

ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان در میدان گازی پارس جنوبی

دکتر داود جهانی^۱، دکتر بهرام موحد^۲ و نیلوفر محمدی اکبری^۳

چکیده

میدان گازی پارس جنوبی، یکی از میداین جنوب غربی ایران در حوضه رسوبی زاگرس بوده و شامل دو مخزن کنگان و دالان است. سازندهای کنگان و دالان به گروه دهرم تعلق دارند و از مهمترین مخازن گازی در ناحیه خلیج فارس محسوب می شوند. ارزیابی خواص پتروفیزیکی در چاه مورد مطالعه با استفاده از اطلاعات نمودارهای چاه پیمایی و مغزه ها انجام گرفت. برای ارزیابی دقیق، تصحیحات لازم بر روی نمودارها با در نظر گرفتن محل های ریختگی، اثرات محیطی، اثرات گاز و شیل انجام شد. بعد از انجام تصحیحات، لیتولوژی سازند های کنگان و دالان با استفاده از کراس پلات های: نوترون - چگالی، نوترون - صوتی، M-N پلات، MID پلات تعیین شد. با توجه به لیتولوژی، حجم شیل، حضور نهشته های تبخیری و تخلخل، سازند کنگان به دو بخش K_1 و K_2 و همچنین سازند دالان به دو بخش K_3 و K_4 تفکیک شد. نتایج به دست آمده نشان می دهند که بخش K_2 سازند کنگان و بخش K_4 سازند دالان از نظر مقدار اشباع شدگی، تخلخل و لیتولوژی شرایط یک مخزن مناسب را دارد.

کلید واژه ها : سازند کنگان، سازند دالان، میدان پارس جنوبی، ارزیابی پتروفیزیکی، اشباع آب و گاز.

Petrophysical evaluation of Kangan and Dalan Formations in the South Pars gas field

Dr. Davood Jahani¹, Dr. Bahram Movahed² and Niloofar Mohamadi-Akbari³

Abstract

The South Pars gas field is one of the Southwestern fields of Iran in Zagros sedimentary basin and consists of two Kangan and Dalan reservoirs. The Kangan and Dalan Formations belong to Dehram Group and are the most important gas reservoirs in Persian Gulf area. Petrophysical characteristics in the studied well were evaluated by the data of the well logs and cores. For an accurate evaluation, the necessary corrections were applied on logs by considering the places of wash out, environment effects, gas and shale effects. After that, the lithology of the Kangan and Dalan Formations were determined by using of cross plots of neutron-density, neutron-sonic, M-N plot, MID plot. On the based of Lithology, shale volume, presence of evaporite sediments and porosity, the Kangan Formation has been zoned to K_1 and K_2 , and also the Dalan Formation has been zoned K_3 and K_4 . The results show that the

۱- عضو هیأت علمی دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- استاد مدعو دانشگاه های تهران، رئیس پتروفیزیک و سرپرست پروژه های نفت و گاز شرکت نفت و گاز پارس

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد زمین شناسی، گرایش زمین شناسی نفت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

zone K_2 of the Kangan Formation and the zone K_4 of the Dalan Formation have an appropriate reservoir in terms of gas saturation level, porosity and Lithology.

Keywords: Kangan Formation, Dalan Formation, South Pars field, Petrophysical evaluation, Water saturation and gas.

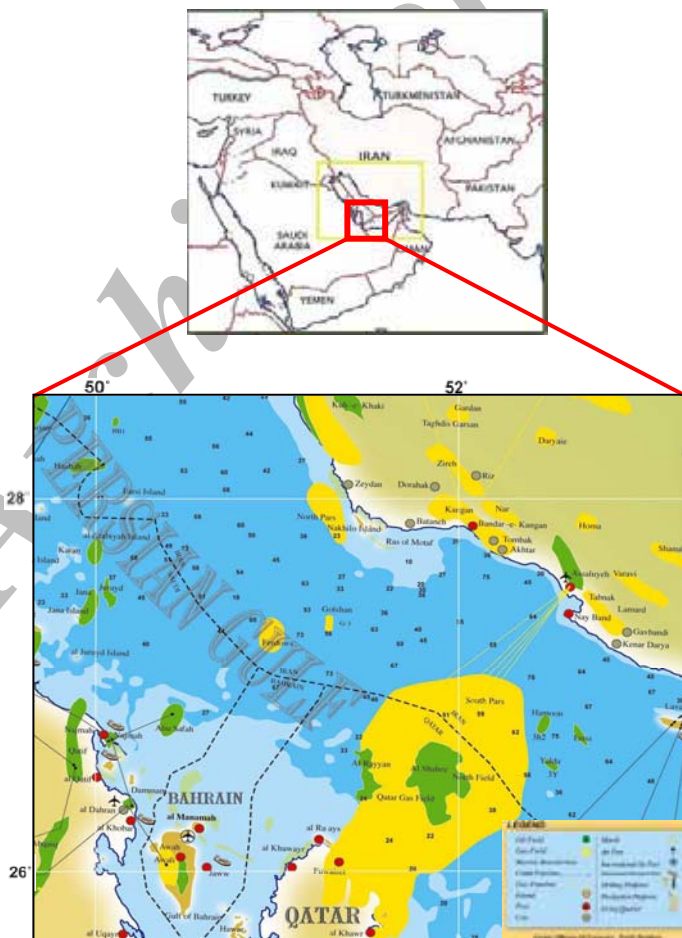
مقدمه:

ناحیه مورد مطالعه به ترتیب بیش از دو سوم و تقریباً یک سوم منابع شناخته شده نفت و گاز دنیا را در خود جای داده است. این مسئله به خاطر فراهم بودن تمامی شرایط مناسب برای تشکیل سیستم نفتی است (شکل ۱).

سازند کنگان زیرین به سن تریاس پیشین و دالان بالای به سن پرمین پسین در واقع مخازن میدان گازی پارس جنوبی محسوب می گردند.

مطالعات قبلی منجر به تقسیم سازندهای کنگان- دالان به چهار بخش K_1 , K_2 , K_3 , K_4 گردید (منابع وزارت نفت).

میدان گازی پارس جنوبی، یکی از میادین جنوب غربی ایران که در موقعیت 52° تا $52^\circ/5$ درجه شرقی و $26^\circ/5$ تا 27° درجه شمالی، در حدود 100 کیلومتری بندر عسلویه، 175 کیلومتری کیش و 105 کیلومتری سواحل قطر واقع شده است. ساختمان زمین شناسی میدان پارس جنوبی که بخش شمالی گنبد پارس جنوبی- شمال قطر را تشکیل می دهد، دارای یالهای ملایم بوده که این خود تشکیل دهنده یکی از چند قله ساختمانی برآمدگی قطر- پارس جنوبی بر روی پلاتفرم کربناته منطقه است.



شکل ۱- نقشه موقعیت میدان پارس جنوبی در خلیج فارس (منابع وزارت نفت)

روش کار

با توجه به موضوع تحقیق و با در نظر گرفتن داده‌های در اختیار قرار گرفته از منابع وزارت نفت نیل به اهداف موضوع تحقیق، مراحل مطالعاتی زیر به ترتیب طی شدند:

۱- گردآوری داده‌های خام و اطلاعات جانبی چاه حفاری شده در مخازن کنگان و دالان میدان گازی پارس جنوبی و جمع‌آوری و مطالعه دقیق منابع اطلاعاتی درباره مراحل مختلف ارزیابی پتروفیزیکی و میدان مورد نظر.

۲- انتخاب روش‌های محاسباتی دستی و نرم‌افزاری مناسب جهت محاسبه پارامترهای مختلف پتروفیزیکی به روش احتمالی (ژئولاگ) و مقایسه نتایج هر دو روش.

۳- فراگیری روش کار با نرم‌افزار ژئولاگ.

۴- بررسی داده‌های چاه برای ارزیابی.

۵- تبدیل داده‌های خام رقومی حاصل از چاه‌نگاری چاه به فرمت مناسب نرم‌افزار.

۶- اعمال تصحیحات مختلف روی داده‌های رقومی شده و بارگذاری آن‌ها در نرم‌افزار.

۷- انجام محاسبات پتروفیزیکی به روی داده‌های تصحیح شده و کسب پارامترهای مختلف پتروفیزیکی تخمین زده شده توسط روش دستی و نرم‌افزار ژئولاگ.

۸- تعیین مقادیر دقیق حدود آستانه پارامترهای پتروفیزیکی به روش آنالیز حساسیت تعیین ضخامت زون تولید خاص و نسبت ضخامت زون تولید به زون ناخالص کل (Net to Gross) در چاه مورد مطالعه.

۹- در نهایت رسم ستون چینه‌شناسی براساس اطلاعات گرفته شده از نمودارهای چاه‌پیمایی.

شناسایی لیتولوژی

شناسایی لیتولوژی یک مرحله مهم در ارزیابی خواص مخزنی محسوب می‌شود و می‌تواند به

جداسازی مناطق دارای خصوصیات مخزنی از غیرمخزنی کمک کند. در این مطالعه لیتولوژی به چهار روش شناسایی شد که در زیر به آنها اشاره می‌گردد. برای بررسی بهتر فواصل از نظر خواص مخزنی، سازندهای کنگان و دالان به بخش‌های کوچکتر تقسیم شدند. این تقسیم‌بندی با توجه به حجم شیل کم و تغییرات تخلخل، لیتولوژی و اشباع آب صورت گرفت (جدول ۱).

