

## مطالعه جامع لایه های شیلی سازند بورگان بانگش به مسئله پایداری دیواره

### چاه

محمد سلیمانی<sup>۱\*</sup>، سعیده رعیت دوست<sup>۲</sup>

<sup>۱\*</sup>مربی پژوهشگاه صنعت نفت

<sup>۲</sup>کارشناس پژوهشگاه مهندسی نفت

\*soleymanim@ripi.ir

(دریافت: تیر ۱۳۹۳، پذیرش: شهریور ۱۳۹۳)

### چکیده

این مطالعه قصد دارد تا میان لایه‌های شیلی سازند بورگان در این میدان نفتی را از دیدگاه پایداری دیواره چاه شناسایی کند. در روند انجام این مطالعه مجموعه‌ای از اطلاعات و نمونه‌ها شامل نمونه‌های مغزه از میدان تهیه شده و یک مطالعه موردی با جزییات ارائه می‌شود. برای تعیین کانی شناسی نمونه‌ها آزمایشات پراش اشعه ایکس روی نمونه‌های توده‌ای انجام گرفته است. کانی‌های رسی نمونه‌ها استخراج شده و به روش‌های نرمال، حرارتی و اشباع اتیلنی آماده‌سازی شده و مجدداً آزمایشات پراش اشعه ایکس انجام گرفتند. مرحله بعد مطالعه با میکروسکوپ الکترونی و اندازه‌گیری ظرفیت تعویض کاتیونی<sup>۱</sup> نمونه‌ها می‌باشد. با طیف سنجی پرتو گاما و استفاده از کراس پلات نوع کانی‌های رسی نمونه‌ها مشخص گردیدند. کوارتز و کانی‌های رسی کائولینیت و ایلیت فراوانترین کانی‌های موجود در نمونه‌ها محسوب می‌شوند. سازند شیلی مورد مطالعه تمایل چندانی به آبگیری و تورم از خود نشان نمی‌دهد و مشکل آماس در تماس با سیالات حفاری پایه آبی را ندارد. پایین بودن مقادیر ظرفیت تبادل کاتیونی این مسئله را تایید می‌کند. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نیز نفوذپذیری پایین سنگ را نمایش می‌دهد. می‌توان نمونه‌ها را جزء گروه شیل‌های ورقه‌ای و شکننده تقسیم بندی کرد که به هنگام حفاری می‌توانند منجر به شکست سازند در امتداد سطوح لایه‌بندی و ریزش دیواره چاه گردند. طراحی شیمیایی سیال حفاری در حل مشکل ناپایداری دیواره چاه در این سازند چندان موثر نخواهد بود و تنها ممانعت از نفوذ فشار و سیال حفاری با استفاده از مواد پرکننده می‌تواند پایداری را بهبود بخشد. مناسبترین روش در پایدارسازی دیواره چاه در این سازند استفاده از روش‌های مکانیک سنگی مانند انتخاب جهت و شیب مناسب چاه می‌باشد.

**کلمات کلیدی:** سازند بورگان، پایداری دیواره چاه، ریزش شیل، کانی رسی، شیل‌های ورقه‌ای

<sup>1</sup> Cation Exchange Capacity

## ۱. مقدمه

شیل‌ها سنگ‌های رسوبی دانه‌ریزی هستند که مقادیر متوسط به بالا از کانی‌های رسی دارند. ویژگی مشخصه شیل‌ها ورقه‌ورقه شدن یا شکستن آنها در امتداد سطوح لایه‌بندی است. این سنگ‌ها به علت ویژگی‌های خاصشان عامل بسیاری از مشکلات در حین عملیات حفاری هستند. برخی از عوامل مکانیکی مانند فشار گل حفاری، تنش‌های حرارتی، ضربه زدن و مکش به دلیل حرکت رشته حفاری و یا حرکت پلاستیکی شیل‌ها و عوامل شیمیایی مانند هیدراسیون یا دفع آب می‌تواند باعث تغییر شکل و یا تخریب شیل‌ها و در نهایت ایجاد مشکلات در عملیات حفاری شوند. از نتایج ناپایداری شیل‌ها می‌توان به مشکلاتی مانند ناپایداری دیواره چاه، افزایش گشتاور و دراگ در رشته حفاری، هرزروی گل، افزایش جامدات گل، افزایش قطر چاه، سیمان‌کاری ضعیف، تنگ شدن چاه و یا گیر کردن رشته حفاری اشاره کرد. این مشکلات را می‌توان با روش‌های مکانیکی مثل طراحی شیب و جهت مناسب چاه، افزایش وزن گل یا تراشیدن دیواره چاه و یا روش‌های شیمیایی مثل استفاده از سیالات حفاری طراحی شده برطرف کرد. مجموع این مشکلات هر ساله به اتلاف زمان و هزینه‌های بسیار زیاد در صنعت حفاری منجر می‌شوند [۴۱].

یک برنامه کاهش مشکلات حفاری و هزینه‌ها در سازندهای شیلی همواره شامل یک مرحله مطالعه جامع سازند شیلی می‌باشد. اهداف اولیه شناسایی شیل‌ها تعیین نوع کانی‌های رسی موجود در نمونه شیل، خصوصیات سیال موجود در حفره شیل، مقدار فعالیت شیل و تعیین ویژگیهای مشکل ساز شیل‌ها مثل آماس و پراکندگی و غیره می‌باشد. تعیین خصوصیات فیزیکی شیل بایستی دومین گام باشد. این امر مستلزم بررسی میزان سختی، شکنندگی، تعداد شکستگی (اعم از شکستگی‌های خیلی باز تا درزه‌های ریز بموازات سطوح چینه بندی) و تشخیص شکستگی‌هایی که پر شده‌اند یا با یک ماده محلول سیمان شده‌اند می‌باشد. روش‌های شناسایی شیل‌ها شامل روش‌های مستقیم و غیر مستقیم می‌باشند. روشهای مستقیم مثل مطالعه عکس‌های میکروسکوپ الکترونی (SEM)<sup>۲</sup>، مطالعه پراش اشعه ایکس (XRD)<sup>۳</sup> و فلورسانس اشعه ایکس (XRF)<sup>۴</sup> می‌باشد. روش‌های غیر مستقیم مثل شناسایی پتروفیزیکی شیل‌ها، مطالعه وضعیت پایداری چاه در چاه‌های حفر شده و غیره هستند. برای دستیابی به نتایج دقیق در آزمایشات شناسایی شیل‌ها نمونه‌ها باید شرایط اولیه خود را حفظ کرده باشند. مطالعات و تحقیقات فراوان برای شناخت و درمان دقیق مشکلات حفاری ناشی از شیل‌ها انجام شده‌اند اما هنوز راه حلی کامل برای این مشکلات ارایه نشده است. همه متخصصان بر این باورند که نمی‌توان دستورالعملی واحد در سطح جهانی برای رفع مشکلات شیل‌ها پیشنهاد داد بلکه باید برای هر منطقه براساس مشکلات خاص موجود بهترین راه حل ممکن را ارایه کرد [۵، ۱۳].

