نشریه علمی ـ پژوهشی رخساره‌های رسوبی
پاییز و زمستان ۱۳۹۳، ۷ (۲): ۲۱۸-۲۳۵

Sedimentary Facies
Autumn 2014/Winter 2015, 7 (2): 218-235

رسوب‌گذاری در ارتباط با تکتونیک راندگیها در کوههای بینالود

بهنام رحیمی، فرزین قائمی*

دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

*پست الکترونیک: fghaemi@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۵ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۱**

چکیده

کوههای بینالود با تصادم خرد ورق ایران و توران در تریاس پسین تکوین یافته و کوه‌زاییهای سیمرین و آلپین سبب کوتاه‌شدگی آن شده است. روی هم قرارگرفتن نسلهای مختلف ورقه‌های رونده نوار چین خورده ـ گسلیده، بینالود و البرز را ایجاد کرده است. شمال خاوری ایران که پیش از این یک حاشیه واگرا در کرانه جنوبی اقیانوس پالئوتتیس بوده است، در نتیجه تصادم و خمش لیتوسفر به یک حوضهٔ فورلند دریایی تبدیل شده است. ستون چینه نگاری حوضه‌های فورلند معمولاً از چند توالی رو به بالا درشت‌شو و کم عمق‌شو تشکیل می‌شوند که هر یک از آنها معرف یک مرحله بارگذاری و برداشت بار از لیتوسفر است. نسل اول راندگیها، با رانده شدن ورقه رونده مشهد (بقایای پالئوتتیس) بر روی طبقات رسوبی سازند شمشک و همزمان با کوه‌زایی سیمرین آغاز شده است. در نتیجه فرسایش ارتفاعات، مقادیر بسیار زیادی از رسوبات آواری به حوضه فورلند در جنوب حمل و به شکل طبقات کنگلومرایی و ماسه سنگی آغنج و طبقات آواری فریزی به سن ژوراسیک میانی نهشته شده‌اند. این توالیها به سمت بالا درشت‌شو و ضخیم‌شو با جهت جریانی به سمت جنوب هستند. حرکات آلپ میانی در پایان کرتاسه، سبب تشکیل راندگیهای نسل دوم بینالود، بالاآمدگی، فرسایش و حمل مواد آواری به سمت بالا درشت‌شو و ضخیم‌شو (حوضه فورلند) با سن پالئوژن شده است. این توالی بیانگر رسوب‌گذاری در بخشهای مختلف مخروطهای افکنه با جهت پیش‌روی به سمت جنوب هستند. راندگیهای نسل سوم همراه با حرکات آلپ پسین، پس‌روی محیط دریایی به سمت جنوب و تشکیل محیط کولابی در حوضه فورلند را سبب شده‌اند. رسوبات تبخیری در قاعده توالی آواری نئوژن حاصل چنین فرآیندی است. بالاآمدگی نهشته‌های حوضه فورلند به وسیله راندگیهای جدید و فرسایش آنها سبب حمل مقادیر فراوانی رسوبات آواری به سمت حوضه فورلند و ایجاد توالی رو به بالا درشت‌شو و ضخیم‌شو نئوژن تا عهد حاضر شده است.

واژه‌های کلیدی: تکتونیک؛ رسوبگذاری؛ بینالود؛ حوضه فورلند؛ راندگی

مقدمه

کوههای بینالود با روند شمال خاور، خاور ـ جنوب باختر، باختر سلسله جبالی را در جنوب شهر مشهد و شمال خاور ایران تشکیل می‌دهند. این رشته کوه از خط مفصل پالئوتتیس در شمال آغاز شده و به دشت نیشابور ـ سبزوار (حوضه فورلند) در جنوب منتهی می‌شوند. حضور مجموعه‌های دگرگونی ـ افیولیتی بقایای پالئوتتیس (Alavi, 1991) در دامنه شمالی بینالود بیانگر ارتباط تنگاتنگ میان تکوین و تکامل ساختاری این ارتفاعات، تحول زمین ساختی اقیانوس پالئوتتیس و کوه‌زایی سیمرین است. Alavi (1992) به بررسی ساختاری کلی این ارتفاعات پرداخته است. وی کوههای بینالود را یک نوار چین خورده ـ گسلیده از نوع نازک پوسته می‌داند[1] که طی

1- Thin skinned fold-thrust belt

کوه‌زاییهای سیمرین و آلپ تکامل ساختاری یافته است. او با مطالعه راندگیها در این نوار آنها را به دو گروه عمده سیمرین و آلپین تقسیم کرده و هندسه راندگیها را از نوع دوپلکس طاقگون[2] تعیین نموده است. قائمی و رحیمی (۱۳۹۳) با مطالعه بخشی از کوههای بینالود در چهارگوش باغشن گچ (شمال نیشابور)، گسلهای رورانده را به دو دسته سیمرین و آلپین تقسیم کرده و هندسه راندگیها در آن را از نوع دوپلکس هینترلند نیمه‌پوششی[3] معرفی نموده است.

حوضه‌های فورلند در سمت کراتونی نوارهای چین خورده ـ گسلیده[4] و در نتیجه خمش لیتوسفر در زیر وزن آنها تشکیل می‌شوند (Dickinson, 1974). توالی چینه نگاری در این حوضه‌ها اطلاعات با ارزشی را درباره چگونگی تکامل ساختاری نوارهای چین خورده و گسلیده مجاور آنها فراهم می‌آورد. عوامل مختلفی نظیر رفتار لیتوسفر در قبال استرس خمشی، جنس سنگها در نوار کوه‌زایی و تغییرات سطح جهانی آبها در چینه نگاری این حوضه‌ها مؤثرند (Jordan *et al.*, 1988).

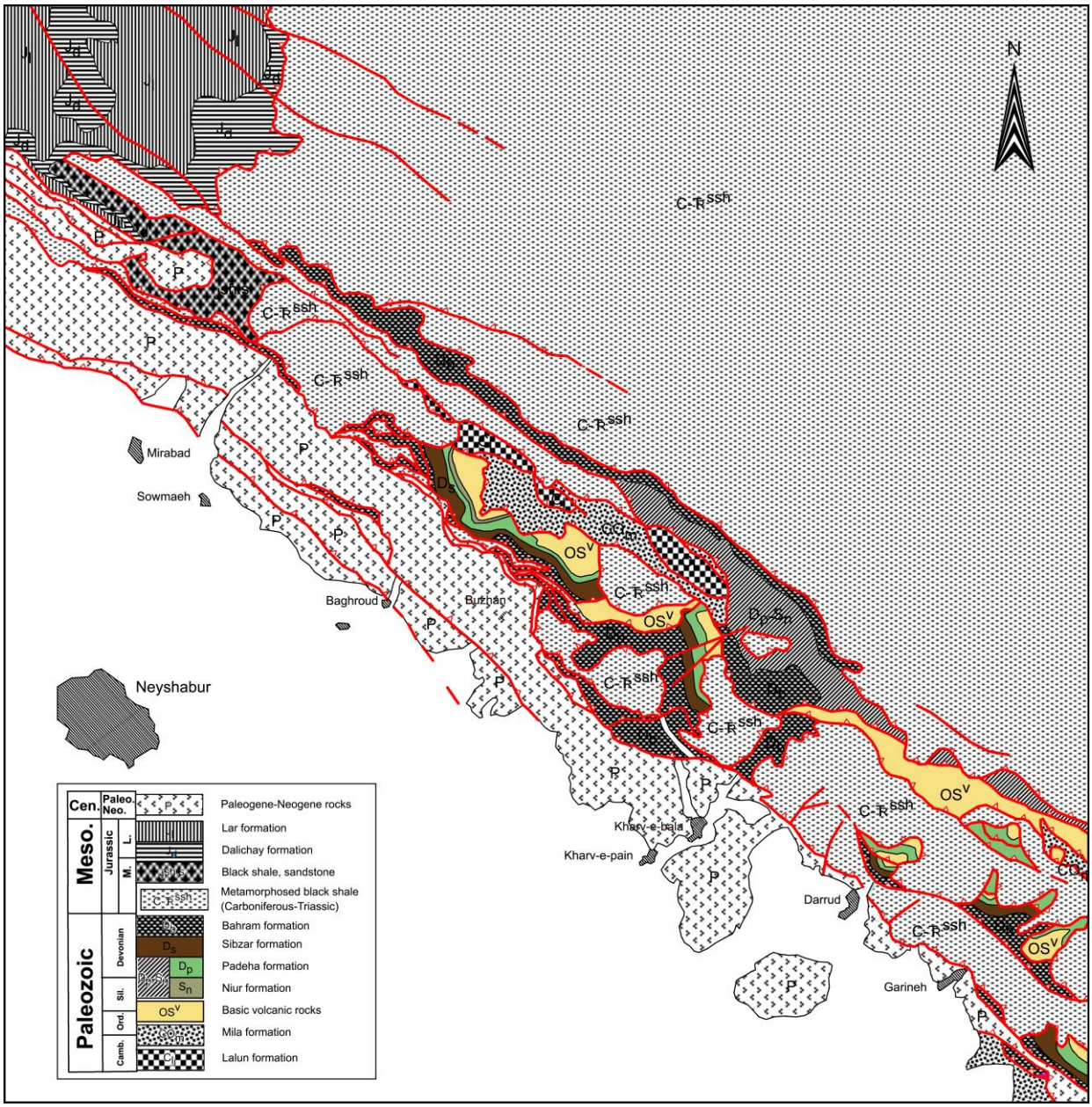
بسیاری از زمین‌شناسان تاکنون سعی نموده‌اند تا با ارائه مدلهای چینه نگاری، نهشته‌های این حوضه‌ها را در ارتباط با تکامل ساختاری نوارهای چین خورده ـ گسلیده مجاور آنها بررسی نمایند. بر پایه مدلهای حاصل از این پژوهشها (به عنوان مثال: Jordan, 1981؛ Tankard, 1986؛ Cant & Stockmal, 1989؛ Fleming & Jordan, 1990)، ستون چینه نگاری حوضه‌های فورلند معمولاً از چند توالی رو به بالا درشت شو وکم عمق شو[5] تشکیل شده است که هر یک از آنها معرف یک مرحله بارگذاری و برداشت بار از لیتوسفر در زیر این حوضه‌هاست.

