



رخساره‌های سنگی و تفسیر موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ رسوبات سیلیسی آواری میوسن با استفاده از داده‌های پتروگرافی و ژئوشیمی در پهنه بینالود، شمال نیشابور

حسینیه برکشاھی^{1*}، طیبه بلوکی¹، محمد حسین محمودی قرایی²، اسدالله محبوبی³، سید رضا موسوی حرمی³

1- کارشناس ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

2- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

3- استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: hosnieh. Barakshahi@yahoo.com

تاریخ پذیرش: 91/9/23

تاریخ دریافت: 90/4/22

چکیده

رسوبات آواری میوسن در کوه‌های بینالود از سه گروه رخساره سنگی گراولی (Gp و Gt، Gh، Gci، Gcm، Gmm) ماسه‌ای (Ss، Sp، Sh، Sm، St) و گلی (Fl و Fm) و یک رخساره غیر آواری (P) تشکیل شده است. رخساره‌های گراولی معمولاً به فرم توده‌ای و اکثراً از قطعات ولکانیکی و رسوبی با اندازه‌های متفاوت تشکیل شده‌اند. رخساره‌های ماسه‌ای ترکیب لیتارنایتی و ساب لیتارنایتی داشته و خرده سنگها اکثراً از نوع ولکانیکی به همراه مقداری خرده سنگ رسوبی و دگرگونی هستند. با توجه به رنگ قرمز رسوبات، نبود فسیلهای دریایی، طبقه بندی مورب و تراف یونی مدال، چرخه‌های ریز شونده به طرف بالا و آنالیز رخساره‌ها و عناصر ساختاری، این رسوبات در محیط پلایا، رودخانه‌ای بریده بریده و مخروط افکنه نهشته شده‌اند. منشأ این رسوبات بر اساس داده‌های پتروگرافی و ژئوشیمی، سنگهای آذرین حد واسط و اسیدی با چرخه مجدد کوه‌زایی است که در حاشیه فعال تکتونیکی تشکیل شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: رخساره‌های سنگی؛ بینالود؛ ژئوشیمی؛ موقعیت تکتونیکی.

مقدمه

می‌شود. توالیهای پالئوزوئیک این زیرپهنه مشابه ایران مرکزی بوده، اما سنگهای مزوزوئیک آن شباهت بیشتری با البرز دارند. به همین دلیل زیر پهنه بینالود به صورت یک منطقه تدریجی بین البرز و ایران مرکزی معرفی شده است (نبوی، 1355).

در این پژوهش، رسوبات میوسن کوههای بینالود در دو برش مختلف در شمال نیشابور مورد بحث قرار گرفته‌اند.

کوههای بینالود شامل ارتفاعات شمالی نیشابور تا جنوب غرب مشهد و شمال تربت جام است که روند شمال غرب - جنوب شرق دارد. این سلسله جبال یک نوار چین خورده و گسلیده از نوع نازک پوسته‌ای است که به دنبال تصادم قطعات لیتوسفری ایران و توران در حاشیه شمال شرقی ایران تشکیل شده است (Alavi, 1991). مرز زیرپهنه بینالود و کپه‌داغ با زمین درز پالئوتتیس (جنوب غرب مشهد) مشخص

روش مطالعه

در این مطالعه برشهای برف ریز و باغشن گچ اندازه گیری و 223 نمونه از آنها برداشت شده است. ماسه سنگها به روش Folk (1980) نام گذاری و رخساره های سنگی به روش Miall (2000) شناسایی شده اند (جدول 1 و 2). آنالیز مدال ماسه سنگها با استفاده از روش Dickinson - Gazzi (Ingersoll et al., 1984) انجام شده است. 30 نمونه از ماسه سنگها و 2 نمونه شیلی به وسیله فلورسانس اشعه ایکس (XRF) به منظور تعیین درصد فراوانی اکسیدهای اصلی و عناصر فرعی تجزیه شده اند. منشأ سنگهای آواری به روش پتروگرافی و بر اساس نوع کوارتز (Basu, 1985)، فلدسپات (Pettijohn et al., 1987)، خرده سنگ (Pittman, 1970)، کانیه های سنگین انجام شده است. همچنین موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ رسوبات میوسن بر اساس تلفیق داده های پتروگرافی و ژئوشیمیایی و با استفاده از نمودارهای Bhatia (1983)، Dickinson et al. (1983)، Kroonenberg (1994)، Roser & Korsch (1986)، Basu (1985) و Herron (1988) تفسیر شده است.

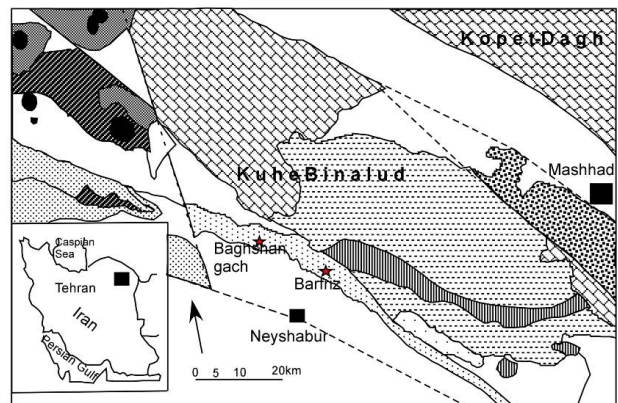
رخساره های سنگی

رسوبات سیلیسی آواری میوسن در نواحی مورد مطالعه از کنگلومرا، ماسه سنگ و گل سنگ تشکیل شده اند. رخساره های سنگی شناسایی شده در این رسوبات به سه دسته گراولی، ماسه ای و گلی به شرح زیر تقسیم شده اند:

رخساره های کنگلومرای

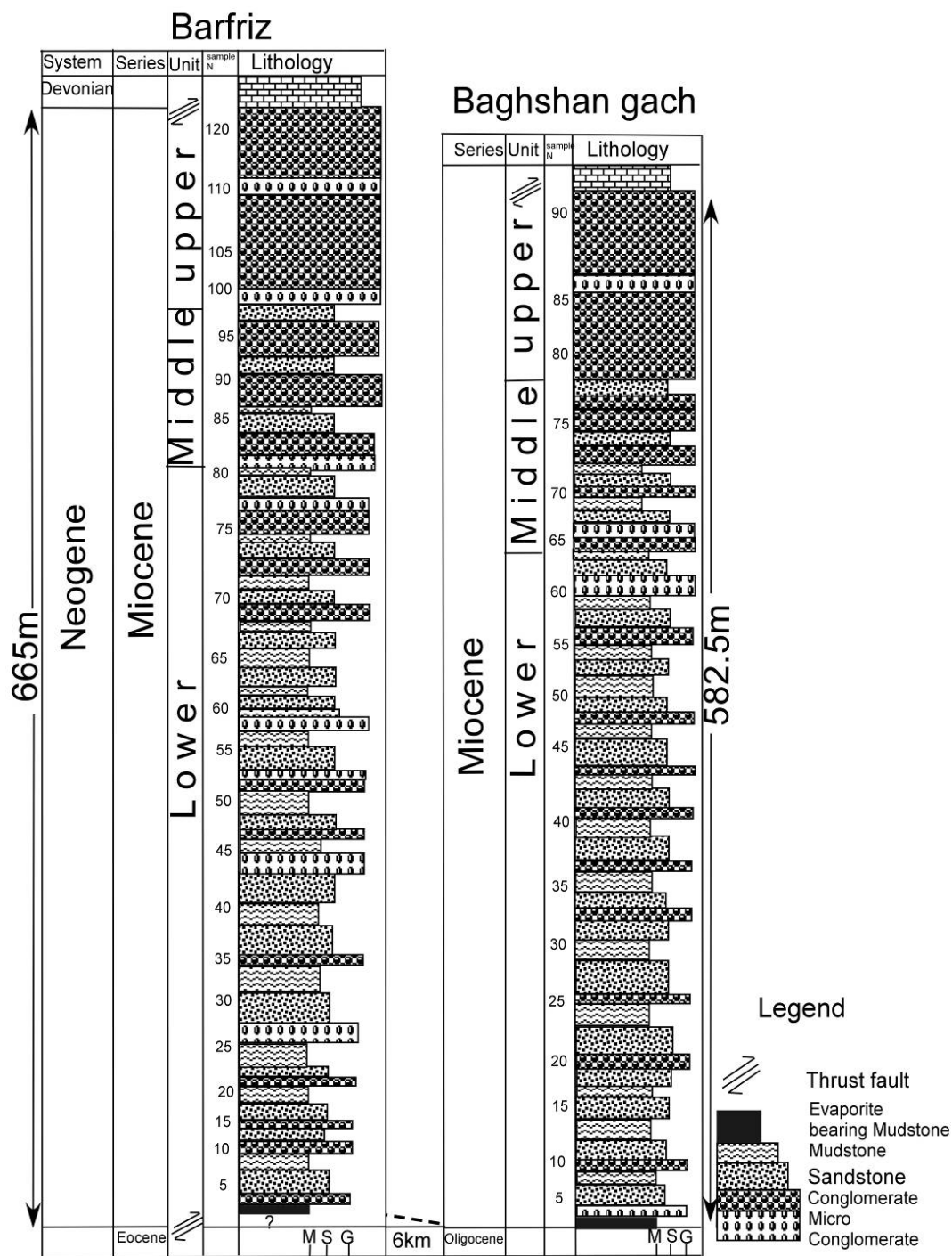
این رخساره ها در برش برف ریز شامل Gmm، Gh، Gcm و در برش باغشن گچ شامل Gt، Gh، Gp، Gcm، Gmm و Gci است. قطعات تشکیل دهنده سنگها بیشتر ولکانیکی (بازالت و آندزیت) و رسوبی (سنگ آهکی و ماسه سنگی) است و دارای ساختهای توده ای، ورقه ای و