## ۲. روش کار و بحث

### ۱.۲ نمونه برداری

شناسایی و تشخیص کانی‌های رسی با نمونه‌برداری آغاز می‌شود. با توجه به نوع و تعداد آزمایش‌ها به مقدار لازم از مغزه‌ها و کنده‌های شیلی سازند نمونه‌برداری می‌شود. بهتر است محل دقیق نمونه‌برداری برای هر کدام از آزمایش‌ها در نقشه منطقه

<sup>۲</sup> Scanning Electron Microscopy

<sup>۳</sup> X-Ray Diffraction

<sup>۴</sup> X-ray fluorescence

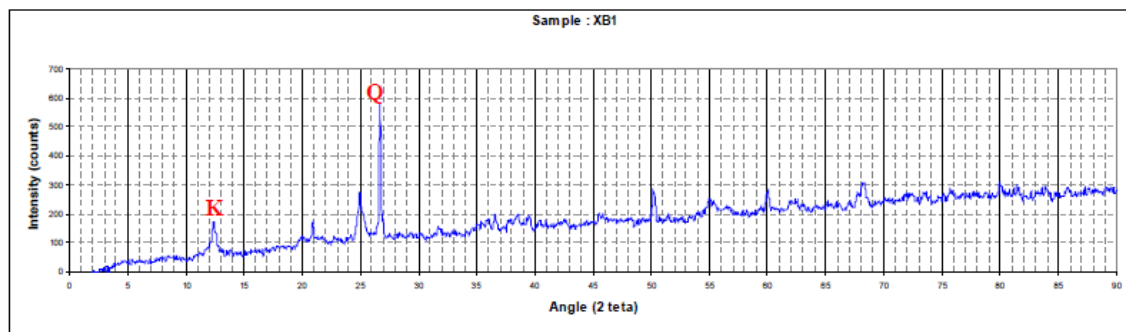
مشخص شود. سازند بورقان با سن کرتاسه از مهمترین سنگ مخزن های هیدروکربوری خلیج فارس محسوب می شود. سازند بورگان میدان نفتی متشکل از ماسه سنگ های خیلی دانه ریز تا دانه متوسط، رس سنگ، شیل های آهکی و توالی های محدود کربناته می باشد [۸ و ۲]. با توجه به نوع آزمایشات به تعداد و مقدار مورد نیاز از مغزه های شیلی سازند بورگان مربوط به عمق ۲۲۰۸ تا ۲۲۵۴ چاه X میدان که توسط کارفرما در اختیار قرار گرفته بود نمونه برداری صورت گرفت. آزمایشات و روشهای شناسایی با استفاده از تجارب آزمایشگاهی همکاران در پژوهشگاه صنعت نفت و همچنین نتایج مطالعات مقالات چاپ شده مرتبط تعیین و اجرایی گردید [۳]. این نمونه ها برای انجام آزمایشات لازم جهت مطالعه و شناسایی کانیهای رسی میان لایه های شیلی شامل آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)، مطالعه میکروسکوپ الکترونی (SEM)، آزمایش فلورسانس پرتو ایکس (XRF) و غیره مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

## ۲.۲ شناسایی کانی های رسی

بطور کلی خواص هر گونه سنگ رس اعم از شیل یا کلی استون با گروه اصلی کانیهای رسی موجود در آن مشخص می شود. مهمترین و فراوانترین این کانیهای رسی کائولینیت، ایلیت، مونتوریلونیت و کلریت می باشند. با توجه به اندازه بسیار ریز ذرات رسی، مطالعه آنها تنها با روشهایی ویژه مانند یکی از روشهای آنالیز پراش اشعه ایکس، مطالعه فلورسانس اشعه ایکس و یا با میکروسکوپ الکترونی ممکن است [۱۶]. علاوه بر نوع کانی رسی، برخی آزمایشات دیگر مثل اندازه گیری قابلیت تعویض کاتیونی (CEC<sup>۵</sup>) و طیف سنجسی پرتوهای گاما<sup>۶</sup> در آزمایشگاه قابل اندازه گیری اند [۳ و ۶].

## ۳.۲ مطالعات توده ای پراش اشعه ایکس<sup>۷</sup>

ذرات رس را به علت اندازه بسیار کوچکشان نمی توان با روشهای ماکرو یا میکروسکوپی مطالعه کرد. در این بخش از مطالعه، جهت شناسایی کانیهای اصلی تشکیل دهنده سنگ نمونه های انتخاب شده مورد مطالعه قرار گرفتن. گراف های آزمایشات پراش اشعه ایکس برای چهار نمونه انتخابی در اشکال ۱ تا ۴ ارائه شده اند. پیک های مربوط به کوارتز و کائولینیت در گراف ها مشخص شده اند. کانی های عمده تشکیل دهنده نمونه های شیلی سازند بورگان، کوارتز و کانی های رسی می باشند. نتایج حاصل از آزمایشات شامل عمق نمونه ها و درصد نیمه کمی کانی های تشکیل دهنده سنگ ها در جدول ۱ مشاهده می شود.

