

در سال ۱۹۹۶، نزدیک به ۴۰ میدان در فلات قاره کشور نروژ در حال تولید بوده و علاوه بر آن، چندین میدان جدید نیز در برنامه توسعه قرار داشته‌اند. برخی از میادین بزرگتر در مرحله بلوغ دوران بهره‌برداری بوده و تولید آن‌ها در شیب نزولی خود قرار داشته است. بنابراین، افزایش برداشت نفت (IOR) از مخازن این میادین از اهمیت خاصی برای شرکت‌های نفتی و سایر سازمان‌های ذی‌ربط برخوردار بوده است. به حداکثر رساندن منافع و عایدات از منابع طبیعی از یک سو و ایجاد فرصت‌های شغلی فراوان از سوی دیگر، اهمیت طرح‌های افزایش برداشت نفت (IOR) را نشان می‌دهد.

در این میان، پژوهش و توسعه (R&D) به عنوان ابزار مهمی در هماهنگی و موزون نمودن افزایش برداشت از مخازن فلات قاره به کار گرفته می‌شود، به طوری که بودجه سالانه در بخش پژوهش و توسعه مربوط به نفت در نروژ، تقریباً ۲ میلیارد کرون نروژ (حدود ۳۰۰ میلیون دلار آمریکا) می‌باشد. شرکت‌های نفتی ۸۰ درصد و سایر سازمان‌های ذی‌ربط و صنایع کشور نیز هر کدام ۱۰ درصد از کل هزینه‌های پژوهشی را تأمین می‌کنند. اگرچه تمام این ارقام در بخش افزایش برداشت هزینه نمی‌شود، لیکن فعالیت‌های پژوهشی مرتبط با طرح‌های افزایش برداشت، بخشی مهم و راهبردی از مجموعه فعالیت‌های پژوهش و توسعه را تشکیل می‌دهد. در این راستا، برنامه «RUTH» به صورت یکی

از الزامات و تعهدات قابل توجه، هم شرکت‌های نفتی و هم سایر سازمان‌های ذی‌ربط قرار گرفته و حمایت‌های مالی شرکت‌های نفتی حتی بالاتر از رقم مورد انتظار بوده است.

برنامه «RUTH»، بسیار بیشتر از یک مجموعه پروژه‌های پژوهش و توسعه که تحت لوای یک برنامه مشترک اجرا می‌شود، ایفای نقش می‌نماید، به طوری که این برنامه به عنوان تشریح مساعی نزدیک بین طرف‌های مشارکت‌کننده مطرح بوده و به اجرا درآمده است. این طرف‌ها عبارتند از شورای پژوهش نروژ، مدیریت نفت نروژ، شرکت‌های نفتی مشارکت‌کننده و مؤسسات تحقیقاتی داخلی و خارج نروژ.

برنامه «RUTH»، هم در داخل نروژ و هم در سطوح بین‌المللی جایگاه مناسب و ارزش قابل توجهی پیدا نموده است. این برنامه، حرکتی نوین به منظور تأکید روزافزون بر پژوهش‌های افزایش برداشت بوده و استفاده از روش‌های جدید را به منظور افزایش برداشت در فلات قاره نروژ در بر گرفته است. بدین ترتیب روش‌های جدیدی، مانند استفاده از فوم، ژل و روش تزریق متناوب آب و گاز (WAG) به کار گرفته شده‌اند. کاربرد این روش‌ها در تعدادی از میادین نروژ به صورت آزمایشی انجام پذیرفته و نتایج حاصل از برنامه «RUTH» در میادینی خارج از نروژ نیز به اجرا درآمده است.

