

شناسایی و تفکیک چرخه‌های رسوبی با استفاده از نرم افزار سیکلولاگ و ارتباط چرخه‌های رسوبی با مرزهای زمان چینه‌ای - زیست چینه‌ای نهشته‌های ائوسن بالایی و الیگو-میوسن دریکی از چاه‌های میدان نفتی مارون

محمد گودرزی

دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران

*Mohammadgoodarzi45@yahoo.com

دریافت بهمن ۱۴۰۴، پذیرش اردیبهشت ۱۴۰۵

چکیده

پژوهش حاضر در یکی چاه‌های میدان نفتی مارون جهت شناسایی و تفکیک چرخه‌های رسوبی بر مبنای نرم افزار سیکلولاگ و رابطه بین چرخه‌های رسوبی با مرزهای زمان چینه‌ای - زیست چینه‌ای در نهشته‌های ائوسن بالایی (بخش بالایی سازند پابده) و الیگو-میوسن (سازند آسماری) انجام شده است. در ابتدا بر مبنای مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی سن نهشته‌های ائوسن بالایی و الیگو-میوسن تعیین و تفکیک گردیدند و سپس با چرخه‌های رسوبی مورد انطباق قرار داده شدند. ضخامت محدوده مورد مطالعه در این چاه ۴۴۶.۵ متر بوده و لیتولوژی غالب آن شیل، شیل آهکی، سنگ آهک و دولومیت می‌باشد. هر دو مرزهای زیرین و بالایی (سازندهای پابده - آسماری و آسماری - گچساران) بصورت پیوسته و تدریجی می‌باشد. پس از مطالعه و بررسی چرخه‌های رسوبی در نرم افزار سیکلولاگ پنج سطح مرزی منفی (NB) و چهار سطح مرزی مثبت (PB) شناسایی گردید و بر اساس این سطوح مرزی چهار چرخه رسوبی شناسایی و تفکیک شدند. NB1000 در محدوده زمانی ائوسن پسین، PB1000 منطبق بر بازه زمانی روپلین شاتین، NB 2000 در محدوده زمانی روپلین - شاتین، PB 2000 منطبق بر بازه زمانی شاتین، NB 3000 در محدوده زمانی شاتین، PB 3000 منطبق بر زمانی آکیتانین، NB 4000 در محدوده زمانی آکیتانین، PB 4000 منطبق بر زمانی آکیتانین و NB 5000 منطبق بر بازه زمانی آکیتانین قرار دارد. پس از شناسایی سطوح مرزی مثبت و منفی مشخص گردید که چرخه رسوبی اول PB 1000 - NB 1000 در محدوده ائوسن پسین - روپلین، شاتین، چرخه رسوبی دوم PB 2000 - NB 2000 در محدوده روپلین، شاتین - شاتین، چرخه رسوبی سوم PB 3000 - NB 3000 در محدوده شاتین - آکیتانین و چرخه رسوبی چهارم PB 4000 - NB 4000 در محدوده آکیتانین نهشته شده است.

کلمات کلیدی: میدان نفتی مارون، ائوسن بالایی، الیگو - میوسن، سیکلولاگ، سیکل‌های رسوبی

در ائوسن پسین - الیگوسن، شمال شرقی لرستان و سکوی فارس داخلی از آب بیرون مانده ولی در ناهای خوزستان و لنگه، رسوب گذاری نهشته های ژرف سازند پابده ادامه داشته است. در پایان الیگوسن و در نتیجه پیشروی آرام و محدود دریا، چرخه ی آسماری به سن شاتین شروع می شود. در مرز الیگوسن - میوسن در نواحی اهواز ماسه سنگ هایی نهشته می شده که از آن به عنوان بخش ماسه سنگی اهواز از سازند آسماری یاد می شود. در همین زمان در حوضه لرستان، نهشته های تبخیری بخش کلهر رسوب گذاری کرده است. رسوبات آکیتانین با ویژگی محیط کم عمق در تمام حوضه نهشته شده و چرخه ی آسماری میانی را به وجود آورده است. چرخه ی رسوبی آسماری بالایی با پیشروی گسترده ی دریای بوردیگالین در تمام لرستان و قسمت اعظم خوزستان نهشته شده است. از چرخه ی آسماری پایینی به آسماری میانی، کم عمق شدن دریا محسوس است حتی دولومیتی شدن ردیف های آسماری میانی ممکن است نشانه یک مرحله دیاژنز در مرز آسماری بالایی باشد [۲۶]. پس از این رویداد فرسایش، با پیشروی گسترده ی دریای بوردیگالین (چرخه ی آسماری بالایی) در تمامی لرستان و قسمت اعظم خوزستان انباشته شده ولی این سنگ ها در شمال شرقی خوزستان وجود ندارد. در اواخر بوردیگالین با افت سطح دریا شرایط حاکم و چرخه ی رسوبی آسماری به پایان رسیده است [۱]. برش الگوی سازند پابده در تنگ پابده و در تاقدیس گورپی در شمال شهر لالی قرار دارد [۲۶]. در برش الگو سازند پابده ضخامتی نزدیک به ۸۰۰ متر داشته بطوریکه شیل و مارن ارغوانی در قاعده و شیل خاکستری به همراه لایه های آهک رسی و نیز گاهی حاوی چرت در بالا قرار دارد [۲۶]. از نظر چینه شناسی مرزهای زیرین و بالایی سازند پابده در حوضه رسوبی زاگرس متفاوت می باشد، بطوریکه در اکثر مناطق سازند پابده بر روی سازند گورپی نهشته شده که گاه با ناپیوستگی (فرسایشی و موازی) همراه است. در برخی از مناطق زون لرستان سازند پابده با سازند تله زنگ ارتباط جانبی داشته به همین علت به آن عضو آهکی تله زنگ می گویند و گاه ممکن است بر روی سازند امیران نهشته شود. در مرز بالایی سازند پابده، سازند آسماری قرار دارد که این وضعیت بصورت مرز تدریجی بوده و گاهی اوقات مرز بین آنها شارپ (تاقدیس کبیر کوه) می باشد. در زون فارس (فارس داخلی) گاهی اوقات سازند جهرم، بجای سازند آسماری بر روی سازند پابده قرار می گیرد. گستره سن سازند پابده از ابتدای پالئوسن تا ابتدای میوسن بوده، بطوریکه در نقاط مختلف حوضه زاگرس متفاوت می باشد. بطور مثال در حوضه های فارس و خوزستان سن سازند پابده پالئوسن - الیگوسن بوده در حالیکه در لرستان سن این سازند پالئوسن - میوسن می باشد [۱]. سازند آسماری به عنوان سنگ مخزن اصلی نفت در میدین نفتی جنوب غرب از اهمیت خاصی در جایگاه زمین شناسی ایران برخوردار است. از طرفی این سازند بخاطر داشتن روزن داران کفزی بزرگ (LBF) الیگو - میوسن (خانواده های نومولیده، لپیدوسیکیلینیده، میلیولیده، سوروتیده و آلئولینیده) و نیز داشتن تنوع زیادی از ریز رخساره ها و محیط های رسوبی به عنوان یک سازند شاخص و معروف از یک پلاتفرم کربناته در دنیا محسوب می شود [۲۰، ۲۳، ۲۴ و ۲۵] و [۱۳]. برش الگوی سازند آسماری در تنگ گل ترش بوده و ضخامت آن ۳۱۴ متر می باشد [۲۶]. در برش الگو سنگ شناسی غالب سازند آسماری، سنگ آهک های مقاوم کرم تا قهوه ای رنگ با ریخت شناسی کوه ساز و با میان لایه های جزئی از شیل بوده که با داشتن درزه های فراوان شاخص می باشد [۳۸]. همانند سازند پابده، سازند آسماری در نقاط مختلف حوضه رسوبی زاگرس از نظر چینه شناسی وضعیت یکسانی ندارد، بطوریکه سازندهای واقع در مرزهای زیرین و بالایی این سازند یکسان نیستند. در اکثر نواحی حوضه رسوبی زاگرس سازند پابده در مرز زیرین سازند آسماری قرار گرفته ولی در زون لرستان، سازند کربناتی - دولومیتی شهبازان و در زون فارس (فارس داخلی) نیز سازند جهرم با ناپیوستگی پیوسته نما (Paraconformity) نهشته شده است. مرز بالایی سازند آسماری همانند مرز زیرین آن از نظر چینه

شناسی یکسان نیست، بطوریکه در اکثر نواحی سازند گچساران بر روی سازند آسماری قرار گرفته ولی در زاگرس مرتفع و فارس داخلی سازند آسماری توسط سازند رازک پوشیده می‌شود [۱]. توالی‌های سازند آسماری از نظر تغییرات سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری در حوضه رسوبی زاگرس تفاوت چشمگیری داشته بطوریکه در زون لرستان عضو تبخیری (انیدرتی) کلهر در قاعده این سازند قرار دارد و در برخی از میداین نفتی (غرب خوزستان) عضو ماسه سنگی اهواز در قاعده این سازند نهشته شده است. گستره سن سازند آسماری متأثر از تغییرات حوضه و تکتونیک در نقاط مختلف حوضه زاگرس متفاوت می‌باشد بطوریکه، در زون لرستان سن این سازند میوسن (آکینانین - بوردیگالین)، در زون فارس، الیگوسن (روپلین - شاتین) و در سایر نواحی روپلین، شاتین - بوردیگالین می‌باشد [۱ و ۲۶].

چینه‌نگاری چرخه‌ای (سیکلواستراتیگرافی) یکی از شاخه‌های جدید علم چینه‌نگاری می‌باشد بطوریکه این شاخه از علم چینه‌نگاری با شناسایی، تعیین ویژگی‌ها، تطابق و تفسیر تغییرات چرخه‌ای در چینه‌شناسی مرتبط می‌باشد، چنانچه در آن الگوهای سیکلیک (منظم در ثبت‌های چینه‌شناسی که خود حاصل اثرات متقابل تکتونیک و فرآیندهای اقلیمی میلانکوویچ می‌باشد را مورد بحث و بررسی قرار می‌دهد. از این روش و این شاخه از علم چینه‌نگاری در آخرین بازنگری جداول زمان-چینه‌ای جهت تنظیم دقیق‌تر مرز آشکوب‌ها استفاده می‌کنند [۳۳]. اهمیت سازندهای پابده (به عنوان سنگ منشأ سنوزوئیک حوضه رسوبی زاگرس و نیز داشتن تنوع زیادی از روزن‌داران پلانکتون پالئوزن و ابتدای نوژن) و آسماری (بخاطر تنوع زیاد ریز رخساره‌ها، محیط‌های رسوبی، نمونه بارز از یک پلاتفرم کربناته، سنگ مخزن اصلی نفت ایران و نیز حضور روزن‌داران شاخص کفزی بزرگ الیگو-میوسن) و همچنین اهمیت چینه‌نگاری چرخه‌ای در زمین‌شناسی ایران بخصوص در زمین‌شناسی نفت و زمین‌شناسی زیر سطحی مسبب انجام پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه‌های مختلفی مانند چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی، زمین‌شناسی نفت و اخیراً چینه‌نگاری چرخه‌ای در میداین نفتی شده است [۲۵]. مهمترین پژوهش‌های انجام شده در سازندهای پابده، آسماری و چینه‌نگاری چرخه‌ای به شرح زیر می‌باشد:

مهمترین مطالعات پیشین سازند پابده:

محققین زیادی در زمینه‌های مختلفی مانند سنگ چینه‌نگاری، زیست چینه‌نگاری، رسوب‌شناسی و محیط‌های رسوبی و نیز ژئوشیمی آلی بروی این سازند پژوهش انجام داده‌اند، پژوهش‌هایی مانند: جیمز و وایند [۳۸]، هداوندخانی [۲۸ و ۲۹]. دانشیان و همکاران [۸]؛ سلسانی و همکاران، [۵۱]، سبکرو و همکاران [۹ و ۱۰]، طاهری زاده و همکاران [۱۷] و خالوعسگری و همکاران، [۷]، کریمی و همکاران [۴۰] و سلیمانی و همکاران [۵۴].

