

۲-۱- جغرافیا و زمین ریخت شناسی

محدوده نقشه زمین شناسی شهرستان مشهد، در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، در شمال خاوری ایران زمین قرار دارد. شهرستان مشهد، توسط راه های ارتباطی زیادی از جمله بزرگراه مشهد - قوچان، مشهد - نیشابور، مشهد - تربت حیدریه به سایر نقاط کشور متصل می شود. تعدادی زیادی راه آسفالت فرعی، شوسه و شن ریزی شده اتومبیل رو امکان دسترسی به رخنمون های سنگی این گستره را میسر ساخته است.

گستره نقشه شهرستان مشهد به سه محدوده، متفاوت از هم تقسیم می شود که به ترتیب از شمال به جنوب شامل محدوده کپه داغ، محدوده مفصلی (Suture Zone) و محدوده بینالود است. دشت مشهد در محدوده مفصلی و حد فاصل کوه های بینالود و هزار مسجد، با امتداد شمال باختری - جنوب خاوری واقع گردیده است.

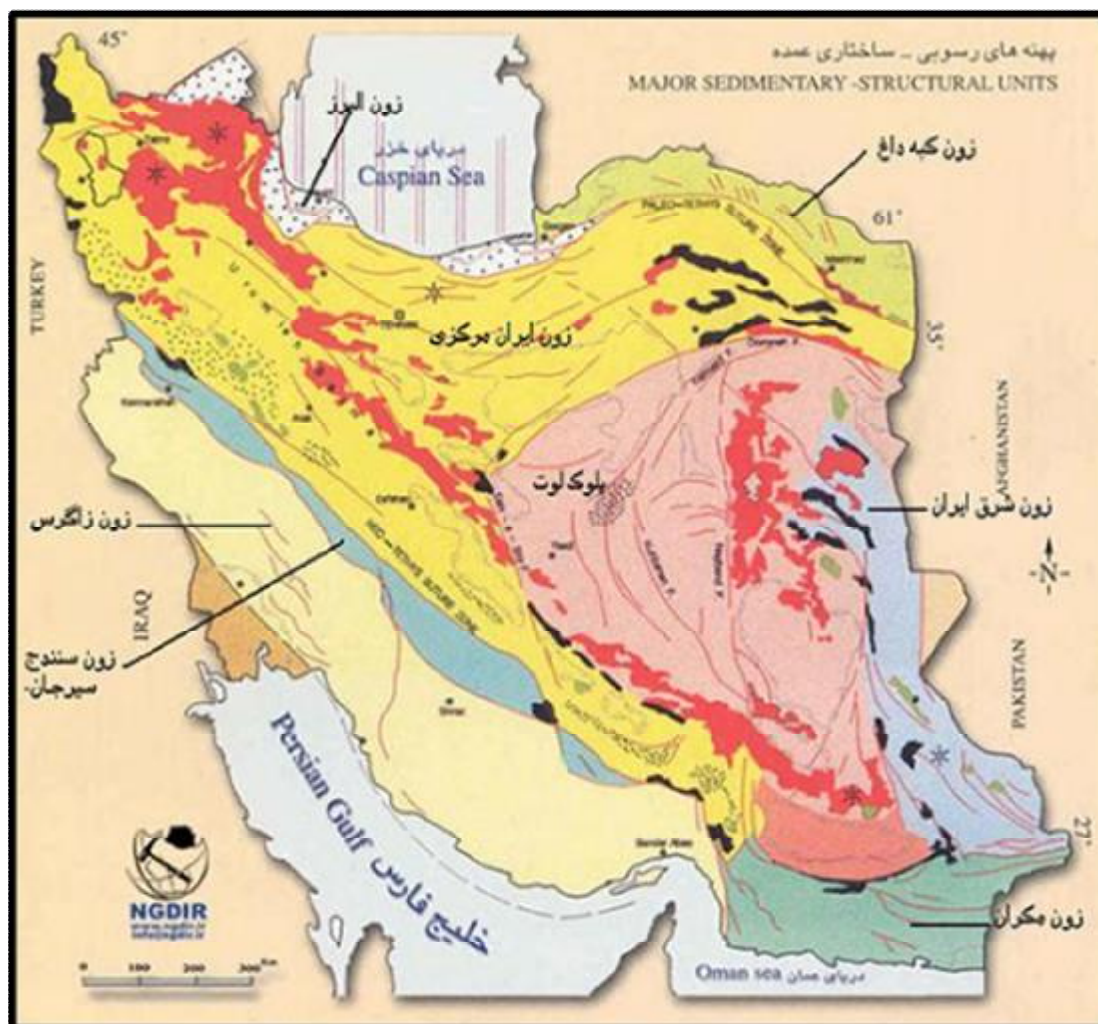
روند عمومی بیرون زدگی ها در محدوده مورد نظر شمال باختر، جنوب خاور است که هم جهت با روند چین خوردگی ها و روند گسل های اصلی از جمله رانندگی ها است. رشته کوه های هزار مسجد و بینالود به ترتیب آب مرزهای شمال و جنوب حوضه آبریز کشف رود، که مهم ترین حوضه آبریز در منطقه است را پدید می آورند. از طرفی رشته کوه بینالود آب مرز بین دشت خاوری نیشابور و دشت مشهد - قوچان می باشد. به دلیل ارتفاع به نسبت زیاد این کوه ها بخش عمده ای از بارش سالانه بصورت برف است. به همین جهت رودهای به نسبت پر آب و همیشگی از هر دو سوی این آب مرز، در جهات شمالی و جنوبی روانند.

رودخانه های حوضه آبریز شهرستان، علاوه بر کشف رود، شامل رودخانه های طرق، عارفی و رادکان است. از مهم ترین بلندی های مربوط به محدوده کپه داغ می توان به کوه هزار مسجد، کوه صندوق شکن و کوه آق چشمه اشاره نمود. در محدوده بینالود می توان از کوه شاهان، کوه کمر زرد، کوه دو جامی، ارتفاعات خلج و ... نام برد.

وضعیت اقلیم منطقه به صورت نیمه خشک و سرد کوهستانی است.