برش برف ریز در شمال نیشابور، در مختصات جغرافیایی $58^{\circ} 52' 4''$ شرقی و $36^{\circ} 58' 93''$ شمالی و برش باغشن گچ در شمال غرب برش برف ریز در طول جغرافیایی $58^{\circ} 46' 28/78''$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 18' 5/39''$ شمالی جای دارند (شکل 1).



شکل 1: نقشه زمین شناسی کوه های بینالود در غرب مشهد (با تغییرات از Lammerer et al., 1983). موقعیت ناحیه مورد مطالعه با ستاره مشخص شده است (راهنما: 1- سنگهای آذرین و دگرگونی پالئوزوئیک، 2- رخساره های پالئوزوئیک ایران مرکزی، 3- ماسه سنگها و اسلیت های سازند شمشک (رتین و لپاس)، 4- رسوبات کربناته ژوراسیک و کرتاسه که به صورت دگرشکل بر روی واحد 3 قرار گرفته اند. 5- رسوبات دریایی و سنگهای آتشفشانی پالئوژن، 6- رسوبات نئوژن، 7- سنگهای نیمه عمیق پالئوژن - نئوژن، 8- سنگهای آواری نئوژن، 9- رسوبات تیلتی پلیستوسن، 10- پدیمتهای هلوسن

رسوبات میوسن در برش برف ریز از 665 متر و در برش باغشن گچ از 582/5 متر کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل تشکیل شده اند که به طور هم شیب بر روی رسوبات الیگوسن قرار گرفته و سنگ آهکهای دونین بر روی آن رانده شده اند. به طور کلی این رسوبات به سه واحد جداگانه 1- شیل و ماسه سنگ، 2- شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا، 3- ماسه سنگ و کنگلومرا تقسیم می شوند (شکل 2). هدف از انجام این مطالعه تشخیص و تفکیک رخساره های سنگی و تفسیر ناحیه منشأ آن با استفاده از مطالعات پتروگرافی و ژئوشیمیایی است.



شکل 2: ستون چینه شناسی رسوبات میوسن در برش برف ریزو باغشن گچ

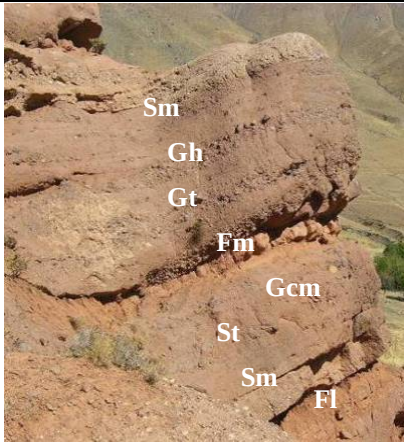
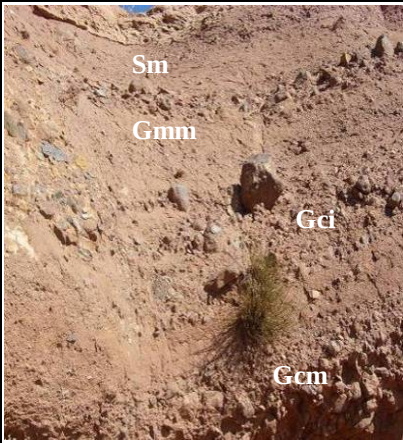
اثر ریزش رسوب تحت تأثیر گراویده همراه با ریزش مواد درشت (جریان خرده دار) تشکیل شده‌اند (Longhitano, 2008). نبود ایمبریکاسیون در دانه‌ها و لایه بندی در کنگلومراها در نتیجه برخورد دانه‌ها و حرکت سریع جریان با ویسکوزیته بالا است (Koykka, 2011).

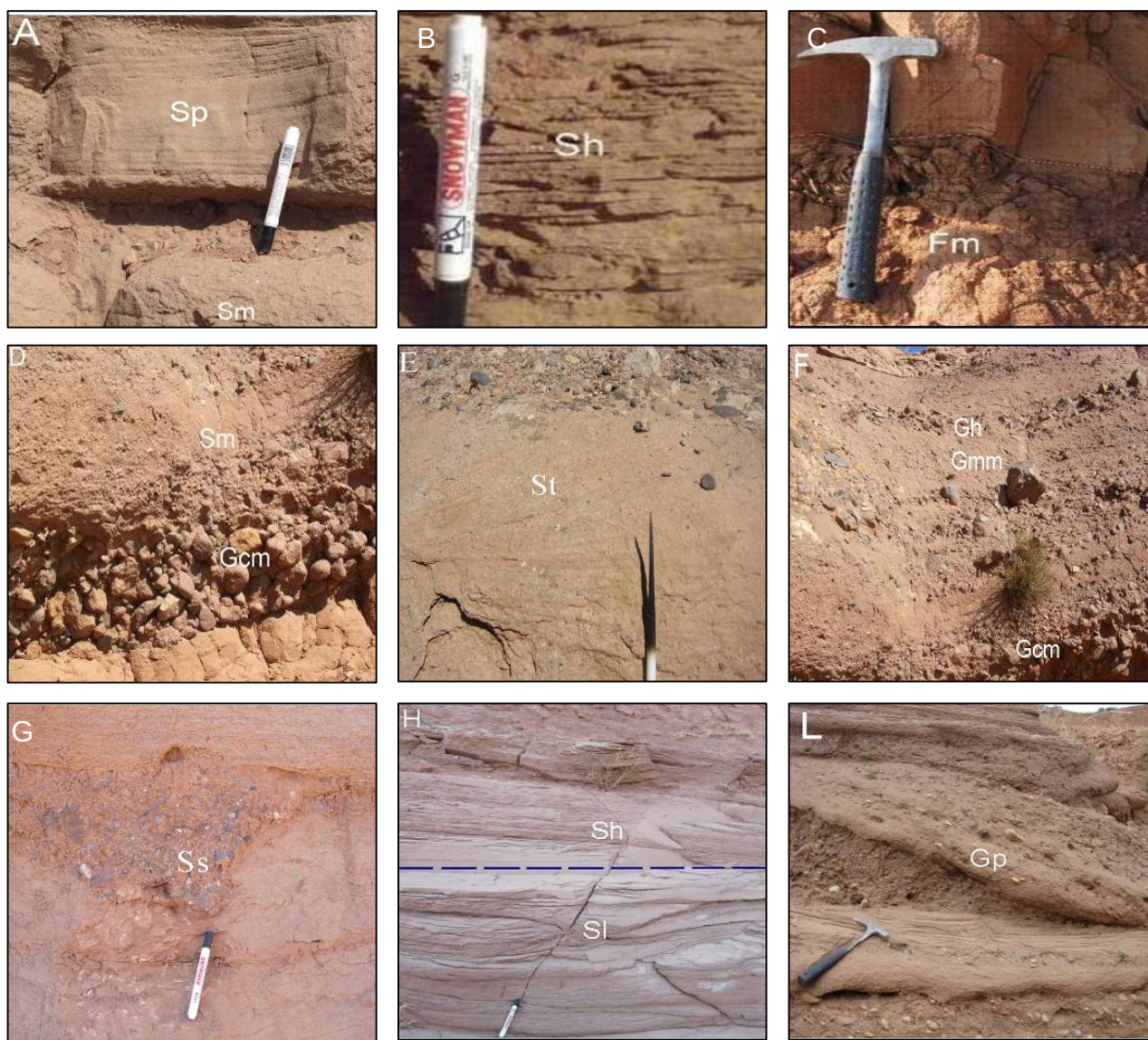
مورب عدسی شکل بوده و رنگ قرمز قهوه‌ای دارند (شکل 3). دانه‌ها از گردشگی خوب، اما جورشدگی ضعیفی برخوردارند. اندازه دانه‌ها در حد چند میلی متر تا چند ده سانتی متر در تغییر است و ماتریکس از ذرات ماسه‌ای با جورشدگی ضعیف تشکیل شده است. این رخساره‌ها در