مهمترین مطالعات پیشین سازند آسماری:

Laursen et al [41], Ehrenberg et al [34], van Buchem et al [59], Vaziri-Moghaddam et al [85], Sadeghi et al [51 - 52], Allahkarampour Dill [31 - 32], Shabafrouz et al [54 - 55], Soleimani et al [56], Nikfard et al [42], Omidpour et al [46], Piryaei et al [49], Sadeqi et al [52].

عظام پناه و گودرزی [۱۳]، گودرزی و همکاران [۲۰-۲۵]، دانشیان و همکاران [۸].

مهمترین مطالعات سیکلواستراتیگرافی (چینه‌نگاری چرخه‌ای):

از این روش به عنوان روشی جدید در علم چینه‌نگاری و نیز به عنوان علمی موثر و کلیدی در مطالعه نهشته‌های زیر سطحی در موارد مختلفی در اقصی نقاط مختلف دنیا و نیز ایران استفاده شده است که مهمترین آنها عبارت‌اند از: مطالعات مخزن بنگستان در میدان نفتی گچساران و رگ سفید [۱۱]، مخزن بنگستان در میدان نفتی گچساران [۱۴-۱۵ و ۱۶]، سازند آسماری در چاه شماره ۱۹ میدان نفتی پارسسی [۱۲]، مخزن آسماری در میدان نفتی هارون [۲]، مطالعه چینه‌نگاری سکانسی (سیکلواستراتیگرافی) سازند آسماری در میدان نفتی قلعه نار [۲۷]، مقایسه مرز آشکوب‌های بخش بالایی سازند پابده و بخش زیرین سازند آسماری در میدان نفتی هارون با سطوح مرزی NB و PB در میدان نفتی هارون [۲۰ - ۲۳]، بررسی

سیکلواستراتیگرافی مخزن آسماری در میداین نفتی کرنج، پرنج و پارسى [۶]، و بررسی سیکل‌های رسوبی و انطباق با مرزهای زیستی - زمانی ائوسن پسین - الیگوسن، سازندهای پابده و آسماری در میدان نفتی مارون [۲۵] و Zhang et al [60]، Abasaghi et al [30].

با توجه به اهمیت این دو سازند در زمین شناسی ایران و همچنین کاربردهای متنوع نرم افزار سیکلولاگ در میداین و چاه‌های نفتی بخصوص برای انطباق رخنمون‌های زیر سطحی این مطالعه اهداف زیر را دنبال می‌کند:

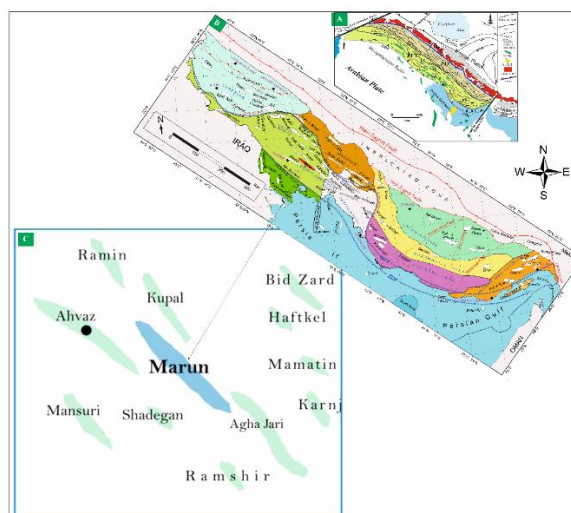
- بررسی و شناسایی سطوح مرزی منفی (NB) در چاه مورد مطالعه
- بررسی و شناسایی سطوح مرزی مثبت (PB) در چاه مورد مطالعه
- شناسایی و تفکیک چرخه‌های رسوبی بر مبنای سطوح مرزی (NB) و (PB)
- مقایسه سطوح مرزی مثبت (PB) و منفی (NB) و چرخه‌های رسوبی با مرز آشکوب‌ها
- ارتباط بین چرخه‌های رسوبی با زون‌های زیستی
- ارتباط چرخه‌های رسوبی با مرزهای زمان چینه‌ای - زیست چینه‌ای

۲- زمین شناسی، موقعیت جغرافیایی منطقه و چینه شناسی چاه مورد مطالعه

فرو افتادگی دزفول (Embayment Dezful) بخشی از پیش‌گودال (Fore Deep) زاگرس هست و دارای ویژگی‌ها و اختصاصاتی همانند داشتن بیشترین میداین نفتی ایران، قرار گرفتن در میان سه پدیده مهم ساختمانی، زون خمشی بالا رود (چپگرد)، زون خمشی جبهه کوهستانی، زون خمشی - گسلی کازرون (راستگرد) و همچنین بخشی از زاگرس چین خورده است که در آن سازند آسماری رخنمون ندارد [۲۶]. فروافتادگی دزفول بین ۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰ متر پایین افتادگی دارد، ولی نسبت به مناطق همجوار، از نظر زمین‌ساختی پایدارتر و چین‌خوردگی کمتری دارد. ساختار کلی فروافتادگی دزفول و مرزهای آن (خمش بالارود، خمش جبهه کوهستانی، زون گسلی کازرون) و همچنین روندهای شمالی - جنوبی و شرقی - غربی آن، ممکن است در ارتباط با گسل‌های پی‌سنگ باشند. کهن‌ترین شاهد حرکتی این ساختارهای خطی، متعلق به کرتاسه بالایی است. ولی ساختارهای پیرامون فروافتادگی دزفول و خطواره‌های درون آن، به احتمال در ژوراسیک و تریاس و حتی شاید پیش از آن فعال بوده‌اند. این ساختمان‌های خطی تا الیگوسن یا میوسن میانی همچنان پویا بوده‌اند. در شکل‌گیری این فروافتادگی عملکرد توأم خطواره قطر - کازرون (راستگرد) و خطواره بالارود (چپگرد) نقش اساسی داشته‌اند [۲۶]. از نظر زمین شناسی و جغرافیایی فروافتادگی دزفول، جزئی از کمربند چین خورده - رانده زاگرس است که در جنوب شرقی دزفول و شمال شرقی اهواز قرار دارد مارون [۲۶]. میدان نفتی مارون در چهل کیلومتری شمال شرق شهرستان اهواز، در جنوب فروافتادگی دزفول شمالی و در امتداد تاقدیس‌های آغاجاری و رامین قرار گرفته است. این میدان در افق آسماری دارای طول ۶۷/۵ کیلومتر و بطور متوسط ۵/۵ کیلومتر عرض می‌باشد، در بیشترین حالت ۷ کیلومتر و در کمترین حالت ۳/۵ کیلومتر عرض دارد. این میدان از شمال توسط میدان رامین، از جنوب توسط میدان رامشیر، از شرق توسط میدان کوپال و از غرب و شمال غرب توسط میداین اهواز و شادگان محدود شده است (شکل ۱).

در چاه مورد مطالعه لیتولوژی نهشته‌های ائوسن بالایی عمدتاً شیل آهکی و نهشته‌های الیگو-میوسن شیل آهکی، سنگ آهک، شیل و با مقدار کمتر ماسه سنگ می باشد [۲۲-۲۳]. مرز سازندهای پابده - آسماری و نیز سازندهای آسماری - گچساران بصورت تدریجی و پیوسته بوده [۲۲-۲۳] و بر اساس مطالعات زیست چینه‌نگاری قبلی، بر مبنای زون بندی لارسن و همکاران [۴۱] و ون بوخم [۵۹] سن بخش بالایی سازند پابده ائوسن پسین و سازند آسماری روپلین، شاتین - بوردیگالین تعیین گردیده است (جدول ۱ و شکل ۲) [۲۲-۲۳]. مطالعه ریز رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی در چاه مورد مطالعه نیز منجر

به شناسایی محیط‌های حوضه و رمپ خارجی (بخش بالایی سازند پابده و بخش زیرین سازند آسماری)، رمپ میانی (بخش‌های دیستال و پروکسیمال)، شول و رمپ درونی (ریف کومه‌ای، لاگون باز، لاگون نیمه بسته، لاگون بسته و پهنه جزر و مدی) گردید که بر اساس شواهدی مانند تبدیل تدریجی ریز رخساره‌ها بهم، نبود آثار ریزشی و لغزش، نبود دانه‌های پوشش‌دار و نبود اوئید و ایتراکست و عدم حضور ریف گسترده حاکی از نهشته شدن سازند آسماری در یک پلاتفرم کربناته کم عمق از نوع رمپ هموکلینال می‌باشد [۱۹-۲۰].



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی میدین نفتی جنوب غرب و میدان نفتی مارون.

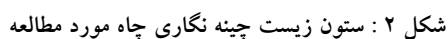
۳- روش کار

با توجه به چند مرحله‌ای بودن این پژوهش (مطالعات آزمایشگاهی و مطالعه نرم افزاری) در ابتدا، تعداد ۱۵۰ مقطع نازک میکروسکوپی از ۴۴۶.۵ متر نهشته‌های ائوسن بالایی (سازند پابده) و الیگو - میوسن (سازند آسماری) از چاه A میدان نفتی مارون جهت تعیین سن، شناسایی زون‌های زیستی و مرزهای زمان چینه‌ای و تعیین مرز آشکوب‌ها مورد مطالعه قرار گرفت [۲۱]. پس از شناسایی، تعیین و تفکیک زون بندی زیستی و مرز آشکوب‌ها (بر مبنای زون بندی لارسن و همکاران [۴۱])، ون بوخم و همکاران [۵۹] و گودرزی و همکاران، [۲۱-۲۲ و ۲۳])، سپس با استفاده از نرم افزار سیکلولاگ، سطوح مرزی مثبت و منفی (NB - PB) شناسایی، از هم تفکیک و بر مبنای این سطوح شناسایی شده چرخه‌های رسوبی در چاه مورد مطالعه شناسایی و معرفی شدند. پس از شناسایی سطوح مرزی و تفکیک چرخه‌های رسوبی بر مبنای نرم افزار سیکلولاگ، در انتها سطوح مرزی و چرخه‌های رسوبی، با مرزهای زیستی - زمانی چینه‌ای مورد مقایسه قرار گرفتند.