ریخت های حاکم بر این رشته کوه ها در این محدوده متأثر از سنگ های هر ناحیه می باشند. مناطقی که زیرپوشش سنگ های نرم قرار دارند، بویژه جنوب باختری مشهد دارای ریخت های پشته ای با بام های هموار و دره های V شکل ژرف می باشند و در اغلب مناطق ریزش و لغزش زیادی در آن ها مشاهده

می شود. واحدهای سنگی مانند سازندهای سخت آهکی مزدوران و تیرگان سیمای صخره ساز دارند. ضمن آنکه سازندهای شیلی و مارنی نظیر سرچشمه و کشف رود، دره ها و نواحی ژرف را تشکیل داده اند.



نقشه ۱-۱- بهنه بندی - ساختاری ایران

۲-۲- تاریخچه تکامل زمین شناسی:

در طی دوران پالئوزوئیک، شمال خاوری ایران بخشی از اقیانوس پالئوتتیس بوده است که قطعه لیتوسفری ایران و توران را از یکدیگر جدا می کرده است. به احتمال در پرمین و در طی کوهزایی سیمین، فرورانش پوسته اقیانوسی پالئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای توران آغاز شده است که سرانجام در تریاس میانی پوسته قاره ای ایران و پوسته قاره‌ای توران به یکدیگر برخورد کرده اند. همزمان با آغاز برخورد، سنگ نهشته های تریاس در منطقه بر جای گذاشته شده اند و پس از پایان برخورد، ناحیه، زیر فرسایش قرار گرفته است. با آرامتر شدن و توقف نسبی حرکت های تکتونیکی، منطقه دچار فرونشست شده و در نتیجه حوضه اپی کنینتال کپه داغ شکل گرفته است همزمان با پیشروی دریا در باژوسین، نهشته های شیلی تیره رنگ (سازند کشف رود) با دگرشیبی بر روی افق های گوناگون کهن تر نهشته شده اند (افشارحرب، ۱۳۷۳).

در باژوسین پسین تا آکسفوردین پیشین با ژرف تر شدن حوضه، سنگ آهک ریز بلور تیره و شیل های تیره رنگ (سازند چمن بید) بر روی سازند کشف رود گذاشته شده اند و همزمان با پسروی دریا و کم ژرفا شدن حوضه در آکسفوردین - کیمریجین سنگ کربناته ستر لایه و صخره ساز با لایه های فرعی از مارن و شیل (سازند مزدوران) در منطقه رسوب کرده است. در این زمان، شرایط حوضه گواه بر رخداد چندین سیکل پیشروی - پسروی فرعی بوده است. آن چنان که بعضی زمان ها شیل ها و سنگ آهک های میکریتی تیره رنگی، معرف محیط های ژرف دریایی، بر جای گذاشته شده اند و در بعضی زمان ها با کم ژرفا شدن حوضه و رشد موجودات، حوضه های آرام و کم ژرفایی در پشت سنگ آهک های ریفی پدیدار شده اند.

در سرآغاز کرتاسه، شیل و رس سنگ قهوه ای قرمز و ماسه سنگ های خاکستری به همراه لایه های فرعی کربناته (سازند شورجه) در یک محیط قاره‌ای (رودخانه ای) بر جای گذاشته می شوند. ولی در آن زمانه هایی از نهشته های دریایی نیز قابل مشاهده است. در نوکومین - آپسین سنگ آهک های الیتی به همراه لایه های فرعی از مارن و شیل آهکی (سازند تیرگان) در یک محیط کم ژرفا و پر انرژی دریایی ته نشست شده و پس از آن همزمان با پیشروی دریا و عمیق شدن حوضه در آلبن، شیل های خاکستری تیره تا سبز (سازند سرچشمه) نهشته گردید. این سازند جوانترین سنگ های ردیف مزوزوئیک در گستره بررسی شده است.

در روند سنوزوئیک بویژه در پلیستوسن - کواترنر، کنگلومرای ناپیوسته، نهشته‌ها و پادگانه‌های آبرفتی و تراسهای آبرفتی کهن و جوان بگونه دگرشیب و یا عادی بر روی سنگ‌های قدیمی‌تر نهشته شده‌اند. همزمان با تغییرات زمین ریخت‌شناختی در کواترنر نهشته‌های آبرفتی - بادی گسترش فراوان یافتند.

پالئوزوئیک زیرین در محدوده باختری نقشه، با سنگ‌های کربناته بخش بالایی سازند سلطانیه آغاز شده و در ادامه ماسه سنگ‌های آبرفتی قرمز رنگ لالون روی آن‌ها قرار می‌گیرند. رسوب گذاری این سنگ‌ها در شرایط کم عمق دریایی انجام پذیرفته است.

شواهد نشان می‌دهد که تا اواخر پالئوزوئیک فوقانی حوضه‌ای کم عمق متعلق به حاشیه قاره، منطقه مورد مطالعه را در بر گرفته و به تدریج عمق این حوضه افزایش یافته است. یکنواختی ضخامت در رسوبات فلیشی تریاس تا ژوراسیک زیرین را شاید بتوان به عملکرد جنبش‌های کوهزائی پس از تریاس میانی (سیمبرین پیشین) نسبت داد و بسته شدن اقیانوس تیس نیز در این زمان کامل شده است. این رویداد با دگرگونی دینامیکی و ماگماتیسم کالک آلکالن همراه بوده و به علت رورانندگی‌های متعدد می‌توان به حرکات کمپرسیونی در این فاز و پلوتونیسیم مربوط به آن‌ها اشاره نمود. پس از وقفه‌ای در رسوب گذاری، با پیشروی دریای کرتاسه و همزمان با فاز سیمبرین پسین، لایه‌هایی کربناته بر جای گذاشته شده که بطور دگرشیب روی رسوبات کهن تر قرار گرفته‌اند. بالا آمدن لایه‌های سنگی که آبرفت‌های جوان را در بلندای کوه‌ها قرار داده و حرکت کوه‌های بینالود به طرف جنوب باختری منطقه (شهر نیشابور)، حاکی از اعمال دو نیروی بالابرنده و افقی بصورت توأم می‌باشد.

