Archive of SID

مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس ملی مهندسی مخازن هیدروکربوری و صنایع بالادستی
۷ خرداد ۱۳۹۴، ایران، تهران، مرکز همایش‌های صدا و سیما
مجری: هم اندیشان انرژی کیمیا ۸۸۶۷۱۶۷۶ – ۰۲۱
www.Reservoir.ir

بررسی اثرات نامطلوب حفاری روی قرائت ابزارهای نمودارگیری پتروفیزیکی (مطالعهٔ موردی یکی از چاه‌های جنوب غرب ایران)

مصیب کمری*[۱]، علی محمودی[۲]، آصف مدنی[۳]

* E-mail: mosayyeb.kamari@gmail.com

چکیده

ریزش دیوارهٔ چاه نتیجهٔ عدم پایداری سازند است و بخش عمدهٔ این ناپایداری که ناشی از عوامل مکانیکی و یا شیمیایی است، حین حفاری پیش می‌آید.علاوه بر مشکلاتی همچون گیر لوله‌های حفاری و ابزارهای نمودارگیری، تأثیر منفی این ریزش‌ها روی قرائت ابزارهای نمودارگیری پتروفیزیکی قابل تأمل است.

حساسیت ابزارهای مذکور به ریزش دیواره، منجر به برداشت داده‌های غلط نمودار شده که پس از تفسیر و محاسبهٔ پارامترهای سنگ و سیال، مبنای مطالعات مخزن قرار می‌گیرند.

در این تحقیق، با مطالعهٔ موردی یکی از چاه‌های جنوب غرب ایران و استفاده از نتایج تفسیر داده‌های لاگ و آزمایشات مغزه، تأثیر نامطلوب این ریزش‌ها روی نتایج و اختلاف ایجاد شده بین اطلاعات مغزه و لاگ همچون مقادیر تخلخل و اشباع آب، بررسی شده است.

کلمات کلیدی:

حفاری، ناپایداری و ریزش دیواره، نمودارگیری، مغزه، تخلخل، اشباع آب.

[۱] شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اداره مهندسی پتروفیزیک
[۲] شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اداره مهندسی پتروفیزیک
[۳] کارشناس ارشد مهندسی نفت

www.SID.ir

Archive of SID

۱ مقدمه

حفاری چاه‌های نفت و گاز، یکی از مراحل اصلی و جزء لاینفک تولید و استخراج سیالات هیدروکربنی است. با وجود اینکه این تکنولوژی بیشتر مبنای عملیاتی و تجربی دارد اما بخش‌هایی از آن به علت حساسیت و پیچیدگی‌های خاصی که دارند، نیازمند مطالعات و تحقیقات وسیعی هستند. متاسفانه به علت عدم مطالعات کافی و مشکلات عملیاتی و نیز شرایط درون-چاهی، گاهی کیفیت حفاری‌هایی که انجام می‌گیرد - به خصوص در سال‌های اخیر- کمتر از استاندارد مورد انتظار است. یکی از چالش‌های موجود در این زمینه، عدم پایداری و ریزش‌های دیوارۀ چاه و نیز استفاده از سیالات حفاری نامناسب است.

چاه‌پیمایی نیز یکی از مراحل توسعۀ میادین است که طی آن، نمودارهای درون‌چاهی که حاوی اطلاعات ارزنده‌ای از وضعیت چاه یا مخزن می‌باشند، برداشت می‌شود. بخش عمدۀ این نمودارها، سری کامل نمودارهای پتروفیزیکی می‌باشند که پس از تفسیر و ارزیابی آن‌ها، برخی از خواص مهم سنگ و سیال به دست می‌آیند که مبنای کار مطالعات مخزن قرار می‌گیرند[1].