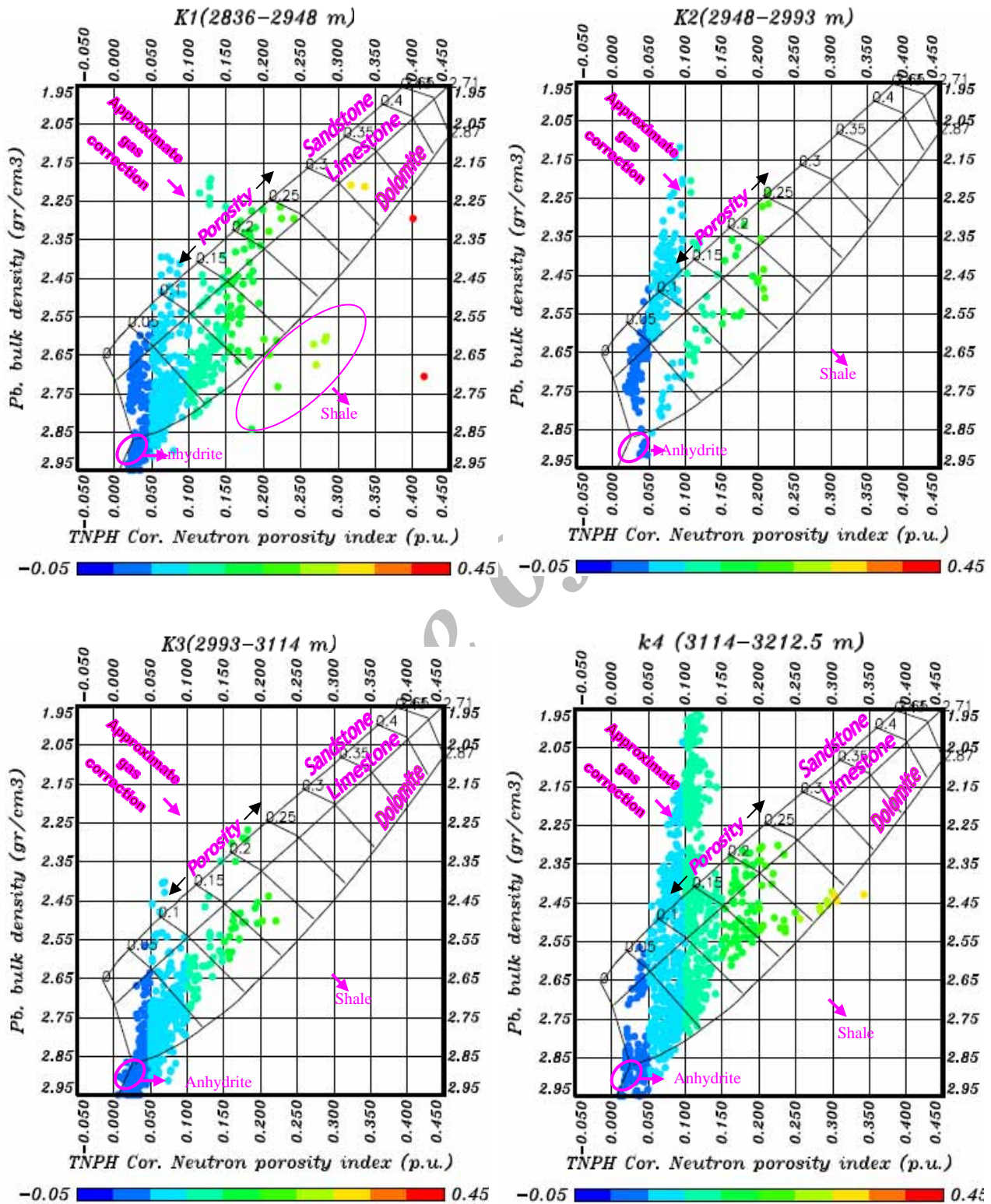
جدول ۱- بررسی لیتولوژی و تخلخل براساس کراس پلات نوترون- چگالی

نام سازند	بخش	زیر بخش	فاصله عمقی (m)	لیتولوژی
کنگان	K2	K1	۲۸۳۶-۲۹۴۸	انیدریت، دولومیت تا دولومیت آهکی
		K2-a	۲۹۵۴-۲۹۴۸	سنگ آهک دولومیتی
		K2-b	۲۹۸۳-۲۹۵۴	سنگ آهک
		K2-c	۲۹۹۳-۲۹۸۳	سنگ آهک دولومیتی
دالان	K4	K3	۲۹۹۳-۳۱۱۴	انیدریت، دولومیت تا دولومیت آهکی
		TOP	۳۱۱۴	سنگ آهک دولومیتی
		K4-a	۳۱۲۷-۳۱۴۲/۸	سنگ آهک
		K4-b	۳۱۴۲/۸-۳۱۶۹/۸	سنگ آهک دولومیتی
		K4-c	۳۱۶۹/۸-۳۱۹۴/۵	سنگ آهک دولومیتی
		K4-d	۳۱۹۴/۵-۳۲۰۰/۸	سنگ آهک
		K4-e	۳۲۰۰/۸-۳۲۱۲/۵	سنگ آهک تا دولومیت آهکی

الف- کراس پلات نوترون - چگالی

چارت cp-1d برای محاسبه لیتولوژی و تخلخل ترسیم شده است. در این کراس پلات سه خط مربوط به ماسه سنگ، سنگ آهک و دولومیت ترسیم شده اند. برای محاسبه تخلخل با استفاده از این چارت کافی است چگالی را در مقابل نوترون پلات کنیم. محل پلات شدن نقطه با توجه به فاصله نقطه از خطوط ماتریکس نشانگر درصد لیتولوژی است (نمودار ۱).

Porosity and Lithology determination from RHOB and TNPH Cross plat



نمودار ۱- کراس پلات نوترون - چگالی سازندهای کنگان K₂-K₁ و دالان K₄-K₃

د- تعیین لیتولوژی از طریق MID plot

برای تعیین لیتولوژی توسط MID plot باید ابتدا مقادیر ظاهری ماتریکس $(pma)_a$ و $(tma)_a$ را بدست آورد (Clavier and Rust, 1976). برای مقادیر ماتریکس ظاهری $(pma)_a$ از کراس پلات نوترون - چگالی شماره (cp-14b) و برای تعیین $(tma)_a$ از کراس پلات نوترون- صوتی شماره (cp-12) استفاده گردید.

در سازندهای کنگان و دالان مقادیر ظاهری ماتریکس $(pma)_a$ در حدود $2/70$ تا $2/87$ گرم بر سانتی متر مکعب بدست آمد و مقادیر ظاهری ماتریکس $(tma)_a$ در محدوده 45 تا 55 میکرو ثانیه بر فوت واقع شد که بیان کننده سنگ آهک، سنگ آهک دولومیتی و دولومیت است. همچنین مقادیر ظاهری ماتریکس $(pma)_a$ در برخی از نقاط سازندهای کنگان و دالان در محدوده $2/87$ تا 3 گرم بر سانتی متر مکعب و مقادیر ظاهری $(tma)_a$ در سازند دالان در محدوده 50 تا 51 میکروثانیه بر فوت پلات گردید که تخلخل نزدیک به صفر دارند بیان کننده انیدریت است.

نمودار ۲ مقادیر بدست آمده $(pma)_a$ در مقابل $(tma)_a$ را نشان می دهد.

ب- کراس پلات نوترون- صوتی

چارت cp-2c مربوط به نمودار نوترون از تیپ TNPH و نمودار صوتی است. برای حل گرافیکی، کافی است DT (سونیک) را در مقابل نوترون پلات کنیم. محل پلات شدن نقطه ای است که با توجه به فاصله نقطه از خطوط ماتریکس نشانگر درصد لیتولوژی است. نتایج بدست آمده از این کراس پلات تقریباً لیتولوژی و تخلخل های بدست آمده از روش قبلی را تأیید می کند.

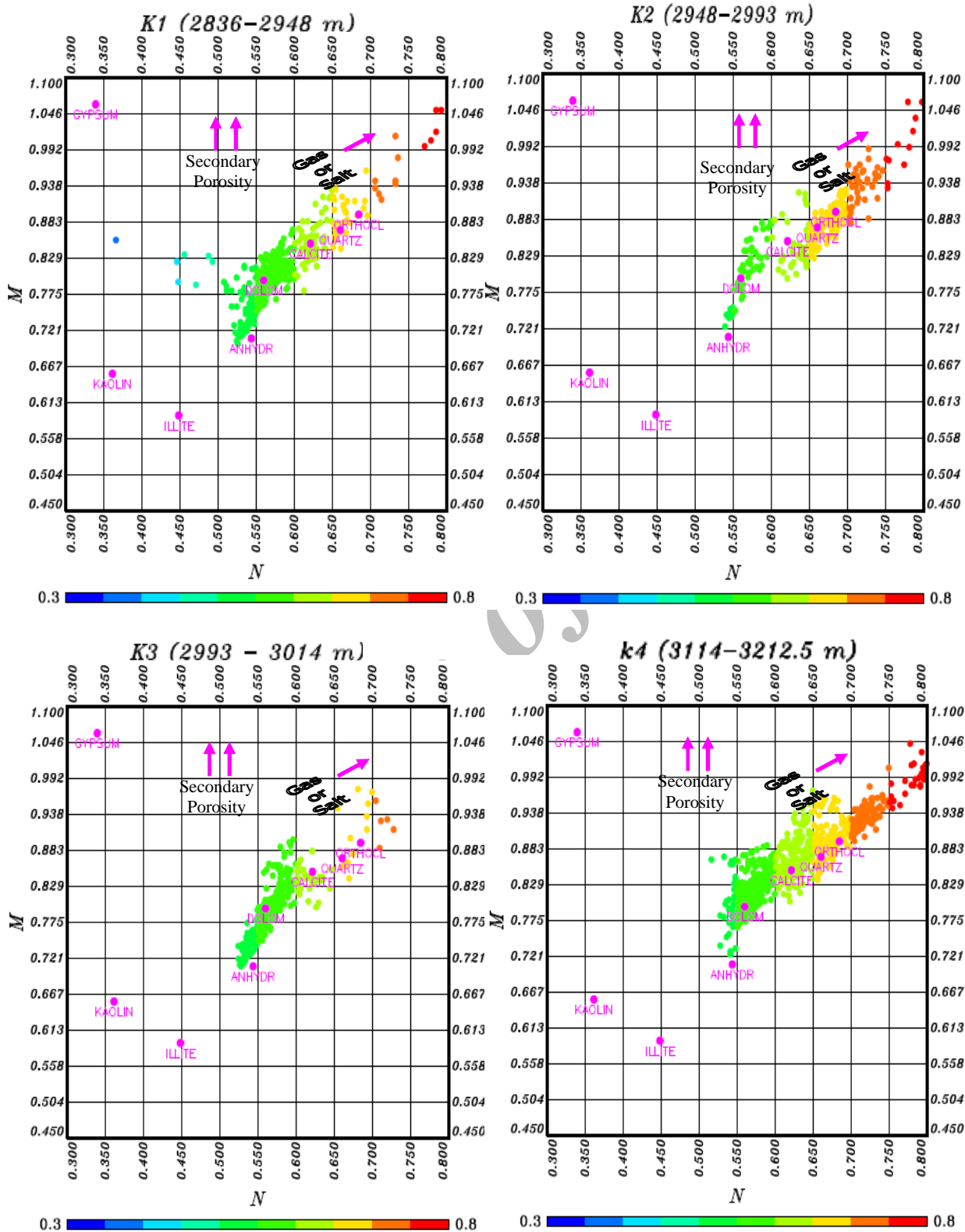
ج- تعیین لیتولوژی از طریق M-N Plot

این کراس پلات در تعیین لیتولوژی با استفاده از سه لاگ تخلخل به کار می رود. در واقع این کراس پلات برای حذف اثر تخلخل و به دست آوردن ترکیب کانی شناسی سه تایی به کار می رود. در این کراس پلات M و N در مقابل هم رسم شده اند. M و N طبق روابط بورک (Burke et al., 1969) بدست می آید. یکی از بهترین کاربردهای این پلات مشخص کردن تخلخل ثانویه است. زیرا تخلخل ثانویه M را تغییر می دهد، ولی بر N بی اثر است. در کراس پلات M-N زمانی که نقاط در بالای خط کلسیت، دولومیت پلات شدند و سازند فاقد گاز باشد، بیان کننده تخلخل ثانویه هستند.