۲-۳- چینه‌شناسی:

همانگونه که قبلاً گفته شد، گستره نقشه به سه محدوده، متفاوت از هم تقسیم می‌شود که به ترتیب از جنوب به سوی شمال شامل محدوده‌های بینالود، محدوده مفصلی (Suture Zone) و کپه داغ است. حال به بررسی واحد‌های سنگی این گستره از قدیم به جدید می‌پردازیم:

۲-۳-۱- محدوده بینالود

این محدوده شامل واحدهای سنگی زیر است:

دولومیت سلطانیه Ⓔ:

تنها رخنمون این سازند در کوه خلخال در شمال روستای موشان همراه با سازندهای لالون و میلا وجود دارد. درمقایسه با مقطع نمونه در کوه های سلطانیه تنها ردیفی از کربنات های خاکستری ضخیم لایه و متراکم دانه ریز و متبلور روشن مایل به زرد و همراه باچرت و فاقد فسیل دیده می شود که سبب برای در حدود ۱۰ متر را داراست. واحد سنگی بدلیل موقعیت چینه ای با قسمتی از دولومیت فوقانی سازندسلطانیه مقایسه شده است و بر این اساس سن پرکامبرین تا کامبرین زیرین برای آن در نظر گرفته شده است.

سازند لالون Ⓕ:

این واحد از ماسه سنگ های کوارتزیتی، آركوزی قرمز رنگ با لایه های آغشته به کربنات و کنگلومرای ریز نقش و متراکم تشکیل شده است. برون زدهای آن را بر روی سازند سلطانیه، می توان در جنوب خاوری پیوه ژن و در کوه خلخال مشاهده نمود. لایه بندی آن متوسط تا ضخیم و بیشتر همراه با لایه بندی چلیپایی می باشد. موقعیت چینه ای این سازند در کوه خلخال، بوسیله کوارتزیت قاعده ای سازند میلا دارای فسیل تریلوبیت بوده و به طور هم شیب پوشیده شده است. سن این سازند متعلق به کامبرین پیشین ذکر شده است.

سازند میلا Ⓖ_m:

این سازند شامل سنگ آهک خاکستری تا قهوه ای، کوارتزیت، دولومیت، شیل و مارن است. این سنگ ها نازک لایه بوده و همراه با خرده های براکیوپود می باشند. تنها رخنمون آن دربخش جنوبی منطقه و درکوه خلخال دیده می شود که لایه های سنگی در آن بشدت چین خورده هستند. به دلیل وجودآثار تریلوبیت و براکیوپود و موقعیت چینه ای و رخساره سنگی، این واحد هم ارز قسمت زیرین گروه میلا درناحیه شیرگشت شناخته شده است. سبب برای آن در منطقه در حدود ۵۰ بوده و بوسیله یک طبقه کوارتزیت سفید رنگ قاعده ای به گونه ای هم شیب برروی ماسه سنگ های سازند لالون قرار می گیرد.

سازند نیور S_n :

برونزدهای کم و بیش پراکنده ای از سنگ‌های با دیرینه سیلورین _ دونین، در محدوده پیوه ژن تا خرو و در نیمه جنوبی این منطقه وجود دارد که رخساره کربناتی _ ماسه سنگی داشته و شامل کوارتزیت، سنگ آهک و مقداری شیل می باشد.

قسمت زیرین این رسوبات میان لایه های نازک از جنس سنگ آهک را به همراه داشته که در قسمت فوقانی آن، سنگ‌های ولکانیکی با ترکیب لاتیت و بازالت به همراه توف و ایگنمبریت قرار می‌گیرد. بر اساس دیاگرام Streckeisen 1979 این سنگ‌ها در محدوده بازالت تا لاتیت واقع شده اند. دیاگرام Rittman نشان داده که این سنگ‌ها در منطقه ساب آلكالین و مرز ساب آلكالین با آلكالین قرار گرفته اند. مقایسه این نمودار با دیاگرام AFM نشان می‌دهد غنای آهن و آلكالین در این سنگ‌ها به فراوانی مرجان‌ها در پاره ای از لایه های آهکی وابسته است. وجود آثار حیات زیر نشان دهنده پائین ترین بخش دونین زیرین در بخش میانی در این رسوبات است.

1. Bryozoans, poorly preserved Brachiopods.
2. Occasional crinoids & small dendroid corals.
3. Indospirifer maoerhchuanensis (grabav)

از خصوصیات سنگ‌های سیلورین _ دونین، تناوب مکرر سنگ آهک‌های نازک لایه دارای مرجان و کوارتزیت سفید رنگ و در عین حال جریان گدازه‌های آتش فشانی و یا توف است.

سازند بهرام D_b :

سازند بهرام شامل سنگ آهک تیره آبی تا خاکستری و شیل مارنی است که سبزی در حدود ۳۰۰ تا ۴۰۰ متر دارد و حاوی فسیل‌های فراوان براکیوپود، مرجان، کنودونت، تریلوبیت و دوکفه‌ای می‌باشد.

سن این سازند را با توجه به براکیوپودها و سایر فسیل‌های موجود، دونین میانی تا بالایی تعیین کرده اند. سازند بهرام در کوه‌های بینالود دارای ۴ افق اکسید آهن می‌باشد که مهمترین آن‌ها را می‌توان به طول ۳۰ کیلومتر اما ناپیوسته تعقیب کرد. در بخش فوقانی سازند آهکی بهرام، کانسار سرب و روی و باریوم به صورت استراتی باند و موازی با کانسارهای آهن دیده می‌شود. کانسارهای آهن از نوع هماتیتی و لیمونیتی

به همراه کلسیت و اکسید منگنز است و اینگونه به نظر می‌رسد که این کانسارها در محیط دریایی به جای گذاشته شده است.

فیلیت مشهد TRJ_m :

این سنگ‌ها با همبری دگر شیب و در پاره‌ای موارد گسله، سنگ‌های قدیمی‌تر را پوشانده‌اند. در قسمت جنوبی بینالود این رسوبات بیشتر از ماسه سنگ‌های دگرگون شده تیره و در شمال این رشته کوه شیل و ماسه سنگ‌های دگرگون شده هستند که دارای مقدار فراوانی از کانی سریسیت، همراه با تداخل‌هایی از ماسه سنگ می‌باشند. ستبرای این مجموعه حدود ۲۰۰۰ متر است. سن دقیق این لایه‌ها به طور واضح مشخص نیست. آثار گیاهی زیر از این رسوبات در جنوب ازغند برداشته شده است.