## برنامه ریزی

## و اجرای

## برنامه‌های

## پژوهشی

## در زمینه

## از دید برداشت

## از مخازن

## در کشور نروژ

(بهره‌برداری بهینه

از مخازن هیدروکربوری

با استفاده از

فن آوری‌های پیشرفته (RUTH)

تهیه‌کننده: امور پژوهش و توسعه شرکت ملی نفت ایران

### برنامه «RUTH»

#### مقدمه

در این مجموعه، نتایج اصلی برنامه پژوهش و توسعه موسوم به «RUTH» و کاربرد آنان در مخازن هیدروکربوری به وسیله استفاده از فناوری‌های پیشرفته ارائه گردیده است. این برنامه به مدت ۴ سال (سالهای ۱۹۹۲ لغایت ۱۹۹۵) به طول انجامیده است. تشریح مساعی در زمینه روش‌های افزایش برداشت با همکاری شورای تحقیقات نروژ، مدیریت نفت نروژ، سازمان‌های تحقیقاتی نروژ و ۱۸ شرکت نفتی به انجام رسیده است. مجموع ارزش و هزینه‌های انجام شده ۱۰۶ میلیون کرون نروژ (حدود ۱۵ میلیون دلار آمریکا) بوده است. از این میزان هزینه انجام شده، شورای تحقیقات نروژ ۵۵



میلیون کرون و شرکت‌های نفتی ۵۱ میلیون کرون را تقبل نموده‌اند.

«RUTH» به‌وسیله صاحب‌نظران نروژی، به عنوان دنبال‌کننده اهداف برنامه پژوهشی دیگری موسوم به «اسپور»<sup>(۱)</sup> که توسط دولت حمایت می‌شد (در سال‌های بین ۱۹۸۵-۱۹۹۱) توسط شورای تحقیقات نروژ برنامه‌ریزی و آغاز گردید. پژوهش بر روی شش روش متمرکز و به صورت شش زیرشاخه پژوهشی تقسیم گردیده بود:

- تزریق گاز
- تزریق همزمان گاز و آب
- فوم
- ژل‌های پلیمری
- مواد شیمیایی کاهش‌دهنده نیروی کشش سطحی (Surfactants)
- روش‌های میکروبی

مجموعاً ۳۲ پروژه تحت زیرشاخه‌های پژوهشی مزبور انجام پذیرفت و نتایج اصلی پروژه‌ها به شکل مقالات فنی ارائه گردیده است. مؤسسات تحقیقاتی اجراکننده که دارای مسئولیت اصلی بودند، مرکز تحقیقات نفت (IKU) و مرکز تحقیقات آراف-روگالند<sup>(۲)</sup> بودند که مدیریت نفت نروژ، مسئولیت برنامه‌ریزی، مدیریت و هماهنگی‌های اداری برنامه را عهده‌دار بوده است. شرکت‌های نفتی که در این برنامه مشارکت داشته و از آن حمایت نموده‌اند عبارتند از:

- آمردا نروژ
- شرکت نفت آموکو نروژ
- بی‌بی نروژ
- کونوکو نروژ
- الف نروژ
- شرکت نفت اینترپرایز نروژ
- شرکت نفت ایده‌میتسو نروژ
- شرکت نفت ساگا
- شرکت حفاری نفت سونسکا
- شرکت حفاری موبیل نروژ
- نسته پترولیوم
- نورسک آجیب
- نورسک هیدرو
- نورسک شل
- آاس پلیکان
- شرکت نفت فیلیپس نروژ

- استات اوپل  
- توتال نروژ

### اهداف

هدف از اجرای برنامه RUTH، دنبال نمودن مباحث تحقیقاتی در برنامه اسپور بوده که به وسیله برنامه‌های دیگر پوشش داده نشده است و شامل آن دسته از موضوعات راهبردی می‌شود که برای بهینه‌سازی بازیافت نفت مهم می‌باشد. هدف اصلی این برنامه را به شرح زیر می‌توان بیان نمود:

- مشارکت در افزایش بازیافت نفت از مخازن ماسه سنگ و گچی منطقه فلات قاره نروژ، به منظور افزایش ذخیره به میزان ۳۰۰ میلیون مترمکعب، و با در نظر گرفتن محدودیت‌های فنی، زیست‌محیطی و حدود مسئولیت‌های مالی.

- برآورده ساختن نیازهای تحقیقاتی بلند مدت و ویژه سازمان‌های ذی‌ربط در ازدیاد برداشت نفت، به شکل پیشرفته و حفظ یک رقابت تحقیقاتی مستقل به صورتی که سازمان‌های ذی‌ربط قادر به مشاوره در ارتباط با مسئولیتشان در خصوص مدیریت منطقه فلات قاره نروژ باشند.