با راندن ابزارهای fullestدرون چاه، نمودارهای پتروفیزیکی برداشت می‌شوند. این ابزارها شامل سه گروه مقاومتی، صوتی و هسته‌ای می‌باشند. فیزیک این ابزارها با هم متفاوت است اما یکی از نقاط تشابه آن‌ها، تأثیر شرایط محیطی درون‌چاهی روی عملکرد آن‌هاست. برخی از این ابزارها مثل ابزار جرم مخصوص سازند و تخلخلی نوترون که مبنای محاسبات میزان تخلخل سازند و سپس محاسبات درصد اشباع آب قرار می‌گیرند، بیش از بقیه به ریزش‌های دیوارۀ چاه حساس هستند. طبیعتاً وجود این ریختگی‌های ناشی از حفاری، به طور غیرمستقیم روی محاسبۀ پارامترهای سنگ و سیال و لذا مطالعات مخزن اثر خواهند گذاشت. ذکر این نکته که نتایج این مطالعات، مبنای مدیریت و توسعۀ میدان قرار خواهد گرفت[2].

طراحی نامطلوب سیال حفاری نیز از دیگر مشکلات مربوط به این زمینه است. همچنین نباید از اثرات گل روی نمونه‌های مغزۀ سنگ غافل شد. با انجام آزمایشات معمولی و ویژه روی نمونه‌های سنگ و سیال در آزمایشگاه، بخش دیگری از اطلاعات به دست می‌آید که مکمل اطلاعات لاگ خواهند بود. تا حدامکان می‌بایست اثر گل را روی کیفیت مغزه و لذا نتایج آزمایشات (به خصوص اشباع) کاهش داد.

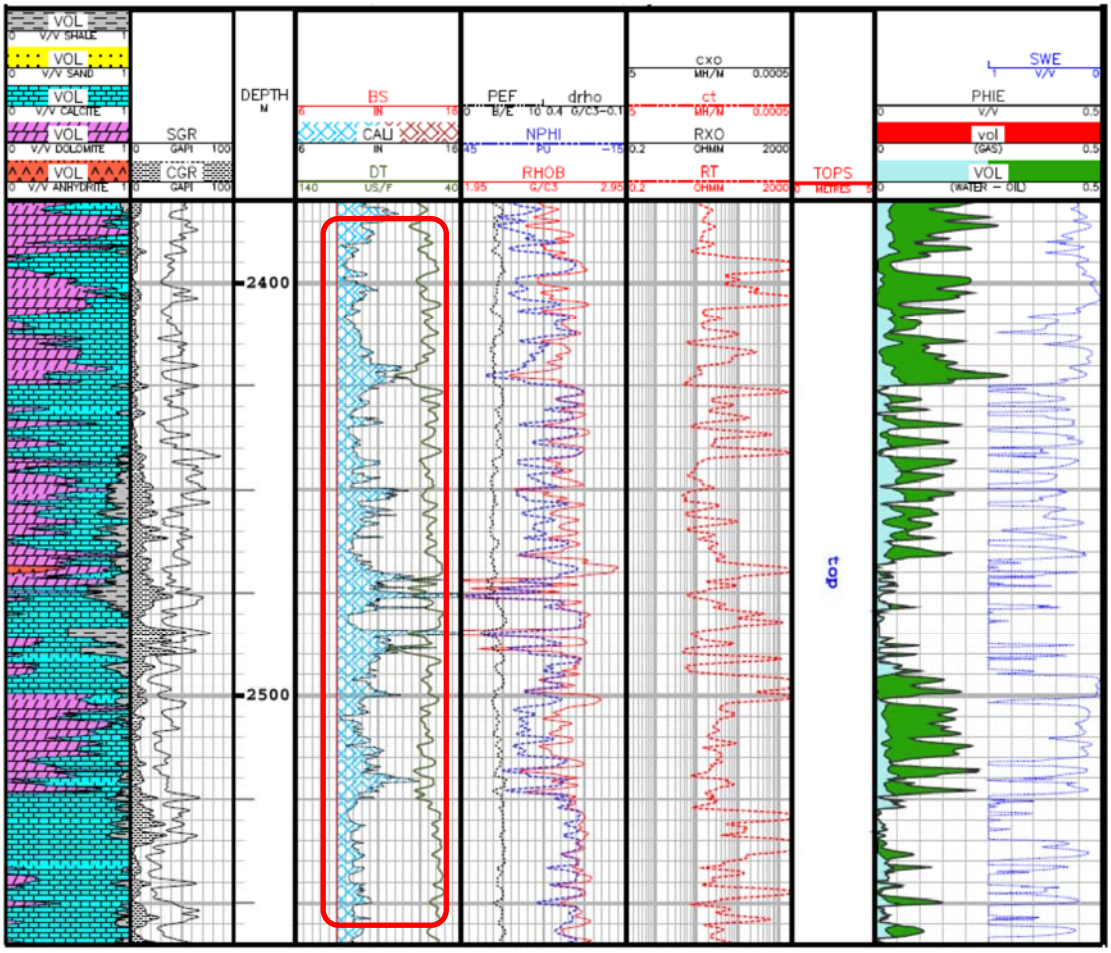
در این مطالعه، به منظور بررسی خطاهای موجود ناشی از اثرات ریزش دیواره که بخشی از آن نتیجۀ طراحی غیراستاندارد عملیات حفاری است، نتایج تفسیر نمودارها و آزمایشات خاص مغزه برای یکی از چاه‌های جنوب غرب ایران مورد مطالعه قرار گرفت که خلاصه‌ای از نتایج در ادامه ارائه می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۲ معرفی مخزن مورد مطالعه