۴- زیست چینه نگاری چاه مورد مطالعه

جهت انجام زیست چینه‌نگاری (شناسایی روزن‌داران کفزی و پلانکتون، زون بندی زیستی و تعیین سن چاه مورد مطالعه)، پس از شناسایی روزن‌داران کفزی و پلانکتون و بر اساس پخش و پراکندگی عمودی آنها بر مبنای زون بندی لارسن و همکاران [۴۱] و ون بوخم [۵۹] یک زون تجمعی به سن ائوسن پسین از سازند پابده، چهار زون زیستی تجمعی و یک زون مبهم زیستی به سن روپلین، شاتین - بوردیگالین؟ از سازند آسماری شناسایی گردید (جدول ۱ و شکل ۲)، [۱۹-۲۱]. بدین ترتیب سن این توالی در چاه مورد مطالعه ائوسن پسین (بخش بالایی سازند پابده) و روپلین، شاتین - بوردیگالین؟ می‌باشد (شکل ۲ و جدول ۱).

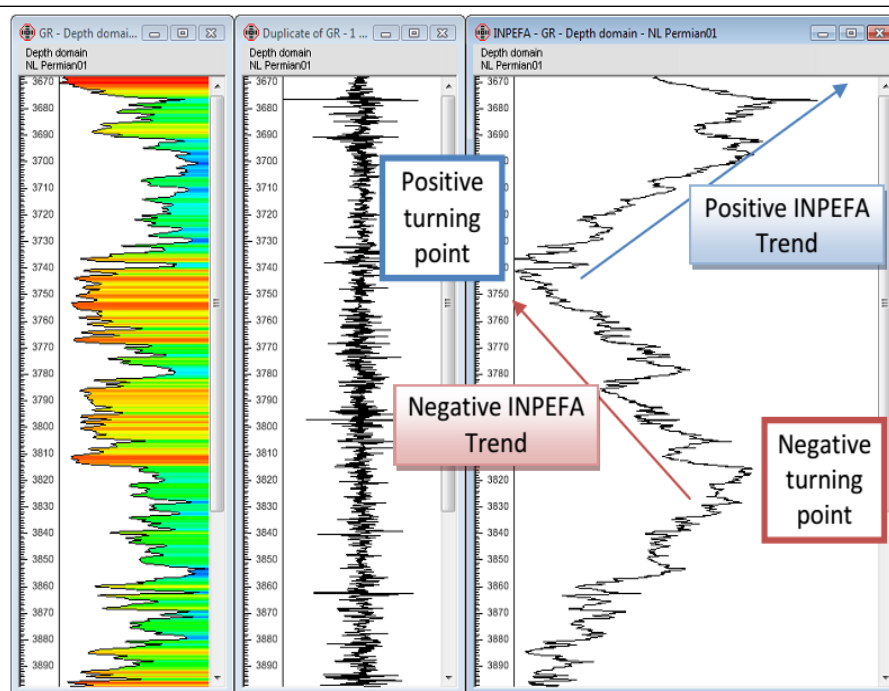
جدول ۱: زون‌های زیستی بخش بالایی سازند پابده و سازند آسماری در چاه مورد مطالعه [۲۱].



۵- نتایج و بحث

۵-۱- سیکلولاگ و چرخه‌های رسوبی (سیکلواستراتیگرافی)

اولین پارامتر در جدا کردن زون‌های مخزنی در هر میدان تغییرات سنگ شناسی در آن مخزن است، که با تلفیق داده‌های دیگر نظیر داده‌های تولیدی و نمودارهای پتروفیزیکی در هر مخزن لایه‌های تولیدی و غیر تولیدی از یکدیگر تفکیک می‌شوند [۶]. سیکلواستراتیگرافی علمی است که بر اساس چرخه‌های رسوبی و شناخت آنها کمک شایانی در تفکیک زون‌های مخزنی می‌کند. رایج‌ترین و قدرتمندترین نرم افزار جهت شناسایی این چرخه‌ها، سیکلولاگ می‌باشد [۲۵]. این داده‌های ورودی نرم افزار سیکلولاگ، داده‌های خام نمودارهای الکتریکی (مقاومت)، هسته‌ای طبیعی (گاما)، هسته‌ای القایی (نوترون و دانسیته) و نمودار صوتی می‌باشند. از آنجا که نمودار گاما دارای کمترین تاثیر از دیاژنز و دارای بیشترین عمق نفوذ جهت عبور از فیلتره گل حفاری می‌باشد، از این نمودار بیشتر در تفسیرها استفاده شده است. این نرم افزار با استفاده از نمودار گاما، نموداری به نام INPEFA می‌سازد. برای ملاحظه تغییرات عمده در روند رخساره‌های رسوبی یا عدم رسوبگذاری و وجود ناپیوستگی در نهشته‌های مورد بررسی، نرم‌افزار سیکلولاگ آنالیز ویژگی‌های طیفی را برای تبدیل لاگ (PEFA) طراحی کرده است. تفسیر این نمودار سبب ارزیابی چینه‌شناسی توالی رسوبی می‌شود و با استفاده از آن می‌توان یک توالی رسوبی را از قاعده به سمت بالا در قالب بسته‌های رسوبی تقسیم‌بندی نمود. این نرم افزار به کمک نمودارهای پتروفیزیکی گرفته شده از درون حفره چاه و بویژه نمودار گاما (CGR, SGR) امکان تطابق زیر سطحی و تهیه چارت تطابقی را در چاه‌های انتخابی به ما می‌دهد. این نرم افزار بر پایه تغییرات چرخه‌ای آب و هوایی و تناوب در آنها استوار است [۴۷-۴۸]. این تغییرات و حوادث همگی در رسوبات ثبت می‌گردد که بخوبی بر روی نمودار گاما قابل پیگیری می‌باشد [۴۷-۴۸]. برای تهیه نمودار تطابقی در نرم افزار سیکلولاگ ابتدا داده‌های رقومی لاگ گاما (CGR/SGR) در چاه‌های مورد مطالعه بررسی، یکسان سازی و وارد نرم افزار گردید. سپس برای تمامی چاه‌ها نمودار INPEFA تهیه شد. نمودار INPEFA در واقع نشان دهنده میزان انحراف تغییرات فضای رسوبگذاری است. این نمودار روند طیف طول موج‌های نمودار پرتو گاما است که تغییرات آن بصورت افزایشی و یا کاهشی است. هرگونه تغییراتی در این نمودارها، نشان دهنده تغییرات آب و هوا در چینه‌نگاری است [۳۳]. همچنین اهمیت خاص نمودار INPEFA در برقراری انطباق بین چاه‌ها و وجود شکل‌های کلیدی مانند روند تغییر منحنی و نقاط برگشت نمودار بین آنها است [۴۴]. این خصوصیت نشان دهنده رژیم رسوبگذاری ناشی از تغییرات آب و هوایی نواحی می‌باشد [۴۴]. همچنین نقاط برگشت نمودار معرف تغییر در روندهای رسوبگذاری می‌باشد که بین چاه‌ها قابل تطابق بوده و ارزش زمانی دارد [۳۵]. روند افزایش رو به بالای INPEFA را روند مثبت و روند کاهشی رو به پائین را روند منفی می‌نامند. روند مثبت معرف پیشروی دریا و روند منفی معرف پسروی دریا می‌باشد [۳۳]. (شکل ۳). در مجموع تغییرات مثبت Pb در مرزهای سکانسی (SB) رخ می‌دهد و تغییرات روند منفی Nb سطوح حداکثر سیلابی را نشان می‌دهد.



شکل ۳: نمایش تغییرات در روند نمودار INPEFA.

۵-۲- سطوح مرزی (NB) و (NB) در چاه مورد مطالعه

۵-۲-۱ - سطوح مرزی منفی (NB)

در این چاه تعداد پنج سطح مرزی منفی به سن ائوسن پسین (بخش بالایی سازند پابده) و آکیتانین (سازند آسماری) شناسایی گردید، این سطوح در چاه مورد مطالعه به شرح زیر می باشد:

NB 1000، در عمق ۳۶۷۴ متری قرار داشته و لیتولوژی غالب آن شیل آهکی، شیل با میان جزیی از ماسه سنگ می باشد. از نظر زیست چینه نگاری این سطح مرزی در ائوسن پسین از بخش فوقانی سازند پابده قرار داشته و در بردارنده ی زیستزون شماره یک *Globigerina spp - Turborotalia cerroazulesis - Hantkenia Assemblage zone* لارسن و همکاران [۴۱] می باشد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

NB 2000: در عمق ۳۵۵۰ بوده و سنگ شناسی غالب آن شیل آهکی با میان لایه های ماسه سنگ، سنگ آهک و دولومیت می باشد. این سطح مرزی در محدوده روپلین - شاتین واقع شده و در بردارنده ی زیستزون شماره سه لارسن و همکاران [۴۱]، *Lepidocyclina – Operculina - Ditrupa Assemblage Zone* می باشد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

NB 3000: در عمق ۳۴۳۲ متری قرار داشته و از نظر مشخصات سنگ شناسی، شامل لایه های سنگ آهک با میان لایه ماسه سنگی و دولومیت می باشد. این سطح مرزی در محدوده شاتین قرار داشته و در بردارنده ی زیستزون شماره چهار همکاران [۴۱] می باشد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

NB 4000: این سطح مرزی در عمق ۳۳۸۲ متری و در محدوده آکیتانین قرار دارد. از نظر مشخصات سنگ شناسی، شامل دولومیت، با میان لایه های آهکی - ماسه ای می باشد. این سطح مرزی معادل زیستزون شماره پنج *Miogypsina - Elphidium sp.14 – Peneroplis farsensis Assemblage zone* لارسن و همکاران [۴۱] می باشد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

NB 5000: این سطح مرزی در عمق ۳۳۱۰ متری و در محدوده آکیتانین قرار داشته و از نظر مشخصات سنگ شناسی شامل لایه های دولومیت، سنگ آهک و ماسه سنگ می‌باشد. این سطح مرزی در محدوده آکیتانین بوده و در بردارنده‌ی زون شش (زون مبهم Indeterminate zone) لارسن و همکاران [۴۱] می‌باشد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

۵-۲-۲- سطوح مرزی مثبت (PB):

در این چاه تعداد چهار سطح مرزی مثبت به سن روپلین - شاتین (قاعده سازند پابده) و آکیتانین (راس سازند آسماری) شناسایی گردید، این سطوح مرزی در این چاه شامل سطوح زیر می‌باشد:

PB 1000: در عمق ۳۵۸۵ متری و در محدوده روپلین - شاتین قرار دارد. از نظر سنگ شناسی این سطح مرزی شامل توالی های شیل آهکی و شیل بوده و در بردارنده‌ی زیست‌زون شماره سه لارسن و همکاران [۴۱]، - *Lepidocyclina Operculina - Ditrupa Assemblage Zone* می‌باشد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