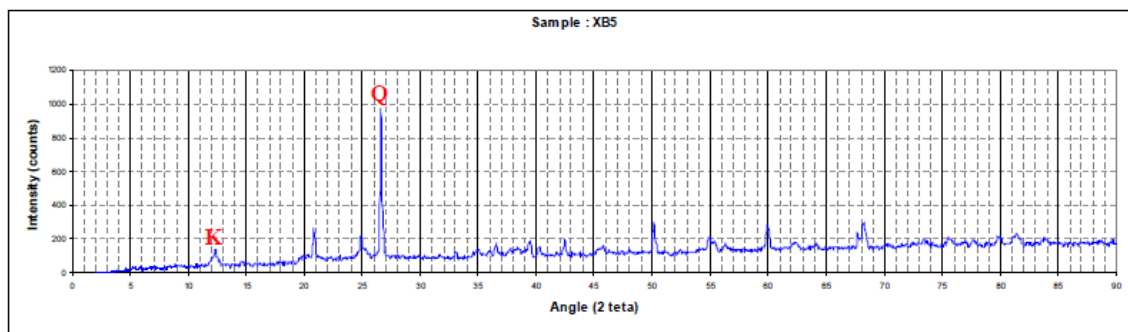


<sup>5</sup> Cation Exchange Capacity

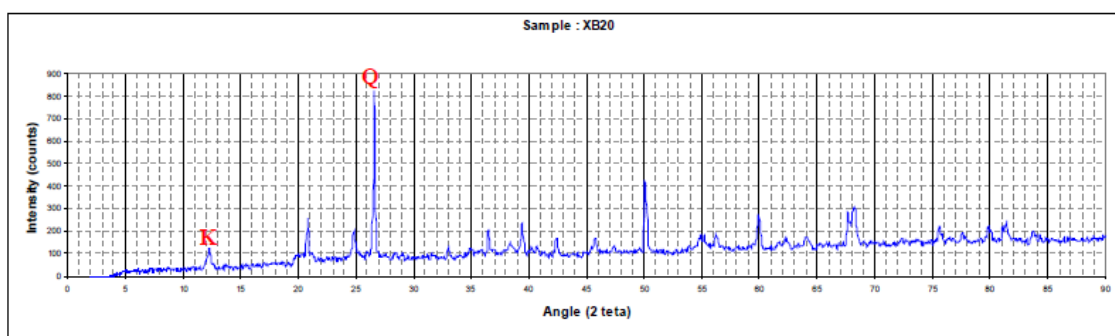
<sup>6</sup> Gamma ray Spectrometry

<sup>7</sup> Bulk XRD

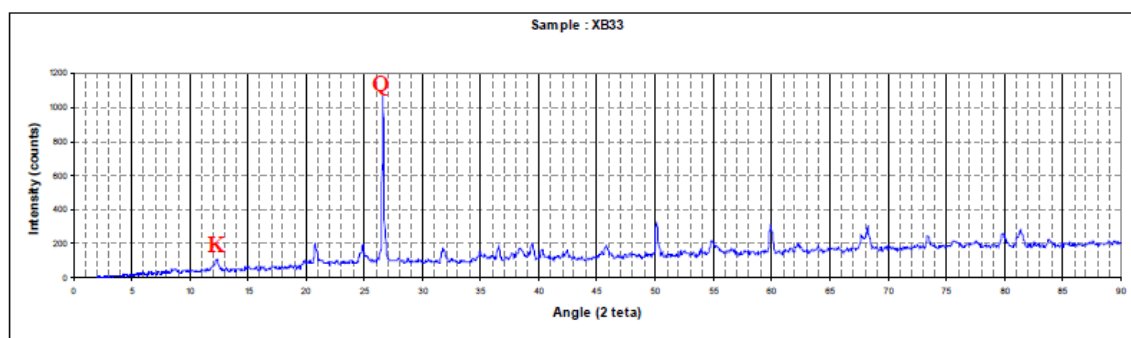
شکل ۱: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به نمونه XB1



شکل ۲: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به نمونه XB5



شکل ۳: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به نمونه XB20



شکل ۴: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به نمونه XB33

جدول ۱: درصد نیمه کمی کانی های اصلی توسط پراش اشعه ایکس

| درصد کانی ها |       |       |         |        |           | نمونه | عمق     |
|--------------|-------|-------|---------|--------|-----------|-------|---------|
| هالیت        | پیریت | کلسیت | فلدسپات | کوارتز | کائولینیت |       |         |
| ۴            | ۱۵    | ۴     | ۴       | ۴۳     | ۲۲        | XB-1  | ۲۲۰۹/۲  |
| ۳            | -     | -     | ۲       | ۷۳     | ۱۱        | XB-4  | ۲۲۱۱/۷  |
| ۲            | ۱     | -     | ۲       | ۸۳     | ۹         | XB-5  | ۲۲۱۴/۹۵ |
| ۴            | ۳     | -     | -       | ۶۲     | ۲۷        | XB-10 | ۲۲۱۸/۱  |
| ۱            | ۳     | ۱     | ۲       | ۸۲     | ۸         | XB-17 | ۲۲۲۳/۴۵ |

|   |   |   |   |    |    |       |         |
|---|---|---|---|----|----|-------|---------|
| ۱ | ۳ | ۱ | ۲ | ۷۶ | ۱۰ | XB-20 | ۲۲۲۴/۶۵ |
| ۱ | ۲ | ۱ | ۲ | ۸۲ | ۸  | XB-23 | ۲۲۲۶/۶۵ |

ادامه جدول ۱

|    |   |   |   |    |    |       |        |
|----|---|---|---|----|----|-------|--------|
| ۳  | ۷ | ۳ | - | ۵۸ | ۲۵ | XB-28 | ۲۲۳۵   |
| ۱۱ | ۱ | ۲ | ۲ | ۷۲ | ۱۰ | XB-33 | ۲۲۵۳/۸ |

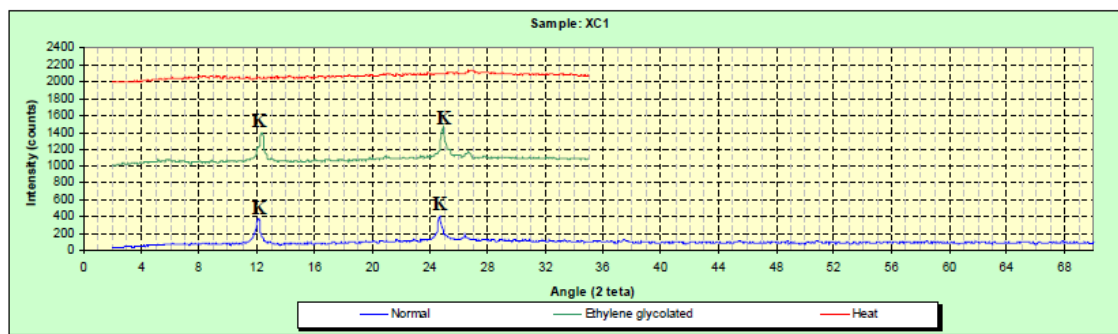
#### ۴.۲ مطالعات پراش اشعه ایکس برای بخش رسی<sup>۸</sup>