سنگ‌شناسی مخزن آسماری در حدفاصل مشترک داده‌های نمودار و مغزه در چاه مورد مطالعه، شامل کربنات به همراه درصدهای پراکندهٔ رس و یک رگه انیدریت کربناهٔ شیلی می‌باشد و از توسعهٔ تخلخلی وسیعی (متراکم تا خیلی خوب) برخوردار است. شکل ۱ نتایج نهایی ارزیابی این چاه، شامل داده‌های خام نمودارگیری و نتایج تفسیر نمودارهای پتروفیزیکی است.



شکل ۱ نمودار داده‌های خام و نتایج تفسیر نمودارهای پتروفیزیکی (fullset) چاه مورد مطالعه

همانطور که از نمودار قطریاب (Caliper) در شکل ۱ دیده می‌شود، شرایط دیوارهٔ چاه بسیار نامساعد است و ریزش‌های خیلی عمیقی ناشی از حفاری روی دیواره مشهود است. با توجه به حساسیت ابزارهای نمودارگیری به خصوص ابزار های جرم مخصوص SDL (جهت اندازه‌گیری چگالی سازند و دانه‌ها) و نوترون اصلاحی DSN (برای اندازه‌گیری تخلخل و به تبع آن محاسبات اشباع آب)، تقریباً با قطعیت می‌توان گفت که عمدهٔ خطای نتایج لاگ ناشی از همین مسأله است. البته نباید