جدول 1: رخساره‌های رسوبي در دو برش برف ريز و باغشن گچ بر اساس طبقه بندی Miall (2000)

تفسير	ساختر رسوبي	رخساره	كد رخساره‌ای
جريان خرده‌دار پلاستيكي (ويسكوز، انرژي بالا)	توده‌ای	گراول توده‌ای غنی از ماتریکس	Gmm
جريان خرده‌دار با پلاستيزيته کاذب (جريان آشفته)	توده‌ای	گراول توده‌ای غنی از قطعه	Gcm
رسوبات پر کننده کانال	طبقه بندی مورب	گراول غنی از قطعه باچینه بندی مورب عدسی شکل	Gt
اشکال لایه‌ای طولی، نهشته‌های باقی مانده، نهشته‌های غربال شده، اشکال لایه‌ای متقاطع	طبقه بندی افقی توده‌ای	گراول غنی از قطعه با چینه بندی ضعیف گراول غنی از قطعه با دانه بندی معکوس	Gh Gci
نهشته‌های جريان گراویتی‌های رسوبي	توده‌ای	ماسه دانه ریز تا درشت	Sm
دونه‌های زبانه‌ای (سه بعدی) با خط الرأس پیچیده	طبقه بندی مورب عدسی شکل	ماسه دانه ریز تا خیلی درشت، احتمالاً پیل‌دار	St
بار بستر مسطح	لامیناسیون افقی	ماسه خیلی ریز دانه تا درشت، احتمالاً پیل‌دار	Sh
اشکال لایه‌ای متقاطع و زبانه‌ای (دون دو بعدی)	طبقه بندی مورب مسطح	ماسه خیلی دانه ریز تا دانه درشت، احتمالاً پیل‌دار	Sp Ss
حاشیه کانال کانالهای متروک، جریانهای سیلابی فروکش کرده	لامیناسیون نازک	ماسه - سیلت - گل	Fl
حاشیه کانال، کانالهای قطع شده، رسوبات پوشاننده	توده‌ای	سیلت - گل	Fm
خاک با ته‌نشست رسوبات شیمیایی	توده‌ای	شیل همراه با تبخیری (ژپس)	P

جدول 2: مجموعه رخساره‌های تشکیل دهنده محیط رسوبي در برشهای برف ريز و باغشن گچ بر اساس طبقه بندی Miall (2000)

محيط رسوبي	پلايا	رودخانه بريده بريده با رسوبات پر کننده کانالی و جريانهای سيلابی	مخروط افکنه با جريانهای خرده‌دار فراوان
رخساره‌های اصلی	P	Gcm, Gh, Sm, St, Sh, Fl, Fm	Gcm, Gmm, Gci
رخساره‌های فرعی		Gt, Gmm, Sp	Sm
شواهد صحرایی			



شکل 3: انواع رخساره‌های سنگی در منطقه مورد مطالعه؛ A) ماسه سنگ با لایه بندی مورب عدسی شکل، B) ماسه سنگ توده‌ای، C) ماسه سنگ با لایه بندی موازی، D) کنگلومرای توده‌ای و دانه پشتیبان، E) ماسه سنگ با لایه بندی مورب مسطح، F) کنگلومرا با طبقه بندی افقی، G) کنگلومرای توده‌ای، دانه پشتیبان، H) رخساره ماسه سنگی فرسایشی، I) رخساره ماسه سنگی با لایه بندی موازی، SL = رخساره ماسه سنگی با لایه بندی با زاویه کم، L) Gp = کنگلومرا با لایه بندی مورب مسطح

رخساره‌های ماسه سنگی

رخساره‌های St، Sm، Sh و Sp در ماسه سنگهای برش برف ریز و رخساره‌های Ss، Sm، Sp، Sh و St در برش باغشن گچ شناسایی شده‌اند. اندازه دانه‌ها در این رخساره‌ها از ماسه درشت تا ریز در تغییر است. رسوبات ماسه سنگی با ساخت لایه بندی مورب نشان دهنده رسوبات پر کننده کانال است (Kempf et al., 2009). ماسه سنگها اکثراً از

نوع ولکانیک آرنایت و فلدسپاتیک ولکانیک آرنایت و شامل کوارتز، فلدسپات و خرده سنگهای ولکانیکی است. جورشدگی ماسه سنگها از ضعیف تا متوسط در تغییر بوده و اکثر دانه‌ها زاویه‌دار تا نیمه گرد شده‌اند. این ماسه سنگها دارای ساخت رسوبی ورقه‌ای، توده‌ای، لایه بندی مورب مسطح و عدسی بوده و معمولاً در رژیمهای جریان بال و پایین تشکیل می‌شوند.

رخساره‌های گل سنگی

این رخساره‌ها شامل Fm و Fl است. رخساره Fl دارای لامیناسیون نازک و رخساره Fm به فرم توده‌ای است. علاوه بر این رخساره‌ها، رخساره غیر آواری P به صورت شیل همراه با تبخیرها با ساخت توده‌ای در بخش ابتدایی رسوبات میوسن حضور دارد. رنگ رخساره‌ها قرمز قهوه‌ای است. این ذرات به صورت معلق حمل شده و در هنگام کاهش انرژی جریان ته‌نشین می‌شوند.

وجود چرخه‌های متعدد به طرف بالا ریزشونده، دوره‌های پر شدن کانال، همراه با کاهش انرژی در محیط رسوبی را نشان می‌دهند (Kumar et al., 2003). قاعده هر چرخه، فرسایشی است. به طور کلی عناصر ساختاری در این برشها شامل CH، SB، SG، GB و FF است. ساختمانهای یک جهتی (طبقات مورب مسطح و عدسی شکل)، وجود چرخه‌های به طرف بالا ریزشونده و قاعده فرسایشی چرخه‌ها نشانگر یک محیط رودخانه‌ای است. وجود طبقات ضخیم ماسه و گراولی، تغییرات کم جهت جریان قدیمه و نبود طبقات با افزایش جانبی نشان دهنده کانالهای با پیچش کم بوده و بنابراین رسوبات آواری میوسن در برشهای مورد مطالعه در رودخانه بریده بریده نزدیک منشأ ته‌نشین شده‌اند. بخش بالایی برشهای مورد مطالعه از کنگلومرا با ساخت توده‌ای و دانه‌های در حد کابل و بولدر با جورشدگی ضعیف و گردشدگی خوب تشکیل شده که فاقد جهت‌یابی هستند و به طور کلی در محیط مخروط افکنه تشکیل شده‌اند. بخش ابتدایی سنگهای رسوبی میوسن در برشهای مورد مطالعه از شیل‌های حاوی تبخیرها تشکیل شده که نشان دهنده ته‌نشست در محیط پلایایی است.