- مساعدت به گروه‌های تحقیقاتی نروژ به منظور ایجاد و توسعه یک گروه تخصصی شناخته شده بین‌المللی که بتواند مورد استفاده شرکت‌های نفتی قرار گرفته و به این ترتیب خدمات و سیستم‌های مرتبط را با ارزش افزوده‌ای معادل ۲۰ میلیون کرون نروژ (حدود ۳ میلیون دلار آمریکا) در سال به فروش برسانند.

اهداف دیگری که می‌توان علاوه بر موارد مذکور برشمرد، شامل تحقیقات کاربردی مرتبط با روش‌های پیشرفته بازیافت نفت می‌باشد که به کیفی نمودن فن‌آوری‌های پیشرفته، با ملحوظ نمودن آزمایش‌های میدانی کمک می‌نماید. این‌گونه روش‌ها، باید توان به اجرا درآمدن آن را در میادین نروژ، قبل از پایان قرن جاری میلادی، دارا باشد.

زمانی که این اهداف به صورت اصولی کلی مطرح و موضوعات برنامه‌ها تعریف گردید، تحقیقات جاری و با پایان یافته در سایر برنامه‌های پژوهشی مدنظر قرار گرفت. این برنامه‌های پژوهشی عبارتند از: برنامه تحقیقاتی

### به حداکثر رساندن

### منافع و عایدات از منابع طبیعی

### از یک سو

### و ایجاد فرصت‌های شغلی فراوان

### از سوی دیگر،

### اهمیت طرح‌های

### افزایش برداشت نفت را

### نشان می‌دهد

مشترک مخازن گچی که از سال ۱۹۸۲ در حال اجرا می‌باشد و به افزایش تولید هیدروکربور از مخازن گچی نروژ و دانمارک اختصاص یافته است؛ برنامه تحقیقاتی «پروفیت»<sup>(۳)</sup> که برای سال‌های ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۴ تعریف و برنامه‌ریزی گردیده و همچنین یک برنامه دیگر که به عنوان ادامه کار برنامه‌های پژوهشی «اسپور» بر روی «شناسایی عوامل مختلف مخازن» و «جریان نزدیک چاه» انجام پذیرفته است. یکی دیگر از این برنامه‌ها، تحقیقات نفتی اصولی بر روی تعریف و شناسایی عوامل مخازن و خواص سیالات حوضه‌ها و مخازن می‌باشد که توسط برنامه «پروپترو»<sup>(۴)</sup> از سال ۱۹۹۱ پوشش داده شده است. تمام مواردی که ذکر شد در برنامه RUTH به‌عنوان سابقه علمی-پژوهشی در زمینه علوم و فنون استفاده از روش‌های پیشرفته در تحقیقات کاربردی، به کار گرفته شده است.

اهداف مذکور برای زیرشاخه‌های پژوهشی به صورت جداگانه تعریف گردیده است که متناسب و در راستای اهداف برنامه اصلی می‌باشد.

### تشکیلات سازمانی

شورای تحقیقات نروژ، یک هیأت برنامه‌ریزی را به صورت تام‌الاختیار، جهت اجرای این برنامه منصوب نموده است. مدیر برنامه پژوهشی در شورای مذکور به هیأت برنامه‌ریزی گزارش نموده و مسئولیت قراردادهای پژوهشی، برنامه‌ریزی ملاقات‌ها و هماهنگی کلی و اداره نمودن روز به روز برنامه را عهده‌دار می‌باشد.

یک گروه کاری متشکل از نمایندگان شرکت‌های نفتی و مدیریت نفت نروژ، در ابتدای کار و در مراحل اولیه، مسائل مهم و محورهای تحقیقاتی را تعریف نمودند. این محورها شامل شش روش می‌شدند و شش زیرشاخه پژوهشی نیز برای آن‌ها برنامه‌ریزی شده بود.

