیت دارد که در سطح وسیعی در نیروگاهها به کار رود.



جداسازی در هر یک از زمانهای ذکر شده در فوق اتفاق بیفتد، باید دی اکسید کربن از سایر گازها جدا شود که روشهای جداسازی عبارتند از: استفاده از حلالهای شیمیایی نظیر آمینها، استفاده از فرآیندهای غشایی و یا تقطیر جزء به جزء در دمای پایین. در مقالات SRI اطلاعات لازم برای ساخت یک واحد تولید برق با تاسیسات اضافه برای جداسازی دی اکسید کربن به روش جذب آمین و انتقال آن موجود است.^[۳]

^۱ Oxy-fuel

نمای شماتیک جریانها و مقادیر آنها در نمودار و جدول زیر آمده است:



دی اکسید کربن جداسازی شده از گاز دودکش با درصد خلوص ۹۹/۹۹ در جریان شماره ۱۳ نمودار مشخص است و میزان آن در گزارش فوق الذکر برای یک نیروگاه ۴۹۴ مگاواتی آمده است که می توان آن را برای نیروگاه با ظرفیتهای ۲۴۷ و ۹۸۸ مگاوات ساعتی محاسبه کرد^[۳]:

جریان دی اکسید کربن جداسازی شده (جریان شماره ۱۳)

۹۸۸	۲۴۷	۴۹۴	ظرفیت نیروگاه (مگاوات)	
			ترکیب اجزا	mw
۲/۴	۰/۶	۱/۲	O2	۳۲
۵۸	۱۴/۵	۲۹	N2	۲۸/۰۱
۰	۰	۰	CH4	۱۶/۰۴
۸۳۳۰۸۶	۲۰۸۲۷۱/۵	۴۱۶۵۴۳	CO2	۴۴/۰۱
۰	۰	۰	H2O	۱۸/۰۲
۰	۰	۰	MAE	۷۵/۱۱
۰	۰	۰	AMP	۸۹/۱۳
۸۳۳۱۴۶/۴	۲۰۸۲۸۶/۶	۴۱۶۵۷۳	جریان کل	lb/hr
۳۳۱۰	۸۲۸	۱۶۵۵	جریان کل	KTon/Year

کلیات برآورد سرمایه گذاری و هزینه های بهره برداری نیروگاه ۲۴۷، ۴۹۴ و ۹۸۸ مگاواتی (به ترتیب معادل جداسازی ۰/۸۳، ۱/۶۶ و ۳/۳۱ میلیون تن در سال CO₂) به شرح زیر است:^[۳]

سرمایه مورد نیاز برای ساخت نیروگاه

ظرفیت نیروگاه	MW	۲۴۷	۴۹۴	۹۸۸
محدوده فرآیندی	میلیون دلار	۲۷۶/۳	۴۴۵	۷۹۲/۴
آفسایت	میلیون دلار	۳۹/۹	۶۸/۵	۱۲۶/۵
جمع سرمایه ثابت	میلیون دلار	۳۱۶/۲	۵۱۳/۵	۹۱۸/۹

هزینه های سالیانه بهره برداری

¢/KWH

ظرفیت نیروگاه	۲۴۷	۴۹۴	۹۸۸
هزینه های متغیر	۴/۱۴	۴/۱۴	۴/۱۴
هزینه های نیروی کار	۰/۲۵	۰/۱۸	۰/۱۵
هزینه های نگهداری	۰/۲	۰/۱۶	۰/۱۴
هزینه های بالاسری-بیمه و مالیات	۰/۳۸	۰/۳۰	۰/۲۷
استهلاک	۰/۷۶	۰/۶۲	۰/۵۵
فروش-تحقیق و ...	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۴
جمع	۵/۷۷	۵/۴۴	۵/۲۹

هزینه های متغیر ذکر شده در جدول شامل هزینه گاز نیروگاه، تصفیه شیمیایی آب بویلرها، حلالهای آمینی و انتقال دی اکسید کربن است به شرطی که این گاز به فاصله ۲۰ کیلومتری محل تولید آن منتقل گردد.