با توجه به گسترش یک نوار چین خورده ـ گسلیده نازک ورق در ناحیه بینالود می‌توان انتظار رسوب‌گذاری وسیع در یک حوضه فورلندی در این ناحیه را داشت. در این مطالعه ابتدا به معرفی ساختارهای منطقه پرداخته و سپس بر همین اساس مدل رسوب‌گذاری در بینالود از زمان شکل‌گیری نوار چین خورده ـ گسلیده نازک ورق مورد بررسی قرار گرفته است.

چینه نگاری منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از دید چینه‌نگاری دربردارنده سنگهای پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک است (شکل ۱)؛ هرچند قدیمی‌ترین مجموعه سنگی بینالود را رخنمون کوچک و منحصر به فردی از سازند سلطانیه شامل دولومیتهای چرتی ضخیم لایه و توده‌ای قهوه‌ای رنگ در منتهی‌الیه جنوب خاوری ارتفاعات بینالود با سن احتمالی پرکامبرین پسین تا اوایل کامبرین تشکیل می‌دهد (طاهری و قائمی، ۱۳۷۵). سنگهای پالئوزوییک در این بخش سنگهای کربناته، آواری و آتشفشانی کامبرین تا دونین پسین را شامل می‌شوند که در قالب سازندهای لالون، میلا، سنگهای ولکانوژنیک سیلورین، پادها، سیب‌زار و بهرام مشاهده می‌شوند. واحدهای مزوزییک دربردارنده طبقات شیل و ماسه‌سنگی دگرگون شده سازند شمشک است و سنگهای سنوزوییک بیشتر شامل نهشته‌های قاره‌ای و به‌ندرت دریایی همراه با سنگهای آتشفشانی و ولکانوکلاستیک می‌شود. وقوع چند مرحله گسلش راندگی و چین‌خوردگی مرتبط با آنها اندازه‌گیری ضخامت و گاه بررسی ارتباط میان رخساره‌ها را دشوار ساخته است. تعیین سن واحدهای چینه‌ای در این بخش نیز براساس سنهای ارائه شده توسط (آقانباتی، ۱۹۶۵) و انطباق توالیهای پالئوزوئیک با توالیهای مرجعی است که Weddige (1983) برای پالئوزوئیک بینالود ارائه کرده است.

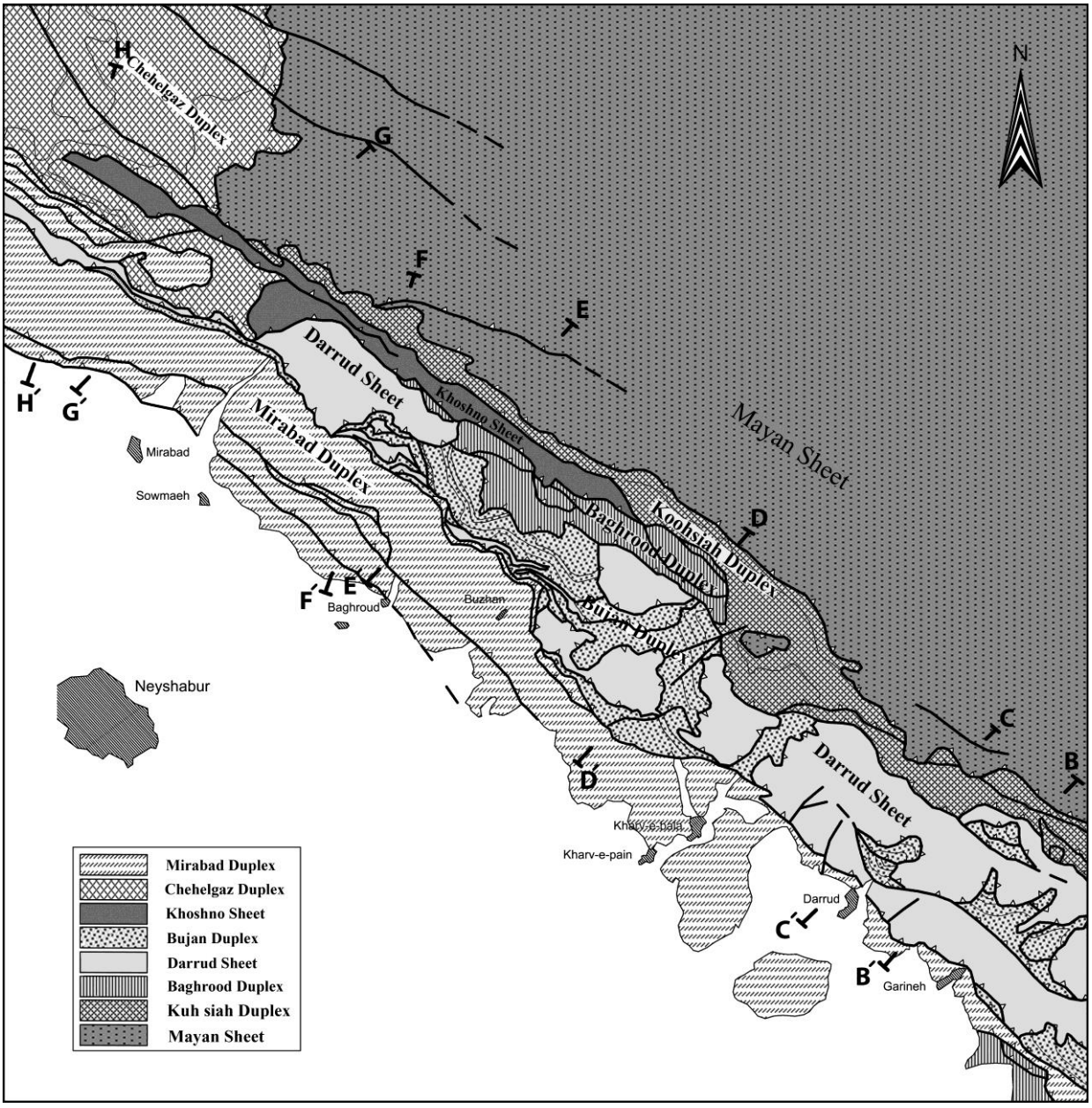
2- Antiforal stack duplex
3- Partially overlap hinterland dipping duplex
4- Fold-Thrust Belt
5- Coarsening and swallowing upwards sequences



شکل۱: واحدهای چینه‌ای در ارتفاعات بینالود (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳)

ساختار منطقه مورد مطالعه

مهمترین ساختارهای زمین شناسی بینالود گسلها و ورقه‌های رورانده هستند. تقریباً تمامی راندگیهای بینالود رونـد شـمال باختری ـ جنوب خاوری و سوی حرکت از شـمال ـ شـمال خاور به جنوب ـ جنـوب بـاختر دارنـد (شـکل۲). گسـلهای راندگی در منطقه مورد مطالعه از نوع نازک ورقه و گسلش راندگی به صورت متوالی بوده است. راندگیها از شـمال بـه جنوب جوان‌تر شده و با توجه به تقدم و تـأخر سـنی در سـه مرحله تشکیل شده‌اند (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳). با توجه بـه تفاوت بسیار در سنگ شناسی هر یک از ورقه‌های رورانـده در منطقه، در زیر به توصیف مهمترین راندگیها و بـه همـراه واحدهای سنگی موجود در هر ورقه خواهیم پرداخت.



شکل۲: نقشه ساختمانی بینالود، راندگیها و ورقه‌های رورانده مهم در این نقشه مشخص شده‌اند (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

واحدهای سنگی در ورقه‌های رورانده

۱ـ واحدهای سنگی ورقه رورانده مایان

ورقه رورانده مایان برای اولین بار توسط Alavi (1992) در بینالود توصیف شده است. واحدهای سنگی عمده تشکیل دهنده این ورقه را ماسه سنگهای گریواکی دگرگون شده و فیلیت تشکیل می‌دهند. وجود فسیلهای گیاهی رتین ـ لیاس در این سنگها بیانگر سازند شمشک است که دچار دگرگونی شده و این مجموعه را شکل داده است. مشاهده فسیلهای گیاهی کربونیفر در مطالعات جدیدتر سبب شده تا این ورق را مجموعه‌ای از واحدهای کربونیفر و ژوراسیک بدانیم که به دلیل شباهت سنگ‌شناختی و دگرگون شدن قابل تفکیک نیستند (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳) (شکل۳). ورقه مایان به سمت شمال خاور در زیر ورقه رورانده‌ای از بقایای پالئوتتیس (ورقه مشهد در نوشته Alavi, 1992) قرار می‌گیرد.

شکل۳: سنگهای دگرگون شده فیلیتی که بخش عمده‌ای از ورقه مایان را تشکیل می‌دهند.

۲ـ واحدهای سنگی ورقه کوه سیاه

این ورقه برای اولین بار توسط Alavi (1992) توصیف شده است. این گسل روراندە، توده عظیمی از سنگهای کامبرین تا دونین پسین را به فرم یک چین مرتبط با گسل[۶] با برگشتگی به سمت جنوب باختر بر روی ورقه‌ای از سنگهای دگرگون شده سازند شمشک، رانده است. ورقه کوه‌سیاه در بخشهای خاوری بینالود مانند گرینه و بوژان از سنگهای آتشفشانی و اپی‌کلاستیک سیلورین و طبقات دولومیتی و کوارتزآرنایتی معادل سازند پادها تشکیل شده است. در این مکان رخنمونهای محدودی از طبقات سنگ آهکی ـ دولومیتی و میلونیتی شده سازند میلا به صورت محدود میان سنگهای آتشفشانی سیلورین دیده می‌شوند.

ورقه کوه‌سیاه به سمت جنوب خاور بینالود (دره دیزباد) دربرگیرنده طبقات کوارتزآرنایتی و دولومیتی سازند پادها، دولومیتهای سازند سیب‌زار و طبقات سنگ آهکی سازند بهرام است، اما به سمت شمال باختر (دره دررود)، ورقه کوه‌سیاه سنگهای آتشفشانی سیلورین، طبقات میلونیتی شده سازند میلا و بخشی از طبقات کوارتزآرنایتی و دولومیتی سازند پادها را شامل می‌شود. بیشترین ضخامت ورقه کوه‌سیاه را می‌توان در دره خَرو دید و در همین مکان هسته یک چین مرتبط با گسل شامل قدیمی‌ترین بخش این مجموعه است. ضخامت به سمت باختر این ورق کم شده و در دره میرآباد تنها متشکل از سنگ آهکهای سازند بهرام است. در انتهای دره خرو، طبقات سازند لالون در زیر یک ورقه رورانده که دربرگیرنده سنگهای سیلورین ـ دونین است، قرار گرفته‌اند. یک گسل راندگی، جدا کننده ورقه بالایی از طبقات سازند لالون است.