واعظ جوادی در این واحد سنگی، فسیل سرخس از خانواده Dipteridaceae به نام جنس‌های کلاتروپتریس و توماتوپتریس *Thaumatopteris* و یک جنس از رده بازدانگان، راسته *bennettitales* به نام جنس پتروفیلوم *poterophllum* را مطالعه کرده که بر این اساس سن تریاس، لیاس زیرین را پیشنهاد نموده است.

از شمال خاوری روستای گرینه، نیز نمونه‌های گیاهی جمع‌آوری و توسط واعظ جوادی مطالعه شده که یک جنس سرخس به نام تینوپترس *Taeniopteris* و دو جنس از رده بازدانگان، راسته *bennettitales* به نام جنس‌های اتوزامیت *Otozamites* و پتروفیلوم توسط یاد شده تعیین گردیده است.

گونه‌های متعددی از جنس پتروفیلوم در این منطقه نام برده شده است. از جمله *petrophllum longifolium* که شاخص تریاس بالایی می‌باشد. فسیل‌های یاد شده و شباهت رخساره‌ای این رسوبات با سنگ‌های سازند‌های نای بند و شمشک، باعث شده به این مجموعه سنگی سن تریاس فوقانی - ژوراسیک زیرین نسبت داده شود. بالاترین بخش این سازند در جنوب و باختر گلمکان واقع شده است. در این ناحیه واحد مزبور توسط رسوبات بازوسین به طور دگر شیب پوشیده می‌شود.

کنگومراو شیل ژوراسیک J^c :

این واحد سنگی شامل تناوب شیل تیره و کنگومرای کوارتزار است که در برخی نقاط میان لایه‌هایی از ماسه سنگ در آن دیده می‌شود و به طور تدریجی به کنگومرای کوارتزار تبدیل میگردد. این واحد

واجد رگه های زغالی به نسبت فراوان و آثار فسیل های گیاهی است. هفت جنس مختلف در این گیاهان توسط واعظ جوادی شناسایی شد. دو جنس از راسته سرخس ها به نامهای کلادوفلیس Genus- *Cladophisbis* و کونیوپتریس Genus- *Coniopteris* که با گونه *Coniopteris hymenophyloides* مشخص می گردد. پنج جنس از رده بازدانگان شامل یک جنس از راسته چکانوسکیال ها به نام جنس چکانوسکیا Genus *Czekanowskia* و دو جنس از راسته گینکوآل ها به نام های جنس بایرا *Baiera* Genus و جنس اسفنوبایرا *Sphenobaier* Genus که با گونه *Longifolia Sphenobaier* مشخص می گردد، یک جنس از سیکادال ها به نام نیلسونیا *Nilssonia* Genus و یک جنس از مخروطیان به نام الایدایتس *Elatidaites* Genus مورد شناسایی قرار گرفت. با توجه به ارزش چینه شناسی نمونه های یاد شده سن توآرسین - آلتین برای این سنگ ها در نظر گرفته شده است.

کنگلومرای آغنج J_{ac} :

کنگلومرای کوارتزار سفید که بیش از ۹۰٪ شن های تشکیل دهنده آن را دانه های کوارتز با گردشگی خوب تا متوسط تشکیل می دهد و ۱۰٪ آن نیز از خرده سنگ های دگرگونی و چرت تشکیل می شود. سیمان آن سیلیسی است و طبقه بندی آن متوسط تا ضخیم است. این واحد در جنوب باختر نقشه دیده می شود.

سنگ آهک کرتاسه K_1^1 :

این سنگ آهک ها به رنگ روشن و بایو میکرایتی بوده و بیشتر شامل سنگ آهک های کوکینوئیدی و سنگ آهک با دانه بندی درشت و جور نشده و ماتریکس ریزدانه و حاوی فسیل، مقدار زیادی فسیل اُیستر (بیشتر از نوع اگروژیرا) رودیست، بریوزوآ و اکینودرم ها می باشد. سفالوپود ها به صورت محلی در این سنگ آهک ها پیدا می شوند که در میان آن ها *Otohoplites guersanti d'orb* سن آلتین را نشان می دهد. سنگ آهک در ضخامت های کمتر از یک متر تا چندین ده متر با میان لایه هایی از شیل و مارن تیره دیده می شود.

۲-۳-۲- محدودده کپه داغ

این محدودده شامل واحدهای سنگی زیر است:

سازند کشف رود (J_k):

سازند کشف رود، کهن‌ترین واحد سنگی یافت شده در مجموعه کپه داغ است. سازند کشف رود با کنگلومرایی که با ناهمسازی زاویه‌دار بر روی مجموعه پالئوزوئیک قرار می‌گیرد آغاز می‌شود. البته در برخی مناطق شروع سازند با کنگلومرایی آهکی است که بتدریج به رسوبات دریایی کم ژرفا مانند شیل، سنگ ماسه، مارن و شیل مارنی تبدیل می‌شوند و پاره سازند های مختلف سازند کشف رود را ایجاد می‌کنند. بدلیل گسترده بودن حوضه کشف رود، در نقاط مختلف، ضخامت سازند متغیر است و با جنبش جانبی در حوضه رسوبی، جنس سنگ‌ها به یکدیگر در حال تبدیل است. ساختمان های رسوبی مانند ریپل مارک، فلوت کست چینه بندی و دانه‌بندی تدریجی در درون رسوبات دیده می‌شود. م. مدنی در پایان نامه دکترای خود آمونیت های زیر را که از بخش های تحتانی و فوقانی در گروه های آهکی موجود در این سازند یافته و گزارش کرده است:

parkinsonia sp., *Partschiceras sp.*, *Calliphylloceras sp.*, *Lytoceras sp.*

بر پایه این آمونیت سن سازند کشف رود را باژوسین بالایی تا باتونین پایینی اعلام کرده است.