در اینجا بزرگترین ظرفیت موجود در یعنی نیروگاه ۹۸۸ مگاواتی که تقریباً معادل جداسازی سالیانه ۳/۳۱ میلیون تن CO₂ می باشد، مورد بررسی بیشتر قرار می گیرد.^[۳]

به جهت اینکه هدف این مقاله بررسی احداث واحد جدید نیروگاهی نیست و در بخش تولید برق واحدهای فعلی تغییری ایجاد نخواهد گردید، بلکه هدف بررسی امکان افزودن بخشهای جداسازی و تراکم دی اکسید کربن به واحدهای موجود تولید برق و بخار است، از اطلاعات موجود مربوط به بخش تولید برق صرفنظر کرده و از اطلاعات مربوط به بخش جداسازی و تراکم CO₂ استفاده می شود.

به همین دلیل سرمایه مورد نیاز برای بسته تولید برق (Power Generation Package) که حدود ۴۲۱ میلیون دلار از کل سرمایه گذاری را تشکیل می دهد، از مقدار سرمایه گذاری ثابت کسر می شود. هزینه های سالیانه گاز طبیعی و مواد شیمیایی آب بویلرها نیز از مجموع هزینه های سالیانه حذف می شود:

سرمایه مورد نیاز برای جداسازی دی اکسید کربن از گاز دودکش نیروگاه^[۳]

(معادل سالیانه ۳/۳۱ میلیون تن دی اکسید کربن یا ۱/۷ میلیارد متر مکعب گاز سوخت)

سرمایه ثابت مورد نیاز (با احتساب تولید برق)	۹۱۸/۹	(میلیون دلار)
سرمایه ثابت مورد نیاز (بدون احتساب تولید برق)	۴۹۷/۹	(میلیون دلار)

هزینه های سالیانه بهره برداری برای جداسازی دی اکسید کربن از گاز دودکش^[۳]

(معادل سالیانه ۳/۳۱ میلیون تن دی اکسید کربن یا ۱/۷ میلیارد متر مکعب گاز سوخت)

میلیون دلار	قیمت واحد	
۱۲/۱۱۷	۰/۱۴¢/kwh	مواد اولیه
۱۲/۹۸۲	۰/۱۵¢/kwh	یوتیلیتی
۱۲/۹۸۲	۰/۱۵¢/kwh	دستمزد
۱۲/۱۱۷	۰/۱۴¢/kwh	تعمیر و نگهداری
۲۳/۳۶۸	۰/۲۷¢/kwh	بالاسری پرسنل و بیمه
۳/۴۶۲	۰/۰۴¢/kwh	فروش، تحقیق و توسعه
۲۴/۸۹۵	---	استهلاک (در دوره ۲۰ ساله)
۱۰۱/۹۲۳		جمع

این محاسبات که برای جداسازی و تراکم CO₂ حاصل از سوختن ۱/۷ میلیارد متر مکعب در سال گاز طبیعی است، برای ظرفیتهای دیگر نیز قابل استفاده است.

مصرف

بیشترین مصرف دی اکسید کربن مایع در جهان در سال ۲۰۰۶ مطابق جدول زیر در آمریکا و اروپای غربی است. ملاحظه می شود کل مصرف جهانی در این سال بالغ بر ۱۲/۷ میلیون تن بوده است.^[۴]

مصرف دی اکسید کربن مایع در مناطق عمده جهان - ۲۰۰۶

هزار متریک تن

ژاپن	اروپای مرکزی و شرقی	اروپای غربی	کانادا	ایالات متحده آمریکا	
---	۸۷	۷۰۰	۲۵۰	۴۰۳۷	صنایع غذایی
۱۱۴	۳۱۸	۱۴۵۰	۹۹	۱۰۸۹	کربناسیون آشامیدنی ها
۳۶۱	۱۷۳	۱۰۵	۴۳	---	جوشکاری
۳۲۸	---	۶۴۹	۵۱۰	۲۳۹۸	سایر موارد
۸۰۳	۵۷۸	۲۹۰۴	۹۰۲	۷۵۲۴	جمع

*: در سایر موارد آمده است.

گاز دی اکسید کربن در تولید کربنات و بی کربنات سدیم و کربنات کلسیم ته نشینی کاربرد دارد. دی اکسید کربن جامد یا یخ خشک در انتقال مواد غذایی برای سرد سازی به کار می رود.^[۴]

با توسعه صنایع پتروشیمی، سیمان، آهن و فولاد و افزایش توان نیروگاههای حرارتی حجم بالایی از گاز دی اکسید کربن تولید می شود و مصرف این ماده در صنایع فوق جوابگوی میزان بالای تولید آن نیست و بخش عمده ای از این گاز به اتمسفر وارد می شود.