بر اساس مطالعات قائمی و رحیمی (۱۳۹۳)، ورقه کوه‌سیاه از دو ورقه رورانده تشکیل شده است. ورقه رورانده بالایی، دوپلکسی از سنگهای سیلورین و دونین است (دوپلکس کوه سیاه) و ورقه رورانده زیرین، دوپلکس دیگری از سنگهای کامبرین ـ اردویسین (سازندهای لالون و میلا) است (دوپلکس باغرود). این دو ورقه توسط راندگی میلا از یکدیگر جدا می‌شوند.

۳ـ واحدهای سنگی ورقه رورانده دررود

ورقه دررود متشکل از رسوبات دگرگون شده شمشک است که به وسیله راندگی دررود بر روی ورقه بوژان متشکل از سنگهای سیلورین ـ دونین رانده شده است. این ورقه بخشی از ورقه دیزباد (Alavi, 1992) و دربرگیرنده ماسه سنگهای گریواکی دگرگون شده و فیلیت است. تشابه سنگ‌شناسی ورقه دررود و مایان و نیز وجود ویژگیهای مشابه در راندگی مایان و دررود بیانگر این است که این دو ورق قبل از تشکیل راندگیهای کوه‌سیاه ورقه واحدی را تشکیل می‌داده‌اند. ورقه دررود در انتهای جنوب خاوری منطقه مورد مطالعه به صورت دگرشیب در زیر طبقات آواری پالئوژن قرار می‌گیرد. بنابراین، انتقال این ورقه قبل از پالئوژن روی داده است (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

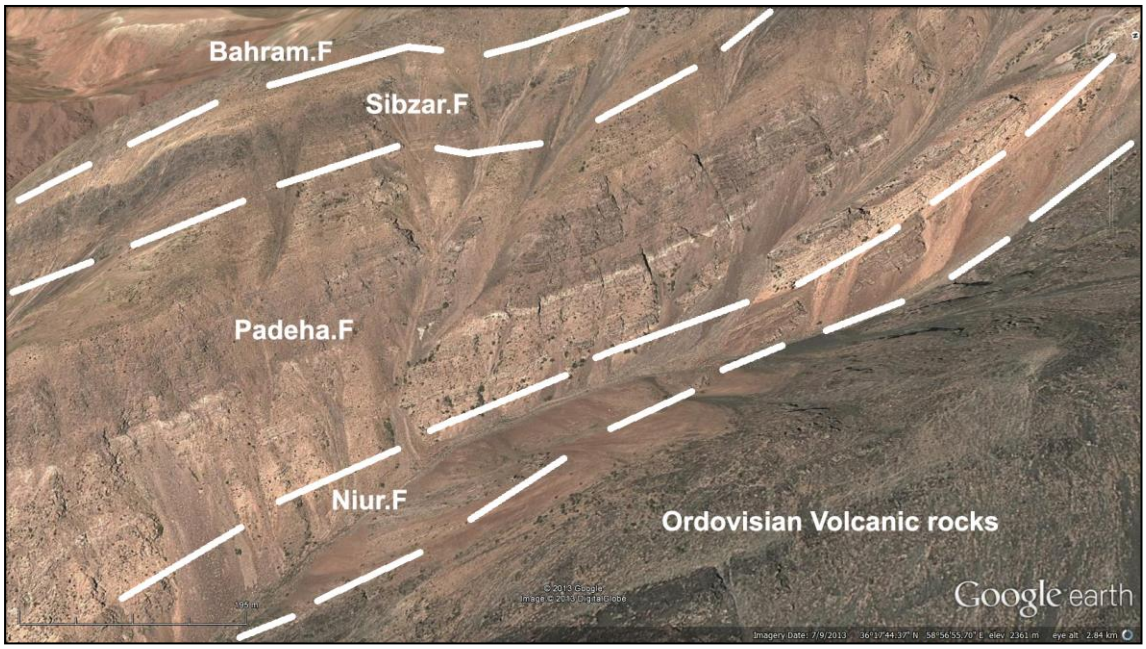
٤ـ واحدهای سنگی ورقه رورانده بوژان

ورقه بوژان شامل سنگهای آتشفشانی و اپی‌کلاستیک سیلورین، طبقات دولومیتی و کوارتزیتی سازند پادها،

6- Fault related fold

دولومیتهای سازند سیب‌زار و طبقات سنگ آهکی سازند بهرام است که در زیر ورقه درورد قرار دارد. چند سیل مافیک در طبقات دولومیتی سازند سیب‌زار و سنگ آهکهای سازند بهرام از اجزای دیگر این ورقه رورانده هستند. بهترین رخنمونهای این ورقه در دره‌های باختری خرو و باغرود مشاهده می‌شوند. طبقات رسوبی دونین در دره باختری خرو در یک طاقدیس بر روی سنگهای آتشفشانی سیلورین رانده شده‌اند. طبقات سنگ آهکی سازند بهرام در این بخش شدیداً چین خورده و توسط راندگیهای فراوان با سوی حرکت به سمت جنوب باختر بریده و جابه‌جا شده‌اند.

در دره باغرود "چین مرتبط با گسل" بسیار بزرگی تشکیل شده است که تمام واحدهای سنگی اردوویسین تا دونین در هسته آن قابل مشاهده است (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳) (شکل۴).

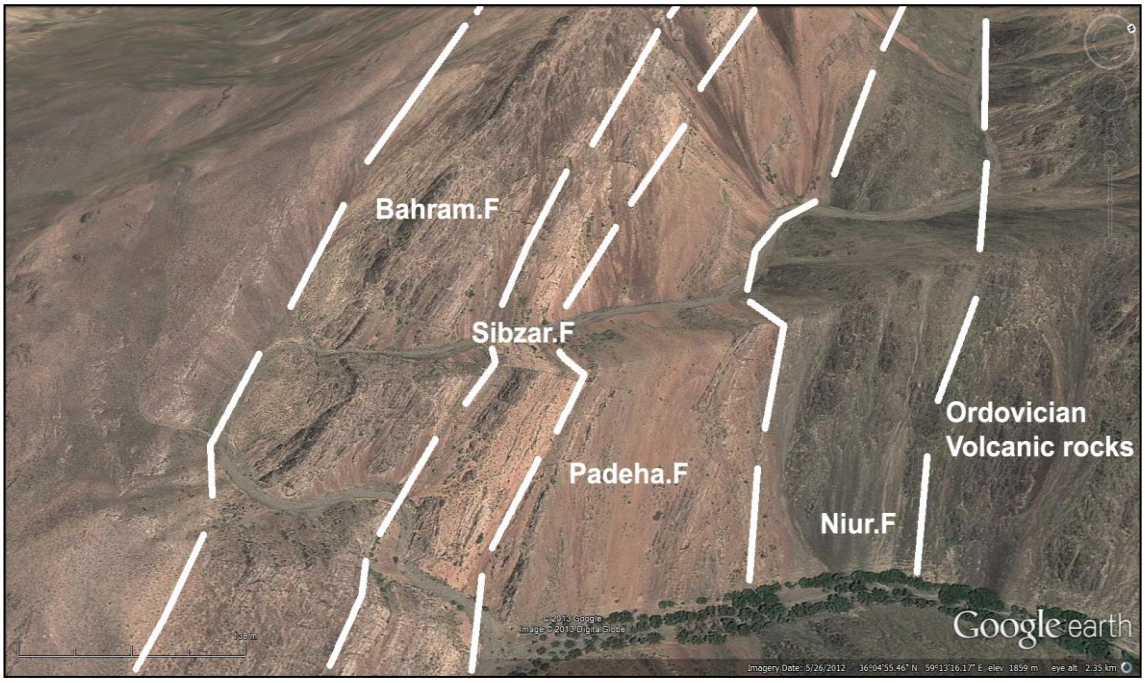


شکل٤: واحدهای سنگی در دره باغرود، شمال نیشابور بر روی تصویر ماهواره‌ای که دربردارنده واحد ولکانیکی اردوویسین ـ سیلورین و سازندهای نیور، پادها، سیب‌زار و بهرام است (نگاه به سمت خاور؛ دره باغرود).

به دلیل پوشانده شدن ورقه رورانده بوژان توسط ورقه رورانده درورد، در این مناطق تنها بخش‌هایی از این ورقه درکناره دره‌های رودخانه‌ای در شرق روستای چناران قابل مشاهده است(شکل۵). در این بخش که در منتهی‌الیه جنوب خاوری بینالود قرار گرفته است، سازند نیور کاملا تغییر یافته و آهکهای دولومیتی مرجانی جای خود را به شیل و ماسه سنگ‌های سبز رنگ داده است. بین ورقه‌های بوژان و کوه‌سیاه شباهت‌های زیادی وجود دارد که احتمالاً بیانگر این است که این دو قبل از تشکیل راندگی کوه‌سیاه، ورقه واحدی را تشکیل می‌داده‌اند. ورقه بوژان در نتیجه تشکیل راندگی شمال نیشابور که از راندگی‌های نسل سوم منطقه است، بر روی نهشته‌های آواری پالئوژن، به سمت جنوب باختر رانده شده است (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

۵ـ واحدهای سنگی دوپلکس باغرود

دوپلکس باغرود متشکل از دو ورقه رانده است. هورس شمالی، نوار باریکی ازماسه سنگ‌های کوارتزیتی سازند لالون و هورس جنوبی طبقات آهکی – دولومیتی سازند میلا و کوارتزیتی لالون را شامل می‌شود (شکل۶).



شکل۵: واحدهای سنگی در دره خاور چناران، خاور بینالود بر روی تصویر ماهوارهای که واحد ولکانیکی اردوویسین ـ سیلورین و سازندهای نیور، پادها، سیبزار و بهرام در آن دیده میشود (نگاه به سمت خاور؛ دره باغرود).

شکل٦: سنگ آهکهای سازند میلا در دوپلکس باغرود که حاوی بقایای تریلوبیتهای کامبرین است.