در سازند کنگان K_1 و K_2 نمونه ها در بالای نقطه کلسیت و دولومیت (شمال شرق کراس پلات) قرار دارند که نشان دهنده حضور گاز در این سازند است که این تمایل نقاط در بخش K_2 بیشتر دیده می شود. همچنین برخی نمونه ها در اطراف نقطه انیدریت تمرکز دارند (نمودار ۲).

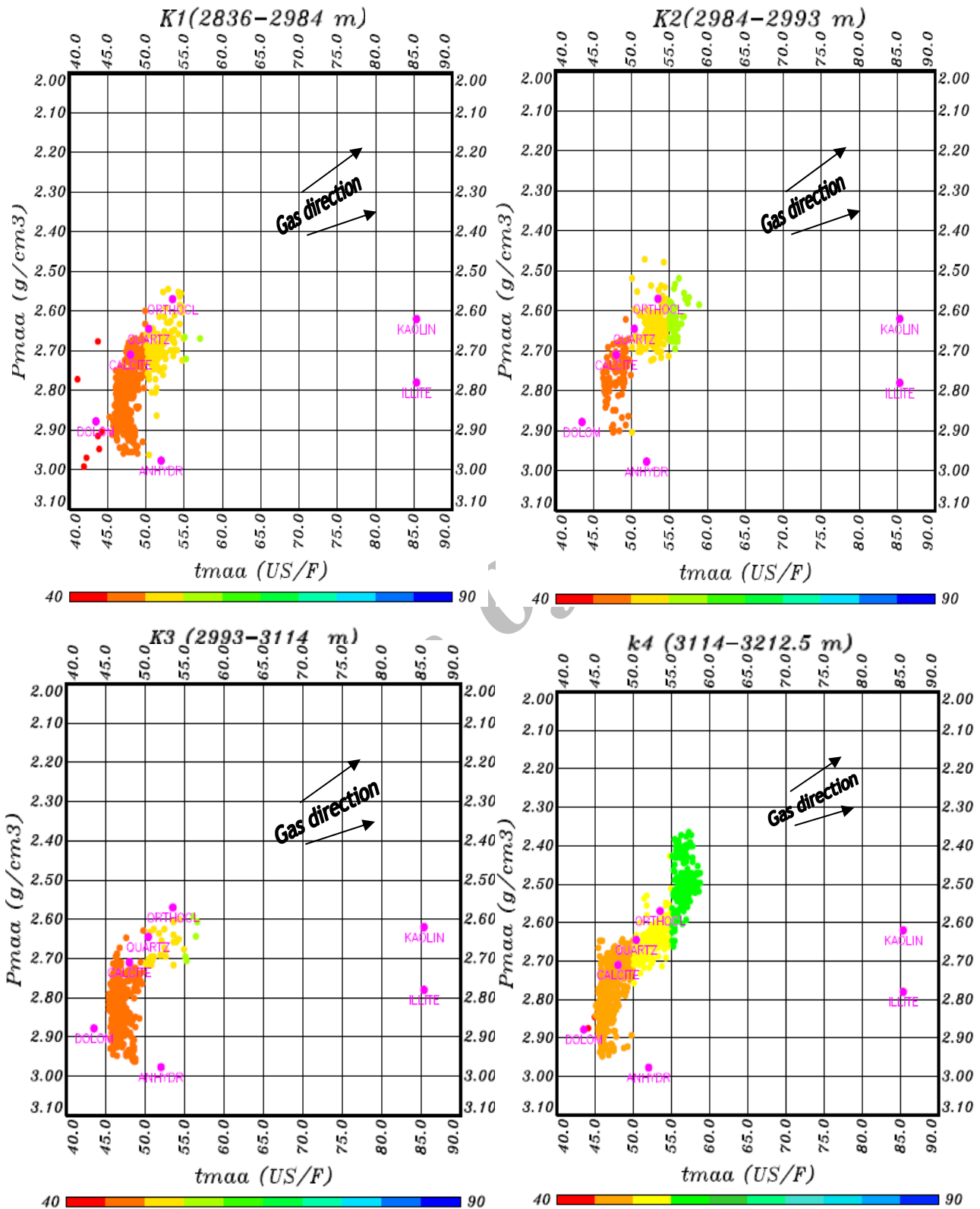
در سازند دالان K_3 و K_4 به علت حضور گاز نمونه ها پراکندگی نشان می دهند در اطراف نقاط کوارتز، کلسیت و دولومیت که این پراکندگی نقاط در بخش K_4 بیشتر دیده می شود و سبب شده است که لیتولوژی به طور دقیق مشخص نشود (نمودار ۲).

M-N Plot for Mineral identification



نمودار ۲ - تعیین لیتولوژی از طریق M-N Plot سازندهای کنگان K₂-K₃ و دالان K₄-K₃

Matrix Identification (MID) Plot



نمودار ۳ - تعیین لیتولوژی از طریق MID Plot سازندهای کنگان K₁-K₂ و دالان K₃-K₄

محاسبه حجم شیل

سازندهای کنگان و دالان نمی‌توان به عنوان یک عامل مؤثر منفی در تغییر خواص مخزنی یاد کرد (جدول ۳).

جدول ۳- محاسبه متوسط حجم شیل برحسب درصد در سازندهای کنگان و دالان

نام سازند	زیر بخش	فاصله عمقی (m)	متوسط حجم شیل
کنگان	K ₁	۲۸۳۶-۲۹۴۸	۱۰/۰۸
	K _{2-a}	۲۹۴۸-۲۹۵۴	۹/۰۵
	K _{2-b}	۲۹۵۴-۲۹۸۳	۷/۴۰
	K _{2-c}	۲۹۸۳-۲۹۹۳	۱۰/۹۹
دالان	K ₃	۲۹۹۳-۳۱۱۴	۱۱/۱۷
	TOP	۳۱۱۴	۱۰/۳۵
	K _{4-a}	۳۱۲۷-۳۱۴۲	۸/۰۵
	K _{4-b}	۳۱۴۲-۳۱۶۹	۶/۳۰
	K _{4-c}	۳۱۶۹-۳۱۹۴	۷/۶۱
	K _{4-d}	۳۱۹۴-۳۲۰۰	۹/۴۷
	K _{4-e}	۳۲۰۰-۳۲۱۲	۹/۶۶

تعیین نوع کانی های رسی

میزان تاثیر رس ها بر خواص مخزنی و نمودارها، تابع کانی های رسی موجود در سازند است. تشخیص انواع کانی های رسی موجود در ارزیابی سازند و رسوب و مطالعات رسوب شناسی و دیاژنز به کار می رود.

لازمه کاربرد یک نمودار در تعیین کانی های رسی این است که پاسخ نمودار در درجه اول تابع نوع کانی رسی باشد. نمودارهای مرسوم هیچ کدام چنین خاصیتی ندارند. از این رونمی توان مستقیماً از این نمودارها برای تعیین کانی های رسی استفاده کرد. به همین دلیل در این موارد پارامترهای دیگر که وابسته به نوع کانی رسی هستند از نمودارها محاسبه و برای تعیین کانی رسی به کار می روند و یا از تلفیقی از نمودارها استفاده می شود. برای مثال می توان نمودارهای Pe, Th, K و Ra نام برد (Quirein et. Al., 1982).

برای شناسایی بهتر کانی های رسی از روش های زیر

استفاده گردید:

حجم شیل در یک مخزن نقش مهمی در خواص مخزن دارد. شیل می‌تواند تغییرات زیادی در مخازن ایجاد کند. محاسبه حجم شیل بطور معمول از نمودارهای SGR و CGR انجام می‌شود. حجم شیل محاسبه شده از هر کدام از این روش ها با یکدیگر متفاوت است. مقدار شیل محاسبه شده از GR بیشتر از CGR است. چون در این روش علاوه بر توریوم و پتاسیم (K و Th) که توسط CGR ثبت می‌شود، کانی اورانیوم (U) نیز ثبت می‌گردد که قابلیت انحلال بالائی دارد و بیشتر در کانی های رسی که در شیل ها فراواند دیده می شود (Adams and Weaver, 1985). بهین دلیل در محاسبه حجم شیل تنها از روش CGR می‌توان به ارزیابی درستی از میزان حضور شیل دست یافت. در این روش قرائت مقادیر ماکزیمم و مینیمم CGR در سازندهای کنگان و دالان در محل هایی که فاقد ریختگی دیوار چاه است صورت گرفت (جدول ۲).