یکی دیگر از موارد استفاده از این گاز EOR یا ازدیاد برداشت نفت از مخازن نفتی است، که جدا برداشت اولیه و ثانویه می باشد. در برداشت اولیه، استخراج نفت بیشتر با استفاده از انرژی

داخلی مخزن، که توسط گازهای تحت فشار یا رانش طبیعی توسط آب ایجاد می‌شود، صورت می‌گیرد. در برداشت ثانویه، بیشتر از تزریق آب یا آبرویی استفاده می‌شود. به این ترتیب EOR به عنوان سومین مرحله برداشت مطرح می‌شود.^[۵]

برای این منظور حجم زیادی از دی اکسید کربن مورد نیاز است و برای انتقال این ماده در حجم بالا، خط لوله بهترین روش انتقال است. در آمریکا انتقال دی اکسید کربن از طریق خطوط لوله از سال ۱۹۷۲ آغاز شده است. در این سال بین ۲۸۰۰ تا ۳۲۰۰ هزار تن دی اکسید کربن برای ازدیاد برداشت از مخازن به کار رفته است. تا سال ۲۰۰۶ طولانی ترین خط لوله آمریکا ۵۰۲ مایل و قطور ترین خط ۳۰ اینچ قطر داشته و بیشترین ظرفیت خط ۱۱۰۰ میلیون فوت مکعب دی اکسید کربن در روز و میزان سالانه آن حدود ۳۴۰۰۰ هزار تن بوده است. پیش بینی می‌شود در سال ۲۰۱۰ حدود ۳۸۲۵۰ هزار تن دی اکسید کربن به مصرف EOR برسد.^[۴]

پس از پایان بهره برداری از چاه نیز می‌توان از مخازن خالی به عنوان محل مناسبی برای ذخیره کربن استفاده کرد.

ذخیره کردن کربن^[۶]

این روش مهمترین راه کاهش دی اکسید کربن هواست.

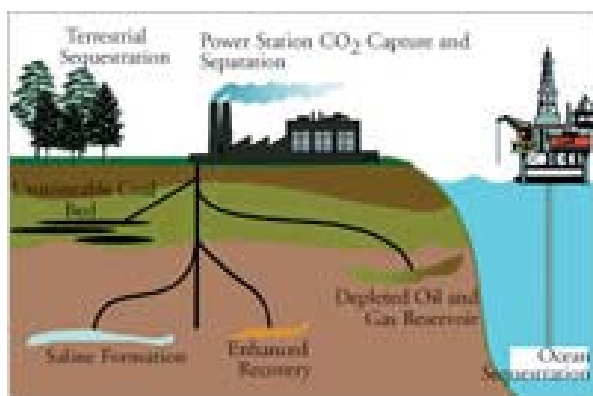
انواع مختلفی از سنگها و صخره ها وجود دارند که می‌توانند به صورت یک تله طبیعی عمل کرده و گازها و مایعات را در اعماق زمین چه در خشکی و چه در دریا نگه دارند. چنین صخره هایی معمولاً در اعماق بیش از یک کیلومتر قرار دارند و معمولاً از سنگهای متخلخلی درست شده اند که نظیر یک اسفنج سخت از نفت، گاز طبیعی یا آب شور پر هستند و بر روی آنها یک لایه نازک سنگ غیر قابل نفوذ^{□□} قرار دارد که مانع از نفوذ سیال موجود در تخلخل های اسفنج به سطح زمین می‌شود. این لایه ها به قدری در نگهداری مایعات و گازها مطمئن و موثرند که دهها میلیون سال قبل از اینکه توسط شرکت های کشف و بهره برداری در جستجوی سوخته های فسیلی کشف شوند، سیالات را در خود نگهداری کرده اند. البته دی اکسید کربن به طور طبیعی همراه با گاز و نفت و یا محلول در آب در این لایه های متخلخل حضور دارد.

دی اکسید کربن برای تزریق در لایه های متخلخل صخره ها باید در دمای بالا تحت اثر فشار بالا کاملاً فشرده شده و به یک سیال فوق بحرانی تبدیل شود، یعنی به اندازه مایع چگال و به اندازه گاز ویسکوز باشد. این بدان معنی است که می‌تواند به راحتی در فضای تخلخل ها تزریق شده و نفوذ کند در حالیکه حجم آن مثل مایع و خیلی کمتر از گاز باشد و بنابراین میزان زیادی از آن در فضای کوچکی از صخره متخلخل ذخیره می‌گردد. برای درک بهتر این موضوع باید گفت ۱۰۰ مترمکعب دی اکسید کربن در شرایط اتمسفری، می‌تواند در ربع فوت مکعب فضای تخلخل در عمق یک کیلومتری از سطح زمین نگهداری شود یعنی حجم آن تقریباً "ده هزار برابر کوچکتر می‌شود.