در شناسایی کانی رسی کائولینیت در حضور سایر رس ها به علت همپوشانی پیک ها مشکلاتی وجود دارد. به منظور شناسایی دقیق تر انواع کانیهای رسی موجود در نمونه های سنگ و همچنین درصد نیمه کمی هر یک از آنها بخش رسی نمونه های سازند استخراج شده و با روش های نرمال حرارتی و اشباع اتیلن گلیکولی به شرح زیر آماده سازی شدند. پس از پودر کردن نمونه ها، به منظور حذف کانیهای کربناته، سیلیسی و مواد آلی، نمونه ها به ترتیب، در معرض اسید کلریدریک، اسید فلوریدریک و آب اکسیژنه قرار گرفتند. پس از حذف مواد کربناته، سیلیسی و آلی، بخش باقیمانده با ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شده و در استوانه مدرج ریخته می شود و با استفاده از قانون استوک و روش کاربردی معمول در دانشگاه استراسبورگ فرانسه جداسازی کانیهای رسی صورت می گیرد. کانیهای رسی جدا شده پس از انتقال روی ۳ لامل جداگانه، به صورت سه نمونه متفاوت جهت مطالعه با اشعه ایکس آماده شدند، این سه نمونه عبارتند از:

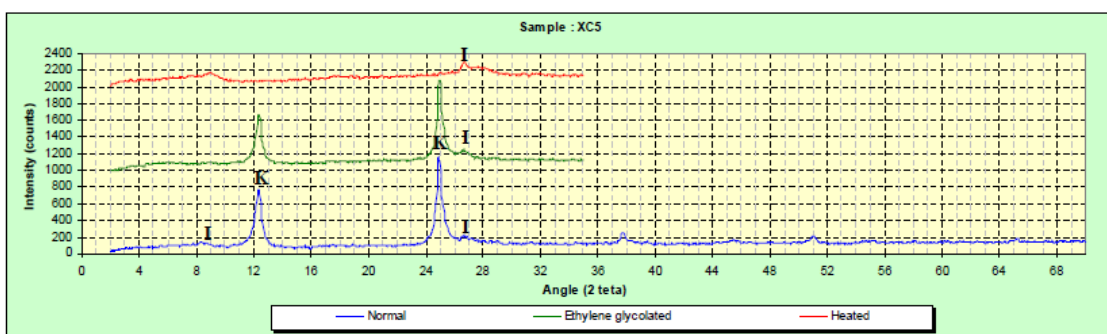
۱. اولین نمونه در درجه حرارت معمولی خشک شده و به عنوان نمونه نرمال شناخته می شود.
۲. دومین نمونه در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و حداقل به مدت ۱۶ ساعت با اتیلن گلیکول اشباع می گردد.
۳. سومین نمونه به مدت ۲ ساعت در معرض حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار می گیرد.

هر یک از کانیهای رسی می توانند روی هر یک از پیک های نرمال، اتیلن گلیکول و حرارتی تقویت شده یا از بین بروند و به این ترتیب قابل شناسایی باشند. گراف های آزمایشات پراش اشعه ایکس برای بخش رسی چهار نمونه انتخابی در اشکال ۵ تا ۸ ارائه شده اند. نمودار مربوط به نمونه های نرمال، اشباع با اتیلن گلیکول و حرارتی جدا شده اند. پیک مربوط به کائولینیت در نمودارهای نمونه های نرمال و اشباع با اتیلن گلیکول بخوبی قابل مشاهده می باشد، اما به دلیل از بین رفتن کائولینیت در درجه حرارت ۵۵۰ درجه سانتیگراد پیک آن در نمودار مربوط به نمونه حرارتی حذف می گردد. بالعکس پیک مربوط به کانی ایلیت در نمودار نمونه حرارتی نسبت به دو نمودار دیگر تقویت شده و بهتر قابل مشاهده می باشد [۶]. تفسیر مینرالوژی این نمودارها حاکی از این است که کوارتز، کائولینیت، ایلیت و به مقدار کمی اسمکتیت کانیهای اصلی تشکیل دهنده این نمونه های شیلی می باشند. کائولینیت مهم ترین کانی رسی موجود در سازند بورگان محسوب میشود، بطوری که آنالیز نیمه کمی نمونه ها که با توجه به محاسبات سطح زیر منحنی صورت گرفته نشان میدهد که کائولینیت حدود ۸۷ درصد از کانیهای رسی موجود در نمونه را به خود اختصاص داده است در صورتیکه درصد ایلیت در نمونه های مختلف از کمتر از ۷ درصد تا حداکثر ۱۴ درصد تغییر می کند. نتایج حاصل از آزمایشات شامل عمق نمونه ها و درصد نیمه کمی کانی های رسی تشکیل دهنده سنگ ها در جدول ۲ مشاهده می شود.