جدول ۲- مقادیر ماکزیمم و مینیمم CGR در سازندهای کنگان و دالان

نام سازند	عمق (متر) min	عمق (متر) max	CGR (API) min	CGR (API) max
کنگان	۲۹۶۳/۱	۲۸۳۶/۱۶	۱۶/۴۱	۱۷۰/۵۷
دالان	۳۰۶۶/۱۶	۳۰۴۰/۹۵	۲۱/۰۹	۹۳/۴۷

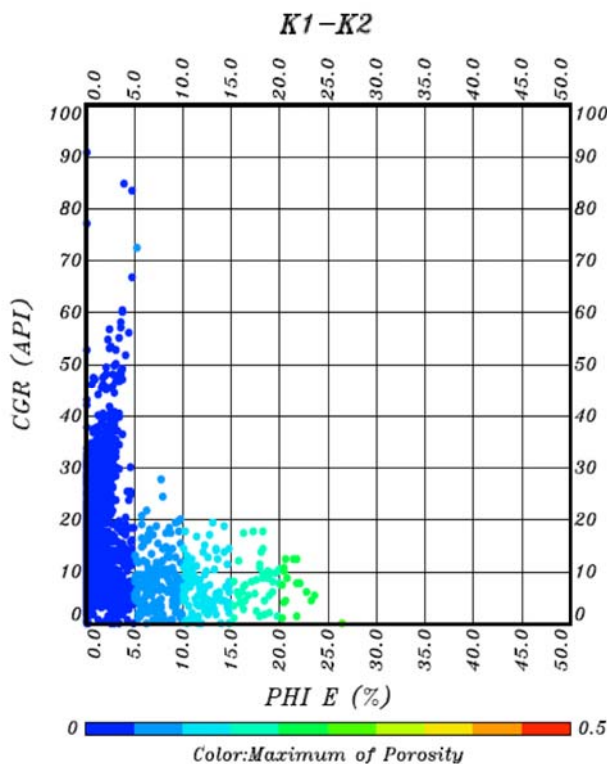
در سازند کنگان متوسط حجم شیل محاسبه شده در بخش های K_{2-a} و K_{2-b} دارای مقادیر کمتری نسبت به بخش های دیگر این سازند است. در سازند دالان متوسط حجم شیل محاسبه شده در بخش های K_{4-a}, K_{4-b} و K_{4-c} دارای مقادیر کمتری نسبت به بخش های دیگر این سازند است.

با توجه به اینکه فراوانی حجم شیل سبب کاهش خواص مخزنی می‌شود از حجم شیل بسیار کم در

تفکیک کرد. در فواصل حاوی شیل GR و Φ_n هر کدام به حضور شیل پاسخ داده و در نتیجه در این فواصل نقاط پلات شده به صورت یک نمودار خطی نمایان می‌شود، با در نظر گرفتن این نکته که GR تنها به شیل پاسخ می‌دهد و Φ_n علاوه بر حضور شیل به سیال اشباع شده نیز پاسخ می‌دهد. در لایه های که درصد رس کم است، نقاط پلات شده از روند یک نمودارخطی خارج می‌شود (Batman, 1985).

نقاط پلات شده در سازندهای کنگان و دالان نشان می‌دهد که روند افزایش Φ_n مطابق با افزایش CGR نیست و در واقع CGR تقریباً به صورت خطی مقدار شیل پایین را نشان داده و Φ_n افزایش تخلخل را در این سازندها نشان می‌دهد (نمودار ۵).

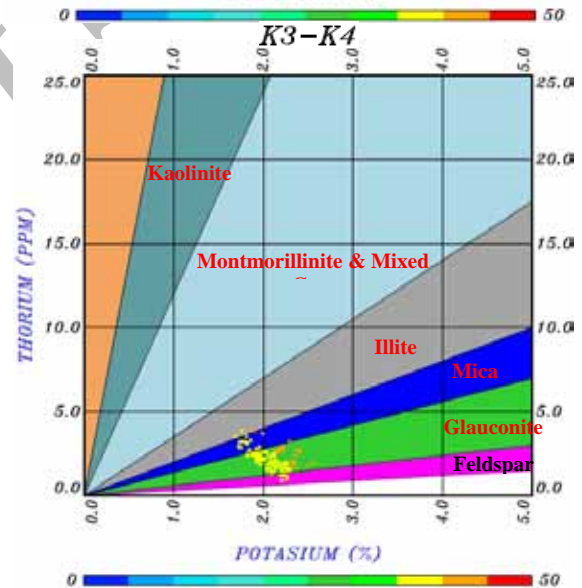
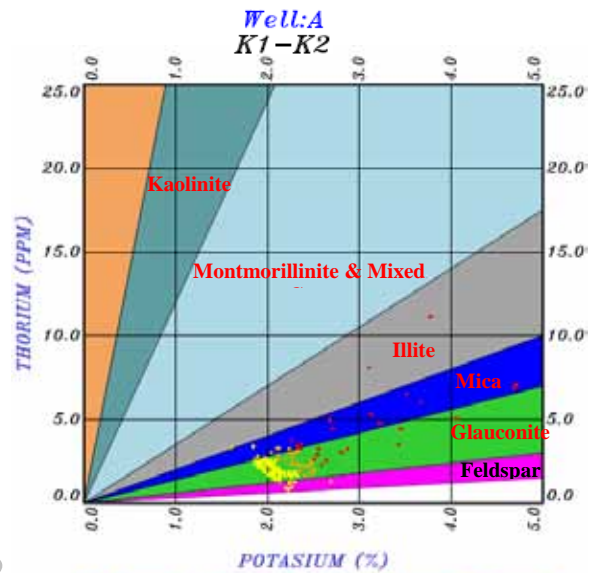
در واقع از نظر حجم شیل سازندها به سه گروه تقسیم می‌کنند: حجم شیل کمتر از ۱۰ درصد سازند تمیز، بین ۱۰-۳۳ درصد سازند شیلی، از ۳۳ درصد بیشتر سازند بسیار شیلی. با توجه به حجم شیل محاسبه شده سازندهای کنگان و دالان جزو سازندهای تمیز محسوب می‌شوند و در فواصلی که دارای تخلخل بالا و اشباع آب پایین هستند دارای کیفیت مخزنی است.



۱) کراس پلات Th-K (نمودار ۴)

۲) کراس پلات PEF-K

۳) کراس پلات PEF-Th/K



نمودار ۴- کراس پلات Th-K سازندهای کنگان و دالان

با توجه به نمودارهای رسم شده در سازندهای کنگان و دالان کانی های، گلوکونیت، میکا و ایلیت تشخیص داده شد که چندان قابل استناد نیست (نمودار ۴).

کراس پلات Φ_n -GR

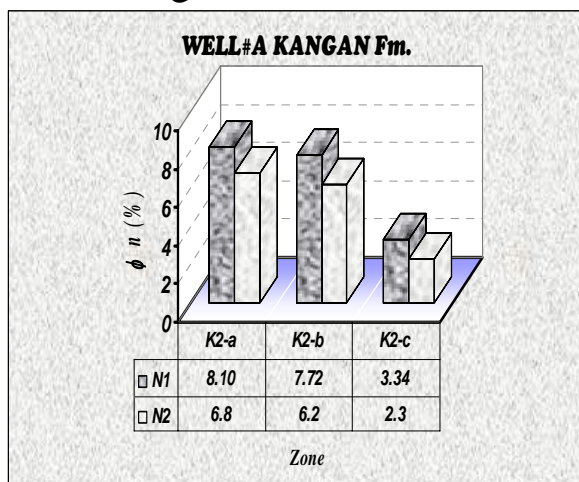
کراس پلات Φ_n -GR روش مناسبی است که با آن می‌توان فواصل مخزنی را از فواصل حاوی شیل

نمودار صوتی که برای محاسبه تخلخل استفاده می شود ارزش تخلخل آن معمولاً کمتر از نمودار نوترون یا چگالی است. زمانی از این نمودار استفاده می شود که فضاهای خالی سازند، متوسط گستردگی یکسانی را داشته باشند.

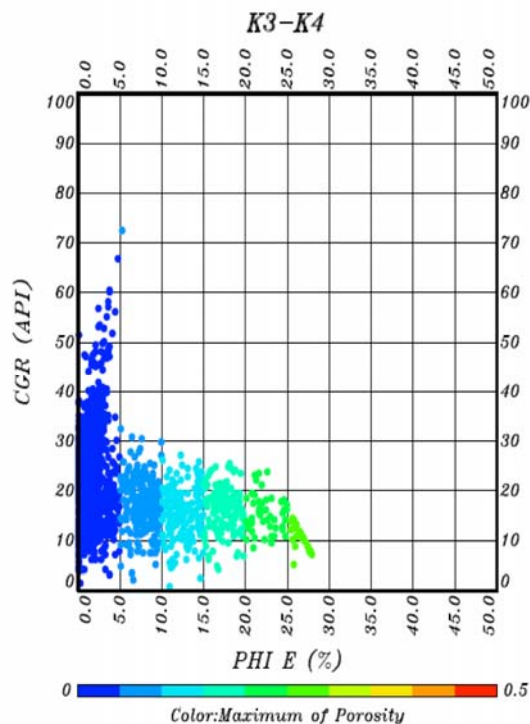
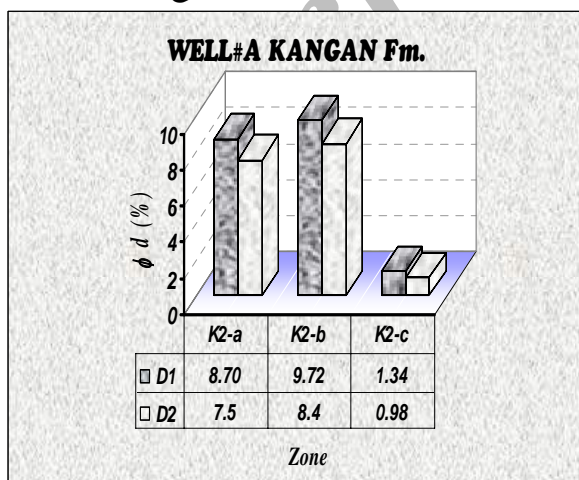
لایه های شیلی در مخازن سبب افزایش مقدار ΔT و در نهایت افزایش تخلخل صوتی و برآورد نادرست از تخلخل می شوند.

در سازندهای کنگان و دالان اختلاف تخلخل صوتی قبل و بعد از تصحیح شیل نسبتاً کم است (به علت حجم کم شیل).