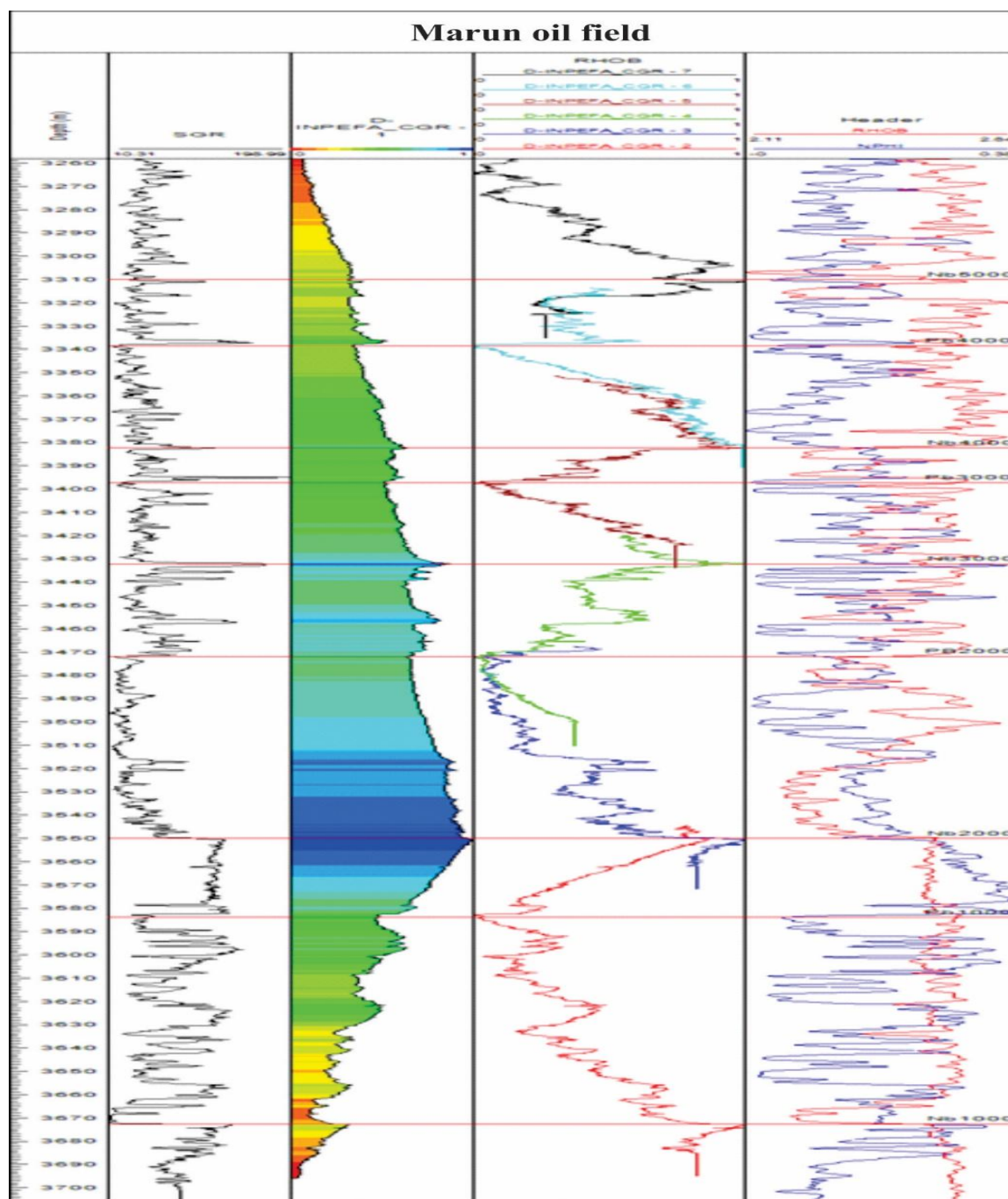
PB 2000: این سطح مرزی در چاه مورد مطالعه در عمق ۳۴۷۲ متری و محدوده زمانی شاتین قرار دارد. از نظر سنگ شناسی این سطح مرزی شامل سنگ آهک بوده و در بردارنده‌ی زیست‌زون شماره چهار *Archaias hensoni - Miogypsinoides compalanatus Assemblage zone* لارسن و همکاران [۴۱] می‌باشد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

PB 3000: در عمق ۳۳۹۷ متری قرار داشته و از نظر سنگ شناسی این محدوده در بردارنده‌ی لایه‌های آهکی، دولومیت و میان لایه های ماسه‌سنگ می‌باشد. این سطح مرزی در محدوده آکیتانین و زیست‌زون شماره پنج - *Miogypsina Elphidium sp.14 - Peneroplis farsensis Assemblage zone* لارسن [۴۱] قرار دارد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

PB 4000: در عمق ۳۳۳۷ متری و محدوده آکیتانین قرار داشته و از نظر سنگ شناسی این محدوده در بردارنده‌ی لایه‌های آهکی و دولومیت بوده و در محدوده آکیتانین و زیست‌زون شماره پنج *Miogypsina - Elphidium sp.14 - Peneroplis farsensis Assemblage zone* لارسن [۴۱] قرار دارد (جدول ۲ و شکل های ۴ و ۵).

جدول ۲: سطوح مرزی NB و PB در چاه مورد مطالعه همراه با تغییرات سن و زون‌های زیستی

Name	Depth	Biozone	Stage
Nb 1000	3674	1 (3706.5 - 3630.5)	L. Eocene
Pb 1000	3585	2 ۳۶۳۰/۵-۳۵۰۱	Rupelian -Chattia
Nb 2000	3550	2 ۳۶۳۰/۵-۳۵۰۱	Rupelian -Chattia
Pb 2000	3472	3 ۳۴۲۱-۳۳۳۸	Chattian
Nb 3000	2432	3 ۳۴۲۱-۳۳۳۸	Chattian
Pb 3000	3397	4 ۳۴۲۱-۳۳۳۸	Aquitania
Nb 4000	3382	4 ۳۴۲۱-۳۳۳۸	Aquitania
Pb 4000	3337	4 ۳۴۲۱-۳۳۳۸	Aquitania
Nb 5000	3310	5 ۳۲۶۷/۵۶ - ۳۳۳۸	Aquitania



شکل ۴: سطوح مرزی مثبت و منفی در چاه مورد مطالعه (NB – PB).

۶- چرخه‌های رسوبی در چاه مورد مطالعه

پس از شناسایی سطوح مرزی منفی و مثبت (NB – PB)، بر مبنای این سطوح مرزی، چرخه‌های رسوبی شناسایی و تفکیک شدند. در این چاه، چهار چرخه رسوبی به شرح زیر شناسایی گردید:

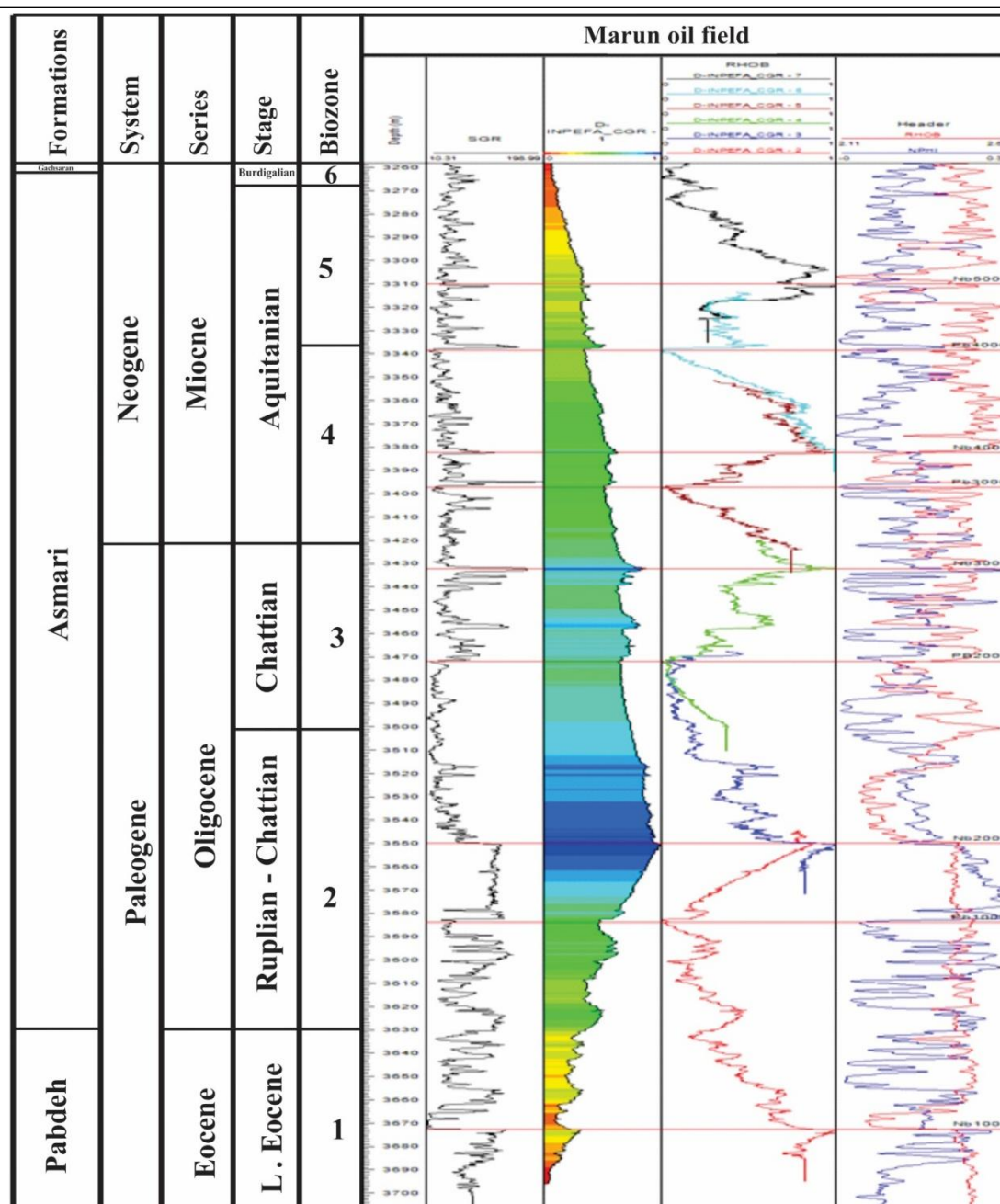
چرخه رسوبی ۱: این چرخه رسوبی در بین سطوح مرزی NB1000 – PB1000 و در بین اعماق ۳۵۸۵ – ۳۶۷۴ قرار دارد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷). محدوده رسوبگذاری این چرخه رسوبی ائوسن پسین (بخش بالایی سازند پلیده) – روپلین، شاتین (سازند آسماری) می‌باشد. نهشته‌های این چرخه رسوبی در بردارنده‌ی شیل آهکی، شیل یا میان لایه‌های ماسه

سنگ و سنگ آهک می‌باشد (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸) (شکل ۲). این چرخه رسوبی در بردارنده‌ی زیست‌زون شماره یک (*Globigerina spp - Turborotalia cerroazulesis - Hantkenina Assemblage Zone*) و زیست‌زون شماره ۳ (*Archaia asmaricus - Archaia hensoni - Miogypsinoidea compalanatus Assemblage Zone*) لارسن و همکاران [۴۱] است (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸).