منشأ رسوبات

اگر چه ترکیب ماسه سنگها تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر موقعیت تکتونیکی، توپوگرافی حوضه، حمل و نقل، محیط

رسوبی و تغییرات دیاژنتیکی کنترل می‌شود، اما موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ یکی از عوامل اصلی محسوب می‌گردد (Dickinson et al., 1983؛ Lee et al., 2005). تفسیر ناحیه منشأ رسوبات میوسن در ناحیه مورد مطالعه بر اساس داده‌های پتروگرافی و ژئوشیمی انجام شده که به تفکیک ارائه می‌گردد.

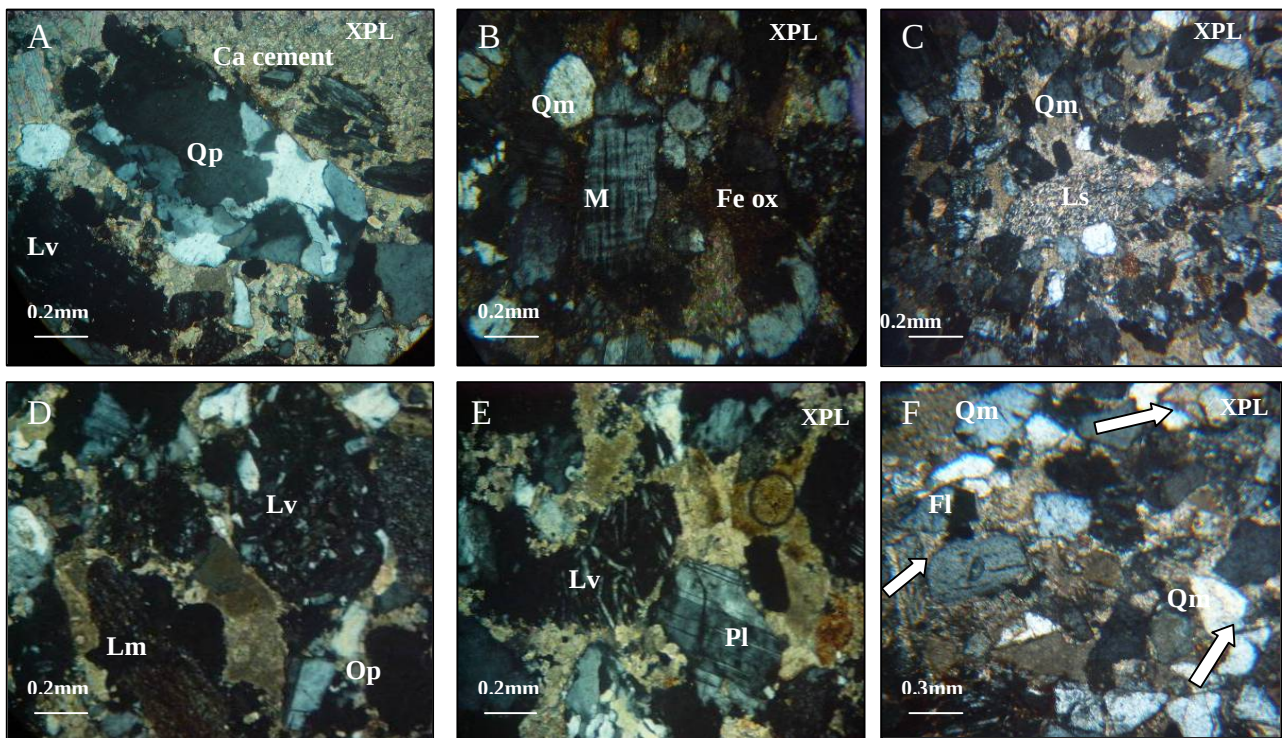
پتروگرافی

آنالیز مدال ماسه سنگها در جدول 3 ارائه شده است. ماسه سنگها عمدتاً از کوارتز (پلی کریستالین و مونو کریستالین) و با فراوانی کمتر خرده سنگ، فلدسپات و کانیهای سنگین تشکیل شده است. دانه‌های کوارتز نیمه گرد شده تا نیمه زاویه‌دار و مرز دانه‌ها از نوع نقطه‌ای، مستقیم و محدب - مقعر است (شکل F 5). اغلب دانه‌های کوارتز، مونو کریستالین با خاموشی مستقیم هستند. خرده سنگها اکثراً از نوع ولکانیکی و به مقدار کم رسوبی و دگرگونی است (شکل C 4). فلدسپاتها شامل پلاژیوکلاز و فلدسپات پتاسیم (سانیدین، ارتوکلاز و میکروکلین) است (شکل B, E, F 4) (جدول 3). از کانیهای سنگین می‌توان به زیرکن و کانیهای اوپاک اشاره کرد (شکل D 4). علاوه بر این، گلاکونیت، بیوتیت و هورنبلند نیز وجود دارد (جدول 3). سیمان غالباً از نوع کلسیتی و به مقدار کمتر هماتیستی است (شکل A, B 4). به طور کلی یکی از روشهای شناسایی منشأ ماسه سنگها تعیین انواع کوارتز و خرده سنگهاست (Wanas et al., 2006). با توجه به فراوانی کوارتزهای مونو کریستالین با خاموشی مستقیم، درصد بالای خرده سنگهای ولکانیکی (شکل 5)، وجود پلاژیوکلاز و فلدسپات پتاسیم و بالاخره کانیهای نظیر هورنبلند، بیوتیت و زیرکان، رسوبات میوسن می‌توانند دارای یک منشأ آذرین باشند. با استفاده از نمودار مثلثی Q₁FL (Dickinson, 1983)، ماسه سنگهای برش برف ریز و باغشن گچ در ناحیه کوه‌زایی با چرخه

جدول 3: داده‌های آنالیز مدال ماسه سنگهای میوسن برف ریز و باغشن گچ

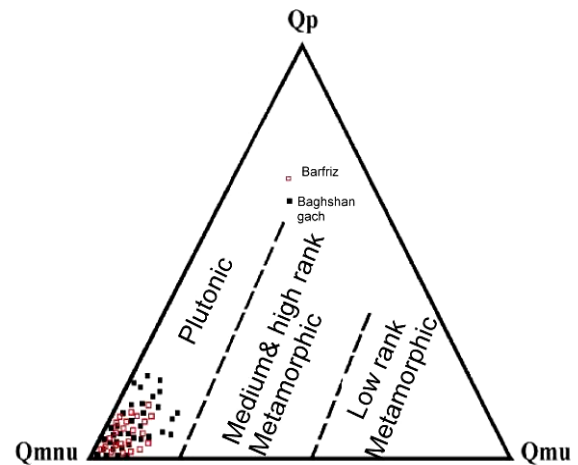
n= 59

M = نمونه‌های سنگی برداشت شده در بیش‌ترین
NB = نمونه‌های سنگی برداشت شده در بیش‌ترین



شکل 4: تصاویر میکروسکوپی اجزای تشکیل دهنده ماسه سنگهای لیتارنایتی (A) = Ca cement = سیمان کلسیتی، Qp = کوارتز پلی کریستال، Lv = خرد سنگ ولکانیکی؛ (B) = Mic = میکروکلین، Fe ox = سیمان اکسید آهن، (C) = Qm = کوارتز مونو کریستالین، Ls = خرد سنگ شیلی، (D) = Lv = خرد سنگ ولکانیکی، Lm = خرد سنگ دگرگونی، Op = کانی کدر، (E) = Lv = خرد سنگ ولکانیکی، Pl = پلاژیوکلان، (F) = Fl = الکالی فلدسپات (سانیدین)، Qm = کوارتز مونو کریستالین. پیکانها تماس نقطه‌ای و طولی دانه‌ها را نشان می‌دهند.