سازند چمن بید J_{ch}:

این سازند از مارن و سنگ آهک میکریتی نازک تا متوسط لایه با میان لایه‌هایی از آهک شیلی پدید آمده است. وجود آمونیت فراوان در لایه های سنگ آهک میکریتی از ویژگی های آشکار این سازند در منطقه است و نمونه های زیر از این آمونیت ها توسط ک. سید امامی (۱۳۷۶) تشخیص داده شده:

Macrocephalites sp.: *perispincted amoniod*, *peltoceras sp*

نامبرده سن کالوین پائینی و کالوین بالا را برای لایه های موجود در این سازند پیشنهاد کرده است. از بررسی روزن داران زیر توسط امیر رضوی تعلق سن آکسفوردین به این لایه ها پیشنهاد شد:

Trocholina sp.; *Nautiliculina sp.*; *sp.*; *Valmulina sp.*; *Natiloculina sp.*

در این منطقه سازند چمن بید بدلیل شرایط رسوبی ویژه و همچنین جای گرفتن در زیر دیگر واحدهای ستبر لایه و صخره ساز ژوراسیک فوقانی رخنمون کمی را از خود نشان می‌دهد.

در جنوب خاوری روستای کلاته عرب ها این سنگ ها در میان سازندهای کشف رود و بخش زیرین سازند مزدوران بگونه ای همشیب با سترایی نزدیک به ۸۰ مترجای گرفته است. در این منطقه سازند چمن بید از سنگ آهک میکریتی متوسط تا نازک لایه در بردارنده آمونیت یادشده پدید آمده است. بررسی پتروگرافی این سنگ ها گاهی عناصر آلو کمی نابرجا مانند پلت اینتراکلاست و بیو کلاست دیده شده است.

سازند مزدوران J_{mz} :

این سازند در محدوده بررسی شده دارای دو بخش با شرایط رسوبی ناهمسان است. مزدوران یکی از سازندهای صخره ساز در محدوده نقشه است و نقشی موثر در پیدایش ریخت کنونی تاقدیس ها و یا ناودیس های منطقه دارد.

الف- بخش J_{mz}^1 :

این بخش از سنگ آهک دولومیتی خوب لایه بندی شده به رنگ قهوه ای پدید آمده است و بدلیل ویژگی شکنندگی، شکستگی های فراوان بر آن اثر کرده است ولی در هسته تاقدیس ها و کناره برخی از ناودیس ها به گونه ای سالم و کامل دیده می شوند. این واحد سترایی متغیر و نزدیک به ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر دارد. مرز زیرین بخش آن با سازند چمن بید تنها در جنوب خاوری کلاته عرب ها در کنار معدن دولومیت دیده می شود. روزن داران زیر توسط امیر رضوی از این عضو مطالعه شده است:

Nautiloculina sp.; *pseudocyclammina* sp.; *Valvulammina* sp.; *Tintinipsella* sp.;

Favreina sp.

نامبرده سن آکسفوردین- کیمریجین را با توجه به آثار حیات یاد شده پیشنهاد کرده است. گونه های

جلبکی زیر نیز همین سن را برای این بخش نشان داده است :

Caldocropsis sp.; *Tubiphytes* sp.; *Cayeuzia moldavica*, *Girvanella* sp.

همچنین سنگواره های آمونیت و دوکفه ای زیر از این واحد که بوسیله ک. سید امامی مطالعه شده مؤید

سن یاد شده است.

Perisphinctes (Virgatophictes) supinus; *Perisphinctes (Dichotomoceras) sp.*

Punctatptychus sp. *Sowerbyceras ps.* *Ataxioceras* sp.; *Lithacoceras* sp.

در جنوب ناودیس خور مطالعه بیشتری از این بخش انجام گرفته است. در این نقطه این سنگ‌ها در برگیرنده دو زیر بخش‌اند. زیربخش زیرین را دولومیت ستبرلایه و سنگ آهک دولومیتی خوب لایه بندی شده پدید آورده است آن چنان که در پایین ترین بخش خود لایه‌هایی با رخساره الیت آنکولیت و اینتراکلاست را در بر گرفته‌اند. زیر بخش بالایی دولومیت نازک تا متوسط لایه با رنگ خاکستری روشن را شامل می‌شود که در بخش زیرین آن تکه‌های فسیل و اینتراکلاست و چرت دانه ریز یافت می‌شوند.

ب- بخش J^2_{mz} :

این بخش از سنگ آهک میکریتی کم فسیل، نازک تا متوسط لایه، سنگ آهک شیلی و شیل ویژه مناطق ژرف پدید آمده است. رنگ نمادین این واحد خاکستری تا خاکستری تیره است. به سمت خاور و جنوب خاوری از ستبرای این واحد به تندی کاسته می‌شود و به رخساره‌های کم ژرفای کربناته تبدیل می‌شود. گاهی میان لایه‌هایی از سنگ آهک میکریتی همراه با قعطعات فسیل حمل شده در جریان‌های توریدایتی در آن دیده می‌شود. گمان می‌رود این قطعات از بخش‌های پائین شیب پلاتفرم حوضه به بخش‌های ژرف دریا آورده شده باشند. ستبرای لایه‌های فسیل دار حداکثر به چند سانتیمتر می‌رسد. امیر رضوی بر اساس بررسی روزن‌داران زیر:

Radiolaria sp.; *Sacocoma sp.*; *Calpinonella sp.*, *Pseudocumobia sp.*
Ammobaculites sp., *Cyclamina sp.*

و جلبک‌های یاد شده در زیر:

Microproblemotica sp., *Actinoporella sp.*, *Cladocropsis sp*

سن آکسفورین - کیمریجین را بر این واحد تعیین کرده است. همبری این عضو با عضو زیرین (J^1_{mz}) هم شیب است.

سازند شوريجه JK_s :

این سازند از ماسه سنگ متوسط تا درشت دانه قرمز تا قهوه‌ای و خاکستری گلوکونیت‌دار، شیل خاکستری تا قرمز و میان لایه‌های آهک ماسه‌ای الیتی و بیوکلاستی پدید آمده است. ردیف رسوبی این لایه‌ها به سوی بالا ریز شونده است. این سازند را دو عضو کوچک در یک سوم بالایی آن همراهی می‌کنند

که به شکل عدسی از دو سوی جانبی بسته می‌شوند. عضو اول گچی بوده و به گونه‌ای معمول از مارن قرمز تا قهوه‌ای به همراه طبقات نازک و گرهک‌های گچ متبلور و لایه‌های نازک سیلتستون قرمز رنگ پدید آمده است. بر روی آن عضو دوم که شامل تناوب‌هایی از سنگ آهک ماسه‌ای - الیتی - اینتراکلاستی و کوارتزگریوکی فسیل‌دار به همراه لایه‌های نازک سیلتستون و شیل است، جای می‌گیرد.