در جنوب خاوری منطقه، کلیپ منفردی از یک ورقه رورانده بر روی طبقات آواری و سنگهای آتشفشانی پالئوژن قرار گرفته است (کلیپ خلخال) که در آن هر دو ورقه کوچکی که در بالا توصیف شد، دیده میشود. ویژگیهای ساختمانی و سنگشناسی این کلیپ بیانگر این است که کلیپ مزبور بخشی از دوپلکس باغرود را در معرض دید قرار داده است. راندگی قاعده کلیپ خلخال با شیب کمی که به سمت جنوب دارد، یکی از راندگیهای نسل دوم بوده است و قبل از وقوع راندگیهای نسل سوم سبب رانده شدن مجموعهای از صفحات رورانده در کوههای بینالود بر روی سری آواری پالئوژن شده است (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

٦ـ واحدهای سنگی ورقه خوشنو

رخنمون این ورقه در دره میرآباد دربرگیرنده گریواکها و فیلیتهای دگرگون شده سازند شمشک است. ورقه خوشنو در بالا به گسل راندگی کوهسیاه و در زیر به راندگی خوشنو منتهی میشود که این ورق را بر روی دوپلکس باغرود به ویژه سازندهای میلا و لالون و همچنین ورق درود رانده است (شکل۷). در سمت باختر، این ورقه بر روی واحدهای رسوبی دلتایی فاقد دگرگونی ژوراسیک در ورقه چهل گز رانده شده است. وجود سنگهای پالئوژن

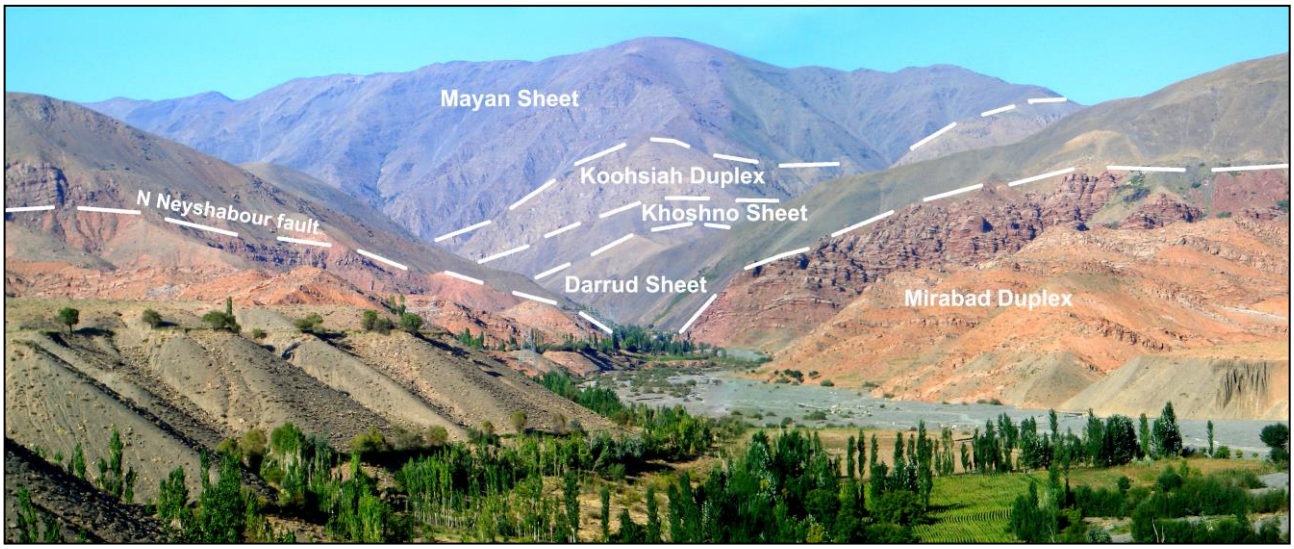
در بین این ورق نشانگر جوان بودن نسبی این راندگی است (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

۷ـ واحدهای سنگی ورقه چهل‌گز

این ورقه شامل سازندهای کشف‌رود، چمن‌بید و مزدوران با سن ژوراسیک و فاقد دگرگونی است. این ورقه بر روی ورقه‌های مایان، خوشنو و واحدهای سنگی پالئوژن در ورقه میرآباد رانده شده است. بنابراین، آن را می‌توان جزو گسلهای نسبتاً جوان ناحیه دانست (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

۸ـ واحدهای سنگی دوپلکس میرآباد

علاوه بر ورقه‌های معرفی شده، دو راندگی جوان و مهم منطقه شامل راندگی شمال نیشابور و راندگیهای بازحیدر ـ فیض‌آباد (دوپلکس میرآباد) است که در دامنه‌های جنوبی بینالود شکل گرفته‌اند. هر دو آنها سبب ایجاد راندگی بر روی واحدهای سنگی بسیار جوان به ویژه طبقات قرمز رنگ نئوژن شده‌اند و زون گسلی بسیار شکننده‌ای را نشان می‌دهند (شکل۷).



شکل۷: نمایی از دره میرآباد که ورقه‌های رانده شده مختلف در آن قابل مشاهده است (نگاه به سمت شمال)

بررسی هندسه گسلهای راندگی

کوه‌زایی سیمرین و آلپین در پوشش رسوبی حاشیه شمالی ایران سبب کوتاه شدگی همراه با تغییر ساختاری از نوع گسلش تراستی شده است. در نتیجه چنین فرآیندی نسلهای مختلفی از گسلهای راندگی تشکیل و از روی هم قرارگرفتن ورقه‌های رورانده، نوار چین خورده ـ گسلیده بینالود و البرز تشکیل شده است. بر اساس مطالعات انجام شده سه مرحله راندگی در بینالود قابل تفکیک است (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

با توجه به برشهای ساختاری (شکل۸)، منطقه مورد مطالعه بخشی از یک نوار چین خورده ـ گسلیده از نوع نازک ورقه است که راندگیها در آن بر اساس تقدم و تأخر سنی و سایر ویژگیها به سه توالی[7] با هندسه متفاوت ولی با سوی حرکت[8] مشابه قابل تقسیم هستند.

راندگیهای نسل اول عمدتاً به موازات سطوح طبقه بندی تشکیل شده‌اند. میلونیت در طبقات سازند میلا به وضوح مشخص کننده یکی ازگسلهای راندگی نسل اول است. زونهای برشی در راندگیهای نسل اول عمدتاً رفتاری شکل‌پذیر داشته‌اند. راندگیهای مایان، میلا و دررود در این سیستم جای دارند. با حذف راندگیهای نسل دوم و قرار دادن ورقه‌های مشابه در کنار یکدیگر سیستم گسلهای

7- Thrust sequence
8- Thrust vergence

رانـدگی نسـل اول تـا حـدی آشـکار خواهـد شـد. نـوار چین خورده ـ گسلیده در منطقه مورد مطالعه قبل از تشـکیل راندگیهای نسل دوم فقط متشکل از سه ورقه رورانـده بـوده است. در این زمان بالاترین ورقه رورانده متشکل از طبقـات رسوبی دگرگون شده سازند شمشـک (ورقـه‌هـای مایـان و دررود)، ورقه میانی از سنگهای سیلورین ـ دونین (ورقه‌های بوژان و کوه سیاه) و ورقـه زیـرین از سـنگهای کـامبرین ـ اردویسین (دوپلکس باغرود) بوده است. شـیب رانـدگیهای نسـل اول در شـمال منطقـه بـه سـمت شـمال در بخشـهای مرکزی افقی و در بخشهای جنوبی اندکی به سـمت جنـوب باختر است. برای مثال راندگی مایان در شـمال خـاور شـیبی حدوداً ۴۰ تا ۵۰ درجه به سـمت شـمال خـاور در بخشـهای مرکزی افقـی و در بخشـهای جنـوبی (گسـل دررود) شـیب اندکی به سمت جنوب باختر دارد. با توجه بـه مطالـب فـوق مـی‌تـوان چنـین نتیجـه گرفـت کـه سـبک سـاختاری در راندگیهای نسل اول بر اساس رده‌بندی هندسه رانـدگیها در (Boyer & Elliot, 1982) از نوع دوپلکس طاقگون[9] است (شکل ۹).

نسل دوم راندگیها، راندگیهای نسل اول را چین داده و قطـع و جابه‌جا نموده‌اند (شکل ۹). برای مثال ورقه مایـان توسـط رانـدگی کـوه‌سیاه قطـع و بخشـهایی از آن در زیـر صـفحه رورانده جدید کـه دربردارنـده سـنگهای پالئوزییـک اسـت قرار گرفته‌اند. گسلهای راندگی نسـل دوم عمـدتاً شـیبی بـه سـمت شـمال خـاور داشـته و سـوی حرکـت آنهـا جنـوب بـاختری اسـت. ایـن رانـدگیها از شـمال بـه سـمت جنـوب جوانتر شده و شیب آنها کاهش مـی‌یابـد. هندسـه رانـدگیها در این نسـل بـا هندسـه دوپلکـس هینترلنـدی[10] (Boyer & Elliot, 1982) انطباق دارد (شکل۹).

سـومین نسـل از گسـلهای رانـدگی را گسـلهای جـوان بـا زونهـای برشـی شـکننده در دامنـه جنـوبی بینـالود تشـکیل می‌دهند. دوپلکس میرآباد در این مرحله تشکیل شده است. روند گسلهای راندگی در این نسـل شـمال بـاختر ـ جنـوب خاور و شیب آنها به سمت شمال خـاور اسـت. ایـن گسـلها شیب زیادتری نسبت بـه گسـلهای نسـل اول و دوم داشـته و سوی حرکت در آنها به سمت جنوب باختر است (شکل۹). راندگی شمال نیشابور طویل‌ترین و مهم‌ترین ایـن گسـلهای رورانده است. سیستم گسلهای راندگی در این نسل با توجـه به ویژگـی احتمـالاً از نـوع بـادبزن پـیش‌رو[11] در رده بنـدی Boyer & Elliot (1982) است.