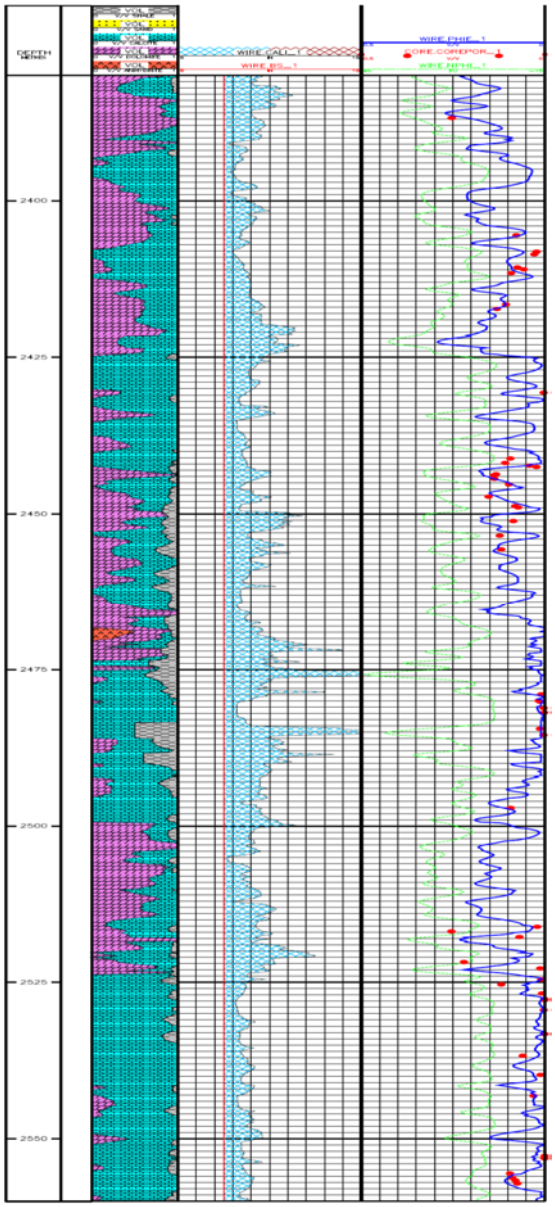
www.SID.ir

Archive of SID

خطاهای ناشی از مغزه (ضمن عملیات مغزه‌گیری، در آزمایشگاه و نیز خطای انسانی) را فراموش کرد. در واقع بخشی از اختلاف نتایج لاگ و مغزه ناشی از این شرایط و منابع خطا و بخش دیگر آن به لحاظ تفاوت ماهیت آن‌هاست[3].

۳ بررسی نتایج تخلخل سازند

در شکل ۲، تخلخل حاصل از ارزیابی نمودارهای پتروفیزیکی (منحنی آبی) با اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی روی پلاگ مغزه (نقطه‌های قرمز) مقایسه شده‌اند.