چندین مؤسسه و سازمان تحقیقاتی نروژ برای شرکت و ارائه پیشنهاد در زیرشاخه‌های تحقیقاتی دعوت شدند و نهایتاً با انتخاب مؤسسه تحقیقاتی IKU و مرکز تحقیقاتی و آراف - روگالند به عنوان پیمانکاران اصلی خاتمه پذیرفت. IKU مسئولیت پژوهش تزریق گاز و تزریق ترکیبی گاز و آب و آراف روگالند، مسئولیت پژوهش در زمینه ژل‌های پلیمری و کاهش‌دهنده‌های نیروی کشش سطحی (Surfactants) و روش‌های میکروبی را برعهده داشتند و این دو مؤسسه تحقیقاتی، مشترکاً پژوهش در زمینه فوم را انجام می‌دادند. یک مجری از IKU و یا RF برای هر زیرشاخه پژوهشی انتخاب شده و مورد تأیید مراکز قرار گرفتند.

هر یک از شرکت‌های نفتی مشارکت‌کننده، حداقل یکی از شش زیرشاخه تحقیقاتی را با یک نرخ مشخص سالیانه مورد حمایت مالی قرار می‌دادند. مشارکت شرکت‌های نفتی از طریق قراردادهایی با مدیریت نفت نروژ برنامه‌ریزی

شده بود و این مدیریت همچنین عهده‌دار مسئولیت امور حسابداری وجوه و مبالغ پرداختی شرکت‌ها بود.

سه کمیته مشورتی فنی، متشکل از اعضای از شرکت‌های نفتی مشارکت‌کننده و مدیریت نفت نروژ، پروژه‌ها را با همکاری مدیر برنامه، نظارت، هدایت و راهبری می‌نمودند. کارشناسان صاحب نام و شناخته شده بین‌المللی از دانشگاه‌های آمریکا و انگلستان، به عنوان ناظر و ممیز فنی عمل می‌کردند و رهنمودهای لازم را براساس ارزیابی سالیانه از عملکرد فنی و مجموعه کار انجام شده، ارائه می‌دادند.

### مراحل اجرایی

ایجاد تشکیلات سازمانی که به آن اشاره شد، اقدامی اساسی در مرحله مقدماتی بود و این تشکیلات در طول اجرای برنامه حفظ گردید. IKU و آراف - روگالند قراردادهای اصلی را به عهده داشتند و چندین سازمان تحقیقاتی دیگر به عنوان پیمانکاران فرعی فعالیت می‌نمودند. سازمان‌های نروژی که در اجرای پروژه‌ها مسئولیت داشته و رهبری پروژه را برعهده داشتند، عبارت بودند از:

- مؤسسه تحقیقاتی نفتی IKU
- مرکز تحقیقاتی آراف روگالند

- مرکز ژئوماتیک
- دانشگاه علوم و فن آوری نروژ (NTNU)
- مؤسسه رسلب<sup>(۵)</sup>
- مؤسسه سینتف<sup>(۶)</sup>

همکاری بین‌المللی نیز بخشی از برنامه پژوهشی بود و این همکاری از طریق سازمان‌های تحقیقاتی فرانسه، انگلستان، روسیه و آمریکا تحقق یافت.

در سال ۱۹۹۲، فعالیت‌های پژوهشی در همه زیرشاخه‌های پژوهشی براساس کمک مالی شورای تحقیقات نروژ آغاز گردید و شرکت‌های نفتی، سپس برای مشارکت و بسط و توسعه شرح کار توصیفی دعوت شدند. مجموعه بودجه برای هر زیرشاخه پژوهشی به وسیله شرکت‌های نفتی که از آن حمایت نمودند، تعیین گردید.

بودجه و برنامه فعالیت برای پروژه‌ها به صورت جداگانه توسط هیأت برنامه‌ریزی برای سال‌های متوالی مورد تصویب قرار گرفت. مجریان پروژه‌ها، فعالیت‌های خود را به مجریان زیرشاخه‌های پژوهشی که نقشی سودمند و مؤثر در هماهنگ نمودن طرح‌ها، فعالیت‌ها، تهیه گزارش‌ها و برگزاری جلسات داشتند، گزارش می‌نمودند.