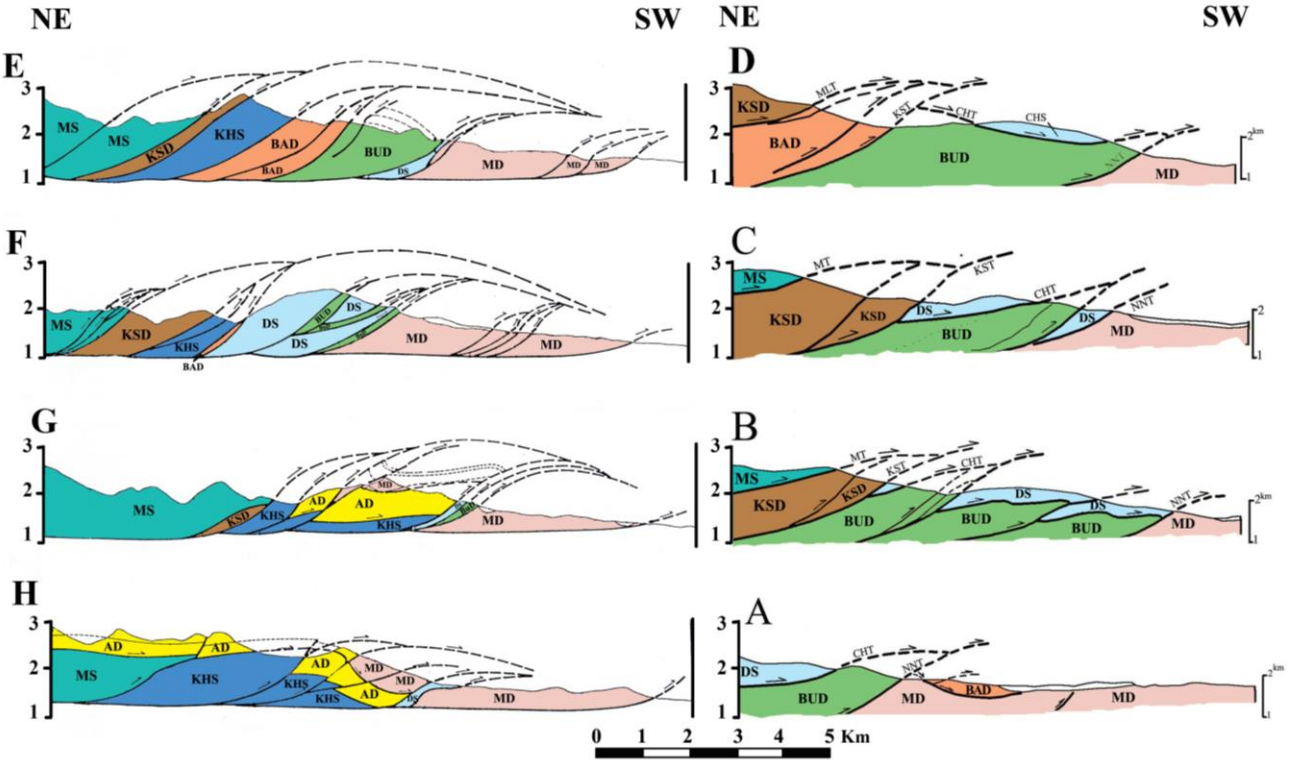
رسوب‌گذاری مرتبط با تکامل ساختاری در گذر زمان

اعمال تنشهای فشارشی از سمت زون تصادم، فعالیت مجدد نوار کوه‌زایی، تشکیل راندگیهای جدید و الحاق ورقه‌هـایی از نهشته‌های حوضه فورلند به نوار چین خورده ـ گسـلیده را سبب می‌شود. ایـن فرآینـد بـا بالاآمـدگی در نـوار، تجدیـد حیات فرسایش، پـس‌روی دریـا از حوضـه فورلنـد، هجـوم مـواد آواری و رسـوب آنهـا بـه شـکل توالیهـای رو بـه بـالا ضخیم و دانه درشت‌شو در حوضه فورلند همراه اسـت. ایـن نحـوه تغییـرات سـاختاری در نـوار تـا رسـیدن بـه تعـادل دینامیکی (بر پایه مکانیکی که برای نوارهـای کـوه‌زایـی در نوشته Dahlen *et al.* (1984) آمده اسـت) ادامـه مـی‌یابـد. از این زمان به بعد با کـاهش شـدت تغییـرات سـاختاری در نوار چین خورده و گسلیده، فرونشـینی لیتوسـفر در زیـر بـار حاصـل از وزن نـوار چـین خـورده ـ گسـلیده آغـاز و تـا برقراری تعـادل ایزوسـتازی ادامـه مـی‌یابـد. همگـام بـا ایـن فرونشـینی، شـدت فرسـایش کـاهش یافتـه و رخسـاره‌هـای مرکز حوضه (رخساره‌هـای دریـایی و یـا پلایـا) بـه سـمت نـوار کـوه‌زایـی پـیش‌روی مـی‌نماینـد. توالیهـای آواری

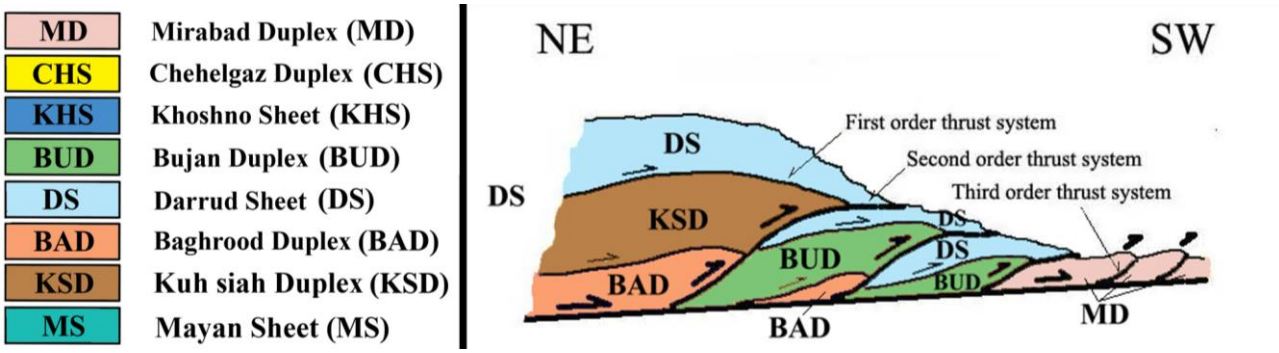
9- Antiforal stack duplex
10- Hinterland dipping duplex
11- Leading imbricate fan

رو به بالا درشت شو با توجه به آن چه در بالا بیان شد، معرفهای خوبی برای شناسایی و تعیین زمان وقوع مراحل گسلش راندگی و تکامل ساختاری در نوارهای چین خورده ـ گسلیده هستند. زمین شناسان بسیاری با مطالعه نهشته‌های آواری در توالیهای فورلندی نوارهای کوه‌زایی هیمالیا و پیرینه به تحلیل روند تحولات ساختاری در آنها پرداخته‌اند (Puigdefabergas *et al.*, 1986؛ Decelles *et al.*, 1987؛ Meigs, 1997؛ Decelles *et al.*, 1998a,b).

بررسی اخیر و مطالعات انجام شده بر روی بخشهای مختلف بینالود مؤید آن است که این رشته کوه یک نوار چین خورده ـ گسلیده از نوع نازک ورقه است که در سه مرحله گسلش راندگی و چین خوردگی مرتبط با آن تکامل ساختاری خود یافته است. تعیین زمان مراحل تکامل ساختاری با مطالعه مجموعه‌های آواری در ستون چینه نگاری حوضه فورلند مرتبط با این نوار امکان پذیر است.

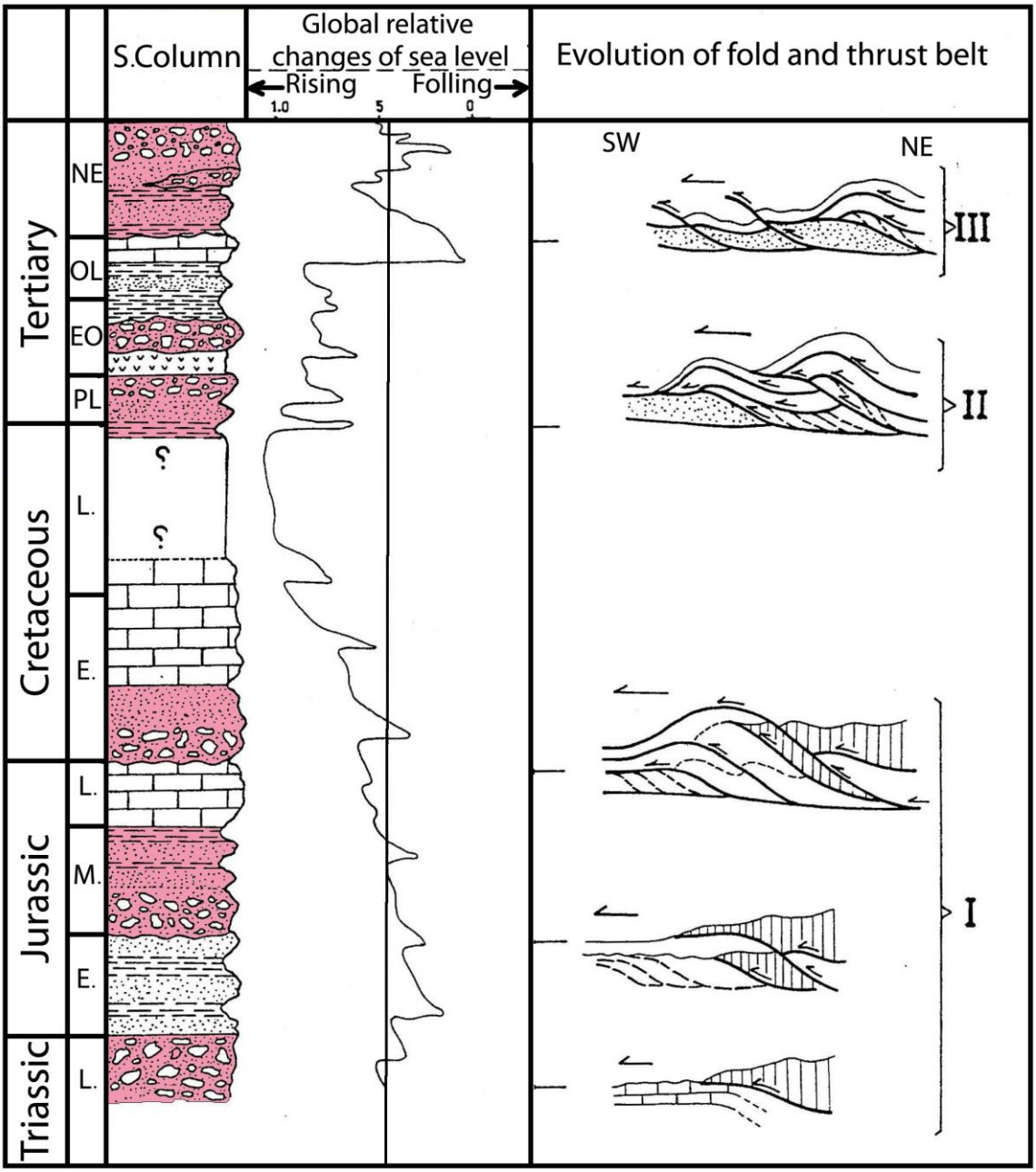


شکل ۸: برشهای ساختمانی از منطقه مورد مطالعه (برای موقعیت و راهنما به شکل ۹ مراجعه نمایید) (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).