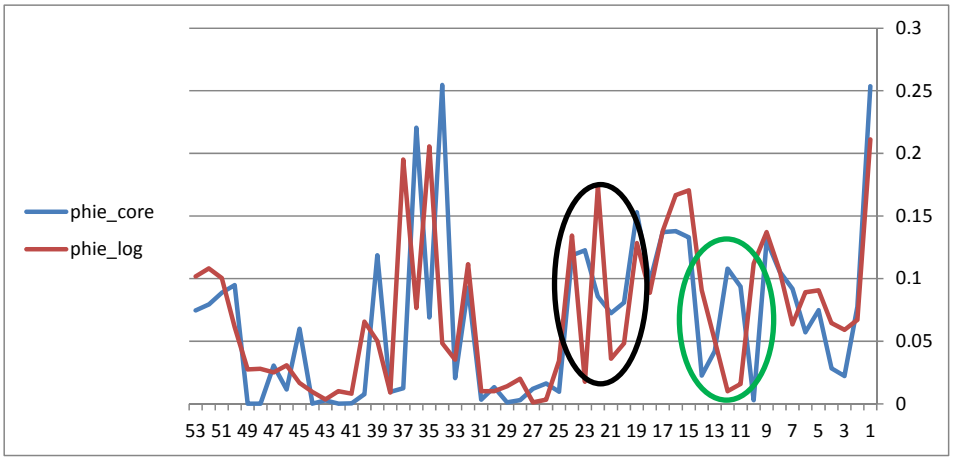


شکل ۲ مقایسهٔ تخلخل داده‌های لاگ و مغزه

www.SID.ir

Archive of SID

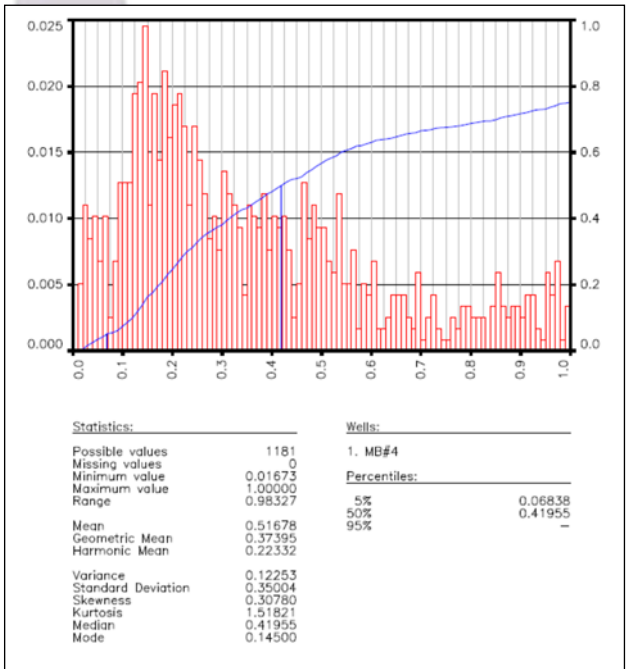
همانطور که در شکل ۳ نیز قابل مشاهده می‌باشد، همخوانی نسبتاً خوبی بین هر دو گروه دادهٔ تخلخل وجود دارد. لازم به ذکر است که به علت عدم وجود نمودار گامای مغزه و عدم قطعیت هم‌عمق‌سازی دستی داده‌های لاگ و مغزه و با توجه به همخوانی مطلوب داده‌ها، عمق‌های گزارش شده صحیح فرض شده‌اند.



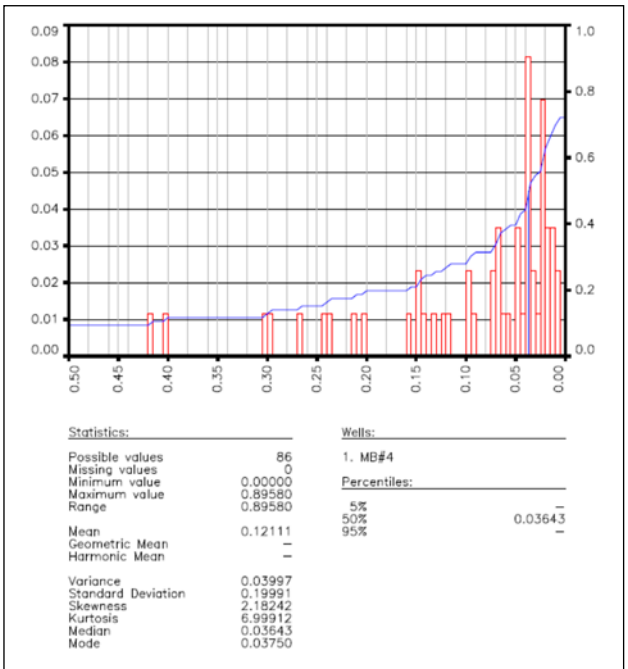
شکل ۳ منحنی کیفی داده‌های تخلخل مغزه (منحنی آبی) و نمودار (منحنی قرمز)

اثرات منفی ریزش شدید دیواره روی قرائت ابزار تخلخلی نوترون روی این شکل (منحنی سیاه) نیز مشخص است. چنانچه دیده می‌شود، روند نرمال نمودار در برخی حد فواصل به هم ریخته هست. همچنین اثر تفاوت جزیی عمق نیز در بخشی از آن مشهود است (منحنی سبز).

به منظور مقایسهٔ بهتر داده‌ها، فراوانی داده‌ها تخلخل لاگ و مغزه به ترتیب روی شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده‌اند.