^I Storage

^{II} cap – rock

مخازن خالی نفت و گاز یکی از بهترین مکانهای نگهداری دی اکسید کربن هستند. معادن بلا استفاده ی زغال نیز به علت اینکه دی اکسید کربن توسط زغال جذب سطحی می شود، از انتخابهای مناسب هستند. حل کردن دی اکسید کربن در آب شور لایه های زیرزمینی نیز بسیار مناسب است چون آب نمک از آب خالص سنگینتر است و در بخشهای پایینی بسترها جمع می-شود و احتمال نفوذ آن به سطح کمتر خواهد بود.



ایران

مصرف: در کشور ما و با توجه به وجود چاههای نفت قدیمی متعدد، روش EOR بهترین روش کاهش دی اکسید کربن هواست.

بر اساس گزارش تراز نامه هیدروکربوری کشور در سال ۱۳۸۶، گاز تزریق شده به چاههای نفت طی سالهای ۱۳۷۶ تا ۱۳۸۶ بر حسب میلیون مترمکعب در روز به شرح زیر بوده است:^[۷]

میزان مصرف گاز سبک برای تزریق

میلیون متر مکعب در روز

سال	۱۳۷۶	۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶
میزان تزریق	۵۳/۵۴	۵۹/۰۵	۵۸/۳۵	۶۱/۵۲	۶۴/۲۶	۶۱/۰۲	۶۶/۷۵	۷۸/۷۸	۷۳/۳۸	۶۸/۸۰	۴۲/۴۴

اگر میزان حداقل یعنی ۴۲/۴۴ میلیون مترمکعب در روز را به عنوان مبنای محاسبات در نظر بگیریم، سالیانه حدود ۱۵/۵ میلیارد مترمکعب گاز برای تزریق به چاههای نفت مورد نیاز است که در صورت تزریق دی اکسید کربن به جای تزریق گاز به چاههای نفت، این حجم گاز را می توان صادر کرد. در جدول ملاحظه می شود که گاز تزریق شده تا دو برابر این مقدار نیز بوده است.

تولید دی اکسید کربن خالص: حجم دی اکسید کربن تولیدی در کشور بسیار قابل توجه است. بر اساس بررسی های به عمل آمده در مدیریت محترم برنامه ریزی و توسعه شرکت ملی صنایع پتروشیمی در سال ۸۳، واحدهای تولید گاز سنتز در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی در

ماهشهر در حدود ۱۰۸۰ هزار تن در سال دی اکسید کربن کاملا خالص تولید و روانه اتمسفر می- کنند. با در نظر گرفتن اینکه هر ۱۰۰۰ مترمکعب از این گاز تقریبا معادل ۱/۹۶ تن است، این رقم در حدود ۵۵۱ میلیون متر مکعب در سال است.

بالانس سالیانه CO₂ در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر)

الف- تولید	هزار تن	میلیون مترمکعب
- آمونیاک پتروشیمی رازی (بر اساس برنامه سال ۸۳)	۷۶۵	
- واحد آمونیاک سوم پتروشیمی رازی	۸۱۵	
- پتروشیمی مارون	۱۸۰	
- پتروشیمی اروند	۲۴۰	
ب- مصرف		
- واحد اوره ۱ پتروشیمی رازی	۱۸۴	
- واحد اوره ۲ پتروشیمی رازی	۲۲۶	
- پتروشیمی فن آوران	۳۳۰	
به ظرفیت رسیدن واحدهای آمونیاک و اوره در پتروشیمی رازی	۱۸۰	
مازاد CO₂	۱۰۸۰	۵۵۱

متاسفانه این رقم در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه) به حدود ۲۸۳۰ هزار تن در سال می رسد که معادل ۱۴۴۳ میلیون متر مکعب در سال است. به علاوه ۳۱۲ هزار تن در سال تولید CO₂ در پتروشیمی پارس معادل ۱۵۹ میلیون متر مکعب که به دلیل وجود سولفور در آن، در موازنه منظور نشده است.