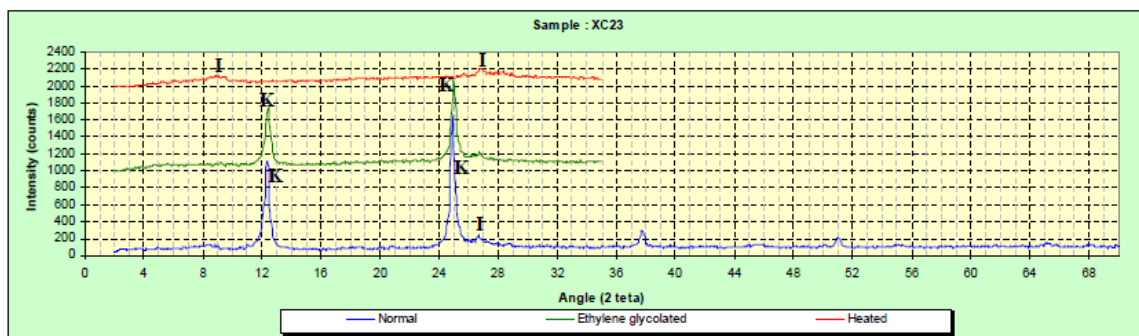
<sup>8</sup> XRD Clay Fraction



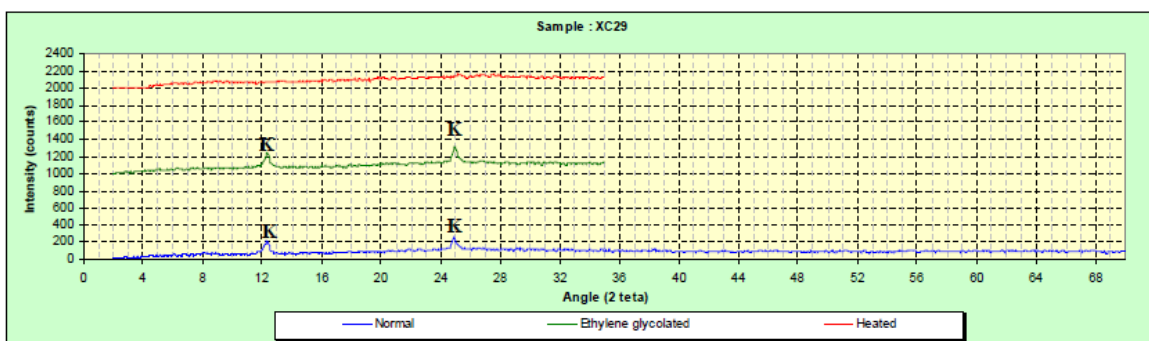
شکل ۵: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به بخش رسی نمونه XC1



شکل ۶: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به بخش رسی نمونه XC5



شکل ۷: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به بخش رسی نمونه XC23



شکل ۸: گراف پراش اشعه ایکس مربوط به بخش رسی نمونه XC29

جدول ۲: درصد نیمه کمی کانیهای رسی در تعدادی از نمونه های کلوییدی رس انتخابی از مغزه ها جهت شناسایی کانیهای رسی توسط پراش اشعه ایکس

| درصد فراوانی کانی ها |        |       |           | نمونه | عمق (متر) |
|----------------------|--------|-------|-----------|-------|-----------|
| فلدسپات              | کوارتز | ایلیت | کائولینیت |       |           |
| ۰                    | ۱۰     | ۹     | ۸۱        | XC-1  | ۲۲۰۸/۹۰   |
| ۰                    | ۱۰     | ۱۲    | ۷۸        | XC-4  | ۲۲۱۱/۴۰   |
| ۰                    | ۵      | ۸     | ۸۷        | XC-5  | ۲۲۱۴/۶۵   |
| ۰                    | ۱۴     | ۸     | ۷۸        | XC-11 | ۲۲۱۸/۱۰   |
| ۰                    | ۵      | ۷     | ۸۸        | XC-17 | ۲۲۲۳/۱۵   |
| ۰                    | ۷      | ۱۰    | ۸۳        | XC-19 | ۲۲۲۴/۰۰   |
| ۰                    | ۵      | ۱۲    | ۸۳        | XC-23 | ۲۲۲۶/۳۵   |
| ۰                    | ۴      | ۱۲    | ۸۴        | XC-29 | ۲۲۳۳/۵۰   |
| ۱                    | ۳      | ۱۵    | ۸۱        | XC-34 | ۲۲۵۴/۱۰   |

## ۲.۵ آزمایشات فلورسانس اشعه ایکس (X-ray Fluorescence Spectrometry) XRF

با استفاده از نتایج آزمایش فلورسانس اشعه ایکس می توان به درصد عناصر مختلف در یک نمونه پی برد. جهت شناسایی دقیق نمونه ها و اظهار نظر در مورد کانی های تشکیل دهنده آنها تعداد ۳ نمونه مورد بررسی و آنالیز قرار گرفت که عمق نمونه ها همراه با نتایج آزمایشات در جدول ۳ ارائه گردیده است. کوارتز کانی اصلی تشکیل دهنده نمونه های سازند بورقان می باشد به علاوه نمونه ها دارای مقداری کائولینیت نیز می باشند. نتایج حاصل از آزمایشات فلورسانس اشعه ایکس نتایج بدست آمده از آزمایشات پراش اشعه ایکس را تایید می کند. آنالیز کلی نمونه ها بوسیله پراش اشعه ایکس حاکی از این است که به طور کلی، درصد کائولینیت در نمونه ها کمتر از ۳۰ درصد می باشد (جدول ۱). حال آنکه آنالیز فلورسانس اشعه ایکس در نمونه ها نشان میدهد که درصد  $Al_2O_3$  بیش از ۲۰ درصد است. از طرفی  $Al_2O_3$  عمدتاً در ترکیب کانی های رسی بویژه کائولینیت با فرمول  $Al_4(OH)_8[Si_4O_{10}]$  قرار می گیرد. در این ترکیب، مقدار اکسید های مختلف  $SiO_2$ ،  $Al_2O_3$  و  $H_2O$  به ترتیب برابر ۴۶/۶۵، ۳۹/۵ و ۱۴ درصد میباشد بنابر این در نمونه های شیلی سازند با مقدار  $Al_2O_3$  بیش از ۲۰ درصد، مقدار کائولینیت حداقل در محدوده ۴۵ تا ۵۵ درصد متغییر خواهد بود. همانطور که ملاحظه می شود نتایج نیمه کمی حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس مقادیر کمتری نسبت به آنالیز فلورسانس اشعه ایکس نشان میدهد. با توجه به وجود ترکیبات آمورف همچون بیتومین و مواد آلی و همچنین کانی فلزی پیریت در تمام نمونه ها، به نظر می رسد که وجود این ترکیبات پیک های حاصل از آنالیز پراش اشعه ایکس را تحت تاثیر قرار داده به طوری که پیک کائولینیت شدت کمتری نشان می دهد حال آنکه نتایج حاصل از آنالیز فلورسانس اشعه ایکس متاثر از وجود چنین ترکیباتی نبوده است و بنابراین به نظر می رسد که نتایج واقعی تری نشان دهد