شکل ۴ هیستوگرام داده‌های تخلخل لاگ



www.SID.ir

Archive of SID

۳ بررسی نتایج اشباع آب

.متأسفانه بین نتایج اشباع آزمایشگاه و لاگ اختلاف زیادی دیده می‌شود. چنانچه اشاره شد، این اختلاف به منابع خطا در هردو گروه (اندازه‌گیری آزمایشگاهی و نمودارگیری) برمی‌گردد. توجه شود که تنها درصد کمی از عدم قطعیت نتایج لاگ، ناشی از فرایند تفسیر است. برای نشان دادن صحت این مطلب، حساسیت نتایج درصد اشباع آب سازند به ضرائب معادلهٔ اشباع (پارامترهای آرچی) بررسی شد. برای این منظور، با استفاده از چهار رویکرد متفاوت اشباع اب محاسبه گردید (جدول ۱ و شکل ۶). لازم به ذکر است که محاسبات مذکور با استفاده از ماژول determineدر نرم‌افزار ژئولاگ به دست آمده است. برای این منظور مقاومت ویژهٔ آب سازندی برابر ۰/۰۲ اهم-متر در دمای ۱۶۸/۸ فارنهایت لحاظ گردید.

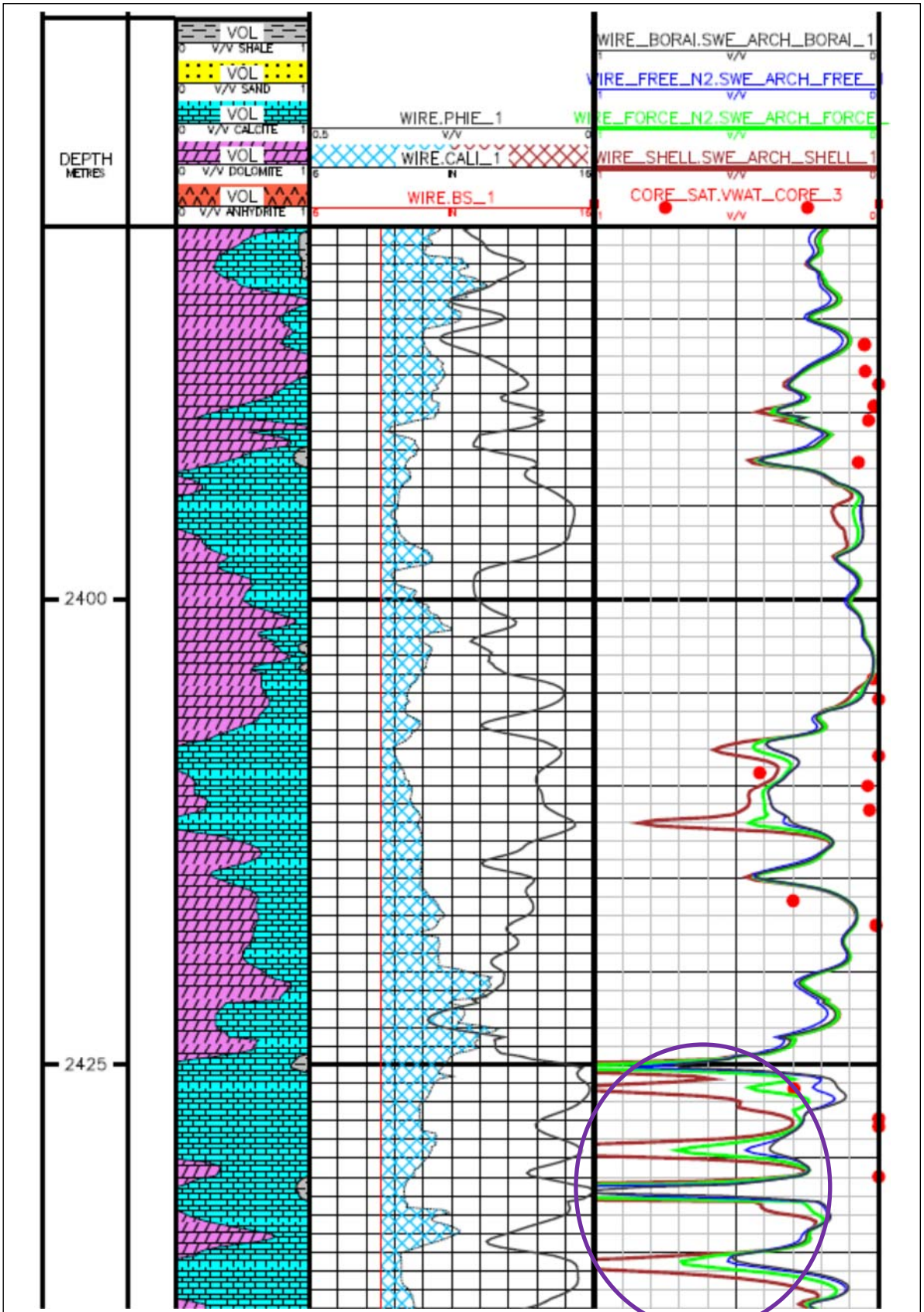
جدول ۱ رویکردهای متفاوت برای محاسبات اشباع آب