چرخه رسوبی ۲: این چرخه رسوبی در بین سطوح مرزی NB2000 – PB2000 و در بین اعماق ۳۴۷۲ – ۳۵۵۰ متری قرار دارد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷) و مربوط به بخش‌های پایینی – میانی سازند آسماری به سن روپلین، شاتین – شاتین می‌باشد و در بردارنده‌ی زیست‌زون‌های شماره ۳، (*Lepidocyclina – Operculina - Ditrupa Assemblage Zone*) و ۴ (*Archaia asmaricus - Archaia hensoni - Miogypsinoidea compalanatus Assemblage Zone*) لارسن و همکاران [۴۱] می‌باشد [۲۱]. این چرخه رسوبی مربوط به بخش‌های میانی سازند آسماری است و از نظر مشخصات سنگ شناسی شامل شیل، سنگ آهک و ماسه سنگ می‌باشد (شکل ۲).

چرخه رسوبی ۳: این چرخه رسوبی در بین سطوح مرزی NB3000 – PB3000 و اعماق ۳۴۳۲ – ۳۳۹۷ متری قرار دارد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷). محدوده رسوبگذاری این چرخه رسوبی شاتین – آکیتاین بوده (گودرزی و همکاران، ۱۳۹۸) و زیست‌زون شماره ۴ (*Archaia asmaricus - Archaia hensoni - Miogypsinoidea compalanatus Assemblage Zone*) و ۵ (*Miogypsina - Elphidium sp.14 - Peneroplis farsensis Assemblage zone*) لارسن و همکاران [۴۱] را شامل می‌شود [۲۱]. این چرخه رسوبی مربوط به بخش‌های میانی – بالایی سازند آسماری بوده و از نظر مشخصات سنگ شناسی شامل سنگ آهک با میان لایه‌های ماسه سنگ، دولومیت و سنگ آهک دولومیتی می‌باشد (شکل ۲).

چرخه رسوبی ۴: این چرخه رسوبی در بین سطوح مرزی NB4000 – PB4000 و در بین اعماق ۳۴۲۱ – ۳۳۳۸ متری قرار دارد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷). بازه رسوبگذاری این چرخه رسوبی آکیتاین بوده [۲۱] و زیست‌زون شماره ۵ (*Miogypsina - Elphidium sp.14 - Peneroplis farsensis Assemblage zone*) لارسن و همکاران [۴۱] را شامل می‌شود [۲۱]. این سیکل رسوبی در قسمت بالایی سازند آسماری قرار داشته و از نظر مشخصات سنگ شناسی شامل دولومیت، سنگ آهک، ماسه سنگ و سنگ آهک دولومیتی می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۵: تغییرات سطوح مرزی مثبت PB و منفی NB و مقایسه سطوح مرزی با مرز آشکوب‌ها در چاه مورد مطالعه.

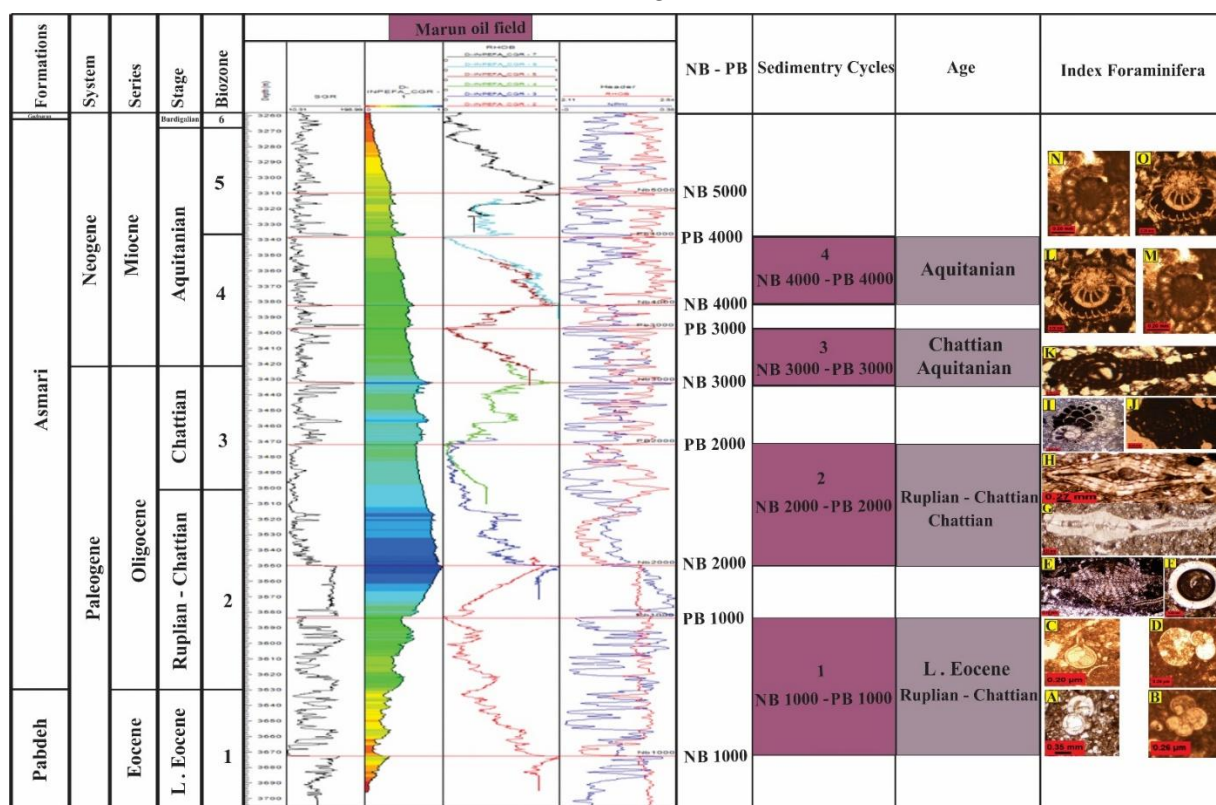
۷- بحث

ارتباط چرخه‌های رسوبی با مرزهای زمان چینه‌ای - زیست چینه‌ای

پس از شناسایی سطوح مرزی مثبت PB و منفی NB، چرخه‌های رسوبی شناسایی و تفکیک شدند و سپس با مرزهای زمان - چینه‌ای و زیست - چینه‌ای مورد انطباق قرار گرفتند. چرخه رسوبی ۱ در بردارنده‌ی PB 1000 و NB 1000 بوده و این چرخه رسوبی متعلق به بازه زمانی سری ائوسن (سازند پابده) و سری الیگوسن (قاعده سازند آسماری) می‌باش (شکل‌های ۶ و ۷). این چرخه رسوبی از نظر زیست چینه‌نگاری زیست‌زون‌های یک و سه لارسن و همکاران [۴۱] را شامل می‌شود و در بازه زمانی ائوسن پسین (سازند پابده) و رویلین، شاتین (قاعده سازند آسماری) نهشته شده است. این چرخه رسوبی هم‌ارز

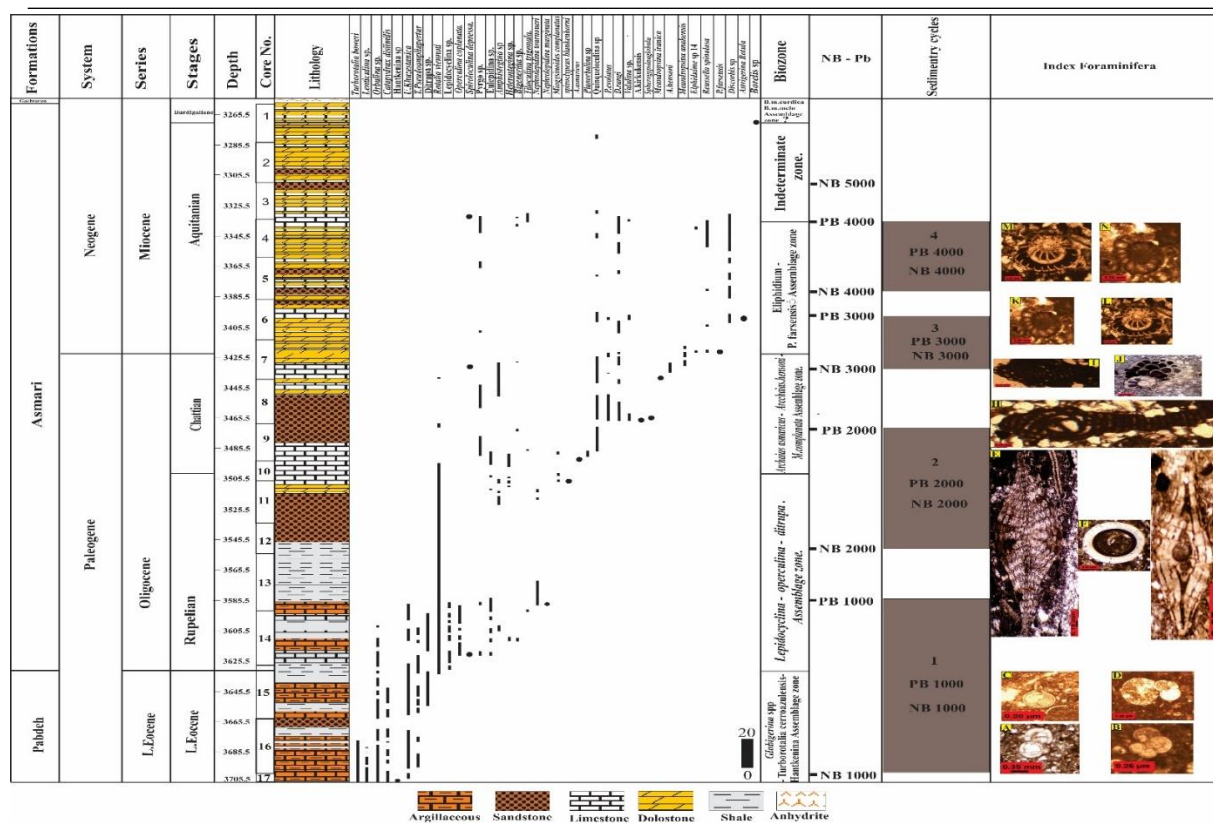
زیست‌زون‌های *Globigerina spp - Turborotalia cerroazulesis - Hantkenina Assemblage Zone* (و)
 لارسن و *Archaias asmaricus - Archaias hensoni- Miogypsinoides complanatus Assemblage Zone* (یگوسن)
 همکاران [۴۱] است. چرخه رسوبی ۲، در بردارنده‌ی سطوح مرزی NB 2000 و PB 2000 می‌باشد و متعلق به سری
 الیگوسن (آشکوب‌های روپلین و شاتین) می‌باشد (شکل‌های ۶ و ۷). این چرخه رسوبی بر مبنای مطالعه زیست‌چینه‌نگاری،
 زیست‌زون‌های ۳، *Lepidocyclina - Operculina - Ditrupa Assemblage Zone* و ۴ (*Archaias asmaricus -*
Archaias hensoni- Miogypsinoides complanatus Assemblage Zone) را در بر می‌گیرد.
 چرخه رسوبی ۳، شامل سطوح مرزی NB3000 – PB3000 بوده و متعلق به سری الیگوسن (بخش بالایی شاتین) و سری
 میوسن (آشکوب آکیتانین) می‌باشد (شکل‌های ۶ و ۷). این چرخه رسوبی بر مبنای مطالعه زیست‌چینه‌نگاری، زیست‌زون‌های
 شماره ۴ *Archaias asmaricus - Archaias hensoni- Miogypsinoides complanatus Assemblage Zone* و
 ۵ *Miogypsina - Elphidium sp.14 – Peneroplis farsensis Assemblage zone* لارسن و همکاران [۴۱] را شامل
 می‌شود [۲۱].