N_1 : تخلخل نوترون قبل از تصحیح شیل



D_1 : تخلخل چگالی قبل از تصحیح شیل

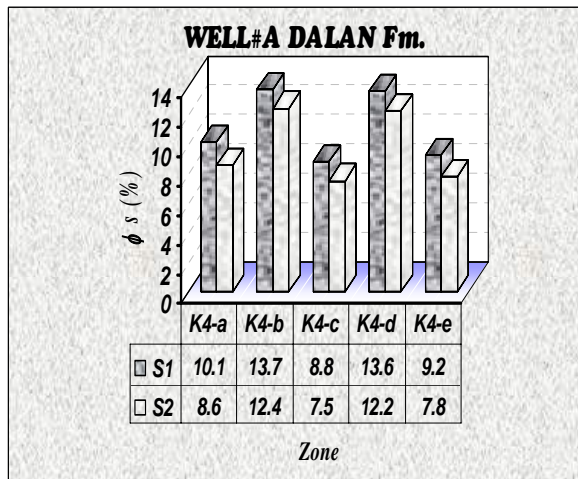
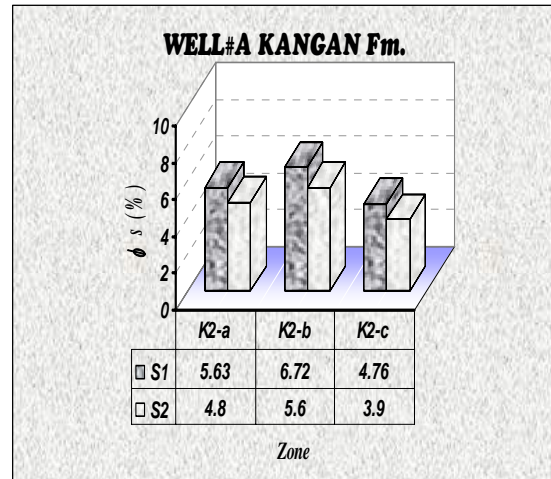


نمودار ۵- بررسی کیفیت مخزن با استفاده از کراس پلات $GR-\Phi_n$ سازندهای کنگان K_2-K_1 و دالان K_3-K_4 .

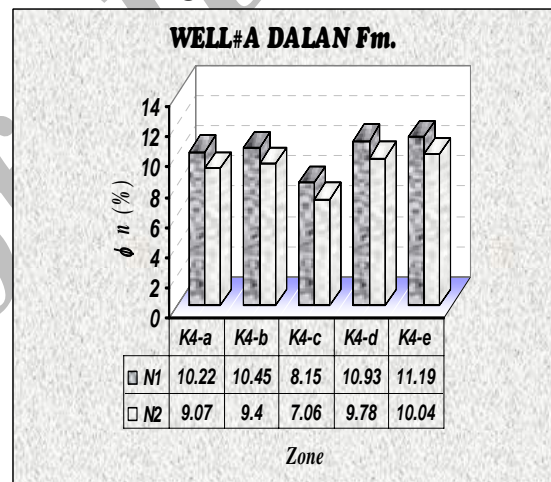
محاسبه تخلخل

تخلخل با استفاده از نمودارهای نوترون، صوتی و چگالی قابل محاسبه است (Brock, 1986). در این مبحث ابتدا تخلخل را برای چاه A (سازندهای کنگان و دالان) محاسبه کرده و سپس بر روی هر کدام از این تخلخلها تصحیح شیل انجام می شود (نمودار ۶).

شیل ها به علت داشتن کانی های رسی فراوان که جذب کننده آب می باشند، دارای اندیس هیدروژن بالایی هستند که باعث قرائت ها غیر واقعی در نمودار نوترون می گردد. همانطور که در نمودار ۶ مشاهده می شود اختلاف بین تخلخل قبل و بعد از تصحیح شیل در سازندهای کنگان و دالان کم است که خود بیانگر حجم شیل پایین در این سازند ها است. با توجه به حجم کم شیل در سازندهای کنگان و دالان اختلاف تخلخل چگالی قبل و بعد از تصحیح شیل نیز در این سازندها کم است.

S₂: تخلخل صوتی بعد از تصحیح شیلS₁: تخلخل صوتی قبل از تصحیح شیل

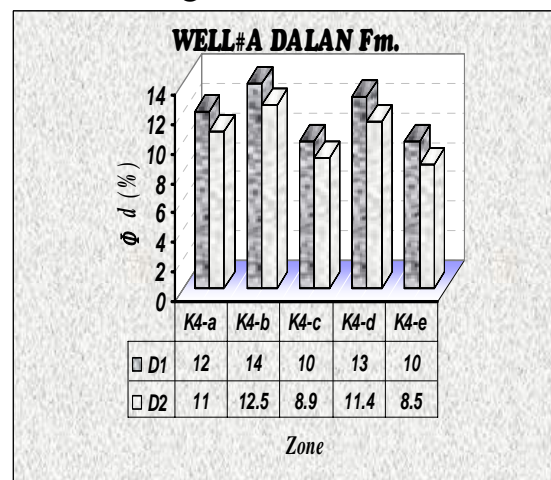
نمودار ۶ - مقایسه تخلخل های بدست آمده قبل و بعد از تصحیح شیل در سازندهای کنگان K₂ و دالان K₄.

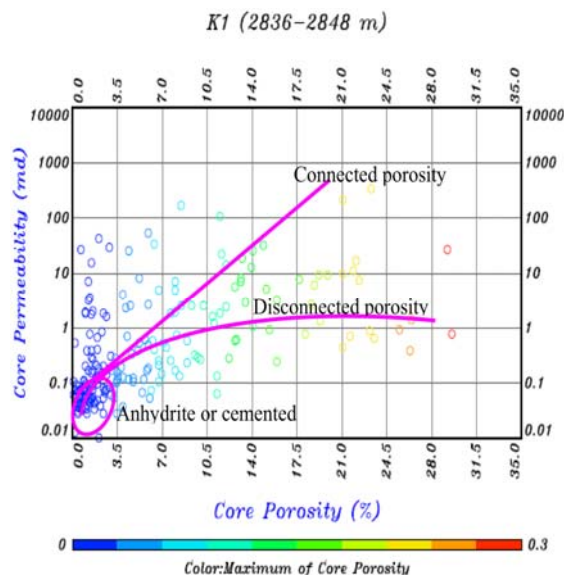
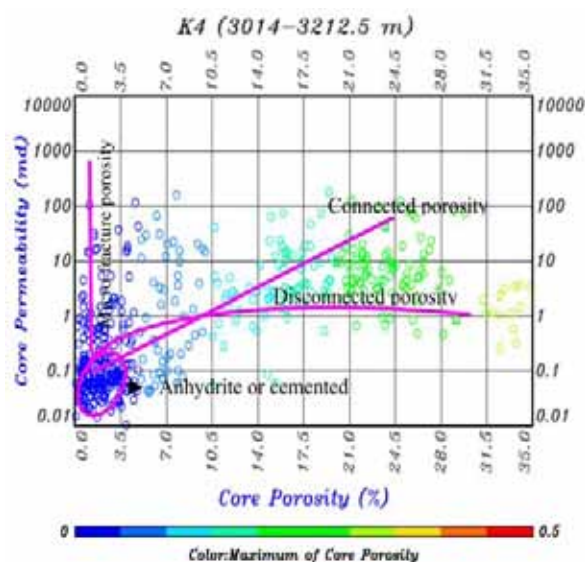
N₂: تخلخل نوترون بعد از تصحیح شیل

Core porosity / Core پلاست *permeability*

در این نمودار تجمع نمونه هایی که دارای تخلخل نزدیک به صفر و تراوایی زیر ۰/۱ میلی دارسی هستند نشان دهنده حضور انیدریت در این بخش از سازند است.

در نمونه هایی که با افزایش تخلخل تراوایی نیز افزایش پیدا می کند نشان دهنده تخلخل های مرتبط و بهم مرتبط (**connected porosity**) است و نمونه هایی که در ابتدا تخلخل و تراوایی افزایش پیدا کرده و سپس با افزایش تخلخل، تراوایی روند ثابتی را حفظ می کند، نشان دهنده تخلخل های جدا افتاده (**disconnected porosity**) مانند تخلخل های قالبی (**Moldic porosity**) هستند. در ضمن نمونه هایی که دارای تخلخل ثابت و تراوایی افزایش یافته هستند، وجود تخلخل های کانالی و یا ریز شکستگی ها را نشان می دهند (نمودار ۷).

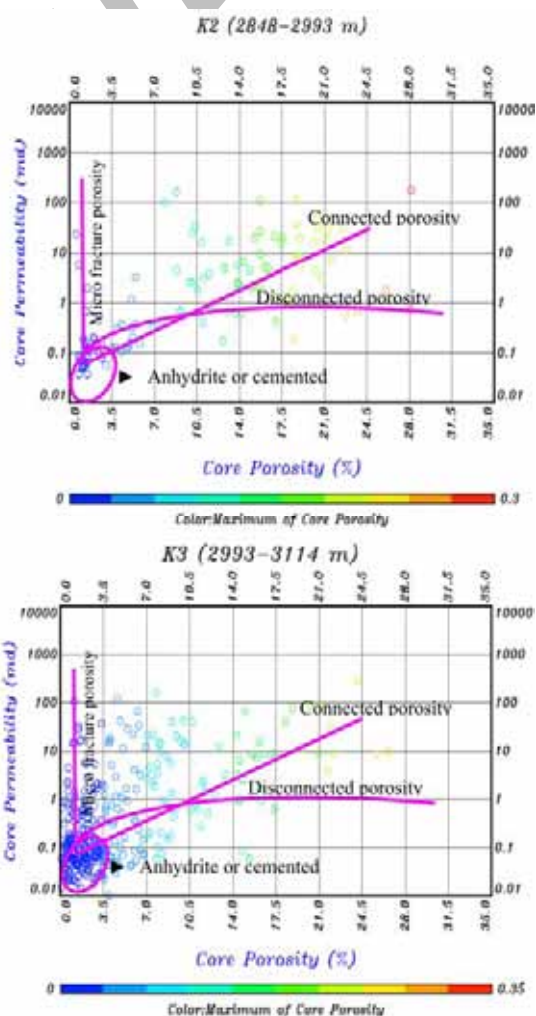
D₂: تخلخل چگالی بعد از تصحیح شیل



نمودار ۷ - تخلخل و تراوایی بدست آمده از مغزه جهت شناسایی نوع تخلخل موجود در سازندهای کنگان K_2-K_1 و دالان K_3-K_4 .