ردیف	منحنی مربوطه روی شکل ۵	فاکتور پیچش (a)	ضریب سیمان‌شدگی (m)	نمای اشباع (n)
۱	سیاه (WIRE_BORAI.SWE_ARCH_BORAI)	ثابت برابر ۱	فرمول بورای	ثابت برابر ۲
۲	قهوه‌ای (WIRE_SHELL.SWE_ARCH_SHELL)	ثابت برابر ۱	فرمول شل	ثابت برابر ۲
۳	آبی (SWE_ARCH_FREE)	متغیر	نتیجهٔ آزمایشگاه با رگراسیون free	ثابت برابر ۲
۴	سبز (WIRE_FORCE_N2.SWE_ARCH_FORCE)	ثابت برابر ۱	نتیجهٔ آزمایشگاه با رگراسیون force	ثابت برابر ۲

چنانچه مشاهده می‌شود در اینجا، تنها بخش کمی از اختلاف نتایج اشباع آب مغزه و لاگ، ناشی از فرایند تفسیر است چراکه حتی با استفاده از مقادیر آزمایشگاهی ضرایب آرچی (روش‌های ۳ و ۴)، بازهم اختلاف در نتایج دیده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

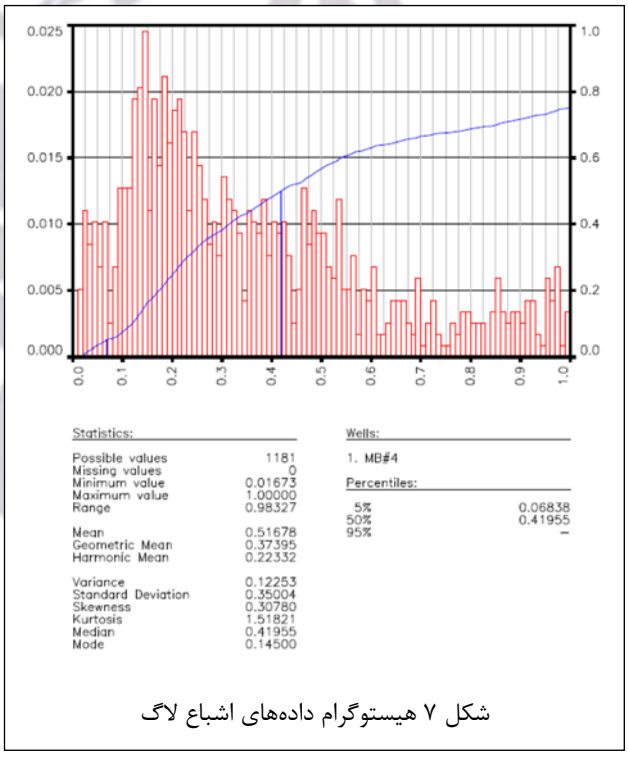


www.SID.ir

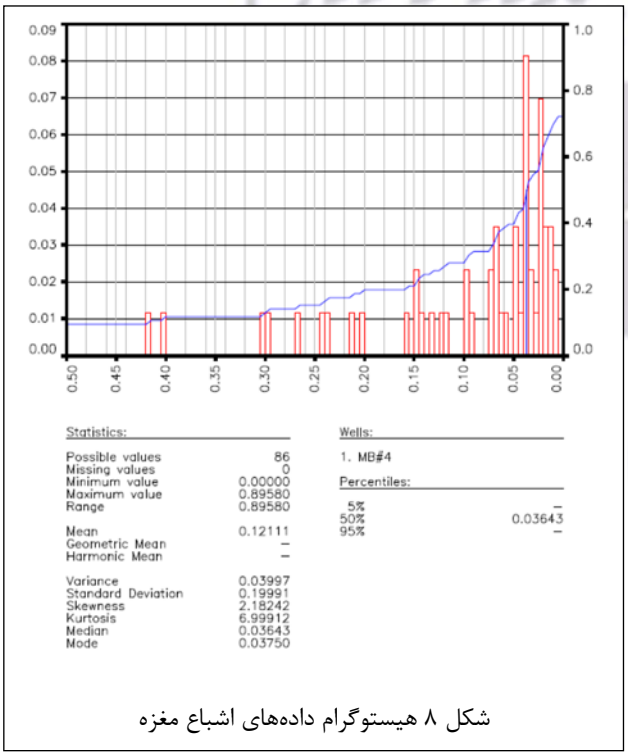
Archive of SID

لازم به ذکر است به لحاظ تفاوت ماهیت روابط شل و بورای، اختلاف در نتایج اشباع آب حاصل از روش‌های مختلف در فواصل با توسعهٔ تخلخلی ضعیف بیشتر است (ناحیهٔ مشخص شده روی شکل ۶). لازم به ذکر است که مقادیر اشباع آب مغزه نیز کمتر از حد انتظار است که آنهم ناشی از نفوذ فیلترهٔ گل روغنی و لذا جابجایی و کاهش آب نمونهٔ سنگ، قبل از انجام آزمایشات اشباع می‌باشد.

هیستوگرام مقادیر اشباع محاسبه شده از نمودار در کنار مقادیر اشباع اندازه‌گیری شده از مغزه‌های آزمایشگاه در شکل‌های ۷ و ۸ ارائه شده‌اند.