جدول ۳: درصد عناصر تشکیل دهنده سه نمونه انتخابی

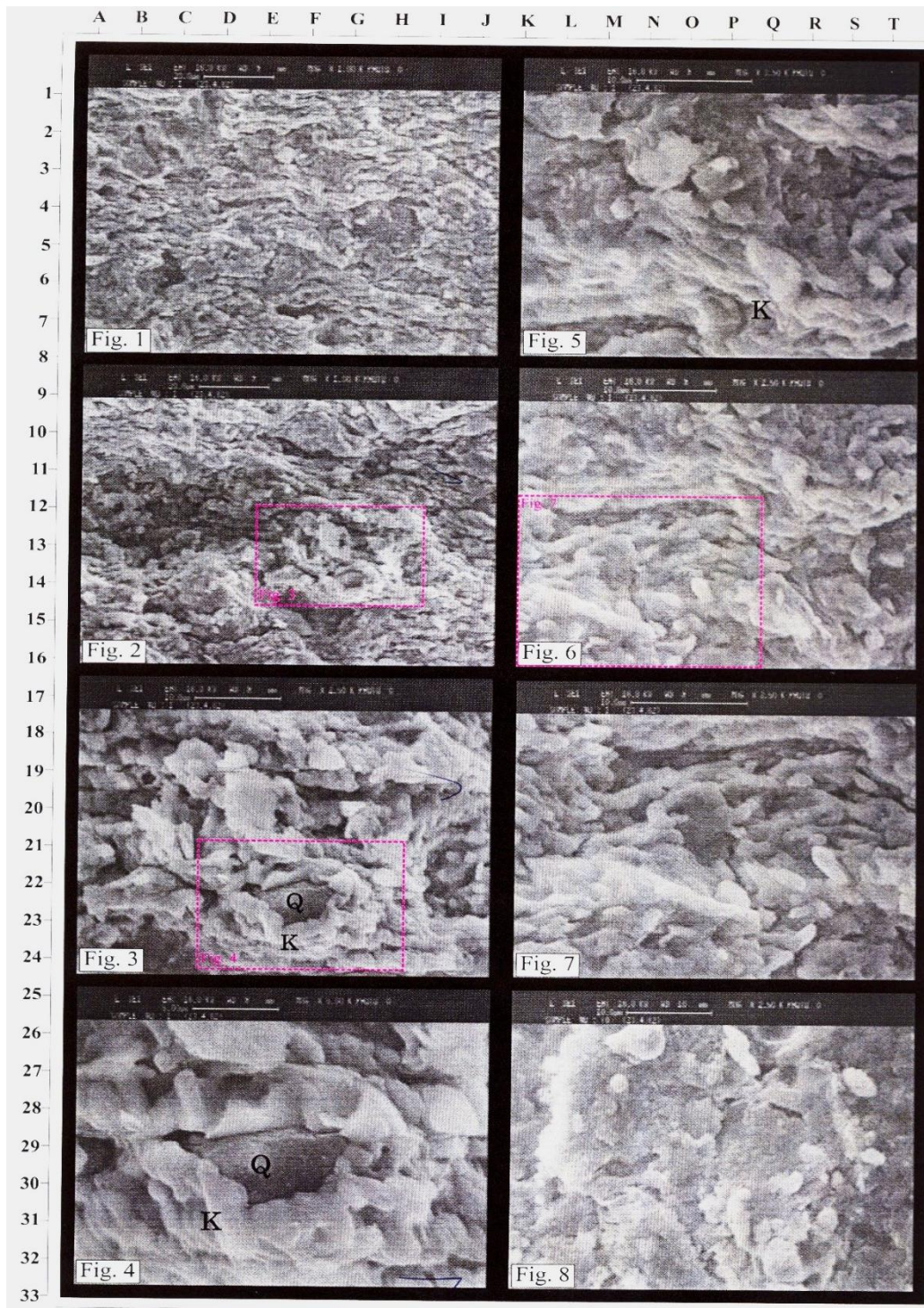
| درصد ترکیبات |                                |                  |      |                  |      |      |                  |                                |      |                   | عمق نمونه |
|--------------|--------------------------------|------------------|------|------------------|------|------|------------------|--------------------------------|------|-------------------|-----------|
| L.O.I        | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | TiO <sub>2</sub> | CaO  | K <sub>2</sub> O | Cl   | S    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | Na <sub>2</sub> O |           |
| ۱۲/۹         | ۷                              | ۱/۹۲             | ۰/۲۵ | ۰/۴۷             | ۰/۶۱ | ۱/۵۲ | ۵۰/۲             | ۳۲/۲                           | ۰/۷۷ | ۰/۸۷              | ۲۲۰۸/۹    |
| ۱۲/۳۳        | ۴/۴۴                           | ۱/۷۹             | ۰/۴۸ | ۰/۶۹             | ۱/۲۶ | ۰/۸۲ | ۵۵/۸             | ۲۰/۱                           | ۰/۵۷ | ۱/۱۲              | ۲۲۲۳/۱۵   |
| ۱۲/۵         | ۵/۸                            | ۲/۰۸             | ۰/۴۱ | ۰/۸۹             | ۰/۵۹ | ۰/۱  | ۶۳/۳             | ۲۲/۳                           | ۰/۵۵ | ۰/۷۳              | ۲۲۵۲/۴    |

## ۶.۲ مطالعه با میکروسکوپ الکترونی

به منظور شناسایی کانیها به ویژه کانیهای رسی و اتوزنیک موجود در نمونه ها، تعدادی نمونه از بخش های شیلی مغزه های سازند بورقان انتخاب گردید. نمونه های انتخابی جهت آماده سازی با کربن و طلا پوشش داده شده و با میکروسکوپ الکترونی مورد مطالعه قرار گرفتند. شکل ۹ یک نمونه عکس تهیه شده از نمونه ها را نشان می دهد. کانیهای رسی بخش اعظم سنگ را به خود اختصاص داده اند. بعضاً دانه های کوارتز در اندازه ماسه ریز تا سیلت نیز توسط کانیهای رسی فرا گرفته شده اند. اشکال ورقه ای کانی کائولینیت که بخش عمده سنگ را تشکیل می دهد، قابل مشاهده می باشند. مطالعه نمونه ها با میکروسکوپ الکترونی نیز نشان می دهد که دو کانی کائولینیت و ایلیت مهمترین کانی های رسی موجود در نمونه ها می باشند. کائولینیت به شکل صفحات هگزاگونال یا کتابی به صورت پر کننده فضاهای خالی<sup>۹</sup> دیده می شود، در صورتیکه ایلیت به صورت صفحات نامنظم فضاهای خالی نمونه ها را فرا گرفته و باعث می شود که نفوذپذیری نمونه ها تا حد زیادی کاهش پیدا کند [۱۴و۱۱].