شکل۹: الگوی پیشنهادی برای هندسه سیستم گسلهای رورانده در منطقه مورد مطالعه (قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳)

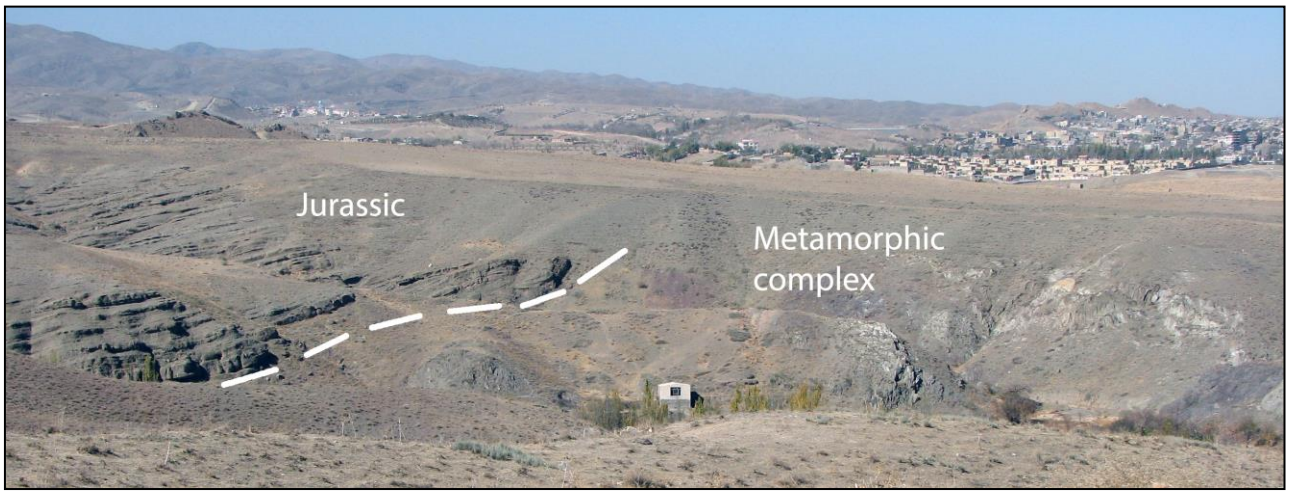
کوههای بینالود به عنوان بخشی از نوار شمالی آلپ ـ هیمالیا، با تصادم خرد ورق ایران و توران در تریاس پسین تکوین یافته و ساختار کنونی آن محصول تأثیر کوه‌زایی آلپ بوده است. با وقوع این رویداد تصادمی، حاشیه شمال خاوری ایران که پیش از این یک حاشیه واگرا در کرانهٔ جنوبی اقیانوس پالئوتتیس بوده است، به یک حوضهٔ فورلند دریایی تبدیل شده است. از این رو توالی چینه‌ای تریاس تا عهد حاضر در بینالود دربردارنده نهشته‌هایی است که طی دوره‌های فعالیت و آرامش تکتونیکی نوار چین خورده ـ گسلیده بینالود در این حوضه نهشته شده‌اند (شکل ۱۰). در این بخش با بهره‌گیری از توالی چینه‌ای بینالود و مدلهای موجود به تشریح مراحل مختلف رسوب‌گذاری مرتبط با تکامل ساختاری این ارتفاعات می‌پردازیم.



شکل ۱۰: ستون مرکب چینه‌نگاری تریاس تا عهد حاضر بینالود. در این شکل، توالیهای رسوبی همزمان با کوه‌زایی (بخشهای آواری تیره رنگ) و نیز توالیهای رسوبی مراحل آرامش (بخشهای کربناته به رنگ سفید) و ارتباط آنها با مراحل مختلف گسلش راندگی مشخص شده‌اند (رحیمی،۱۳۷۱؛ قائمی و رحیمی، ۱۳۹۳).

۱ـ رسوب‌گذاری مرتبط با کوه‌زایی سیمیرین

با تکمیل تصادم قاره‌ای و جایگزینی مجموعه فرورانش (مجموعه دگرگونی افیولیتی مشهد) بر روی حاشیه شمال خاوری ایران و نفوذ توده‌های گرانیتوئیدی نوع S (کریمپور و لارج، ۱۳۷۱)، کوه‌زایی، بالا آمدگی و تأثیر فرآیندهای فرسایشی بر بلندیهای ایجاد شده تشکیل مقادیر فراوانی از رسوبات آواری و حمل آنها به سمت حوضه فورلند در جنوب را سبب شده است. این مواد آواری به صورت طبقات رودخانه‌ای ـ دلتایی سازند شمشک که بعدها در نتیجه گسلش راندگی دگرگون شده‌اند، درحاشیه شمال خاوری ایران نهشته شده‌اند. قاعده سازند شمشک در جنوب مشهد را طبقات کنگلومرایی حاوی مقادیر زیادی از قطعات گرانیت، تونالیت، گرانودیوریت، سنگهای آتشفشانی اسیدی و حدواسط، قطعاتی از مجموعه افیولیتی و سنگهای دگرگونی تشکیل می‌دهند. این طبقات رسوبی به صورت ناپیوستگی دگرشیب بر روی مجموعه دگرگونی مشهد قرار گرفته‌اند (شکل۱۱).



شکل۱۱: ناپیوستگی دگرشیب در قاعده سازند شمشک و بر روی مجموعه دگرگونی مشهد، روستای گلستان در جنوب مشهد (نگاه به سمت باختر)

وقوع آخرین حرکات کوه‌زایی سیمیرین در ژوراسیک میانی تکمیل فرآیند الحاق در شمال خاور ایران و کوتاه شدگی بیشتر پوشش رسوبی این حاشیه را سبب شده است. در این زمان اولین مرحله از فعالیت راندگیهای نسل اول با رانده شدن ورقه رورانده مشهد (بقایای پالئوتتیس) بر روی طبقات رسوبی سازند شمشک آغاز شده است. تشکیل راندگیهای جدید بالاآمدگی و فرسایش بلندیها را به همراه داشته است. در نتیجه فرسایش ارتفاعات مقادیر بسیار زیادی از رسوبات آواری به حوضه فورلند در جنوب حمل و به فرم طبقات کنگلومرایی و ماسه سنگی آغنج (جنوب خاور مشهد) به سن ژوراسیک میانی و نیز طبقات آواری ریزدانه‌تر فریزی راسب شده‌اند. طبقات کنگلومرایی و ماسه سنگی حاوی مقادیر فراوانی کوارتز و فلدسپار و نیز قطعاتی از سنگهای دگرگونی بوده و توالی به سمت بالا درشت‌شو و ضخیم‌شو را با جهت جریانی به سمت جنوب نشان می‌دهند (شکل۱۲). این رسوبات در محیط مخروط افکنه‌ها و توسط رودخانه‌های بریده بریده ته‌نشین شده‌اند (موسوی حرمی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲ـ رسوب‌گذاری مرتبط با کوه‌زایی آلپ میانی

شروع حرکات آلپ میانی در پایان کرتاسه، کوتاه شدگی پوشش رسوبی حاشیه شمال خاوری ایران، تشکیل راندگیهای نسل دوم، فعالیت نوار چین خورده ـ گسلیده بینالود، بالاآمدگی، فرسایش و حمل مواد آواری به سمت

شکل۱۲: طبقات ماسه سنگی ژوراسیک میانی موجود در رسوبات دلتایی فریزی (سازند کشف رود) که بر روی سنگهای دگرگون شده سازند شمشک قرار گرفته‌اند.

جنوب (حوضه فورلند) و رسوب آنها به صورت توالی آواری به سمت بالا درشت‌شو و ضخیم‌شو پالئوژن را سبب شده است. توالی آواری پالئوژن در دامنه‌های جنوبی نیشابور از کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت‌سنگ و شیل با درشت شوندگی به سمت بالا را تشکیل می‌دهند. ویژگیهای رسوبی این توالی بیانگر رسوب‌گذاری در بخشهای مختلف مخروطهای افکنه هستند. این مخروطها در هنگام رسوب‌گذاری به سمت جنوب پیش‌روی داشته‌اند (رحیمی، ۱۳۷۱).

در نهشته‌های ائوسن زیرین، تکتونیک و چرخه‌های آب و هوایی در منطقه منشأ نقش مهمی در تأمین بار رسوبی در حوضه‌های فورلندی و از جمله نهشته‌های آواری ایفا می‌کنند. نهشته‌های ائوسن زیرین در سه گروه رخساره‌ای دانه درشت، دانه متوسط و ریزدانه می‌باشد. عناصر ساختاری موجود و شواهد صحرایی سه محیط رسوب‌گذاری مخروط افکنه‌ای، رودخانه بریده بریده با بار گراولی و رودخانه مئاندری با بار ماسه‌ای قابل مشاهده است. وجود هماتیت به فرم سیمان و رنگ قرمز آن نشان از تشکیل در شرایط اکسیدان داشته و این شرایط غالباً در محیطهای قاره‌ای و نیمه خشک فراهم می‌باشد (جعفریان و همکاران، ۱۳۸۹) (شکل۱۳).

شکل۱۳: نهشته‌های ائوسن زیرین در مسیر روستای بار؛ در شکل بالا درشت شوندگی تدریجی رسوبات به سمت بالا دیده می‌شود. همان گونه که در شکل پایین می‌توان دید، دانه‌بندی تدریجی در هر یک از لایه‌ها همان ریز شوندگی عادی به سمت بالا را نشان می‌دهند (نگاه به سمت خاور).