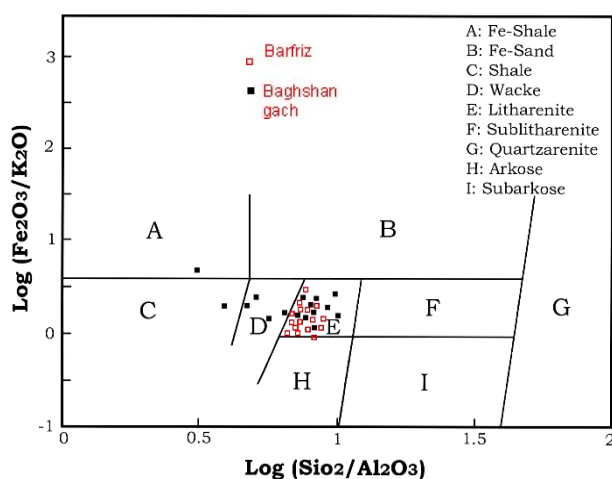
که با ماسه سنگهای لیتارنایتی ناحیه مورد مطالعه تطبیق می‌کند. ضمناً وجود زیرکن نیز حمل مجدد سنگها را تأیید می‌کند (Ahmad & Bhat, 2006). با توجه به فراوانی فورانهای ولکانیک دریایی با ترکیب حدواسط در الیگوسن و اتوسن در پهنه بینالود (قائمى و همکاران، 1378)، منشأ خرد سنگهای آذرین حدواسط (آندزیت و تراکی اندزیت) اتوسن و الیگوسن در منطقه تعیین می‌گردد. خرد سنگهای رسوبی با رخساره بایواسپاریت با توجه به وجود این رخساره‌ها در اتوسن (قائمى و همکاران، 1378)، متعلق به اتوسن هستند. با توجه به فراوانی رسوبات آواری ماسه سنگی در الیگوسن - اتوسن و حضور سنگهای رسوبی اتوسن - الیگوسن در منطقه مورد مطالعه (قائمى و همکاران، 1378)، منشأ این خرد سنگها رسوبات با این سن تعیین می‌گردد.



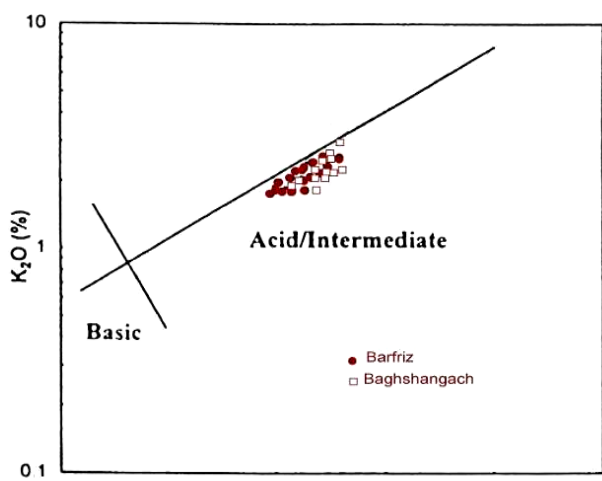
شکل 5: ترکیب سنگ منشأ رسوبات ناحیه مورد مطالعه بر اساس انواع کوارتز در نمودار Basu (1985). (Qp) = کوارتز پلی کریستالین، Qmu = کوارتز مونو کریستالین با خاموشی مستقیم، Qmnu = کوارتز مونو کریستالین با خاموشی موجی.

مجدد قرار می‌گیرند (شکل 6). لازم به ذکر است معمولاً ذرات آواری حاصل چنین شرایطی، ترکیب متغیری دارند

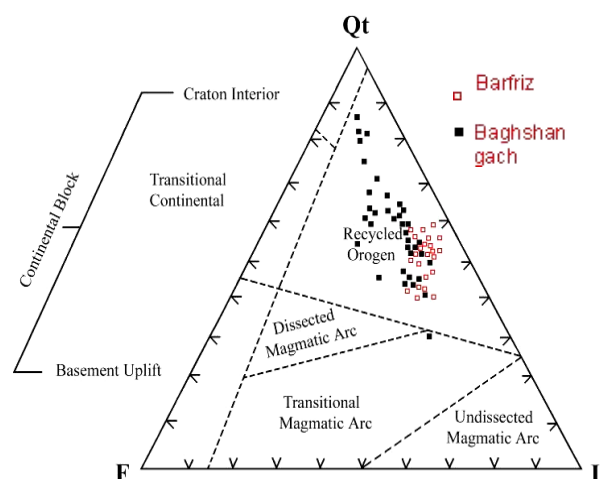
(شکل 8). داده‌های پلات شده بر روی این نمودار منشأ اسیدی و حد واسط و اندکی نزدیک به محدوده بازیک را نشان می‌دهند که با داده‌های پتروگرافی مطابقت دارد. مشاهدات پتروگرافی نمونه‌های مورد مطالعه وجود انواع آلکالی فلدسپار که نشان دهنده منشأ آذرین اسیدی است، مقادیر قابل توجه پلاژیوکلاز که نشان دهنده سنگ منشأ حدواسط (و احتمالاً مافیک) است و از طرفی کانیهای فرومنیزین که بر وجود سنگهای مافیک دلالت می‌نماید، را نشان داده و به طور کلی وجود چند منشأ برای این رسوبات را تأیید می‌نماید.



شکل 7: نوع ماسه سنگهای ناحیه مورد مطالعه با استفاده از داده‌های ژئوشیمی بر اساس نمودار Herron (1988)



شکل 8: ترکیب سنگ منشأ رسوبات میوسن در نمودار 250 Floyd & Leveridge (1987).



شکل 6: موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ رسوبات میوسن با استفاده از نمودار Dickinson (1983). Qt = کوارتز، F = فلدسپات، L = خرده سنگ

ژئوشیمی

آنالیز ژئوشیمیایی سنگهای رسوبی ابزار ارزشمندی برای تعیین موقعیت تکتونیکی ماسه سنگهای دارای ماتریکس است. برای تعیین موقعیت تکتونیکی از نمودارهای Bhatia (1983) و Roser & Korsch (1986) استفاده می‌شود. مقدار عناصر فرعی (Ta, Cs, Ce, Ni, V, Co, Y, Sc, Zr, Ti و Nb) در سنگهای رسوبی آواری به خصوص سنگهای دانه ریز تحت تأثیر هوازدگی، دیازنز و دگرگونی ضعیف تغییر نمی‌کند (Roser & Korsch, 1986) و می‌تواند در تفسیر موقعیت تکتونیکی و منشأ سنگ به خوبی استفاده شود (McLennane, 2001). جدولهای 4 و 5 درصد فراوانی اکسیدهای اصلی و میزان فراوانی عناصر فرعی نمونه‌های میوسن در نواحی مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج مطالعات پتروگرافی و نیز داده‌های ژئوشیمی (Herron, 1988) نشان می‌دهد ماسه سنگهای ناحیه مورد مطالعه اکثراً از نوع لیتارنایت و تعداد کمی گری وک هستند (شکل 7). جهت تفکیک سنگ منشأ ماسه سنگهای برش برف ریز و باغشن گچ بر اساس درصد K_2O و مقدار روییدوم، از نمودار Floyd & Leveridge (1987) استفاده شده است