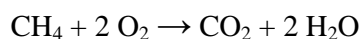
بالانس سالیانه CO₂ در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه)

الف- تولید	هزار تن	میلیون مترمکعب
- پتروشیمی پارس (به دلیل وجود سولفور در بالانس منظور نشده است)	۳۱۲	
- پتروشیمی جم	۱۸۰	
- آمونیاک دوم (اول عسلویه)	۱۲۵۰	
- آمونیاک سوم (دوم عسلویه)	۱۲۵۰	
- اوره و آمونیاک هشتم (مشارکتی)	۱۵۰	
ب- مصرف	۰	
مازاد CO₂	۲۸۳۰	۱۴۴۳

به این ترتیب و با یک نگاه می توان دید که در این دو منطقه حدود ۳/۹ میلیون تن معادل حدود ۲ میلیارد مترمکعب در سال دی اکسید کربن خالص و کاملا آمده برای مصرف در صنایع دیگر وجود دارد و می توان با در اختیار گذاشتن این ماده به طور رایگان، زمینه حضور سرمایه گذاران خصوصی کوچک را در صنایع پایین دستی فراهم و از امتیاز فروش گواهی کاهش انتشار دی اکسید کربن استفاده کرد.

با این اقدام بدون انجام هرگونه فعالیت یا سرمایه گذاری بیشتر و تنها با ترغیب بخش خصوصی به سرمایه گذاری در این زمینه می توان از درآمد حاصل از کاهش انتشار آن استفاده کرد. برای استفاده از این گاز به منظور EOR، تنها هزینه اضافه مورد نیاز، هزینه احداث خط لوله و بهره برداری از آن است.

تولید در واحدهای متمرکز سرویسهای جانبی: از سوی دیگر و بر اساس برآورهای شرکت ملی صنایع پتروشیمی، تنها در همین دو منطقه واحدهای بزرگ تولید سرویسهای جانبی نیز به شرح زیر گاز طبیعی مصرف می کنند. به دلیل اینکه سوختن هرمول گاز طبیعی، یک مول دی اکسید کربن تولید می کند و نسبتهای حجمی و مولی برابرند، سوختن هر متر مکعب گاز طبیعی به همین حجم دی اکسید کربن تولید خواهد کرد.



البته دی اکسید کربن تولیدی در این بخش همراه با ازت، اکسیژن اضافه و بخار آب بوده و باید از این مواد جدا شود:

تولید سالانه CO₂ در واحدهای متمرکز سرویسهای جانبی

منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی (ماهشهر)

واحد	گاز مصرفی = تولید CO ₂ (میلیون مترمکعب)	تولید CO ₂ (میلیون تن)
آب نیرو	۱۲۰۰	۲/۳۵۲
فجر ۱	۲۶۲۸	۵/۱۵۱
فجر ۲	۳۹۵۱	۷/۷۴۳
جمع کل	۷۷۷۹	۱۴/۳۶۳

تولید سالانه CO₂ در واحدهای متمرکز سرویسهای جانبی

منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه)

واحد	گاز مصرفی = تولید CO ₂ (میلیون مترمکعب)	تولید CO ₂ (میلیون تن)
مبین	۱۶۰۳/۷	۳/۱۴۳
توسعه مبین	۶۱۰	۱/۱۹۶
دماوند	۷۰۰/۸	۱/۳۷۴
جمع کل	۲۹۱۴/۱۵	۵/۷۱۳

مشاهده می شود که دی اکسید کربن تولیدی در واحدهای متمرکز سرویسهای جانبی دو منطقه حدود ۱۰/۷ میلیارد متر مکعب در سال است.

بنابر اطلاعاتی که در بخشهای قبلی ذکر گردید، برای جداسازی سایر مواد از ۱/۷ میلیارد متر مکعب در سال گاز خروجی از دودکش ۴۹۷/۹ میلیون دلار سرمایه گذاری نیاز است و هزینه بهره- برداری از واحد نیز حدود ۱۰۲ میلیون دلار در سال خواهد بود. منطقه ماهشهر ظرفیت مورد نیاز برای برج جذب حدود ۴/۶ برابر و در منطقه عسلویه حدود ۱/۷ برابر است. و هزینه سالیانه بهره برداری نیز به ۶/۳ برابر میزان فوق افزایش می یابد.