<sup>9</sup> Pore filling





شکل ۹: تصویر تهیه شده توسط میکروسکوپ الکترونی از نمونه

تصویر ۱ و ۲ نمای کلی از کلی استون ، تصویر ۳ و ۴ نمای بزرگتری از قسمت مشخص شده از تصویر ۲ را نشان می دهند. اشکال ورقه ای کانی کائولینیت به عنوان تشکیل دهنده بخش عمده سنگ قابل رویت است . تصاویر ۵ و ۶ نمای دیگری از ورقه های کائولینیت با طول مقیاس ۱۰ میکرون می باشد تصویر ۷ نمای نزدیکتری از بخش مشخص شده از تصویر ۶ می باشد.

## ۷.۲ ظرفیت تبادل کاتیونی کانیهای رسی

ظرفیت تبادل کاتیونی مشخصه ای از کانی رسی است که با فعالیت رس و قابلیت جذب آب و تورم آن متناسب است به عبارت دیگر کانی هایی که قابلیت تعویض یونی بالاتری دارند دارای فعالیت بیشتری بوده و در روند عملیات حفاری مشکل سازترند. قابلیت تعویض کاتیونی تعداد ۹ نمونه بروش متیلن بلو در آزمایشگاه اندازه گیری شده و همراه با عمق نمونه ها در جدول ۴ ارائه می شوند. پایین بودن مقادیر بدست آمده تاکید بر کم بودن فعالیت کانی های رسی تشکیل دهنده سازند هستند [۷ و ۱۰].

جدول ۴: ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه ها

| ظرفیت تبادل یونی (میلی اکی والان بر صد گرم) | عمق نمونه (متر) |
|---|-----------------|
| ۱۶/۱۷                                       | ۲۲۰۸/۹          |
| ۸/۶۹  | ۲۲۱۱/۴          |
| ۶   | ۲۲۱۴/۶۵         |
| ۱۴  | ۲۲۱۸/۱          |
| ۶/۲   | ۲۲۲۳/۱۵         |
| ۶   | ۲۲۲۴            |
| ۱۸/۲۶                                       | ۲۲۲۶/۳۵         |
| ۱۱/۵  | ۲۲۳۳/۵          |
| ۶/۰۲  | ۲۲۵۴/۱          |

## ۸.۲ اسپکترومتری پرتوهای گاما

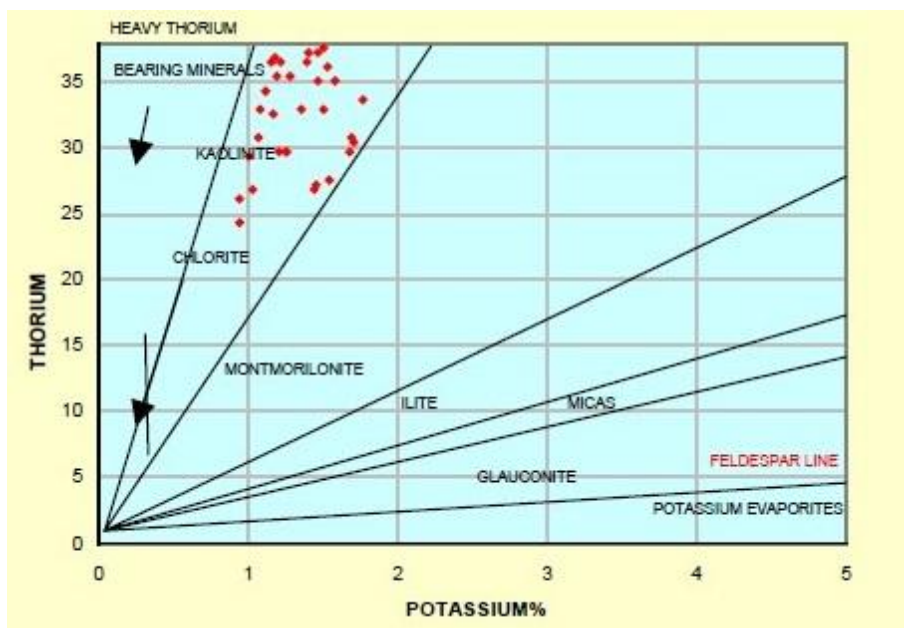
از روش های غیر مستقیم شناسایی کانی های رسی طیف سنجی اشعه گامای ساطع شونده از آنها می باشد. با استفاده از دستگاه ثبت اشعه گامای مغزه<sup>۱۰</sup> موجود در واحد پژوهش مغزه های نفتی، پژوهشگاه صنعت نفت میزان تشعشع طبیعی تورיום (Th)، اورانیوم (U) و پتاسیم (K) نمونه ها اندازه گیری گردید. مقدار کمی تشعشع نمونه ها همراه با عمق نمونه در جدول ۵ ارائه شده است. با انتقال این داده ها به کراس پلات<sup>۱۱</sup> نوع کانیهای تشکیل دهنده آنها مشخص می شود (شکل ۱۰). موقعیت نقطه ها روی کراس پلات نتایج حاصل از شناسایی های مستقیم یعنی کائولینیتی بودن کانی های رسی نمونه ها را تایید می کند [۹].

جدول ۵: اشعه گامای طبیعی اندازه گیری شده از نمونه ها

| نسبت تورיום به پتاسیم (th/h) | جز در میلیون تورיום (th) | درصد پتاسیم (k) | عمق (متر) |
|------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------|
| ۳۰/۷۹۱                       | ۳۰/۴۵۲                   | ۰/۹۸۹           | ۲۲۰۸/۹    |
| ۲۷/۸۵۲                       | ۲۶/۱۵۳                   | ۰/۹۳۹           | ۲۲۱۱/۴    |
| ۲۵/۹۴۴                       | ۲۴/۳۶۱                   | ۰/۹۳۹           | ۲۲۱۴/۶۵   |
| ۳۱/۳۷۸                       | ۳۶/۹                     | ۱/۱۷۶           | ۲۲۱۸/۱    |