جدول 4: درصد فراوانی اکسیدهای اصلی نمونه‌های میوسن در ناحیه مورد مطالعه

Sample No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	K ₂ O	TiO ₂	MnO	CaO	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SO ₃	LOI
M63	75.15	11.23	1.66	1.44	2.43	0.57	0.02	1.96	0.09	3.43	0	1.47
M36	69.07	13.25	2.38	1.13	2.23	0.57	0.03	3.62	0.12	3.78	0	3.54
M104	65.63	14.79	1.79	3.01	2.79	0.78	0.04	1.82	0.09	5.43	0	3.53
M100	62.24	14.83	0.87	3.64	2.98	0.8	0.04	0.75	0.09	6.3	0	7.19
M24	74.05	11.83	1.62	1.23	2.88	0.52	0.03	1.78	0.07	3.58	0	2.16
M12	73.77	12.37	1.71	1.69	2.41	0.62	0.02	1.99	0.06	4.08	0	1.01
M44	74.88	11.64	1.99	1.41	2.31	0.45	0.02	2.32	0.05	2.96	0	1.72
M18	74.77	11.24	1.79	1.13	2.66	0.57	0.03	1.84	0.07	3.93	0	1.67
M77	77.04	10.56	2.07	1.12	1.96	0.43	0.01	2.11	0.05	2.91	0	1.53
M98	72.14	11.83	2.19	1.47	1.74	0.52	0.02	2.36	0.07	3.33	0	4.04
M38	77.81	10.73	1.71	1.06	2.21	0.32	0.01	1.86	0.04	2.39	0	1.62
M76	74.17	12	2.41	1.27	2.44	0.5	0.02	2.64	0.05	2.81	0	1.4
M92	72.7	12.92	2.14	1.79	1.84	0.54	0.02	2.3	0.05	3.3.67	0	1.74
M5	65.08	14.98	2.22	2.44	1.81	0.71	0.04	3.86	0.05	4.84	0	3.66
M31	70.25	12.45	2.36	1.36	1.92	0.7	0.04	4.18	0.08	4.53	0	1.87
M74	74.23	12.89	2.19	1.11	1.85	0.62	0.01	3.01	0.07	1.97	0	1.74
NB3	61.87	17.47	3.48	1.55	1.16	0.73	0.04	6.34	0.12	4.65	0	2.22
NB8	61.29	16.05	3.22	3.17	2.35	0.68	0.02	5.23	0.29	4.82	0.08	2.30
NB4	76.53	10.23	1.07	2.16	1.75	0.52	0.02	1.17	0.06	3.65	0.00	2.62
NB18	78.62	9.22	1.16	1.67	1.58	0.48	0.02	1.59	0.06	3.29	0.00	2.06
NB25	76.61	10.45	1.52	2.13	1.74	0.47	0.04	1.82	0.06	3.37	0.00	1.55
NB38	77.01	9.74	1.65	1.28	1.63	0.47	0.02	2.04	0.08	3.46	0.01	2.36
NB57	77.34	9.65	1.44	1.41	1.55	0.51	0.02	1.84	0.10	3.62	0.00	2.26
NB41	76.03	8.38	1.24	1.39	1.34	0.47	0.02	1.60	0.08	3.38	0.00	5.86
NB48	74.32	11.39	1.98	1.79	1.81	0.44	0.02	2.41	0.12	3.15	0.00	2.31
NB49	78.21	10.50	1.15	1.73	2.09	0.52	0.02	0.81	0.06	3.22	0.00	1.45
NB64	77.46	10.87	1.54	2.00	1.72	0.60	0.02	1.63	0.07	3.84	0.00	0.00
NB67	63.59	14.57	0.90	3.55	3.06	0.79	0.03	0.59	0.10	6.16	0.00	6.43
NB79	80.16	8.99	1.17	1.21	1.73	0.42	0.02	0.97	0.03	2.84	0.00	2.24
NB80	69.02	12.37	0.95	2.83	2.78	0.75	0.03	0.64	0.09	5.16	0.00	5.10
NB87	80.27	9.85	0.95	1.48	2.25	0.47	0.02	0.73	0.06	2.85	0.00	0.85
NB90	67.03	14.53	1.36	3.44	2.41	0.68	0.03	0.89	0.07	4.93	0.00	4.38
n=32 M = نمونه‌های سنگی برداشت شده در برش برف ریز NB = نمونه‌های سنگی برداشت شده در برش باغشن گچ												

موقعیت تکتونیکی

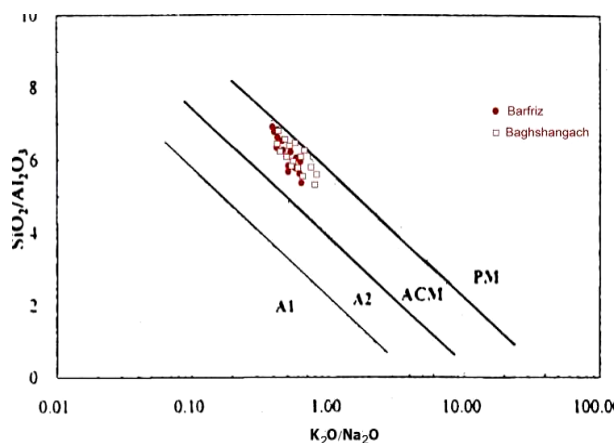
تکتونیک صفحه‌ای، زمینه‌ای برای تکامل کلی حوضه‌های فورلندی در حاشیه‌های فعال است. تشکیل و تکامل حوضه‌های فورلندی ابتدا با فرآیندهای فشرده شدن، تجمع و کوتاه شدن در نزدیک گوه کوه‌زایی همراه است (Saengsrichan *et al.*, 2010). در طی برخورد ورق ایران و توران که از کربونیفر پیشین شروع شده و در تریاس پسین پایان یافته، در محل برخورد در حاشیه شمالی ورق ایران یک حوضه فورلند ایجاد شده است (Alavi, 1991). در نتیجه حرکات کوه‌زایی آلپ و فعالیت گسل‌های راندگی، یک نوار چین خورده - گسلیده در حاشیه شمالی ایران

ایجاد شده که شامل کوه‌های البرز و بینالود است. شروع حرکات آلپ پسین در حاشیه شمال شرقی ایران موجب کوتاه شدگی بیشتر پوشش رسوبی در این حاشیه شده و در نتیجه آن گسل‌های رانده نسل سوم فعال شده و نوار چین خورده - گسلیده فعالیت مجدد خود را آغاز نموده است (رحیمی، 1371). فعالیت نوار چین خورده - گسلیده موجب خمش لیتوسفر و پس‌روی دریا به سمت جنوب و تشکیل حوضه‌های کولابی در حوضه فورلندی می‌شود که در نتیجه باعث تشکیل نهشته‌های رسوبی به صورت پراکنده در محیط‌های قاره‌ای می‌گردد. در نتیجه فعالیت این گسل‌های رورانده و تشکیل ورقه‌های رورانده جدید که همراه با

جدول 5: میزان فراوانی عناصر فرعی در نمونه‌های میوسن ناحیه مورد مطالعه (برحسب ppm)

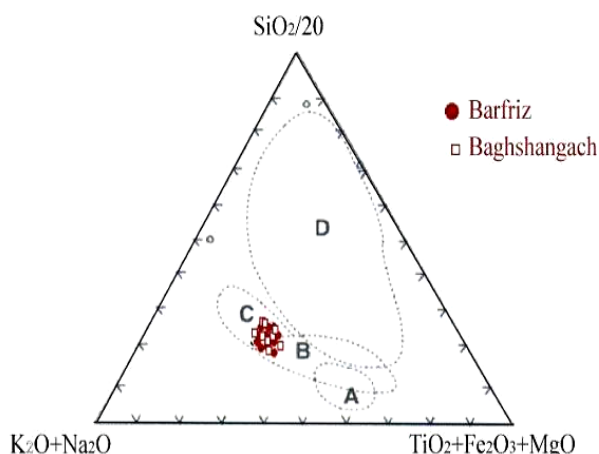
Sample No	Cr	Ni	Rb	Ba	Sr	Zr	Y	Nb	U	Th	Ce	Cl	V	Co	W	Zn
M63	155	66	132	663	645	344	32	10	6	0	42	118	145	19	42	92
M36	122	99	112	325	1106	217	23	10	1	9	25	142	152	43	0	117
M104	177	147	191	272	872	382	36	22	10	11	55	127	227	62	0	171
M100	175	188	238	323	321	451	45	22	14	12	20	64	247	79	9	252
M24	93	65	176	637	620	281	27	6	16	7	56	126	144	35	25	132
M12	251	105	134	439	583	342	31	21	8	4	30	147	176	36	0	174
M44	150	62	130	366	769	221	27	14	6	13	22	65	111	13	8	131
M18	243	64	173	570	656	296	31	8	6	17	44	346	158	41	0	213
M77	129	54	98	258	676	195	24	1	5	0	34	173	120	27	0	97
M98	162	106	108	429	934	282	25	13	8	6	28	132	169	30	0	103
M38	105	43	138	433	737	179	28	11	9	5	39	89	90	21	90	101
M76	196	54	138	362	983	344	26	6	0	7	58	117	141	30	0	94
M92	151	63	108	523	956	280	24	18	7	10	30	106	157	40	0	137
M5	124	92	105	317	1353	327	29	30	12	11	31	95	244	64	0	129
M31	142	96	93	241	1096	240	22	16	5		24	138	181	28	0	110
M74	204	60	105	612	1089	329	24	7	3	4	65	78	169	9	0	88
NB3	62	61	52	269	2190	223	22	24	1	4	58	97	216	47	*N	111
NB8	57	70	90	144	2042	288	26	26	N	6	96	146	194	59	32	116
NB4	192	81	104	200	392	427	24	17	16	7	34	145	162	33	11	119
NB18	173	88	84	426	511	323	25	17	13	5	36	112	135	31	N	109
NB25	156	73	103	326	582	345	23	11	9	5	29	94	135	37	N	11
NB38	116	60	96	586	646	253	21	15	10	7	51	136	152	31	N	129
NB57	159	51	103	452	571	292	25	13	2	14	38	102	160	46	N	135
NB41	163	66	88	208	494	265	24	14	13	9	24	164	145	41	N	86
NB48	109	34	121	457	803	231	26	6	0	4	65	158	121	43	4	134
NB49	150	105	125	439	362	392	29	8	11	9	29	142	141	30	20	142
NB64	192	117	22.4	446	568	412	26	15	8	4	52	88	160	31	N	146
NB67	180	128	118	286	246	356	39	23	10	13	85	110	220	49	4	216
NB79	193	94	118	226	400	398	24	15	6	7	46	109	137	27	N	117
NB80	202	146	194	286	269	83	40	29	10	18	72	145	226	58	N	210
NB87	134	54	139	499	348	348	33	10	8	18	10	119	135	29	12	111
NB90	177	87	169	278	476	427	35	15	9	16	29	90	194	50	N	180
n=32	NB= نمونه های سنگی برداشت شده در برش باغشن گچ															
	M= نمونه های سنگی برداشت شده در برش برف ریز															