مجریان زیرشاخه‌های پژوهشی نیز گزارش‌های خود را به مدیر برنامه و به کمیته‌های مشورتی فنی ارائه می‌کردند. این



کمیتها و رؤسای آنان، نقش مرکزیت را در ارزیابی طرح‌های فعالیتی پیشنهادی برعهده داشتند. آن‌ها، پیشرفت پروژه‌ها را از طریق چهار جلسه کمیته در سال دنبال نموده و گزارش پیشرفت سه ماهه و سالیانه پروژه‌ها و یک گزارش فنی شامل موارد و نکات برجسته را دریافت می‌کردند.

تصمیم بر این بود که در طول مدت برنامه، کمیته‌ای که برنامه‌های پژوهشی را در زمینه تزریق گاز و تزریق ترکیبی آب و گاز دنبال می‌نماید، به جهت بحث‌ها و تبادل نظر در زمینه جزئیات پروژه‌های مربوطه، بسیار بزرگ در نظر گرفته شود. به این ترتیب، سه گروه کاری تحت نظر این کمیته با هدف در اختیار قرار دادن سوابق علمی کافی به محققان، شکل گرفت.

کارگاه‌های آموزشی با حضور شرکت‌کنندگان خارجی برای همه زیرشاخه‌های پژوهشی ترتیب داده شد. این کارگاه‌ها به مثابه همایش‌های با ارزشی به منظور تبادل نتایج و بحث در مورد مسائل میان محققان و کارشناسان شرکت‌های نفتی عمل می‌نمود. نتایج تحقیقات به شکلی وسیعتر، برای شرکت‌کنندگان در همایش‌های سالیانه مدیریت نفت نروژ ارائه می‌گردد.

جنبه مهم این برنامه، همکاری در زمینه ارزیابی امکانات بالقوه و اجرای پروژه‌ها در میداین به صورت آزمایشی بود. این فعالیت شامل سه روش می‌شد: فوم، ژل و تزریق متناوب آب و گاز. آزمایش‌هایی که در میداین نفتی به مرحله اجرا درآمده بود، شامل فوم و تزریق متناوب آب و گاز می‌گردید. یک گروه ضربت اجرای آزمایشی پروژه‌ها برای دو زیرشاخه پژوهشی تشکیل گردید و نظرات سازنده‌ای در جلسات و گردهم‌آیی‌ها ارائه گردید، به ترتیبی که عاملان و مجریان ضمن ارائه طرح‌های آزمایشی خود، می‌توانستند عقاید و نظریات خود را با محققان و کارشناسان شرکت‌های نفتی به بحث بگذارند. علاوه بر آن، محققان در مقاطع زمانی مشخص، در داخل تشکیلات سازمانی شرکت‌های عامل و تولیدکننده نفت فعالیت مشترکی داشتند. علاوه بر منفعتی که این اقدام برای شرکت‌های نفتی در برداشت، محققان نیز تجربیات عملیاتی با ارزشی را به تخصص‌های قبلی خود اضافه نمودند. به عنوان بخشی از این همکاری، مجریان و عاملان بخش‌های تولیدی، نتایج تفصیلی بیشتری را از طرح‌های آزمایشی در اختیار جلسات قرار دادند. این موضوع، دلالت ضمنی بر بازبودن و قابل دسترس بودن

هرچه بیشتر نتایج طرح‌های آزمایشی داشته و به ایجاد و توسعه پروژه‌های آزمایشی بر اساس اصول تجربی کمک می‌نماید.

## نتایج

نتایج مهمی از تمامی شش زیر شاخه پژوهشی برنامه RUTH کسب گردیده است. اکثر پروژه‌ها به اهداف از قبل تعریف شده‌ای نائل آمدند، ولی در مورد برخی پروژه‌ها، اهداف در طول مدت انجام پروژه با تغییراتی تنظیم گردید. دستاوردهای اصلی و نتایج مربوطه به صورت کامل منتشر گردیده است و از سوی دیگر، در طول مدت انجام پروژه‌ها، در حدود ۷۰ مقاله برای ارائه در کنفرانس‌های بین‌المللی و مجلات فنی نفتی پذیرفته شده‌اند. این امر، خود نشاندهنده رعایت استانداردهای حرفه‌ای از جانب محققان مشارکت‌کننده بوده است. گزارش فنی تفصیلی نیز در حال حاضر قابل دسترس عموم بوده و انتشار یافته است.