کراس پلات $R_{XO}/R_{mf} - \Phi_n$

با کمک این کراس پلات می توان تفکیک فواصل مخزنی را انجام داد. در فم و همکاران (Dorfman et al., 1990) معتقدند، در کراس پلات $R_t - \Phi_n$ وقتی نمونه ها داخل ستون هیدروکربن انتخاب شوند و اشباع آب در آن جا در حد غیر قابل استحصال باشد؛ تنها عاملی که باعث تفکیک رخساره ها می شود، تفاوت در فاکتور سیمانی شدن (m) آن ها است. پیچیدگی حفرات و در نتیجه فاکتور m در یک مادستون آهکی بیشتر از یک گرینستون بوده و R_t نیز در آنجا زیاد می شود، در عوض در کراس پلات $R_{XO}/R_{mf} - \Phi_n$ در شرایط مشابه یاد شده عامل تفکیک میزان جایگزینی هیدروکربن زون اشغال شده توسط گل تراویده است. این جایگزینی در یک مادستون کمتر از یک گرینستون است، لذا مقاومت الکتریکی مادستون آهکی بیشتر است. در کراس پلات $R_{XO}/R_{mf} - \Phi_n$ نقاطی که خواص مخزنی بهتر داشته باشند، مقاومت پایین و تخلخل بیشتری نشان می دهند. این کراس پلات در چاه A انجام گرفت که در نتیجه آن بخش های با قابلیت مخزنی زیاد از بخش های با قابلیت مخزنی کم در سازندهای کنگان و دالان نشان داده شده است (نمودار ۸). سازند دالان در مقایسه با سازند کنگان دارای فواصل مخزنی فراوان تر (تخلخل بالا و مقاومت پایین تر



تعیین مقاومت آب سازندی

برای تعیین مقاومت آب سازندی در این مطالعه از دو روش زیر استفاده شده است.

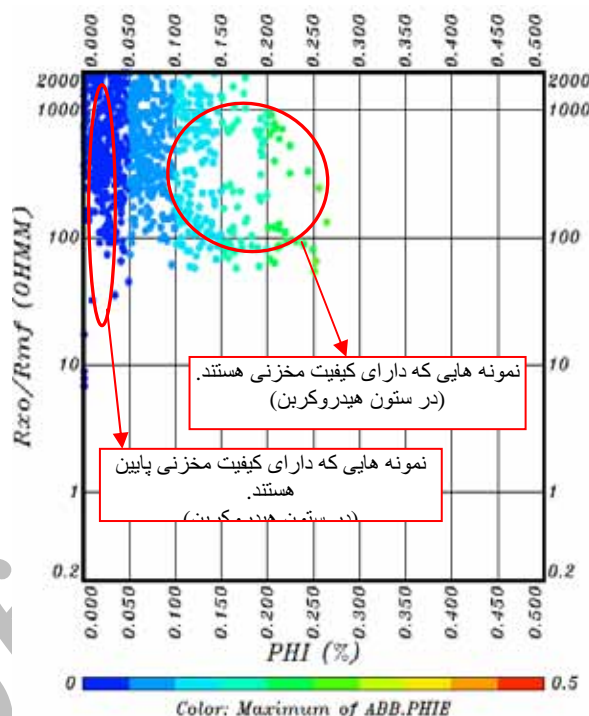
روش اول : با داشتن میزان شوری آب سازند که در سر برگ لاگ برابر با ۲۸۵۰۰۰ ppm و دمای ته چاه که برابر با ۱۰۰ درجه سانتی گراد است و بکار بردن مقادیر فوق در چارت Gen-9 شلمبرژر (نمودار ۹) مقاومت آب سازندی در چاه A برابر با ۰/۱۷۳ اهم بر متر بدست آمد.

روش دوم : روش پلات پیکت این روش در سال ۱۹۹۶ توسط پیکت ابداع شد (رضایی و چهارزی، ۱۳۸۵).

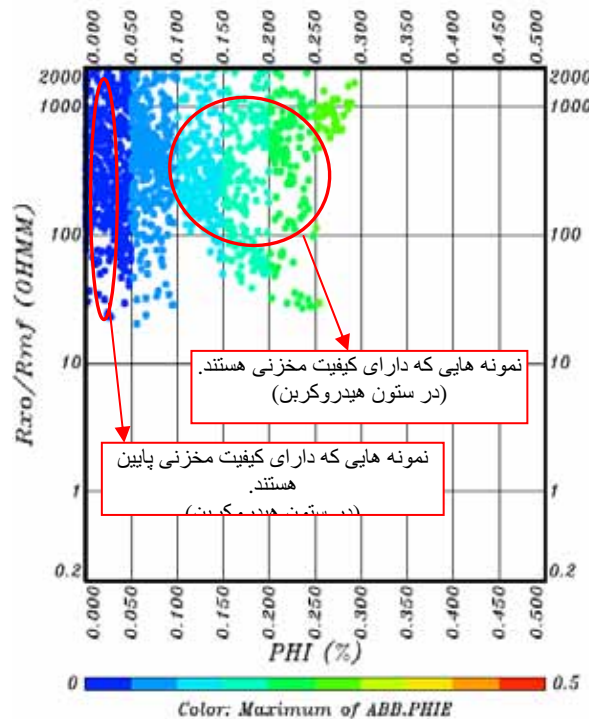
از این روش علاوه بر محاسبه R_w می توان مقدار m (ضریب سیمان شدگی) را نیز برآورد کرد. برای بدست آوردن m با اندازه گیری شیب خط اشباع صد در صد m یا ضریب سیمان شدگی بدست می آید. در این روش مقدار R_w در سازندکنگان برابر با ۰/۱۹۶ اهم بر متر و m برابر ۱/۹۹ و در سازند دالان برابر با ۰/۱۴ اهم بر متر و m برابر ۲ محاسبه گردید(نمودار ۹).

بیشتری) نسبت به سازند کنگان است. سازند کنگان عموماً مقاومت بالا و تخلخل پایینی را نشان می دهد.

K1-K2



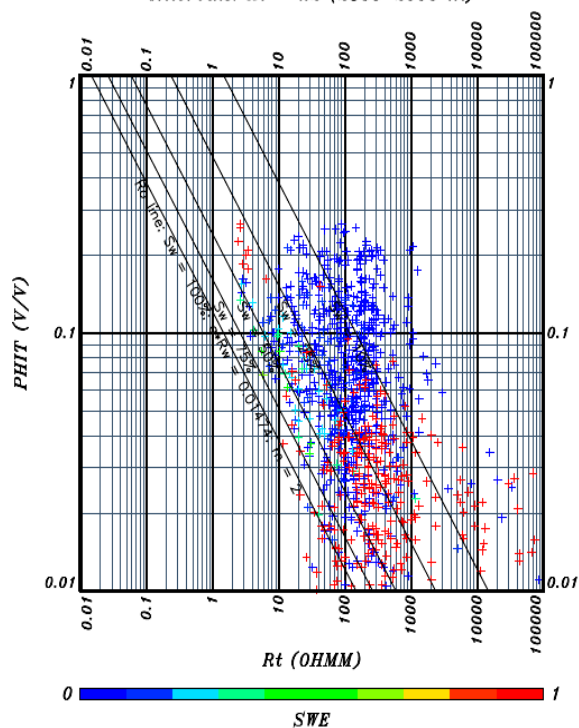
K3-K4



PHI vs. RT Crossplot

Well: A

Intervals: K1 - k2 (2836-2993 m)



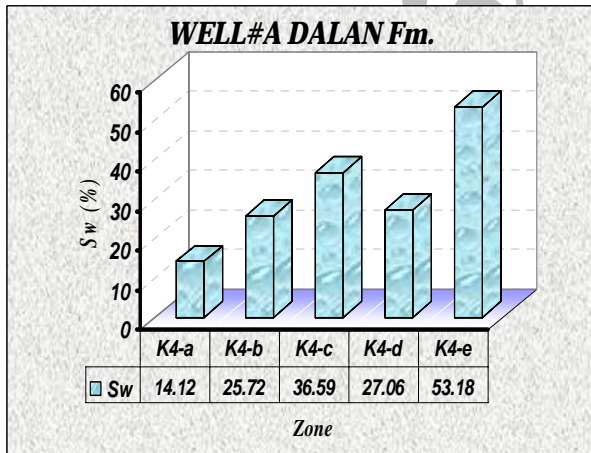
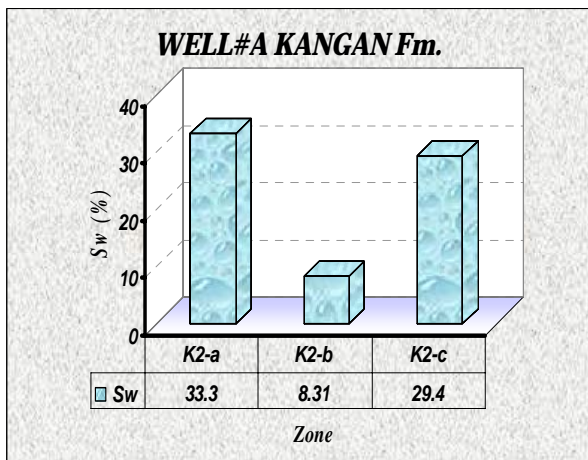
نمودار ۸- بررسی فواصل مخزنی با استفاده از کراس پلات $R_{XO}/R_{mf} - \Phi_n$ در سازندهای کنگان و دالان

محاسبه اشباع آب

برای محاسبه اشباع آب از فرمول آرچی استفاده گردید:
- رابطه آرچی:

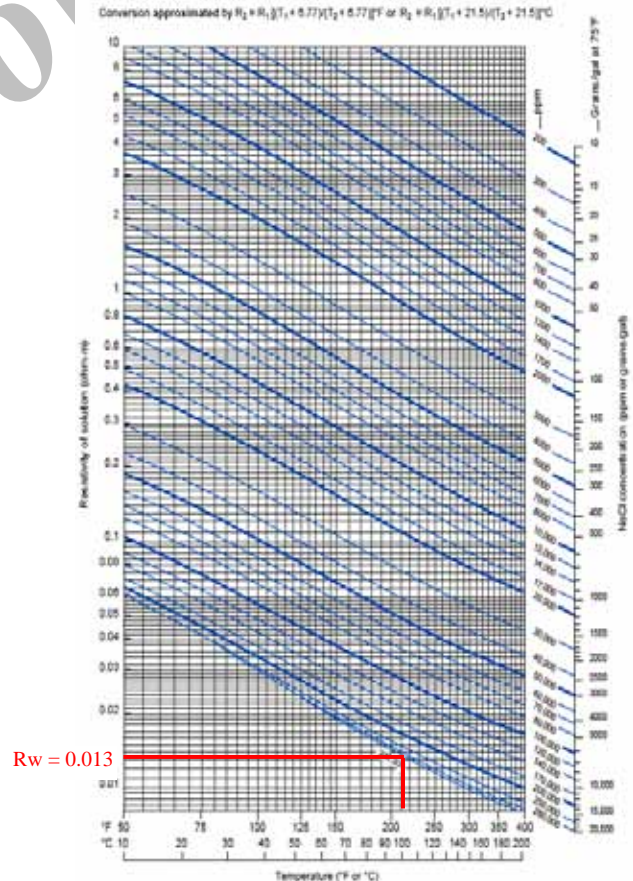
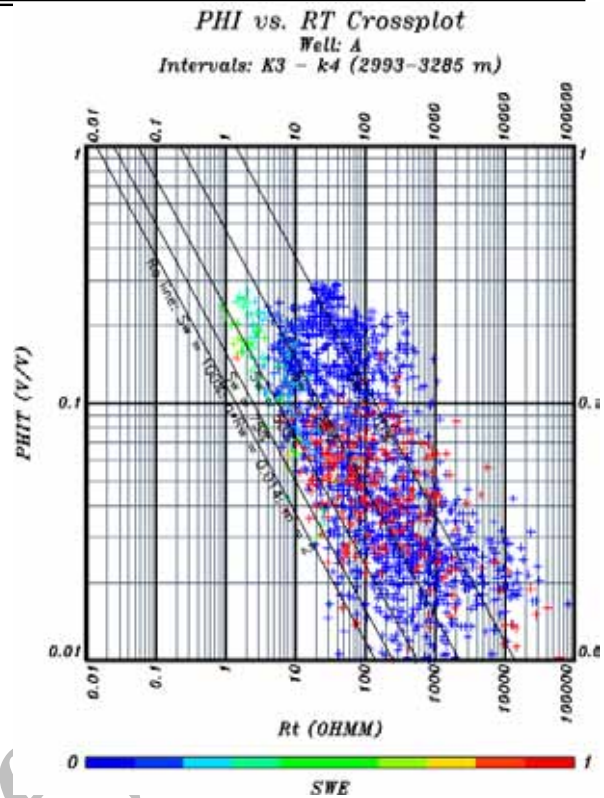
$$(S_w)^n = \frac{(F \cdot R_w)}{R_t}$$

متوسط اشباع آب بدست آمده در بخش‌های مختلف سازندهای کنگان و دالان به شرح زیر است (نمودار ۱۰).
همچنین محاسبه اشباع آب توسط نرم افزار ژئولاگ از روش اندونزی انجام گردید (نمودار ۱۱-۱۲).



نمودار ۱۰- مقایسه میانگین اشباع شدگی آب در بخش‌های مخزنی سازندهای کنگان و دالان

با توجه به اشباع آب بدست آمده سازند دالان در بخش‌های K4-a,b,c,d دارای اشباع آب زیر ۴۰٪ و K4-e دارای اشباع آب بیش از ۵۰٪ است. از نظر اشباع آب بخش‌های K2 و K4-a-b-c-d دارای خواص مخزنی است.



Rw = 0.013

نمودار ۹- محاسبه R_w و m از طریق پیکت پلات و چارت Gen-9 در سازندهای کنگان و دالان

که از بالای سازند تا مرز آب - نفت ادامه دارد. محدوده زون تولیدی را در هر ایتروال به کمک حد آستانه‌ها یا همان Cut Off در نظر گرفته شده برای پارامترهای مهم مخزنی یعنی تخلخل، اشباع آب و حجم شیل مشخص می‌کنند (جدول ۴).

جدول ۴- پارامترهای پتروفیزیکی ثابت در ارزیابی سازندها

سیال سازند	نوع سنگ	درصد تخلخل	اشباع آب	حجم شیل
گاز	نامرغوب	۰-۲/۵	< ۵۰٪	< ۳۰٪
	مرغوب	> ۲/۵	۰-۵۰٪	> ۳۰٪

ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان

زون تولیدی خالص (Net Pay Section) شاخص مهمی در بررسی کیفیت مخزن به شمار می‌رود. این ضخامت در واقع بخشی از مخزن هیدروکربور را شامل می‌شود که شرایط مخزنی و پتروفیزیکی قابل قبولی داشته باشد.

چنانچه کل ضخامت سازند از بالا تا قاعده آن را زون ناخالص کل (Gross Section) در نظر گرفته شود، بخش‌های هیدروکربوردار سازند، منهای بخش‌های شیلی را زون تولیدی به حساب می‌آورند

ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان در

جدول ۵ آورده شده است

جدول ۵- ارزیابی پتروفیزیکی سازندهای کنگان و دالان

Cutoff details

PHIE ≥ 0.025 V/V
SWE ≤ 0.5 V/V

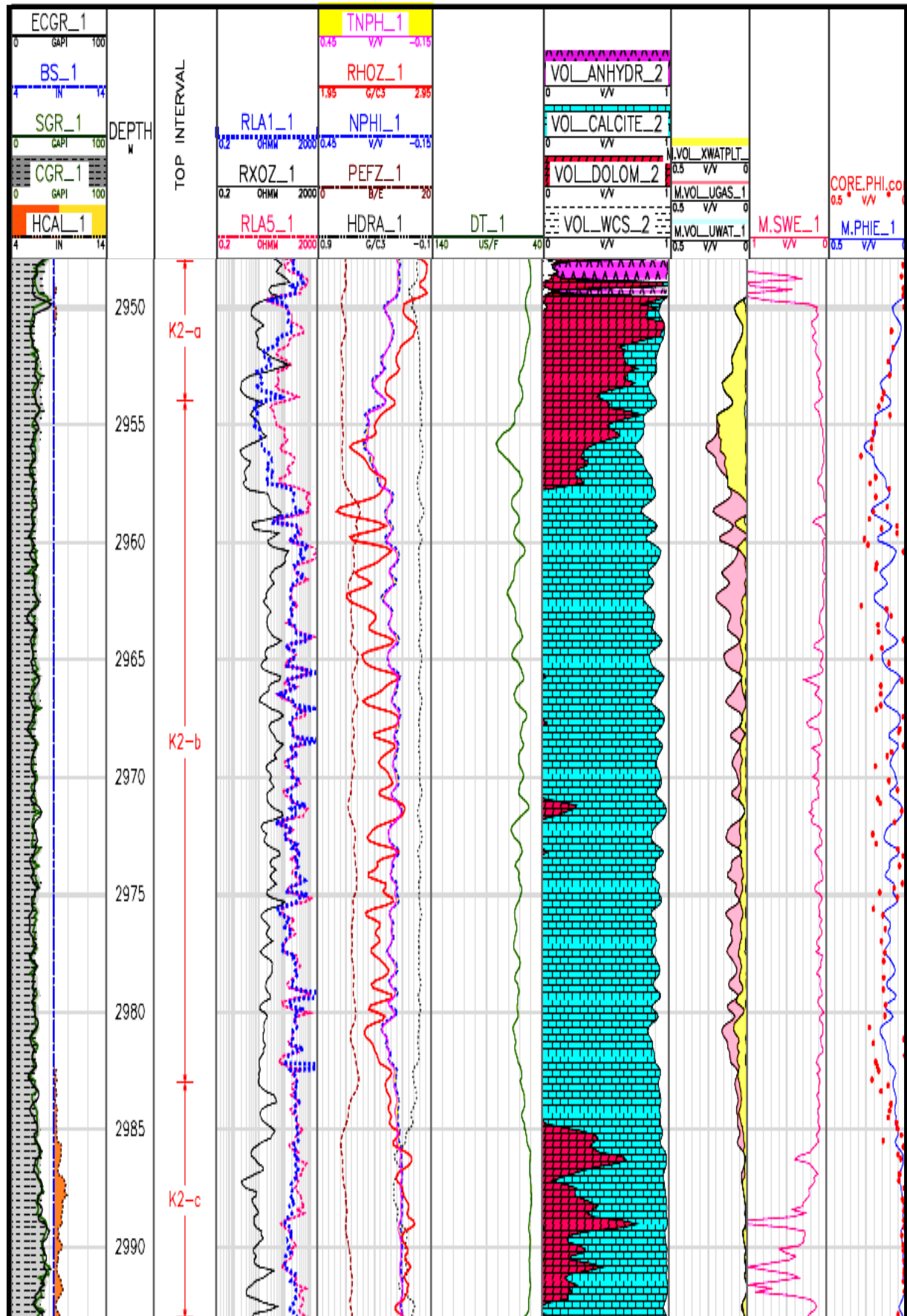
Lumping details

Standalone Minimum Thickness: 0.1 METRES
Include Minimum Thickness: 0.1 METRES
Maximum Separation: 0.1 METRES
Separations are not included