N= غیر قابل اندازه گیری



شکل 10: موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ رسوبات میوسن با استفاده از نمودار Roser & Korsch (1986). A1= حاشیه فعال قاره‌ای، A2= حاشیه غیرفعال قاره‌ای، ACM= حاشیه فعال قاره‌ای، PM= حاشیه غیرفعال قاره‌ای، A1= موقعیت کمانی، تخریبیهای بازالتی و آندزیتی، A2= موقعیت کمانی، تخریبیهای آذرین فلسیک.

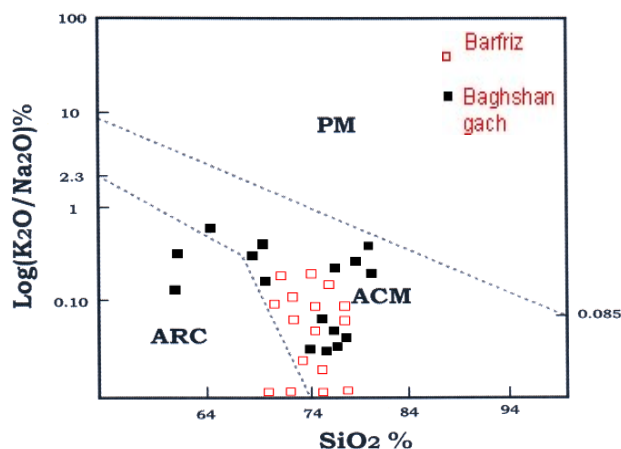
در نمودار اول (شکل 9)، 94% داده‌ها در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای و در نمودار دوم (شکل 10) تمام داده‌ها در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای پلات شده‌اند. در شکل 11، نمودار مثلی Kroonenberg (1994) براساس اکسیدهای اصلی SiO_2 ، $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ و $\text{TiO}_2+\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}$ نشان داده شده است. در این نمودار اگرچه داده‌ها در محدوده بینابینی جزایر کمانی قاره‌ای و حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرند، ولی بیش از 80% نمونه‌ها، محدوده حاشیه فعال قاره‌ای را نشان می‌دهند.



شکل 11: موقعیت تکتونیکی منشأ رسوبات میوسن با استفاده از نمودار Kroonenberg (1994). A= جزایر اقیانوسی، B= جزایر قوسی قاره‌ای، C= حاشیه فعال قاره‌ای، D= حاشیه غیر فعال.

بالا آمدگی و رخنمون سنگها بوده است، فرآیند فرسایش شدت یافته که حاصل آن رسوبات حمل شده به حوضه فورلند بینالود در جنوب و همچنین کپه‌داغ در شمال بوده است (رحیمی، 1371). رسوبات سیلیسی آواری میوسن متشکل از کنگلومرا، ماسه سنگ و شیل، از چرخه‌های ریزشونده به طرف بالا تشکیل شده و به طور کلی توالی درشت شوندگی به طرف بالا را نشان می‌دهد.

طبقات آواری دانه درشت و ضخیم لایه به طرف بالا نشان دهنده رسوب گذاری همزمان با تکتونیک فعال در منطقه است. Bhatia (1983)، Roser & Korsch (1986) و Kroonenberg (1994) نهشته‌های آواری حواشی قاره‌ای و اقیانوسی را بر اساس طبیعت پوسته و ترکیب، به چهار موقعیت تکتونیکی جزایر قوسی قاره‌ای، جزایر قوسی اقیانوسی، حاشیه فعال قاره‌ای و حاشیه غیر فعال تقسیم کرده‌اند. Bhatia (1983) معتقد است که بیشتر عوامل تفکیکی شامل $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{MgO}\%$ ، $\text{TiO}_2\%$ ، $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2\%$ ، $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}\%$ و $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{CaO})\%$ جهت تعیین موقعیت تکتونیکی استفاده می‌شوند. Roser & Korsch (1986)، موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ را بر اساس مقدار SiO_2 در مقابل $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ و مقدار $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ در مقابل $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ نشان داده‌اند (شکل 9 و 10).



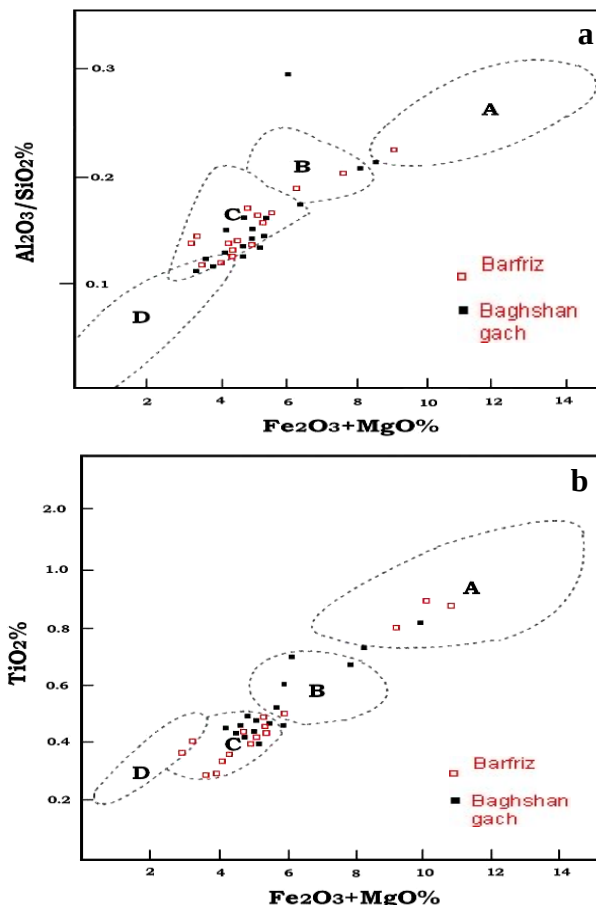
شکل 9: موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ رسوبات میوسن با استفاده از نمودار Roser & Korsch (1986). ARC= کمان ماگمایی، ACM= حاشیه فعال قاره‌ای، PM= حاشیه غیر فعال قاره‌ای.

در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای، 18% در محدوده جزایر قوسی اقیانوسی، 12% در محدوده جزایر قوسی قاره‌ای و 6% نمونه‌ها نیز در محدوده حاشیه غیرفعال قرار گرفته‌اند. با توجه به داده‌های ژئوشیمیایی و استفاده از نمودارهای فوق (شکل‌های 9 تا 12)، ماسه سنگهای میوسن ناحیه مورد مطالعه در موقعیت تکتونیکی حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرند. بنابراین برشهای برف ریز و باغشن گچ در میوسن از نظر تکتونیکی فعال بوده به طوری که باعث ایجاد مراحل تراستی شدن متعدد و ریزش متناوب رسوبات آواری به داخل حوضه رسوبی شده است.