سرمایه مورد نیاز برای جداسازی دی اکسید کربن از گاز دودکش در ماهشهر و عسلویه

(معادل سالیانه ۱۰/۷ میلیارد متر مکعب دی اکسید کربن)

سرمایه ثابت مورد نیاز	۳۱۳۷	(میلیون دلار)
هزینه بهره برداری سالیانه	۶۴۳	(میلیون دلار)

با انجام این طرح میزان دی اکسید کربن قابل استفاده به منظور EOR به شرح زیر خواهد

بود:

دی اکسید کربن استحصال شده

میلیارد متر مکعب در سال

جمع	CO ₂ جداسازی شده از گاز دودکش در دو منطقه	CO ₂ خالص	
		منطقه عسلویه	منطقه ماهشهر
۱۲/۶	۱۰/۷	۱/۴	۰/۵

با استفاده از این گاز به جای گاز طبیعی (که حدود ۸۰ درصد گاز مورد نیاز برای تزریق در سال ۸۶ را فراهم می کند) و فروش گاز طبیعی، درآمد حاصل به شرح زیر خواهد بود. قیمت فروش داخلی این گاز، معادل ۲۰ سنت به ازاء هر متر مکعب^[۷]، نظر گرفته شده است. درآمد دوم طرح نیز فروش گواهی کاهش انتشار طرح خواهد بود:

درآمدهای سالیانه

مقدار	قیمت واحد	میلیون دلار	
۱۲/۶ * ۱۰ ^۹ M ^۳	۲۰ ¢/ M ^۳	۲۵۲۰	فروش گاز
۲۴/۷ * ۱۰ ^۶ ton CO ₂	۱۰ \$/ton CO ₂	۲۴۷	فروش انتشار
		۲۷۶۷	جمع

اگر هزینه سالیانه از درآمد سالیانه کسر شود، ملاحظه می شود که سود خالص حاصل حدود ۲۷۶۷ میلیون دلار در سال خواهد بود.

در صورت امکان استفاده از CO₂ دو منطقه و تمام شرکتها (شرکتهای فوق به علاوه شرکتهایی که خود واحد تولید برق و بخار دارند یا واحدهایی که گاز طبیعی را در کوره ها می-سوزانند)، می توان نیازهای آتی برای تزریق به چاهها را نیز تامین نمود.

جمع بندی

بهترین روش برای کاهش دی اکسید کربن هوا در ایران، جداسازی و به کار بردن این گاز به منظور ازدیاد برداشت نفت از چاههاست که تنها با استفاده از جداسازی و انتقال دی اکسید کربن خالص تولیدی در واحدهای فرآیندی و واحدهای سرویسهای جانبی دو منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی در عسلویه و ماهشهر، درآمدی حدود ۲/۷ میلیارد دلار در سال نصیب کشور می گردد. مزیت استفاده از این روش این است که حتی پس از پایان برداشت نفت از چاهها، می توان با ذخیره سازی دی اکسید کربن در چاهها، تا مدت زمان بیشتری از همان تجهیزات موجود برای کاهش انتشار دی اکسید کربن در هوا استفاده کرد و پس از پر شدن هر چاه تجهیزات مورد استفاده را برای استفاده در سایر چاهها به مکان دیگر منتقل کرد.

منابع:

1- " Clean Solutions For Power Generation", Lewis Milford and Allison Schumacher, From the July 2006 edition of eJournal USA.

2- http://www.co2captureproject.org/about_capture.html

3- " Carbon Capture From Natural Gas Power Generation", SRI Report NO.180A, December 2004

4- CEH Marketing Research Report, CARBON DIOXIDE, January 2007

۵- افزایش بهره وری نفت (EOR): دانشنامه آزاد ویکی پدیا

6- http://www.co2captureproject.org/about_storage.html

۷- "ترازنامه هیدروکربوری کشور سال ۱۳۸۶"، موسسه مطالعات بین المللی انرژی وزارت نفت

CO₂ Injection For Enhanced Oil Recovery

Mahta Momeni, Farah Ghotbi

National Petrochemical Company, Petrochemical Downstream Industries

Development Dept. (m.momeni@nipc.net, ghotbi@nipc.net)

Abstract: this article describes the different methods of capturing CO₂, as one of the most important greenhouse gases, from flue gas. It may use in petrochemical downstream industries, EOR or its sequestration in underground layers. The quantity of CO₂ by-product streams in Mahshahr and Assaluye zones is reviewed and the amount of economical factors such as investment, operating costs, revenue and benefit are calculated.

Key words: Greenhouse gases, CO₂, Capture, injection, EOR, Feasibility