چرخه رسوبی ۴، سطوح مرزی NB4000 – PB4000 را شامل می‌شود و متعلق به سری میوسن (آشکوب آکیتانین) می‌باشد)
 (شکل‌های ۶ و ۷). این چرخه رسوبی هم ارز زیست‌زون‌های ۵ و ۶ *Miogypsina - Elphidium sp.14 – Peneroplis*
farsensis Assemblage zone لارسن و همکاران [۴۱] می‌باشد.



شکل ۶: تفکیک چرخه‌های رسوبی، ارتباط آنها با زون‌های زیستی و روند تغییرات چرخه‌های رسوبی و مرزهای زمان چینه‌ای با تغییرات گونه-های شاخص روزن‌داران در بخش بالایی سازند پابده و سازند آسماری.

A: *Globigerina* sp. B: *Catapsydrax dissimilis*. C: *Hantkenina* sp. D: *Turborotalita boweri*. E: *Lepidocyclina* sp. F: *Ditrupa*. G: *Operculina complanata*. H: *Spiroclipeus blankenhorni*. I: *Miogypsinoides complanatus*. J: *Archaias cf. asmaricus* – K: *Archaias* sp. L- O: *Elphidium* sp. 14. M – N: *Peneroplis farsensis*.

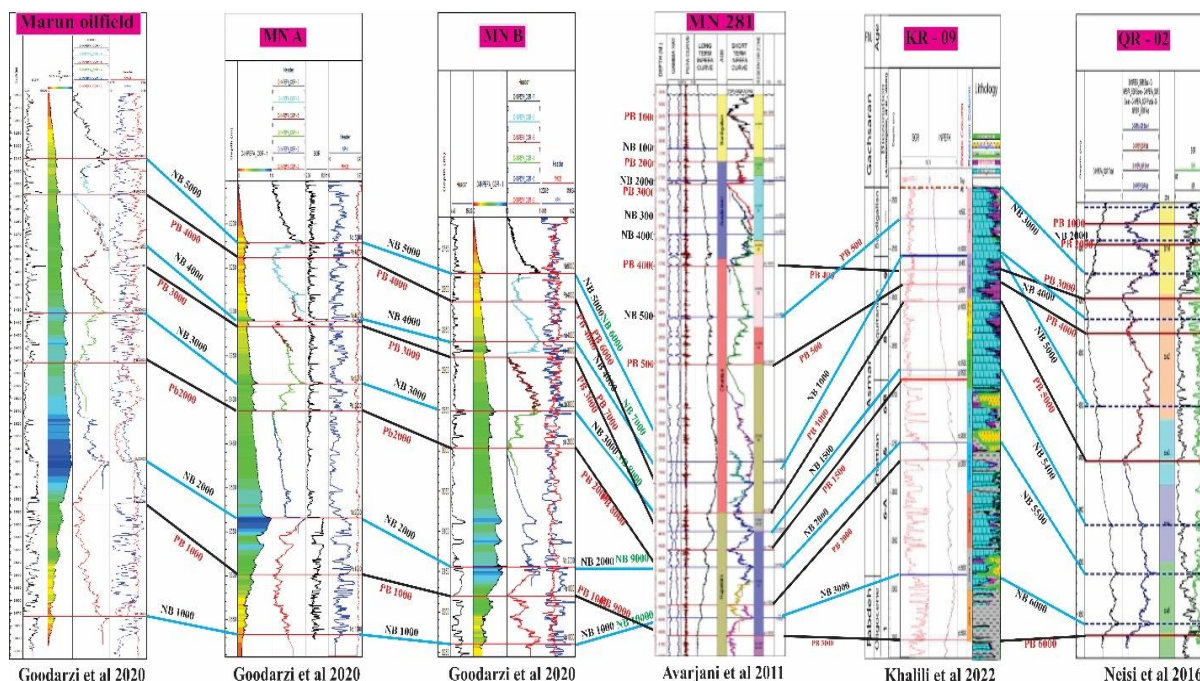


شکل ۷: تفکیک چرخه‌های رسوبی، ارتباط آنها با زون‌های زیستی و روند تغییرات چرخه‌های رسوبی و مرزهای زمان چینه‌ای با تغییرات گونه‌های شاخص روزن‌داران در بخش بالایی سازند پابده و سازند آسماری.

A: *Globigerina* sp. B: *Catapsydrax dissimilis*. C: *Hankenina* sp. D: *Turborotalita boweri*. E: *Lepidocyclina* sp. F: *Ditropa*. G: *Spiroclypeous blankenhorni*. H: *Archaias* sp. I: *Archaias cf. asmaricus*. J: *Miogypsinoides complanatus*. K - N: *Peneroplis farsensis*. L - M: *Elphidimm* sp. 14.

۸ - تطابق سیکل‌های رسوبی در میدان نفتی مارون با میداین همجوار

پس از تعیین سن، شناسایی و تفکیک چرخه‌های رسوبی در چاه مورد مطالعه، این چرخه‌های رسوبی با چاه‌های همجوار میدان نفتی مارون و نیز میداین نفتی قلعه و کرنج مورد تطابق قرار گرفتند. بدین ترتیب، مطالعه آورجانی و همکاران [۲-۳] منجر به شناسایی تعداد ۹ سطح مرزی مثبت و ۱۰ سطح مرز منفی و بین زون‌های ده گانه سازند آسماری در میدان مارون با سطوح مرزی شناسایی شده تطابق انجام شد. در مطالعه نیسی و همکاران [۲۷]، ۷ سطح مرزی مثبت و ۹ سطح مرزی منفی شناسایی و تطابق زون‌های مخزنی نیز انجام شد. در مطالعه مقایسه مرز آشکوب‌های بخش بالایی سازند پابده و بخش زیرین سازند آسماری در میدان نفتی مارون با سطوح مرزی PB - NB، گودرزی و همکاران [۱۹-۲۳] پنج سطح مرزی منفی و چهار سطح مرزی مثبت شناسایی گردید. مطالعه خلیلی و همکاران [۶] در میدان نفتی کرنج منجر به تشخیص ۷ خط زمانی مثبت و ۵ خط زمانی منفی و همچنین مرز سازندهای پابده و آسماری مشخص گردید و در مطالعه گودرزی و همکاران [۲۵] ضمن شناسایی دو سیکل رسوبی در چاه‌های A و B در میدان نفتی مارون، بین زون‌های زیستی و سیکل‌های رسوبی نیز انطباق ایجاد کرد (شکل ۸).



شکل ۸: تطابق سیکل‌های رسوبی و سطوح مرزی مثبت و منفی در میادین نفتی مارون، پارس و کرنج.

۹- نتیجه گیری

بر مبنای این مطالعه پنج سطح مرزی منفی (NB1000, NB2000, NB3000, NB4000, NB5000) و چهار سطح مرزی مثبت (PB1000, PB2000, PB3000, PB4000) شناسایی گردید. سطح مرزی NB2000، منطبق بر سطح حداکثر آب دریا (MFS) می‌باشد.

بر مبنای سطوح مرزی مثبت و منفی شناسایی شده، چهار چرخه رسوبی شناسایی گردید. چرخه رسوبی اول PB 1000 و NB 1000 و در بین اعماق بین ۳۵۸۵-۳۶۷۴ قرار داشته این چرخه رسوبی هم ارز زیست‌زون‌های شماره یک و سه لارسن [۴۱] بوده و معادل سری ائوسن (ائوسن پسین) و الیگوسن (آشکوب‌های روپلین، شاتین) می‌باشد. چرخه رسوبی دوم PB 2000 و NB 2000 در بین اعماق ۳۴۷۲-۳۵۵۰ قرار داشته و این چرخه رسوبی هم ارز زیست‌زون‌های شماره سه و چهار لارسن و همکاران [۴۱] می‌باشد و از نظر زمان چینه‌نگاری شامل سری الیگوسن و آشکوب‌های روپلین و شاتین می‌باشد. چرخه رسوبی سوم PB 3000 و NB 3000 در بین اعماق ۳۴۳۲-۳۳۹۷ قرار داشته و هم ارز زیست‌زون‌های شماره ۴ و ۵ لارسن [۴۱] می‌باشد و از نظر زمان چینه‌نگاری سری الیگوسن (آشکوب شاتین) و سری میوسن (آشکوب آکیتانین) را شامل می‌شود. چرخه رسوبی چهارم PB 4000 و NB 4000 در بین اعماق ۳۴۲۱-۳۳۳۸ قرار داشته و هم ارز زیست‌زون‌های شماره ۵ و ۶ لارسن و همکاران [۴۱] می‌باشد. این چرخه رسوبی از نظر زمان چینه‌نگاری شامل سری میوسن و آشکوب آکیتانین می‌باشد.

تشکر و قدردانی

از داوران محترم آقای دکتر بهمن سلیمانی (هیات علمی دانشگاه شهید چمران اهواز) و خانم ها دکتر الهه ستاری (مدیر اجرایی مجله زمین شناسی نفت ایران) و دکتر فروغ عباساکی (فارغ التحصیل دکتری زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد) کمال تشکر و قدردانی بعمل می آید.