نتیجه‌گیری

رسوبات میوسن در ناحیه مورد مطالعه از رخساره‌های Sl, Ss, Sp, Sh, Sm, St, Gci, Gp, Gt, Gcm, Gmm, Fm, Fl و P تشکیل شده است. جهت جریان قدیمه یک جهتی، چرخه‌های به طرف بالا ریز شونده و همچنین رنگ قرمز رسوبات، ته نشینی این رسوبات در یک سیستم پلایا، رودخانه بریده بریده و مخروط افکنه را نشان می‌دهد. آنالیز مدال ماسه سنگهای ناحیه مورد مطالعه، منشأ آذرین حدواسط و فلسیک را نشان می‌دهد. داده‌های ژئوشیمی رسوبات آواری مورد مطالعه سنگهای آذرین حدواسط و اسیدی را به عنوان سنگ منشأ تأیید می‌کند. داده‌های پتروگرافی و ژئوشیمی هر دو بر محدوده چرخه مجدد کوهزایی دلالت می‌کنند. با توجه به داده‌های ژئوشیمی و درصد عناصر اصلی و فرعی، موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ این سنگها حاشیه فعال تکتونیکی تفسیر می‌گردد.

شکل 12 نیز موقعیت تکتونیکی رسوبات میوسن بر اساس اکسیدهای اصلی را $Al_2O_3/SiO_2\%$ در مقابل Fe_2O_3+MgO و TiO_2 را در مقابل Fe_2O_3+MgO نشان می‌دهد.



شکل 12: موقعیت تکتونیکی ناحیه منشأ رسوبات میوسن با استفاده از نمودار Bhatia (1983). در شکل a داده‌ها بر اساس $Al_2O_3/SiO_2\%$ در برابر $Fe_2O_3+MgO\%$ و در شکل b بر اساس $TiO_2\%$ در برابر $Fe_2O_3+MgO\%$ پلات شده‌اند. داده‌ها نشانگر موقعیت تکتونیکی حاشیه فعال قاره‌ای هستند. A= جزایر اقیانوسی، B= جزایر قوسی قاره‌ای، C= حاشیه فعال قاره‌ای، D= حاشیه غیرفعال.

در نمودار 12a حدود 88% نمونه‌ها در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای و تنها 6% نمونه‌ها در محدوده جزایر قوسی اقیانوسی و 6% نمونه‌های ماسه سنگی نیز در محدوده جزایر قوسی قاره‌ای قرار می‌گیرند. در نمودار 12b نیز حدود 64% داده‌ها

منابع

رحیمی، ب.، 1371. تحلیل ساختاری ارتفاعات بینالود در شرق و شمال شرق نیشابور (چهارگوش درود). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، 179 ص.

قائمى، ف.، قائمى، ف.، حسینی، ك.، 1378. نقشه زمین شناسی چهار گوش 1:100000 نیشابور. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

نبوی، م. ح.، 1355. دیباچه‌ای بر زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی کشور، 109 ص.

Ahmad, A.H.M., & Bhat, G.M., 2006. Petrofacies, provenance and diagenesis of the dhosa sandstone member (Chari formation) at Ler, Kachchh sub – basin, Western India. *Journal of Asian Earth sciences*, 27: 857- 875.

Alavi, M., 1991. Sedimentary and Structural characteristics of the paleo-Tethys remnants in north eastern Iran. *G.S.A. Bull.*, 103: 983-992.

Basu, J.R.L., 1985. Principle of Physical Sedimentology. *George Allen & Unwin*, London, 272p.

Bhatia, M.R., 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *Journal of Geology*, 91: 611–627.

Dickinson, W.R., Beard, L.S., Brakenridge, G.R., Erjavec, J.L., Ferguson, R.C., Inman, K.F., Knepp, R.A., Lindberg, F.A., & Ryberg, P.T., 1983. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of American Bulletin*, 94: 222–235.

Floyd, P.A., & Leveridge, B.E., 1987. Tectonic environment of the Devonian mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *J. Geol. Soc. London*, 144: 531–542

Folk, R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks, 2nd edition. *Hemphill*, Texas, 170 p.

Herron, M.M., 1988. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*. 58: 820-829.

Ingersoll, R.V., Bullard, T., Ford, R., Grimm, J., Pickle, J., & Sares, S., 1984. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi Dickinson point-counting method. *Journal of Sedimentary Petrology*, 54: 103–116.

Kempf, O., Blisniuk, P.M., Wang, S., Feng, X., Wrozyna, C., & Schwalb, A., 2009. Sedimentology, sedimentary petrology, and palaeoecology of the monsoon- driven, fluvio- lacustrine Zhada basin, SW Tibet. *Sedimentary Geology*, 222: 27- 41.

Kroonenberg, S.B., 1994. Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments. *Proceedings of the 29th International Geological Congress*, Part A 69–81.

Koykka, J., 2011. Precambrian alluvial fan and braid plain sedimentation patterns: Example from the Mesoproterozoic Rjukan rift basin, southern Norway. *Sedimentary Geology*, 234: 89-108.

Kumar, R., Ghosh, S. K., Mazari, R.K., & Sangode, S.J., 2003. Tectonic impact on the fluvial deposits of Plio-Pleistocene Himalayan foreland basin, India. *Sedimentary Geology*, 158: 209-234.

Lammerer, B., Lamghinrich, G., & Danai, M.M., 1983. The Tectonic evolution of the Binalud Mountains (NE Iran), in Geodynamic project (geotraverse) in Iran. *Geological Survey of Iran report*, 51, 91- 102.

Lee, J.I., Park, B., Jea, Y., Yoon, H.I., Yoo, K.C., & Kim, Y., 2005. Geochemical characteristic and the provenance of sediments in the Bansfield strain west Antarctica. *Marine Geology*, 219: 81-98.

Longhitano, S.G., 2008. Sedimentary facies and sequence stratigraphy of coarse-grained Gilbert –type deltas within the Pliocene thrust –top Potenza basin southern Apennines Italy. *Sedimentary Geology*, 210: 87-110.

McLennan, S.M., 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochemistry Geophysics Geosystems* 2, C000109.

Miall, A.D., 2000. Principle of Sedimentary Basin Analysis. *Springer-Verlag*, New York, 668p.

Pettijohn, F.J., Potter, P.E., & Siever, R., 1987. Sand and sandstone, 2nd edition. *Springer-Verlag*, New York, 533 p.

Pittman, E.D., 1970. Plagioclase as an indicator of provenance in sedimentary rocks. *Journal of Sedimentary Petrology*, 40: 591–598.

Roser, B.P., & Korsch, R.J., 1986. Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology*, 94: 635–65.

Saengsrirachan, W., Charoentitirat T., Meesook, A., Hisada, K., & Charusiri, P., 2010. Paleoenvironments and tectonic setting of the Mesozoic Thung Yai Group in Peninsular Thailand, with a new record of *Parvamussium donaiense* Mansuy, 1914. *Gondwana Research*, doi: 10.1016:1-14.

Wanas, H.A., & Abdel-Maguid, N.M., 2006. Petrography and geochemistry of the Cambro-Ordovician Wajid Sandstone, southwest Saudi Arabia: Implications for provenance and tectonic setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, 27: 416–429.

Lithofacies, tectonic setting and provenance interpretation of Miocene siliciclastic sediments; by petrography and geochemical data in Binalood zone north of Neyshabur

Barakshahi, H.^{1*}, Bolouki, T.¹, Mahmudy Gharai, M.H.², Mahboubi, A.³, Moussavi-Harami, R.³

1- M.Sc. in Sedimentology, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

***E-mail: hosnieh.Barakshahi@ yahoo.com**

Abstract

Miocene siliciclastic sediments in Binalood zone consist of three lithofacies group including gravelly (Gmm, Gcm, Gci, Gh, Gt, Gp), sandy (St, Sm, Sh, Sp, Ss, Sl) and muddy (Fm, Fl). Gravelly lithofacies are generally massive and mainly consist of volcanic and sedimentary lithic in different size. Sandy lithofacies are composed of litharenite and feldspathic volcanarenite and rock fragments are almost volcanic as well as minor amounts of sedimentary and metamorphic rock fragments. Based on red color, absence of marine fossils, present of unimodal planar and trough cross bedding in a fining upward cycles, lithofacies analysis and architectural elements, these sedimentary rocks deposited in braided river and alluvial fan as well as playa. Based on geochemistry and petrographic data, parent rocks for these sediments, are probably felsic and intermediate igneous rocks with recycled orogen that originate in active continental margin.

Keywords: lithofacies; Binalood; geochemistry; tectonic setting.