همبری‌های زیرین و زبرین این سازند با سازندهای تیرگان و مزدوران تدریجی است. فسیل‌های روزنه داران زیر از این سازند توسط امیر رضوی مطالعه شده است:

Favrina sp., *Pseudocyclammina sp.*, *Nautiloculina sp.*, *Cyclaminide sp.*,
Neotrocholina sp.

مطالعه این آثار و همچنین مجموعه جلبک‌های زیر سن این سازند را کیمریجین - آلبین مشخص کرده است.

Boueina sp., *Cayeuxia moidorica*, *Solenopora sp.*, *Cylindroporella sp.*,
Cladocropsis sp. *Permocalculus*.

سازند تیرگان K_۴ :

سازند تیرگان از سنگ‌آهک‌های ستر لایه تا توده‌ای ائولیتی و زیست‌آواری با میان‌لایه‌های اندکی از سنگ‌آهک مارنی، مارن و شیل آهکی تشکیل شده است. مرز پایینی سازند تیرگان با سازند مزدوران و مرز بالایی آن با سازند سرچشمه است. اوربی تولین شاخص‌ترین سنگواره سازند تیرگان است که بیشتر هسته اولیت‌ها را تشکیل می‌دهد. بر پایه سنگواره‌های موجود، سن سازند تیرگان نشوگومین (بارمین) تا آپسین است. پاره‌ای از این فسیل‌ها به شرح زیرند:

Iraqia sp., *Orbitolina sp.*, *Dictyoconus sp.*, *Pesudochoffatella sp.*

گفتنی است که جدا از تغییر ستبر، گاهی می‌توان شاهد تغییر رخساره سازند تیرگان بود.

سازند سرچشمه K_{SF} :

بخش زیرین از مارن به رنگ خاکستری مایل به آبی تشکیل شده است و بخش بالایی آن شامل شیل آهکی خاکستری تیره با میان‌لایه‌های نازکی از سنگ‌آهک‌های زیست‌آواری است. در بالای سازند سرچشمه یک لایه کلیدی به ضخامت یک متر از سنگ‌آهک‌های زیست‌آواری است که راهنمای مناسبی

برای شناسایی مرز بالایی سازند است. در برش‌های گوناگون، تغییرات نسبت بخش مارنی پایین به شیل بالا زیاد است و گاهی ممکن است یکی از آن‌ها وجود نداشته باشد. تغییرات جانبی ستبرای سازند سرچشمه، درخور توجه است. مرزهای زیرین و بالایی این سازند با سازندهای تیرگان و سنگانه هم‌شیب است. مجموعه سنگواره‌های این سازند، نشانگر سن بارمین پسین تا آپسین میانی است. تعدادی از آن‌ها به شرح زیرند:

Pesudocyuclammina lithus *Orbitolina* sp.

سازند سنگانه K_s :

این سازند دربردارنده شیل‌های همگن به رنگ خاکستری تیره تا سیاه کمی مایل به سبز است و مقدار اندکی میان لایه‌های سیلت سنگ نیز دارد. دو ویژگی مهم سازند سنگانه یکی سیمای ریخت‌شناسی تپه ماهوری فرسوده و پشته مانند به رنگ سبز و خاکستری آن است و دیگری گرهک‌های عدسی و بیضوی شکل از رس‌های آهن‌دار که گاه هسته‌ای از سنگواره آمونیت دارند. ستبرای سازند سنگانه در محل برش الگو، ۷۵۰ متر است، ولی به سمت شمال و باختر، ستبرای آن تا ۲۰۰۰ متر افزایش می‌یابد. هر دو مرز سازند سنگانه با واحدهای زیرین (سازند سرچشمه) و بالایی (سازند آیتامیر) هم‌شیب است ولی گاهی تفکیک سرچشمه و سنگانه ناممکن است.

دیرینه این مجموعه برپایه میکروفسیل‌های یافت شده در آن، آپسین Aptian تعیین شده است. شماری از فسیل‌های مشخص این واحد به شرح زیرند:

Orbitolina discoidea , *Orbitolina throchus* , *Lenticolina* sp. , *Orbitolina lenticularis* , *Orbitolina lenticularis* , *Textolaria* sp. .

سازند آیتامیر K_a :

بخش زیرین سازند آیتامیر از ماسه‌سنگ متراکم تشکیل شده است و بخش بالایی آن دربردارنده شیل است. گلوکونیت فراوان در دو بخش یاد شده سبب شده تا این سازند سیمای سبز زیتونی داشته باشد که راهنمای خوبی برای شناسایی آن است. ستبرای این سازند در کنترل گسل‌های طولی هم‌زمان با رسوبگذاری است و در یک نگاه کلی، از شمال به جنوب ستبرای آن کاهش می‌یابد. در بیشتر برش‌ها مرز زیرین سازند

آیتامیر با سازند سنگانه تدریجی و مرز بالایی آن همواره فرسایشی و نشانگر خشکی زایی اوایل کرتاسه پسین است.

بخش ماسه سنگی سازند آیتامیر در محل برش الگو، بدون سنگواره است ولی در دیگر نواحی دارای آمونیت های سنومانین پیشین است. بخش شیلی (بالایی) سازند آیتامیر در بردارنده روزن داران گوناگون با سن سنومانین است. ولی سن آپسین پسین - سنومانین میانی قابل قبول تر است. سید امامی (۱۳۷۲) آمونیت های شاخصی همچون *Acanthohoplites sp.* و *Mantelliceras* را از این واحد گزارش نموده است که بر این اساس سن آن را سنومانین در نظر گرفته است.

۲-۳-۳- افیولیت

در محدوده نقشه شهرستان مشهد دو مجموعه افیولیتی با دو تاریخچه و سن جداگانه دیده می شوند. مجموعه اول، افیولیت مستقر در جنوب شهر مشهد و شمال شهر فریمان است که به اقیانوس تتیس کهن با دیرینه پرمین تا تریاس تعلق دارد. مجموعه دوم، افیولیت مستقر در جنوب شهر فریمان و شمال شهر تربت حیدریه است که به اقیانوس تتیس جوان با دیرینه کرتاسه تعلق دارد. در ادامه واحد های هر مجموعه را به طور جداگانه شرح می دهیم.