با در نظر گرفتن اهداف برنامه RUTH، کاملاً بدجا و منطقی است که این سؤال مطرح شود، آیا این برنامه در افزایش ذخایر نفت نروژ به میزان ۳۰۰ میلیون مترمکعب موفق عمل نموده است. جواب این سؤال مثبت است، زیرا در ۲۳ میدان نفتی در حال تولید و یا تصویب شده جهت توسعه در دسامبر ۱۹۹۱، میانگین ضریب بازیافت مورد انتظار از ۳۴ درصد به ۴۱ درصد در طول مدت برنامه افزایش یافته است. این افزایش در ضریب بازیافت، حدود ۴۰۰ میلیون مترمکعب نفت به ذخایر قبلی اضافه خواهد کرد. علاوه بر این، ذخایر موجود همچنین به علت افزایش نفت در جا نسبت به تخمین‌های اولیه، افزوده گردیده است.

این توسعه و ترقی مثبت، آشکارا مدیون عوامل مختلف متعددی است. برنامه RUTH، بدون شک مشارکت فعالی در آغاز نمودن و ارزیابی پروژه‌های آزمایشی به منظور کیفی نمودن روش‌های پیشرفته و جدید داشته است. در طول مدت برنامه، فعالیت‌های آزمایشی در زمینه تزریق متناوب آب و گاز، فوم و ژل در فلات قاره برقرار و ایجاد گردیده و انجام فعالیت‌های آزمایشی و کاربردهای میدانی بیشتری برای آینده برنامه‌ریزی شده است. امکان استفاده از گاز برای اهداف ازدیاد برداشت نفت (IOR)، مانند تزریق گاز یا تزریق ترکیبی آب و گاز، اکنون در حال ارزیابی جهت به‌کارگیری در بسیاری از میداین نروژ بوده و طرح‌های قاطع

## مهمترین دستاورد

### برنامه پژوهشی RUTH

### افزایش میانگین ضریب بازیافت

در ۲۳ میدان نفتی نروژ

از ۳۴ درصد به ۴۱ درصد

در طول مدت برنامه بوده

که این افزایش در ضریب بازیافت

حدود ۲/۵ میلیارد بشکه نفت

به ذخایر قبلی افزوده است

دیگری برای برخی میداین وجود دارد. بنابراین، افزایش ذخایر نروژ در آینده براساس تزریق گاز می‌تواند قابل توجه باشد.

استفاده از مواد شیمیایی کاهش دهنده نیروی کشش سطحی (Surfactants)، از شروع برنامه RUTH به عنوان موضوعی موضوع با مخاطرات زیاد، ولی با ظرفیت بالقوه فنی بالا مطرح بوده است. اگرچه تحقیقاتی عالی انجام پذیرفت، لیکن تزریق کاهش دهنده‌ها (Surfactants) در شرایط کنونی قیمت نفت، غیر اقتصادی می‌باشد. در مقایسه با سایر روش‌های ارزیابی شده، روش میکروبی از نظر فنی نیاز بیشتری به رشد و طی مراحل تکمیلی خواهد داشت. این روش در میداین فلات قاره در طول مدت برنامه مورد آزمایش قرار نگرفته است، ولی روش میکروبی امکان آن را دارد تا از لحاظ هزینه‌ای، بتواند به عنوان یک روش ازدیاد برداشت تأثیرگذار در آینده مطرح گردد. ■

## پی‌نوشت:

1. SPOR
2. RF-Rogaland
3. PROFIT
4. PEROPETRO
5. Reslab
6. SINTEF

## منبع:

مجموعه برنامه تحقیقاتی نروژ در زمینه IOR موسوم به RUTH