منابع

- [۱] آفانباتی، ع، ۱۳۸۵، زمین شناسی ایران: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶.
- [۲] آورجانی، ش.، محبوبی، ا.ا، موسوی حرمی، ر، ۱۳۹۰، ریز رخساره، محیط های رسوبی و چینه نگاری سکانسی رسوبات آلیگو میوسن (سازند آسماری) در میدان نفتی کوپال، فروافتادگی دزفول مرکزی: فصلنامه زمین شناسی ایران، سال پنجم، شماره نوزدهم، صفحات ۴۵-۶۰.
- [۳] آورجانی، ش.، موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا.ا، رحیم پور بناب، ح.، امیری بختیار، ح، ۱۳۹۰، چینه نگاری سکانسی و بررسی کیفیت مخزنی سازند آسماری در فروافتادگی دزفول شمالی (میدان های نفتی هفتکل، کوپال و مارون)، حوضه زاگرس، جنوب غرب ایران: رساله دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، خرداد ۱۳۹۴، ۳۵۴ صفحه.
- [۴] آورجانی، ش.، همت، م.، سبکرو، م.، صادقی، ر.، طاهری، م.ر، ۱۳۹۱، توصیف مغزه ها، چینه نگاری زیستی، رخساره ها و محیط رسوبی، چینه نگاری سکانسی و دیاژنز سازند آسماری در میدان نفتی مارون: گزارش شماره پ- ۷۴۸۹. شرکت ملی نفت مناطق نفت خیز جنوب، ۸۵ صفحه، گزارش منتشر نشده.
- [۵] آورجانی، ش.، موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا.، ح.، امیری بختیار، ح، ۱۳۹۰، چینه نگاری چرخه ای و تطابق مخزنی رسوبات آلیگو-میوسن (سازند آسماری) در میدان نفتی مارون، حوضه زاگرس: مجله زمین شناسی نفت ایران، سال سوم، شماره ۴، صفحات ۲۳-۳۷.
- [۶] خلیلی، ا.، وزیری مقدم، ح.، آرین، م.، صیرفیان، ع، ۱۴۰۰، بررسی سیکلو استراتیگرافی مخزن آسماری در میدانی نفتی کرنج، پرنج و پارس: مجله زمین شناسی نفت ایران، سال ۱۰، شماره ۲۰، پاییز و زمستان ۱۳۹۹، ص ۱-۱۶.
- [۷] خالوعسگری، ز.، مهناز امیرشاه کرمی، رشیدی شریف آباد، ک.، ۱۴۰۲، زیست چینه نگاری سازند پابده بر اساس روزن داران پلانکتون در برش تنگ چوگان، فارس داخلی، حوضه رسوبی زاگرس، مجله پژوهش های چینه نگاری و دیرینه شناسی، سال سی و نهم، شماره ۹۰، شماره اول، بهار ۱۴۰۲، ص ۵۵-۷۶.
- [۸] دانشیان، ج.، طباطبایی، م.، طهماسبی، ع.ر. ۱۳۹۹، زیست چینه نگاری نهشته های الیگوسن سازند پابده بر مبنای روزن داران شناور در ناحیه بندرعباس، مجله پژوهش های چینه نگاری و دیرینه شناسی، سال سی و ششم، شماره ۸۱، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹.
- [۹] سبکرو، م.، وحیدی نیا، م.، آدابی، م.ح.، هداوند خانی، م، ۱۴۰۰، زیست چینه نگاری سازند پابده در میدان نفتی پارس (فروافتادگی دزفول، جنوب غرب ایران)، مجله پژوهش های چینه نگاری و دیرینه شناسی، سال سی و هفتم، شماره ۸۳، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۰، ص ۵۰-۲۱.
- [۱۰] سبکرو، م.، وحیدی نیا، م.، آدابی، م.ح.، هداوند خانی، م، ۱۴۰۱، سنگ چینه نگاری، ریز رخساره ها و زیست چینه نگاری سازند پابده بر مبنای روزن داران شناور در میدان نفتی گچساران (فروافتادگی دزفول، جنوب باختر ایران)، مجله رسوب شناس کاربردی، دور ۱۰، شماره ۲۰، تابستان ۱۴۰۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۱.
- [۱۱] رحمانی، ع.، غیشاوی، ع، ۱۳۸۹، سکانس استراتیگرافی سازند آسماری در میدان نفتی لب سفید (جنوب غرب ایران): چهاردهمین انجمن همایش زمین شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه.
- [۱۲] رحمانی، ع، ۱۳۹۱، آشنایی با نرم افزار سیکلولاگ و کاربردهای آن در صنعت نفت (مطالعات چینه نگاری سکانسی)، مطالعه موردی مخزن آسماری میدان نفتی پارس (چاه شماره ۱۹): شرکت ملی مناطق نفت خیز جنوب.
- [۱۳] عظام پناه، ی.د.، گودرزی، م.، ریز رخساره ها، محیط های رسوبی و اجتماعات کربناته سازند آسماری در برش تنگ گجستان، ۱۴۰۳، پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، سال ۴۱، شماره ۹۸، صفحات ۵۹-۷۸.
- [۱۴] غیشاوی، ع.، رحمانی، ع، ۱۳۸۵، سکانس استراتیگرافی سازندهای سروک و ایلام در میدان نفتی آب تیمور (چاه شماره ۱۴) گزارش شماره پ- ۵۹۱۸، شرکت ملی نفت مناطق نفت خیز جنوب، ۶۷ صفحه، گزارش منتشر نشده.
- [۱۵] غیشاوی، ع.، رحمانی، ع، ۱۳۸۹، مطالعه محیط رسوبی و سکانس استراتیگرافی مخزن بنگستان در میدان نفتی رگ سفید (چاه شماره ۱۴) گزارش شماره پ- ۶۹۶۶، شرکت ملی نفت مناطق نفت خیز جنوب، ۴۲ صفحه، گزارش منتشر نشده.

- [۱۶] غیثشاهی، ع.، شب افروز، ر.ا، ۱۳۸۹، تطابق چینه شناسی در چاه مورد مورد مطالعه مخزن بنگستان میدان نفتی گچساران بر اساس نرم افزار Cyclolog، گزارش داخلی شرکت ملی نفت مناطق نفت خیز جنوب، ۱۳ صفحه، منتشر نشده.
- [۱۷] طاهری زاده، س.، وحیدی نیا، م.، محمودی قزایی، م.ج. ۱۴۰۰، سنگ چینه‌نگاری و زیست چینه‌نگاری سازند پابده بر اساس روزن‌داران پلانکتون در برش جهانگیرآباد (جنوب ایلام - حوضه رسوبی زاگرس)، مجله زمین شناسی نفت ایران، سال یازدهم، شماره ۲۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۰. ص ۶۶-۸۸.
- [۱۸] کریمی، نجمه (۱۳۹۱) زیست چینه نگاری سازند پابده در برش چینه شناسی سلامت (جنوب غرب شیراز) بر مبنای روزن داران پلانکتون، شانزدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، ۹ ص.
- [۱۹] گودرزی، م.، وحیدی نیا، م.، امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.ر، ۱۳۹۸، مطالعات چینه شناسی و فسیل شناسی بخش فوقانی سازند پابده و بخش زیرین سازند آسماری با تاکید بر مرز بین دو سازند در میدان نفتی مارون با استفاده از مطالعات چینه نگاری و نرم افزار سیکلولاگ: پایان نامه کارشناسی ارشد، ۳۲۸ ص.
- [۲۰] گودرزی، م.، امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.ر، ۱۳۹۸، مقایسه مرز آشکوب‌های بخش بالایی سازند پابده و بخش زیرین سازند آسماری در چاه A میدان نفتی مارون با سطوح مرزی NB و PB با استفاده از نرم افزار سیکلولاگ: پنجمین همایش انجمن رسوب شناسی ایران، اسفند ۱۳۹۸.
- [۲۱] گودرزی، م.، وحیدی نیا، م.، امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.ر، ۱۳۹۸، زیست چینه‌نگاری، ریز رخساره‌ها و محیط رسوبگذاری سازند آسماری در یکی از چاه‌های میدان نفتی مارون و مقایسه آن با سایر نواحی زاگرس. نشریه علمی پژوهشی رخساره‌های رسوبی، جلد ۱۲، شماره ۲، ۱۳۹۸.
- [۲۲] گودرزی، م.، امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.ر، ۱۳۹۸، دیرینه‌شناسی و محیط‌های رسوبی بخش بالایی سازند پابده و بخش زیرین سازند آسماری در چاه‌های A و B میدان نفتی مارون، شمال شرق اهواز: نشریه علمی پژوهشی رسوب شناسی کاربردی، دوره ۷، شماره ۱۳، بهار و تابستان ۱۳۹۸.
- [۲۳] گودرزی، م.، امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.ر.، عظام پناه، ی.ا، ۱۳۹۹، ریزرخساره‌ها، دیرینه بوم شناسی، اجتماعات کربناته و بررسی سطوح مرزی NB، PB با مرز آشکوب‌های سازند آسماری با استفاده از نرم افزار سیکلولاگ در یکی از چاه‌های میدان نفتی مارون: نشریه علمی پژوهشی رسوب شناسی کاربردی دوره ۸، شماره ۱۵، بهار و تابستان ۱۳۹۹.
- گودرزی و همکاران، ۱۴۰۳
- [۲۴] گودرزی، م.، امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.ر.، صداقت نیا، م.، ۱۴۰۴ دیرینه بوم شناسی نهشته های ائوسن بالایی- شاتین (سازندهای پابده و آسماری) در میدان نفتی مارون، جنوب غرب ایران، مجله یافته‌های نوین زمین شناسی کاربردی، دور ۱۹، شماره ۳۸، پاییز و زمستان ۱۴۰۴.
- [۲۵] گودرزی، م.، امیری بختیار، ح.، نورایی نژاد، م.ر.، صداقت نیا، م.، ۱۴۰۴ بررسی سیکل های رسوبی و انطباق با مرزهای زیستی - زمانی ائوسن پسین - الیگوسن، سازندهای پابده و آسماری در میدان نفتی مارون، جنوب غرب ایران، مجله زمین شناسی نفت ایران، سال چهارم، شماره ۲۸، پاییز و زمستان ۱۴۰۳. صفحات ۸۰-۹۵.
- [۲۶] مطیعی، ه، ۱۳۷۲، چینه‌شناسی زاگرس: از انتشارات طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، ۵۳۶.
- نجفی (۱۳۷۷) میکروبايوستراتیگرافی پابده در شمال شرقی فروافتادگی دزفول و ارتباط چینه‌ای سازندهای تله - زنگ، کشکان و شهبازان، دانشگاه تربیت معلم، ۱۲۰ صفحه.
- [۲۷] نیسی، ع.، قادری، ع.، غیثشاهی، ع.، الله کرم پور دیل، م.، ۱۳۹۶، زیست چینه‌نگاری، بررسی ریزرخساره‌ها و چینه‌نگاری سکاسی سازند آسماری به کمک نرم افزار سیکلولاگ در میدان نفتی قلعه نار، حوضه زاگرس: نشریه علمی پژوهشی زمین شناسی نفت ایران، سال ششم، شماره ۱۲، ص ۲۲-۴۴.