۲-۳-۳-۱- افیولیت پالئوتتیس:

این مجموعه افیولیتی که سن کربونیفر تا پرمین برای آن در نظر گرفته شده، شامل واحد های سنگی زیر است:

واحد P^{sd}:

ماهیت افیولیتی داشته و شامل ورلیت، دونیت، گابرو، میکرو گابرو، اسپیلیت، بازالت و لاوای بالشی است که در آن ها زیر تأثیر دگرسانی (آلتراسیون) کانی های جدیدی چون سریسیت، کلریت، اپیدوت، اکسید آهن، سرپانتین و کربنات شکل گرفته اند. این مجموعه افیولیتی بقایای پوسته اقیانوسی پالئوتتیس است که بعنوان جزئی از منشور فزاینده پس از برخورد قطعه لیتوسفری توران بر روی لبه ایران رانده شده اند و به همین دلیل بیشتر سطوح تماس این واحدها بصورت راندگی است. برای مجموعه یاد شده سن دقیقی نمی توان بیان

کرد ولی محدوده سنی که برای آن می توان ارائه داد، پیش از تریاس میانی (یعنی زمان پایان برخورد دو پوسته قاره‌ای) می باشد.

واحد P^{ub} :

این واحد شامل سنگ های بازیک و الترابازیک است که رنگ تیره ای داشته و زیر تأثیر التراسیون قرار گرفته اند.

واحد P^{sh} :

این واحد واجد رسوبات مختلفی است که در مناطق ژرف بستر اقیانوسی و بر روی پوسته اقیانوسی تشکیل شده‌اند و شامل ردیفی از سنگ های دگرگونی همچون مجموعه ای از اسلیت، فیلیت، ماسه سنگ دگرگون شده، چرت، سنگ آهک پلاژیک، توف دگرگون شده، شیل های رادیولاریت دار و گدازه های دگرگون شده است.

اسلیت ها و فیلیت ها خاکستری رنگ بوده و طبقه بندی اولیه خود را نشان می دهند. این سنگ ها دارای زمینه ای دانه ریز از کوارتز، فلدسپات و کانی های رسی هستند و رشته های ظریف کانی های میکایی و اکسید آهن در آن ها مشاهده می شود. توف ها حاصل فعالیت های انفجاری بوده و گدازه با ترکیب مافیک حاصل فوران آتشفشان های زیر دریایی هستند که کاوکه های موجود در آن ها توسط سیلیس و فلدسپات پر شده است. وجود سنگ آهک های نازک لایه که در نواحی ژرف (پلاژیک) تشکیل می شوند و تناوب چرت و شیل های رادیولاریت دار مؤید تشکیل واحد بالا در نواحی ژرف دریا و بر روی بستر اقیانوسی می باشد. طبقه بندی مدرج در اسلیت ها و فیلیت ها و لایه بندی دانه بندی شده تیغه های قلیایی در سنگ مؤید توربیدایت بودن رسوب های نخستین این سنگ ها است. جریان های آشفته رسوب های یاد شده را در سرازیری قاره ای و مغاک اقیانوسی برجای گذاشته اند.

واحد P^t :

این واحد شامل ماسه سنگ های گریوکی دگرگون شده، سنگ آهک های بلورین تیره رنگ، اسلیت، کالک شیبست و ماسه سنگ های توفی است. رنگ اسلیت ها، فیلیت ها و کالک شیبست که بیشترین حجم سنگی این واحد را تشکیل می دهند، خاکستری متمایل به سبز است. این سنگ ها از کانی های ایلیت،

سرسیت، میکای سبز یا کلریت، کوارتز، فلدسپار و گاه کربنات تشکیل شده است. مشخصه آن‌ها در نمونه دستی دارا بودن برگ‌وارگی و رنگ سبز می‌باشد. لایه‌هایی از سنگ‌های آواری دانه ریز چون آرژیلیت‌ها و ماسه سنگ‌های دانه ریز هم در این رسوبات دیده می‌شوند. شواهد نشان دهنده منشأ توریدایتی برای آن‌ها است.

واحد P¹:

این واحد شامل سنگ آهک کریستالین ضخیم لایه است که بصورت یک باندها در مجاورت واحدهای دیگر قرار می‌گیرد. در جنوب شهر مشهد فسیل‌های زیر در آن یافت شده است:

Stafella sp. parafusulina sp. schubertella ep. tentularia sp

فسیل‌های فوق سن پرمین بالا را برای این واحد مشخص می‌کنند.

۲-۳-۳-۲-۱ فیولیت نئوتیس:

این مجموعه افیولیتی که سن کرتاسه برای آن در نظر گرفته شده، شامل واحدهای سنگی زیر است:

آمیزه رنگین کامل CM:

این واحد به طور تقریب همه بخش‌های ردیف افیولیتی را به صورت مخلوطی رنگین و به شدت تکتونیزه و دگرسان شده داراست. این واحد در مناطقی که گسل‌های رورانده حضور دارند گسترش و توسعه پیدا کرده است. به دلیل اینکه بخشی از فرآیند مخلوط شدگی و ایجاد آمیزه رنگین پس از زمان جایگزینی سایر واحدهای افیولیتی انجام می‌گیرد، از این رو سن واحد CM را معادل و یا جوان تر از واحد‌های موجود در مجموعه افیولیتی می‌دانند.