شکل ۷ هیستوگرام داده‌های اشباع لاگ



شکل ۸ هیستوگرام داده‌های اشباع مغزه

www.SID.ir

Archive of SID

۴ نتیجه‌گیری

بخشی از علل ناپایداری و ریزش دیوارهٔ چاه مربوط به ماهیت سازند و شرایط چاه و بخش دیگر آن نیز بخاطر حفاری غیراصولی و از پیامدهای یک عملیات غیراستاندارد است. علاوه بر مشکلاتی مثل گیر لوله‌های حفاری، قرائت نادرست ابزارهای نمودارگیری که از این ناصافی و ریزش‌ها تأثیر گرفته‌اند، از دیگر پیامدهای نامطلوب آن می‌باشد.

حساسیت برخی از ابزارهای نمودارگیری همچون ابزار چگالی سازند و تخلخلی نوترون به ریزش دیواره، منجر به خطا در محاسبات پارامترهایی چون میزان تخلخل سنگ و اشباع آب می‌شود. در این مطالعه، با مطالعهٔ موردی یکی از چاه‌های جنوب غرب ایران و بررسی نتایج تفسیر لاگ‌ها و آزمایشات مغزه، میزان این تاثیر مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که حفاری غیراصولی و لذا شرایط نامطلوب دیواره چقدر می‌تواند روی دقت نتایج مؤثر باشد.

منابع

1. H.B. Bradely, "Petroleum Engineering Handbook", Society of Petroleum Engineers, 1987.

2. Pasic.B, Gaurina.N, Matanovic.D.; "Wellbore instability: causes and consequences", Rudarsko-geološko-naftnizbornik, Vol. 19, pp.87-98, 2007.

3. Schlumberger.;"log interpretation principles/Application", Seven printing. March sugar Land. Texas 77478, 1998.

www.SID.ir