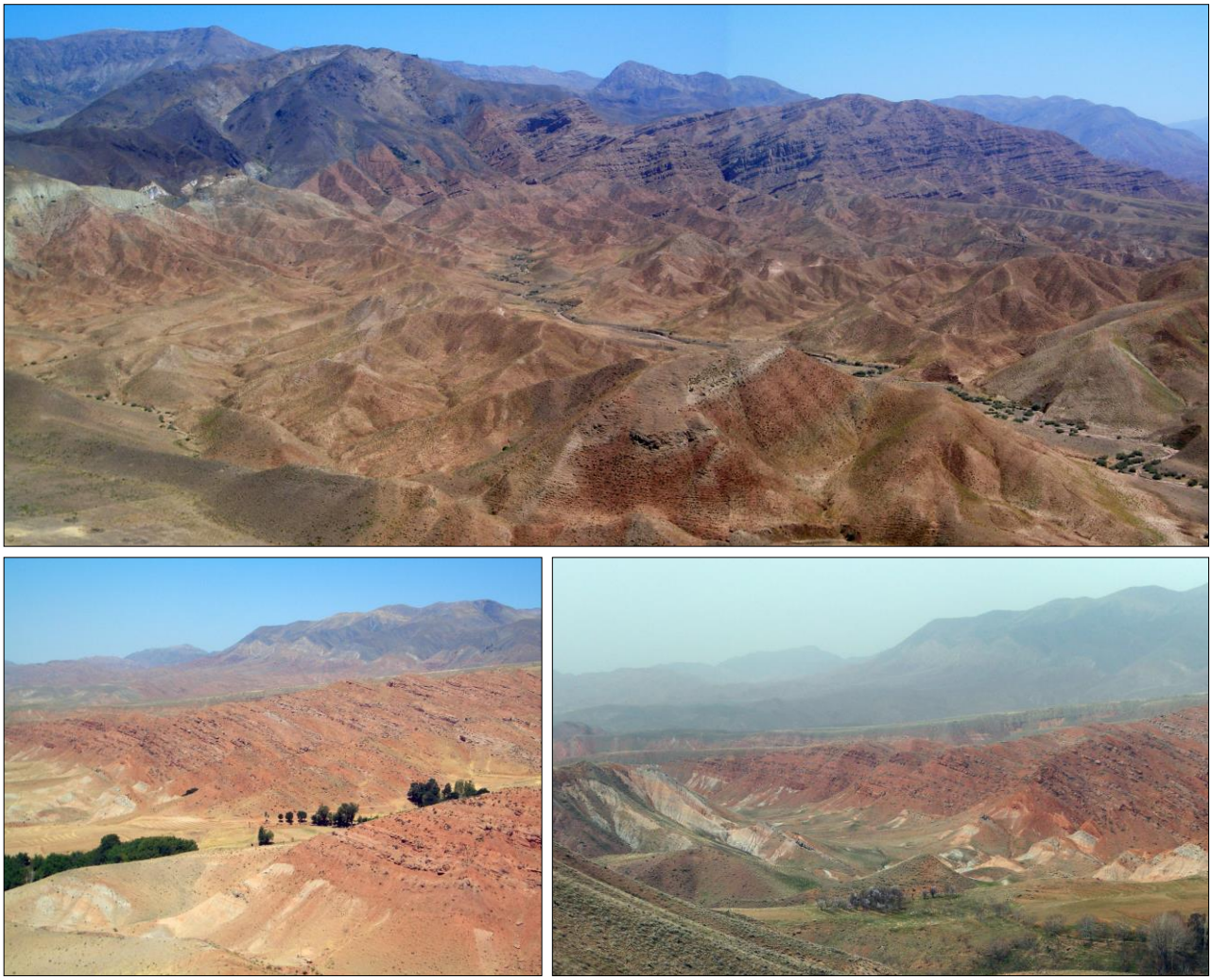
طبقات کنگلومرایی حاوی قطعات فراوانی از کوارتزیتهای سازند پادها، سنگهای آتشفشانی سیلورین، دولومیتهای سازند سیب‌زار و سنگ آهکهای سازند بهرام و قطعاتی از فیلیت مشهد هستند. ظهور قطعاتی از سنگهای پالئوزوییک بیانگر تشکیل و فعالیت راندگیهای نسل دوم در این مرحله از فعالیت نوار گسلیده بینالود است. نبود قطعات سنگی پالئوزوییک در توالیهای آواری همزمان با کوه‌زایی سیمرین و حضور آنها در توالی اخیر بیانگر آن است که آغاز تشکیل راندگیهای نسل دوم پایان کرتاسه بوده است.

۳ـ رسوب‌گذاری مرتبط با کوهزایی آلپ پسین

با شروع حرکات آلپ پسین حاشیه شمال خاوری ایران نیز همانند سایر نقاط در ایران مرکزی و البرز دستخوش

تغییرات ساختاری شده است. این حرکات کوتاه شدگی بیشتر حاشیه شمال خاوری ایران و تشکیل راندگیهای نسل سوم در این بخش را سبب شده‌اند. این فرآیند پس‌روی محیط دریایی به سمت جنوب و تشکیل محیط کولابی در حوضه فورلند را سبب شده است. رسوبات تبخیری در قاعده توالی آواری نئوژن حاصل چنین فرآیندی است. فعالیت راندگیهای جدید، بالاآمدگی بخشهای دیگری از نهشته‌های حوضه فورلند و الحاق آنها به نوار چین خورده ـ گسلیده را سبب شده است. در نتیجه فرسایش بلندیهای ایجاد شده، مقدار فراوانی از رسوبات آواری به سمت حوضه فورلند حمل و به صورت توالی روبه بالا درشت‌شو و ضخیم‌شو نئوژن نهشته شده‌اند.

توالی آواری نئوژن در دامنه‌های جنوبی بینالود ویژگیهای رسوب‌گذاری در مخروطهای افکنه را داراست. بر اساس شواهدی همچون قاعده‌های فرسایشی، ساختمانهای رسوبی یک جهته و چرخه‌های ریزشونده به بالا، رسوبات سیلیسی آواری این برش در سیستم رودخانه‌ای (بریده بریده با بستر گراولی) نهشته شده‌اند (بلوکی و همکاران، ۱۳۸۹). لازم به ذکر است که ریزشوندگی به سمت بالا در داخل هر چرخه دیده می‌شود در حالی که در مجموع کل سازند، به سمت بالا درشت شوندگی رخ داده است (شکل ۱۴).



شکل۱٤: در هر سه شکل توالی آواری نئوژن در دامنه‌های جنوبی بینالود که به خوبی توالی روبه بالا درشت‌شو و ضخیم‌شو در آن قابل مشاهده است. این واحد از رسوبات مارنی (رنگ روشن) آغاز و به کنگلومرای درشت دانه ختم می‌شود. شکل بالا در دره آبقوی با نگاه به سمت خاور گرفته شده است. دو شکل پایین در باختر کال غار با نگاه به سمت شمال باختر تهیه شده است.

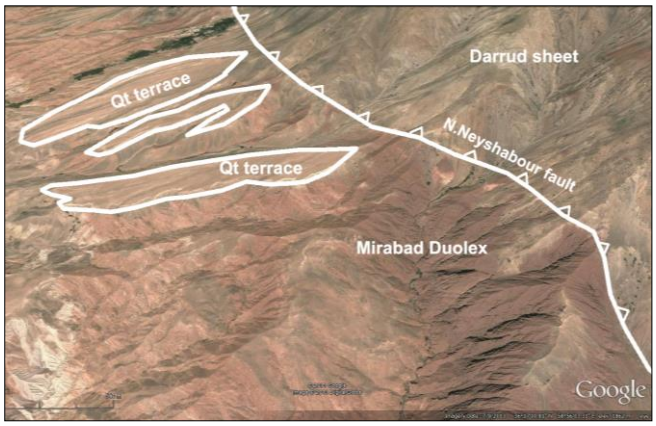
سوی حمل مواد با توجه با ایمبریکاسیون و لامیناسیون مورب در طبقات کنگلومرایی و ماسه سنگی به سمت جنوب بوده است. این مخروطهای افکنه در جبهه راندگیهای نسل سوم تشکیل شده‌اند (رحیمی، ۱۳۷۱).

رسوب‌گذاری در حوضه فورلند پس از این زمان تا عهد حاضر همچنان ادامه دارد. واحدهای سنگی پلیوسن درشت شوندگی به سمت بالا را به خوبی نشان می‌دهند (شکل۱۵).

شکل۱۵: مارن، سیلت‌سنگ و ماسه سنگ کرم رنگ پلیوسن حاوی عدسیهای کنگلومرایی در بخشهای بالایی (دره بار؛ نگاه به سمت شمال)

این واحد از مارن، سیلت‌سنگ و ماسه سنگ کرم رنگ تشکیل شده است که به ویژه در بخشهای بالایی دارای عدسیهای کنگلومرایی است.

فرسایش در جبهه گسلهای راندگی و رسوب‌گذاری در حوضه فورلند امروزه در پای گسلهای جوان و فعال منطقه تداوم دارد. این رسوبات به صورت مخروطهای افکنه و تراسهای آبرفتی قابل مشاهده‌اند (شکل۱۶).



شکل ۱۶: مخروطهای افکنه و تراسهای آبرفتی در حال تشکیل در حوضه فورلند گسل شمال نیشابور (تصویر ماهواره‌ای، نگاه به سمت شمال خاور)

نتیجه‌گیری

رشته کوه بینالود نتیجه تصادم خرد ورق ایران و ورق توران در تریاس پسین و در نتیجه کوه‌زایی سیمرین و آلپ و با بیشترین کوتاه شدگی از تریاس پسین تا عهد حاضر در راستای شمال ـ شمال خاور و جنوب ـ جنوب باختر بوده است.

راندگیها و ورقه‌های رورانده با سوی حرکت به سمت جنوب ـ جنوب باختر ساختار کلی این رشته کوه را تشکیل می‌دهند. راندگیها در ارتفاعات بینالود از سه نسل عمده تشکیل شده‌اند که هر نسل حوضه فورلند و رسوب‌گذاری مرتبط با آن را در بینالود برجای گذاشته‌اند. کوه‌زایی، بالا آمدگی و تأثیر فرآیندهای فرسایشی بر بلندیهای ایجاد شده، تشکیل مقادیر فراوانی از رسوبات آواری و حمل آنها به سمت حوضه فورلند در جنوب را سبب شده است.

ستون چینه نگاری حوضه‌های فورلند معمولاً از چند توالی رو به بالا درشت‌شو وکم عمق‌شو تشکیل شده است که هر یک از آنها معرف یک مرحله بارگذاری و برداشت بار از لیتوسفر در زیر این حوضه‌هاست.