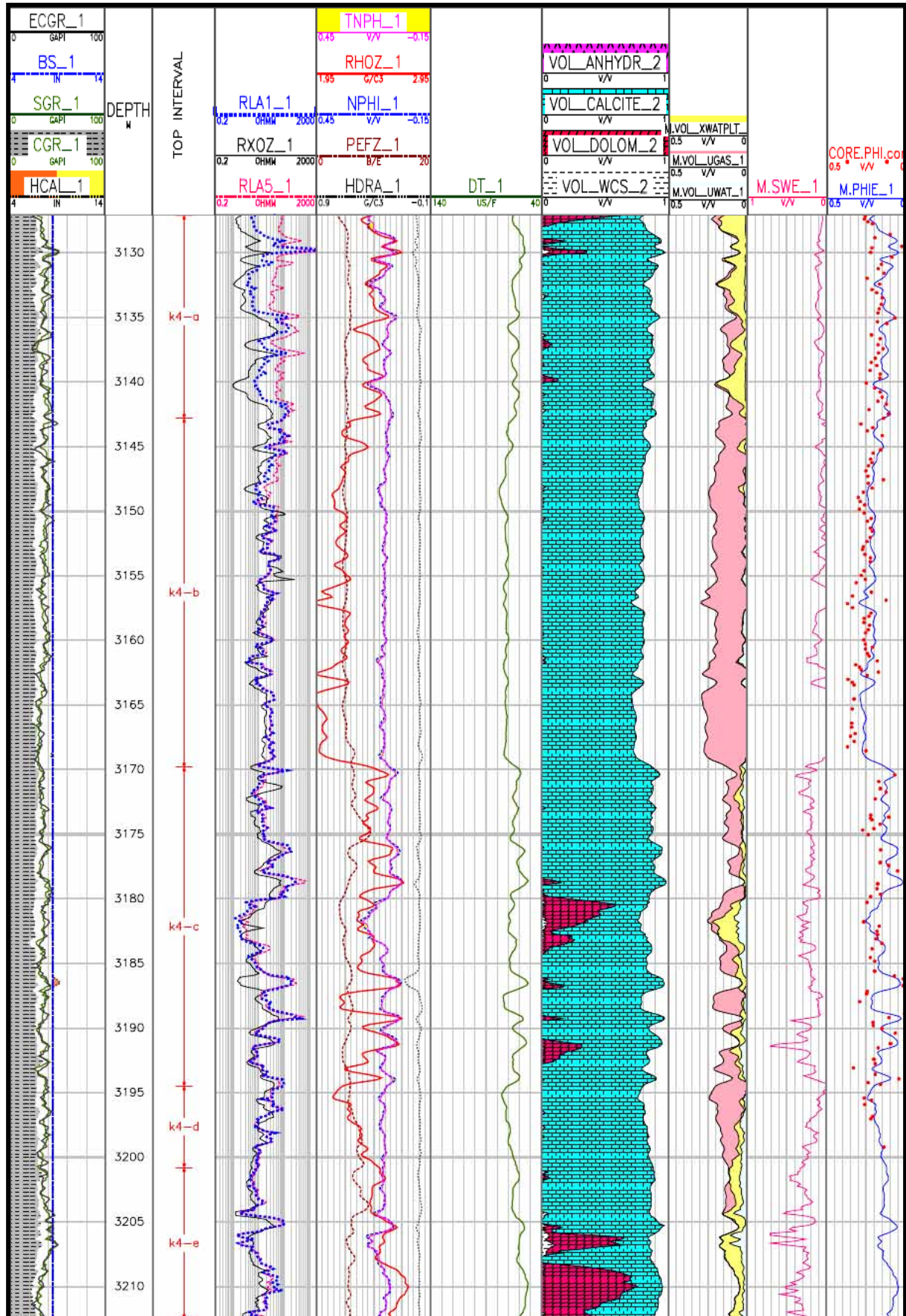
Missings are included in GROSS

Frame values centralized on frame depth

DEPTH	GROSS	NET	NET/GROSS	PHIEH	HVOLH	PHIE_AV	SWE_AV	SH_AV	Interval
METRES	METRES	METRES	M/M	(V/V)	(V/V)	(V/V)	(V/V)	(V/V)	METRES
2836 to 2948	112	67.361	0.601	5.335	4.355	0.079	0.184	0.1008	K ₁
2948 to 2948	6	4.223	0.704	0.361	0.322	0.086	0.108	0.0905	K _{2-A}
2954 to 2983	29	28.695	0.989	3.224	2.996	0.112	0.071	0.074	K _{2-B}
2983 to 2993	10	4.725	0.473	0.238	0.208	0.05	0.124	0.1099	K _{2-C}
2993 to 3114	121	53.035	0.438	3.379	2.843	0.064	0.159	0.1117	K ₃
3114 to 3127.1	13.1	11.815	0.902	1.106	1.037	0.094	0.063	0.1035	Top-K ₄
3127.1 to 3142.8	15.7	15.7	1	2.072	1.899	0.132	0.083	0.0805	K _{4-A}
3142.8 to 3169.8	27	27	1	5.945	5.635	0.22	0.052	0.063	K _{4-B}
3169.8 to 3194.5	24.7	24.09	0.975	3.269	2.584	0.136	0.21	0.761	K _{4-C}
3194.5 to 3200.8	6.3	6.3	1	1.123	0.952	0.178	0.153	0.0947	K _{4-D}
3200.8 to 3212.5	11.7	10.633	0.909	1.177	0.807	0.11	0.314	0.0966	K _{4-E}
2836 to 3212.5	376.5	253.578	0.0674	27.23	23.639	0.107	0.132	0.0868	Well A



نمودار ۱۱- تفکیک بخش هایی مخزنی سازند کنگان K₂ با استفاده از نمودارهای تخلخل و اشباع آب.



نمودار ۱۲- تفکیک بخش های مخزنی سازند دالان K₄ با استفاده از نمودارهای تخلخل و اشباع آب.

نتیجه گیری

بررسی سازندهای کنگان و دالان در چاه مورد مطالعه به نتایج زیر منتهی شد:

۱- نتایج ارزیابی سازندهای کنگان به شرح زیر است:

۱-۱- براساس حضور شیل، انیدریت و تخلخل سازندهای کنگان به دو بخش تقسیم می شود. بخش K_1 دارای انیدریت و متوسط حجم شیل محاسبه شده $10/08$ در صد است. همچنین بخش K_2 به سه زیر بخش K_2-a ، K_2-b ، K_2-c تقسیم شد که به ترتیب حجم شیل محاسبه شده $10/99$ ، $7/9$ ، $40/05$ است. با توجه به حجم شیل محاسبه شده بخش K_2-b دارای کمترین حجم شیل و بهترین شرایط مخزنی است.

۲-۱- بررسی لیتولوژی نشان می دهد که بخش K_1 از انیدریت و سنگ آهک دولومیتی و در صد متغیری از شیل تشکیل یافته است. بخش K_2 به طور عمده از سنگ آهک و کمی سنگ آهک دولومیتی تشکیل شده است.

۳-۱- محاسبه تخلخل انجام گرفته در سازندهای کنگان نشان می دهد بخش K_2 دارای تخلخل بالاتری نسبت به بخش K_1 است و با توجه به حجم شیل پایین محاسبه تخلخل قبل و بعد از تصحیح شیل اختلاف اندکی به ویژه در زیر بخش K_2-b نشان می دهد. در حالی که حضور انیدریت و شیل در بخش K_1 باعث کاهش تخلخل و کیفیت مخزنی شده است.

۴-۱- محاسبه اشباع آب نشان می دهد که بخش K_1 دارای اشباع آب بیشتری نسبت به بخش K_2 بوده و زیر بخش K_2-b با کمترین اشباع آب $7/01$ درصد دارای بهترین کیفیت مخزنی است.

۵-۱- ارزیابی انجام شده نشان می دهد که نسبت $NET / GROSS$ در بخش مخزنی سازندهای کنگان (K_2) برابر با $0/98$ و تخلخل موثر $11/2$ در صد دارای بهترین شرایط مخزنی است.

۲- نتایج ارزیابی سازندهای دالان به شرح زیر است:

۱-۲- بر اساس حضور شیل، لیتولوژی و تخلخل سازندهای دالان به دو بخش K_3-K_4 تقسیم می شود.

برای ارزیابی دقیق تر بخش K_4 به پنج زیر بخش (K_4) K_4-a ، K_4-b ، K_4-c ، d ، K_4-e) تقسیم گردید. بررسی حجم شیل نشان می دهد که بخش K_3 دارای بیشترین حجم شیل $11/17$ در صد و زیر بخش K_4-b با $6/30$ در صد کمترین حجم شیل را دارا است.

۲-۲- بررسی لیتولوژی نشان می دهد که بخش K_3 از دولومیت تا دولومیت آهکی، انیدریت و در صد متغیری از شیل تشکیل یافته است. بخش K_4 از سنگ آهک تا سنگ آهک دولومیتی و دولومیت تشکیل شده است.

۳-۲- محاسبه تخلخل انجام گرفته در سازندهای دالان نشان می دهد که بخش K_4 دارای تخلخل بالاتری نسبت به بخش K_3 است و با توجه به حجم شیل پایین، محاسبه تخلخل قبل و بعد از تصحیح شیل اختلاف اندکی به ویژه در زیر بخش K_4-b نشان می دهد. در حالی که حضور انیدریت و شیل در بخش K_3 باعث کاهش تخلخل و کیفیت مخزنی شده است.

۴-۲- محاسبه اشباع آب نشان می دهد که بخش K_3 دارای اشباع آب بیشتری نسبت به بخش K_4 بوده و زیر بخش K_4-b با کمترین اشباع آب $5/2$ درصد دارای بهترین کیفیت مخزنی است. اشباع آب در بخش K_4 تقریباً با افزایش عمق، افزایش نشان می دهد. اشباع آب محاسبه شده در زیر بخش های K_4 به ترتیب $8/3$ ، $5/2$ ، $0/21$ ، $15/3$ و $31/4$ است.

۵-۲- ارزیابی انجام شده در سازندهای دالان نشان می دهد که نسبت $NET / GROSS$ در بخش مخزنی K_4 به ترتیب برابر با 1 ، 1 ، $0/97$ ، 1 و $0/9$ و تخلخل موثر به دست آمده به ترتیب $13/2$ ، 22 ، $13/6$ ، $17/8$ و $11/1$ در صد است و با توجه به مقادیر بدست آمده K_4-b دارای بهترین شرایط مخزنی است.

منابع

- رضایی، م. و چهارزی، ع.، ۱۳۸۵، اصول برداشت و تفسیر نگارهای چاه پیمایی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۹۹ ص.

- Dorfman, M. H., Newey, J. J., and Coates, G. R. 1990, New techniques in lithology determination and permeability prediction in carbonates using well-log, Department of petroleum engineering. The unconsolidated sands of the eastern niger delta, Journal of petroleum geology, Vol. 17(1), P. 111-116.
- Qirein, J. A., Gardner, J. S., And Watson, J. T., 1982, Combined Natural Gamma Ray Spectral/Litho-Density Measurements Applied To Complex Lithologies, P11143.
- Adams, J. A., and Weaver, C. E., 1985, Thorium ratios as indicator of sedimentary processes; Example of concept of geochemical facies, AAPG, Vol. 42.
- Batman, R.M., 1985. Open-hole log analysis and formation evaluation, International Human Resources, Boston, 498 pp.
- Brock, J., 1986, Applied Open-hole log analysis, Gulf publishing company, Houston, Texas.
- Burke, J. A., Schmidt, A. W., and Campbell, R.L., 1969, The litho-porosity cross plot, Log analyst, Vol.10, No.6, P.25.
- Clavier, C., and Rust, D.H., 1976, MID Plot: A new lithology technique, Log analyst, Vol. 17 No.6, P.16.

Archive of SID