<sup>10</sup> Core Gamma Logger<sup>11</sup> cross plot

|              |        |       |         |
|--------------|--------|-------|---------|
| ۲۳/۷۰۴       | ۳۶/۱۹۶ | ۱/۵۲۷ | ۲۲۲۳/۱۵ |
| ادامه جدول ۵ |        |       |         |
| ۲۹/۳۴۸       | ۲۹/۳۷۷ | ۱/۰۰۱ | ۲۲۲۴    |
| ۲۴/۳۸۶       | ۳۲/۹۷  | ۱/۳۵۲ | ۲۲۲۶/۳۵ |
| ۱۷/۸۸۷       | ۳۰/۴۶۲ | ۱/۷۰۳ | ۲۲۳۳/۵  |
| ۲۶/۵۴۴       | ۳۷/۲۷۱ | ۱/۴۰۲ | ۲۲۵۴/۱  |



شکل ۱۰: کراس پلات نمونه ها که مشخص میکند نمونه از نوع کائولونیت می باشد

### ۳. نتیجه گیری

با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشات مختلف روی نمونه های سنگ مغزه چاه میتوان اظهار کرد که: کانی های عمده تشکیل دهنده نمونه های شیلی سازند، کوارتز و کانی های رسی می باشند. به طوریکه کائولینیت با فراوانی ۵۵ درصد و ایلیت با فراوانی کمتر از ۱۰ درصد فراوانترین کانی های رسی موجود در نمونه ها محسوب شده و کوارتز با فراوانی تا بیش از ۶۰ درصد فراوانترین کانی را تشکیل می دهد. اندازه ذرات کوارتز عمدتاً در محدوده سیلت تا ماسه ریز می باشد. سایر کانی ها مانند کلسیت، فلدسپات پیریت، هالیت و مواد آلی به مقدار بسیار کم غالباً حدود ۵ درصد و کمتر در نمونه ها موجود می باشند، بازه های شیلی سازند بورقان عمدتاً شیل های سیلتی و همچنین شیل های حاوی لنز های ماسه ای می باشند.

دو کانی کائولینیت و ایلیت مهمترین کانی های رسی موجود در نمونه ها هستند. کائولینیت به شکل صفحات هگزاگونال یا کتابی به صورت پر کننده فضاهای خالی دیده می شود، در صورتیکه ایلیت به صورت صفحات نامنظم فضاهای خالی نمونه ها را فرا گرفته و باعث می شود که نفوذپذیری نمونه ها تا حد زیادی کاهش پیدا کند. روش های مستقیم و غیر مستقیم شناسایی کانی های رسی در این نمونه ها نتایج مشابه دارند.

نمونه های شیل از نظر تقسیم بندی جزء گروه شیل های کائولینیتی شکننده با مقدار بسیار کمی ایلیت هستند. مشکل محتمل در حین حفاری این سازند ها شکسته شدن آنها در امتداد سطوح لایه بندی و ریزش شیل می باشد که منجر به مشکلات متعاقب مثل گشادشدگی چاه، گیر لوله ها و تمیزسازی و سیمانکاری ضعیف چاه می شود.

ناپایداری چاه به هنگام حفاری در میان لایه های شیلی سازند بورگان با طراحی شیمیایی سیال حفاری قابل درمان نیست و می بایست از روشهای مکانیک سنگی مانند جهت و شیب مناسب چاه و استفاده از مواد مسدود کننده در سیال حفاری برای بستن درز و شکاف های موجود در سازند و ممانعت از نفوذ سیال حفاری و فشار به داخل سازند استفاده شود. عمود بودن جهت چاه به جهت سطوح لایه بندی سازند شیلی و ممانعت از نفوذ سیال حفاری و حفظ نیروی حمایت کننده اعمالی از سوی سیال حفاری به دیواره چاه در پایداری این نوع سازندهای شیلی مفید بوده اند [۱۲].

" هیئت تحریریه مجله از آقایان دکتر علیرضا بشری و دکتر علی صیرفیان که داوری مقاله را به عهده داشته ، تشکر و قدردانی می نماید "

## منابع

- [۱] قجری، ع.، مرتضوی، س.ع.، سلیمانی، م.، "حفاری در سازندهای شیلی"، انتشارات پژوهشگاه صنعت نفت، ۱۳۹۱.
- [۲] هنرمند، ج.، معلمی، س.ع.، لطف پور، م.، "بررسی رخساره های سنگی، محیط رسوبی و چینه شناسی توالی ها در سازند بورقان در شمال غرب خلیج فارس"، پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی (مجله پژوهشی علوم پایه دانشگاه اصفهان) پاییز و زمستان ۱۳۸۸.
- [۳] کردی، م.، بشری، ع.، شناخت کانیهای رسی سازند گژدمی (ماسه های بورگان) و تاثیر آنها بر سنگ مخزن خلیج فارس، مجله اکتشاف و تولید شماره ۱۶، ۱۳۸۲.
- [4] Bennett. R. H. et al., 1991, The Microstructure of fine-grained sediments, from mud to shale, Springer-Verlag New York Inc.
- [5] Da Fontoura et al., 2002, Characterization of Shales for Drilling Purposes, SPE 78218.
- [6] Eslinger, E., Pevear, D., 1988, clay minerals for petroleum geologists and engineers, SEPM short course notes no.22, Tulsa, OK. U.S.A.
- [7] Gall, Bonnie L. et al., April 1983, Semiautomated Method for Cation-Exchange-Capacity Determination of Reservoir Rocks, SPE Journal, Volume 23, Number 2, Pages 231-237.
- [8] Ghazban. F., 2009, Petroleum geology of the Persian Gulf, University of Tehran Press.
- [9] International Atomic Energy Agency, July 2003, Guidelines for Radioelement Mapping Using Gamma Ray Spectrometry Data.
- [10] Ma, C., Eggleton, R.A., 1999, Cation Exchange Capacity of Kaolinite, Clays and Clay Minerals Journal, Vol. 47, No. 2, 174-180.
- [11] Schieber, J. et al., 1998, Petrographic of shales: A survey of Techniques, Schweizerbart science publisher.
- [12] Soroush, H., Sampaio, J.H.B., 2006, Investigation into Strengthening Methods for Stabilizing Wellbores in Fractured Formations, SPE 101802-MS.
- [13] Van Oort, E., 2003, On the physical and chemical stability of shales, Journal of petroleum science and engineering 38, pp 213-235.
- [14] Welton. J. E., 1984, SEM Petrology Atlas, the American Association of Petroleum Geologists.
- [15] Wilson, M. J., 1987, A Handbook of Determinative Methods in Clay Mineralogy, Macaulay Institute for Soil Research, Aberdeen.