نسل اول گسلهای رورانده شکل پذیر و عمدتاً موازی طبقه بندی بوده و همزمان با کوه‌زایی سیمرین تشکیل شده‌اند. رسوبات آواری به صورت طبقات رودخانه‌ای ـ دلتایی قاعده سازند شمشک در اثر این فعالیت نهشته شده‌اند. نسل دوم، گسلهای راندگی را شامل می‌شود که عناصر ساختاری نسل اول را قطع و جابه‌جا نموده‌اند. این نسل از راندگیها که نتیجه تأثیر کوه‌زایی آلپ میانی بر حاشیه شمالی ایران بوده‌اند، تشکیل مجموعه آواری پالئوژن را در حوضه فورلند سبب شده‌اند. توالی رو به بالا درشت و ضخیم‌شو از طبقات کنگلومرا، ماسه سنگ،

سیلت‌سنگ و شیل تشکیل می‌دهند. ویژگیهای رسوبی این توالی بیانگر رسوب‌گذاری در بخشهای مختلف مخروطهای افکنه هستند. این مخروطها در هنگام رسوب‌گذاری به سمت جنوب پیش‌روی داشته‌اند. نسل سوم راندگیها نتیجه کوتاه شدگی در حاشیه شمال خاوری ایران طی کوه‌زایی آلپ پشین بوده‌اند. فعالیت این نسل با نهشته شدن رسوبات آواری نئوژن در حوضه فورلند همراه بوده است و ویژگیهای رسوب‌گذاری در مخروطهای افکنه را داراست و با رسوبات تبخیری آغاز شده است.

تشکر و قدردانی

این پروژه با حمایت مالی دانشگاه فردوسی مشهد در ارتباط با طرح پژوهشی شماره ۲/۱۵۸۶۸ مورخ ۸۹/۸/۳۰ انجام شده است که بدین وسیله از این دانشگاه قدردانی می‌گردد.

منابع

آقانباتی، ع.، ۱۳۶۵. نقشهٔ زمین شناسی چهارگوش ۱/۲۵۰۰۰۰ مشهد. *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.*

رحیمی، ب.، ۱۳۷۱. تحلیل ساختاری ارتفاعات بینالود در شرق و شمال شرق نیشابور (چهارگوش درود). *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، دانشکده علوم.* ۱۵۹ص

طاهری، ج.، قائمی، ف.، ۱۳۷۵. نقشهٔ زمین شناسی چهارگوش ۱/۱۰۰۰۰۰ مشهد. *سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.*

قائمی، ف.، ۱۳۷۱. بررسی زمین شناسی و ساختاری ارتفاعات شمال شرق نیشابور ـ بینالود (چهار گوش باغشن گچ). *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی،* ۱۸۶ص.

قائمی، ف.، رحیمی، ب.، ۱۳۹۳. سامانه راندگیها در کوههای بینالود. *فصلنامه زمین شناسی ایران*، ۲۹: ۳-۲۰.

کریمپور، م.ح.، لارج، م.، ۱۳۷۱. ژئوشیمی گرانیت، گرانودیوریت و کوارتزمونزودیوریتهای مشهد و مقایسه آنها با گرانیتهای حاوی قلع در استرالیا و آسیای جنوب شرقی. *اولین سمپوزیوم زمین شناسی شرق ایران، دانشگاه فردوسی مشهد*، صص ۴۷-۵۴.

بلوکی، ط.، محبوبی، ا.، محمودی قرائی.، م.ح.، موسوی حرمی، ر. .۱۳۸۹. منشأ و جایگاه تکتونیکی رسوبات سیلیسی ـ آواری میوسن منطقه باغشن گچ، شمال غرب نیشابور، زون بینالود. *چهارمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور*، صص ۱۶۸۹-۱۶۹۷.

جعفریان، آ، محمودی قرائی، م.ح، قائمی، ف، قائمی، ف، کریمیان، ا.، ۱۳۸۹. رخساره‌ها، عناصر ساختاری و محیط رسوب‌گذاری نهشته‌های آواری ائوسن زیرین، واقع در شمال غرب نیشابور. *چهارمین همایش ملی زمین شناسی دانشگاه پیام نور، صص* ۲۳۷-۲۳۰.

موسوی حرمی، ر.، محبوبی، ا.، هاشمی، ف.، ۱۳۸۵. لیتوفاسیس و پتروفاسیس رسوبات سیلیسی ـ آواری ژوراسیک میانی در شرق بینالود و ارتباط آن با موقعیت تکتونیکی منشأ. فصلنامه زمین شناسی ایران، جهاد دانشگاهی شهید بهشتی، ۴: ۳۳-۴۴.

Alavi, M., 1991. Sedimentary and structural characteristics of the Paleo-Tethyse remnants in Northeastern Iran. *Geological Society of America Bulletin*, 103: 983-992.

Alavi, M., 1992. Thrust tectonic of the Binalood region, NE Iran. *Tectonophysics*, 11: 360-370.

Boyer, S.E., & Elliot, D., 1982. Thrust systems. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 66: 1196-1230.

Boyer, S.E., 1986. Style of folding within thrust sheets: examples from the Appalachian and Rocky Mountains of U.S.A and Canada. *Journal of Structural Geology*, 8: 325-339.

Cant, D.J. & Stockmal, S., 1989. The Alberta foreland basin: relationship between stratigraphy and cordilleran trrane-accretion events. *Canadian Journal of Earth Science*, 26: 1964-1975.

Dahlen, F.A., Suppe, J., & Davis, D.M., 1984. Mechanics of fold-and-thrust belts and accretionary wedges: coulomb theory. *Journal of Geophysical Research*, 89: 10087-10101.

Decelles, P.G., Gehrels, G.E., Quade, J., & Ojha, T.P., 1998a. Eocene - Early Miocene foreland basin development and the history of Himalayan thrusting, western and central Nepal. *Tectonics*, 17 (5): 741-765.

Decelles, P.G., Gehrels, G.E., Quade, J., Ojha, T.P., Kapp, P.A., & Upreti, B.N., 1998b. Neogene foreland basin deposits, erosional unroofing, and the kinematic history of the Himalayan fold-thrust belt, Western Nepal. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 110 (1): 2-21.

Decelles, P.G., Tolson, R.B., Graham, S.A., Smith, G., A., Ingersoll, R.V., White, J., Schmidt, C.J., Rice, R., Moxon, I., Lemke, L., Handschy, J.W., Follo, M.F., Edwards, D.P., Cavazza, W., Caldwell, M., & Bargar, E., 1987. Laramide thrust-genarated alluvial- fan sedimentation, Spinex conglomerate, Southern Montana, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 71 (2): 135-155.

Dickinson, W.R., 1974. Tectonic and sedimentation. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 22: 1-27.

Fleming, S.P., & Jordan, T.E., 1990. Stratigraphic modeling of foreland basins: Interpretation thrust deformation and lithosphere geology. *Geology*, 18: 430-433.

Jordan, T.E., 1981. Thrust loads and foreland basin Evolution, cretaceous, western united state. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 65 (12): 2506-2520.

Jordan, T.E., Flemings, P.B., & Beer, J.A., 1988. Dating thrust –fault activity by use of foreland-basin strata. *In*: Kleinspehn, K.L., & Paola, C., (eds.), New perspectives in basin analysis. *Springer-verlag*, New York, pp. 307-330.

Meigs, A.J., 1997. Sequential development of selected Pyrenean thrust faults. *Journal of Structural Geology*, 19 (3/4): 481-502.

Puigdefabregas, J.A., Munoz, J.A., & Marzo, M., 1986. Thrust belt development in the eastern Pyrenees and related depositional sequences in the southern foreland basin. *In*: Allen P.A., & Homewood, P., (eds.), Foreland basins. *Special Publication of International Association of Sedimentologists*, 8: 229-246.

Tankard, A.J., 1986. On the depositional response to thrusting and lithosphere flexure: examples from the Appalachian and rocky mountain basins. *In*: Allen P.A., & Homewood, P., (eds.), Foreland basins. *Special Publication of International Association of Sedimentologists*, 8: 369-392.

Weddige, K., 1983. New stratigraphic data on Devonian and Carbonferous formation from the Binalud and Ozbak-kuh Mountain, NE-Iran. *In*: Geodynamic project (Geotraverse) in Iran, Geol. Min. Sorv. Iran, 51: 105-116.

Sedimentation in related to thrust tectonics of Binalud Mountains

Rahimi, B., Ghaemi, F.*

Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

***E-mail: fghaemi@um.ac.ir**

Abstract

Binaloud Mountains formed during collision of Iran and Turan plate in the Late Triassic time and caused shortening of the sedimentary cover because of Cimmerian and Alpine orogeny. The thrust sheets with different generations formed as a results of the Binalood and Alborz fold- thrust belts. Northeast of Iran that was already south coast of the divergent margin of the Paleothetys Ocean at this time, has become a marine foreland basin as a result of this colliding and bending of lithosphere. Stratigraphical column of foreland basin usually is made up of a few upward coarsening and shallowing sequences that each of them represents a step loading and removal times of the lithosphere beneath the basin. The first generation of thrust faults began with thrusting of Mashhad sheet (Paleothetys remnants) over the Shemshak Formation that is syn-orogenic with Cimmerian orogeny. As a result of erosion of mountains, large amounts of siliciclastic deposits transported to foreland basin in southern parts and the Middle Jurassic conglomerate and sandstone layers of Aghonj formation and siliciclastic beds of Ferizee are deposited. These sequences show upward coarsening and thickening with flow direction to the south. Alpine movements began during the Mid-Cretaceous time, and caused the formation of the second generation thrusts of Binalud fold-thrust belt, uplift, erosion and transport of siliciclastic material with upward coarsening and thickening (Foreland basin) of Paleogene. These sequences represent depositions in different parts of the alluvial fans with movement towards the south. Third generation thrusting related to Late Alpine movements caused regression of sea water to the south and creation of lagoon in foreland basin. Evaporate sediments at the base of Neogene clastic sequence is the result of such a process. Uplift of the foreland basin deposits due to new thrusting activity and erosion of them caused transportation of large amounts of siliciclastic sediments into the foreland basin and creating upward coarsening and thickening sequence of Neogene to the present.

Keywords: Tectonic and sedimentation; Binalud; foreland basin; thrust.