- [۲۸] هداوند خانی، ن.، صادقی، ع.، آدابی، م.ح.، طهماسبی سروسرستانی، ع.ر. (۱۳۹۶) چینه شناسی و معرفی زون‌های زیستی جدید در برش تنگ‌حتی (زون ایذه)، پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب‌شناسی، سال سی و سوم، شماره پیاپی ۶۷، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶، ص ۱۸-۱.
- [۲۹] هداوند خانی، ن.، صادقی، ع.، آدابی، م. ح.، طهماسبی، ع. ر. (۱۳۹۷) سنگ چینه نگاری و زیست چینه نگاری سازند پابده در برش روستای چهارده (پهنه ایذه، خوزستان)، فصلنامه علوم زمین، سال بیست و هفتم، شماره ۱۰۷، ص ۱۳۷-۱۵۰.
- [30] ABASAGHI, F., ZHANG, R., LUO, Q.Y., R. WEI. 2025. "Astronomical forces as a potential cause for the end-Guadalupian biotic crisis: A case study from central Alborz, Iran". *Journal of Palaeogeography* **14**: 603 – 628.
- [31] ALLAHKARAMPOUR DILL, M., SEYRAFIAN, A. VAZIRI-MOGHADAM, H (2012) Palaeoecology of the Oligocene-Miocene Asmari Formation in the Dill anticline, N. Jb. *Geol. Palont. Abh*, **10**: 1-18.
- [32] ALLAHKARAMPOUR DILL, M., VAZIRI-MOGHADAM, H., SEYRAFIAN, A. BEHDAD (GHABISHAVI), A (2018) Oligo-Miocene carbonate platform evolution in the northern margin of the Asmari intra-shelf basin, SW Iran: *Marine and Petroleum Geology*, **92**: 437-461 .
- [33] DE JONG, M., SMITH, D., DJIN NIO, S., HARDY, N .,2006, Subsurface correlation of the Triassic of the UK southern central graben: new look at an old problem. **24**: 103-109.
- [34] Ehrenberg, S.N., Pickard, N.A.H., Laursen, G.V., Monibi, S., Mossadegh, Z.K., Svana, T.A., Aqravi, A.A.M., McArthur, J.M. and Thirlwall, M.F (2007) Strontium Isotope Stratigraphy of the Asmari Formation (Oligocene - Lower Miocene), Sw Iran, *Journal of Petroleum Geology*, **30**(2): 107-128.
- [35] EMBRY, A., 2009, Practical Sequence Stratigraphy, Canadian Society of Petroleum Geologists' monthly magazine, The Reservoir, between May 2008 and September 2009.
- [36] GRADSTEIN, F., OGG, J., SMITH, A., 2004, A Geological Time Scale 2004: Cambridge, U.K, Cambridge University Press, p. 589.
- [37] HILGEN F., SCHWARZACHER W., STRASSER A., 2004. Concept and Definitions in Cyclostratigraphy (Second Report of Cyclostratigraphy Working Group). In: Cyclostratigraphy: Approaches and Case Histories. SEPM (*Society for Sedimentary Geology*): 303-305.
- [38] James, G. A. and J. G. Wynd, (1965) Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium, agreement area: *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, **49**: 2182 – 2245.
- [39] JONG, M.G.G. DE, NIO, S.D., SMITH, D.G., BOHM, A.R., 2007, Subsurface correlation in the Upper Carboniferous of the Anglo-Dutch Basin using the climate stratigraphic approach. First Break, **25**,
- [39] HAMON, Y., VAN BUCHEM, F.S.H., MOALLEMI, A., DRIULLION, G., 2009, The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation, *First international petroleum conference & exhibition, Shiraz, Iran*.
- [40] KARIMI, A. R., RABANI, A. R. KAMALI, M. R. 2016. A bulk kinetic, burial history and thermal modeling study of the Albian Kazhdumi and the Eocene-Oligocene Pabdeh formations in the Ahvaz anticline, Dezful embayment, *Iran. J. Petroleum Sci. Eng.* **146**, 61-70.
- [41] LAURSEN 7, G.V, MONIBI, S., ALLEN, T.L., PICKARD, N.A.H., HOSSEINEY, A., VINCENT, B., HAMON, Y., VAN BUCHEM, F.S.H., MOALLEMI, A., DRIULLION, G (2009) The Asmari Formation revisited: Changed stratigraphic allocation and new biozonation, *First international petroleum conference exhibition, Shiraz, Iran*.
- [42] NIKFARD, M., VAZIRI-MOGHADDAM, H., Seyrafian, A., BEHDAD, A., R. SHABAFROOZ. 2020. "A review of the Oligo-Miocene larger benthic foraminifera in the Zagros basin, Iran; New insights into biozonation and palaeogeographical maps". *Revue de Micropaleontologie* **66**: 100408.
- [43] NIO, S. D., BROUWER, J. H., SMITH, D., DE JONG, M., BOHM, A. R., 2005, Spectral trend attribute analysis: applications in the stratigraphic analysis of wireline logs. *First break*, **23**(4). : 71-75.
- [44] NIO, S. D., A. R. BOHM, H. H. BROUWER, M.G.G., DE JONG., D. G. SMITH., 2006, Climate

- stratigraphy, principles and applications in subsurface correlation. *EAGE short course series*, **1**: 130 P.
- [45] NIO, S. D., BOHM, A. R., BROUWER, J. H., DE JONG, M. G. G., SMITH, D. G., (2014), Climate stratigraphy: *Principles and applications in subsurface correlation*. Earthdoc.
- [46] OMIDPOUR, A., RAHIMPOUR –BONAB, H., MOUSSAVI-HARAMI, R., A. MAHBOUBI. 2023. "Anhydrite fabrics as an indicator for relative sea-level signatures in the sequence stratigraphic framework of a carbonate ramp". *Marine and Petroleum Geology* **155**: 106400-106422.
- [47] PERLMUTTER, M.A., MATTEWS, M.D., 1990, Global cyclostratigraphy – a model. In Cross, T. (Ed) Quantitative, *Dynamic Stratigraphy*, Prentice Hall, 233-260.
- [48] PERLMUTTER, M.A., RADOVICH, B.J., MATTEWS, M.D., KENDAL, C.G.St.C., 1998, The impact of high frequency sedimentation cycles on stratigraphic interpretation. In Gradstein, F., Sandvik, K.O. and Milton, N.J. (Eds) *Sequence Stratigraphy, Concepts and Applications*, Elsevier, 141-170.
- [49] PIRYAEI, A.R., DAVIES, R.B, 2024, Petroleum geology of the cenozoic succession in the Zagros of SW Iran: a sequence stratigraphic Approach *Journal of Petroleum Geology*, Vol.**47**(3): pp 235-290.
- [51] SADEQI, R., VAZIRI-MOGHADAM, H. MOHAMMADI, E (2018) Biofacies, depositional model, and sequence stratigraphy of the Asmari Formation, Interior Fars sub-zone, Zagros Basin, SW Iran. *Carbonates and Evaporites*, 33(3):489-507.
- [52] SADEQI, H., ALEALI, M., KADKHODAIE, A. ARIAN, M., 2025. Facies distribution, sequence stratigraphy, and reservoir quality of the Oligo-Miocene carbonate sequences (Asmari formation) in the Dezful embayment, SW Iran. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, **15**(1), p.2.
- [53] SALSANI, A., AMINI, A., SHARIATI, S., AGHANABATI, S. A., ALEALI, M (2020) Geochemistry, facies characteristics and palaeoenvironmental conditions of the storm-dominated phosphate- bearing deposits of eastern Tethyan Ocean; A case study from Zagros region, SW Iran, *AIMS Geosciences*, **6**(3): 316–354.
- [54] SHABAFROOZ, R., MAHBOUBI, A., VAZIRI-MOGHADAM, H., GHABISHAVI, A., MOUSSAVI-HARAMI, R (2015) a. Depositional architecture and sequence stratigraphy of the oligo–miocene Asmari platform; Southeastern Izeh zone, Zagros Basin, Iran. *Facies* 61 (1).
- [55] SHABAFROOZ, R., MAHBOUBI, A., VAZIRI-MOGHADAM, H., MOUSSAVI-HARAMI, R., GHABISHAVI, A., Al-Aasm, I.S (2015) b. Facies analysis and carbonate ramp evolution of oligomiocene Asmari formation in the gachsaran and bibi-hakimeh oilfields and the nearby mish anticline, Zagros Basin. *Iran Neues Jahrb. für Geol. Paläontologie – Abh* **276** (1), 121–146.
- [56] SOLEIMANI, B., ZAMANI. F., 2015, Preliminary petroleum source rock evaluation of the Asmari–Pabdeh reservoirs, Karanj and Parsi oil fields, Zagros, Iran: *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **134**, 97-104.
- [57] STRASSER A., HILGEN F.J., HILGEN P.H. 2006. Cyclostratigraphy, concepts, definition and applications, *Newletters on Stratigraphy Journal*, **42** (2): 75-114.
- [58] VAZIRI –MOGHADAM, H., SEYRAFIAN, A., TAHERI, A., MOTIEI, H (2010) Oligo-Miocene ramp system (Asmari Formation) in the NW of the Zagros basin, Iran: Microfacies, paleoenvironment and depositional sequence: *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, **27**(1), 56–71
- [59] VAN BUCHEM F.S.P., ALLAN T.L., LAUREN G.V., LOTFPOUR , M., MOALLEMI, A., MONIBI, S., MOTIEI, H., PICKARD, N.A.H., TAHMASABI, A.R., VEDRENNE, V., VINCENT , B., 2010, Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh formations) SW Iran. *Geological Society*, London, Special Publications, **329**: 219–263.
- [60] ZHANG, T., ZHANG, C., FAN, T., ZHANG, L., ZHN, R., TAO, J., M. LI. 2020. "Cyclostratigraphy of Lower Triassic terrestrial successions in the Junggar Basin, northwestern China". *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* **539**: 109493.

Identification and separation of sedimentary cycles using Cyclolog software and the relationship of sedimentary cycles with stratigraphic-biostratigraphic time boundaries of Upper Eocene and Oligo-Miocene deposits in one of the wells of the Marun oil field

Mohammad. Gooderzi

Ph. D. student. Dept., of Geology, Faculty of science, Lorestan University, Khorramabad, Iran
* Mohammadgoodarzi45@yahoo.com

Received: January 2026, Accepted: May 2026

Abstract

The present study is being conducted in one of the wells of the Marun oil field to identify and distinguish sedimentary cycles using Cyclolog software and the relationship between sedimentary cycles and stratigraphic-biostratigraphic time boundaries in Upper Eocene (upper part of the Pabdeh Formation) and Oligo-Miocene deposits (Asmari formation). Initially, based on the study of microscopic thin sections, the ages of the Upper Eocene and Oligo-Miocene deposits were determined and separated, and then they were adapted to sedimentary cycles. The thickness of the studied area in this well is 446.5 meters and its dominant lithology is shale, calcareous shale, limestone, Sandstone and dolomite. Both the lower and upper boundaries (Pabdeh-Asmari and Asmari-Gachsaran formations) are continuous and gradual. After studying and examining the sedimentary cycles in the Cyclolog software, five negative boundary levels (NB) and four positive boundary levels (PB) were identified, and based on these boundary levels, four sedimentary cycles were identified and separated. NB1000 is in the Late Eocene time range, PB1000 corresponds to the Rupelian - Chattian time range, NB 2000 is in the Rupelian - Chattian time range, PB 2000 corresponds to the Chattian time range, NB 3000, in the Chattian time range, PB 3000 corresponds to the Aquitanian time range, NB 4000, in the Aquitanian time range, PB 4000 corresponds to the Aquitanian time range, and NB 5000 corresponds to the Aquitanian time range. After identifying the positive and negative boundary levels, it was determined that the first sedimentary cycle NB 1000 - PB 1000 was deposited in the Late Eocene- Rupelian - Chattian, the second sedimentary cycle NB 2000 - PB 2000 in the Rupelian - Chattian - Chattian, the third sedimentary cycle NB 3000 - PB 3000 in the Chattian - Aquitanian, and the fourth sedimentary cycle NB 4000 - PB 4000 in the Aquitanian area.

Keywords: Marun oil field, Upper Eocene, Oligo-Miocene, Cyclolog, sedimentary cycles.