گابرو - دیاباز K^{gb}:

به نظر می‌رسد که مرز بین گابرو و سنگ‌های سرپانتینی و پریدوتیتی حالتی گذرا و تدریجی دارد. در این مناطق گابرو به صورت میکرو گابرو مشاهده می‌شود. اما در مرز واحدها گابروها به صورت درشت بلور قابل مشاهده اند. سنگ‌های مزبور به رنگ روشن و خاکستری دیده می‌شوند. ارتباط سنگ‌های توده‌ای گابرو دیابازی با گابروهای لایه‌ای توسط گسل‌های تراستی بریده شده است. نمونه‌های این واحد در مقاطع میکروسکوپی بافت گرانولار تا پوئیکلیتیک دارند و در آن‌ها پلاژیوکلاز به صورت شکل دار و

نیمه شکل دار مشاهده می شود. پیروکسن از کانی های اصلی است که بر اثر پدیده اورالیتی شدن به آمفیبول تبدیل شده است. در این سنگ ها ترمولیت، اکتینولیت و پرهینیت دیده می شود. از این رو به نظر می رسد که این سنگ ها دو مرحله دگرگونی را طی کرده باشند که آخرین مرحله آن به صورت دگرگونی بازگشتی می باشد.

دایک های دیابازی و ریز بلور در بسیاری از مواقع رخنمون هایی از سنگ های اولترامافیک را قطع می کنند. در میان شبکه ای که توسط دایک ها به وجود آمده است سنگ های سرپانتینی و هارزبورژیته دچار چین خوردگی و دگرسانی شده اند. این سنگ ها مجموعه ای از دیاباز تا آندزیت پیروکسن دار می باشند که به علت دگرسانی به سختی می توان کانی های اولیه آن ها را تشخیص داد. در نمونه دستی رنگ هوازده آنها خاکستری تا قهوه ای کرم و در سطح تازه سبز خاکستری است.

نمونه های این واحد هولوکریستالین و ریز بلور دارای بافت اینترگرانولار، کمی پورفیریتیک با زمینه اینترسرتال، واریولیتیک ساب افیتیک و اینترسرتال هستند. ترکیب کانی شناسی آن ها شامل پلاژیوکلاز (تجزیه شده به کانیهای رسی، سرسیت، کلریت و...)، فلدسپات آلکالن، کوارتز به مقدار کم و به صورت رشد توام با فلدسپات (میرمکیت) و کانی های ثانویه آمفیبول (ترمولیت و اکتینولیت) به شکل های تخته ای و منشورهای سوزنی، کلسیت، کلریت، کوارتز، اپیدوت و همچنین کانی های فرعی لوکوسن، کانی های کدر و اکسید آهن است.

دیاباز K^{db}:

از دیدگاه مورفولوژی مناطقی کم ارتفاع را با دره هایی به نسبت پهن به وجود آورده اند. سنگ های این واحد را می توان متادیاباز نامید زیرا در اثر بازشدگی کف اقیانوس نوعی دگرگونی گرمابی در آن ها رخ داده است که موجب سوسوریتی و پرهینیتی شدن پلاژیوکلازها و اورالیتی شدن پیروکسن ها شده است. این دگرگونی در حد رخساره شیبست سبز است. نتایج تجزیه شیمیایی نمونه های این واحد در نمودار مثلثی $Na_2O + K_2O$ و MgO, FeO در محدوده توله آیتی قرار گرفته است. در برخی نقاط این واحد را می توان در پیکره دایک های دیابازی مشاهده کرد که با روند های گوناگون و ستبرای متفاوت، واحد های

هارزبورژیته را قطع کرده اند. در حقیقت این سنگ ها به صورت توده های به نسبت کوچک و تیره رنگ درون سنگ های اولترامافیکی با آرایشی گنبدی شکل و جدا افتاده از هم دیده می شوند.

ارتباط این واحد با سایر سنگ ها اغلب به صورت گسلی و از نوع گسل های تراستی است. از همین رو به طور فراگیر حاوی خردشدگی زیادی هستند. دایک های دیابازی تحت تاثیر پدیده رودنگیتی شدن به مجموعه ای از دیوپسید، گارنت، پرهنیت و سیلیس تبدیل شده اند. در محل حضور این دایک ها رگه ها و رگچه های هیدرو منیزیت سفید رنگ دیده می شود. در برخی نقاط این واحد ویژگی های اسپیلیتی نشان می دهد. به طوری که در آن رگچه هایی متشکل از بلورهای درشت کوارتز، همراه بلور های آلپیت رشد کرده اند. جایگاه چینه شناسی این واحد در ردیف افیولیتی، بالاتر از کومه های گابرویی است. این دایک ها می توانند تغذیه کننده یک افق بالاتر (از جمله گدازه های بازالتی بالشی) باشند.

نمونه های این واحد هولوکریستالین و ریز بلور دارای بافت اینترگرانولار - اینترسرتال، کمی پورفیریتیک با زمینه اینترسرتال، واریولیتیک ساب افیتیک و اینترسرتال هستند. ترکیب کانی شناسی آن ها شامل پلاژیوکلاز شکل دار تا نیمه شکل دار (تجزیه شده به کانیهای رسی ، سرسیت ، کلریت و کلسیت) فلدسپات آلکالن (تجزیه شده به کانی های رسی ، سرسیت و کلریت)، کمی کوارتز به صورت رشد توام با فلدسپات (میرمکیت) و کانی های ثانویه آمفیبول (ترمولیت و اکتینولیت) و نیز کانی های کدر و اکسید آهن است.

لاوای اسپیلیتی K^{SP} :

این واحد از لحاظ ریخت شناسی ارتفاعات متوسطی را به وجود آورده است. ضخامت آن در حدود ۴۰۰ تا ۵۰۰ متر است. رنگ نمادین سنگ های آن سبز متمایل به تیره است. سنگ های مزبور بخشی از واحد گدازه بالشی است که در بخش های زیرین آن برونزد پیدا کرده است. مرز این واحد با بیشتر واحد های زمین شناسی از جمله سنگ های اولترامافیکی گسله است. این واحد به صورت گدازه های بالشی و برش های هیالوکلاستیکی است که همراه با آن بخش های شیلی، شیل ماسه ای و سنگ آهک پلاژیکیک دیده می شوند.

به طور کلی مسیر خروج بازالت ها اعم از گدازه های بالشی و پیروکلاستی (برش های هیالو کلاستیک)، دایک های دسته ای و یا دایک های ورقه ای است. دگرسانی این دایک ها شامل اپیدوتی شدن، کلریتی شدن و کلسیتی شدن بوده است. در این واحد بازالتی، کانی سازی منگنز دیده می شود. ترکیب سنگ شناختی این واحد شامل آندزیت بازالت تا بازالت اسپیلیتی است. بافت سنگ های واحد مذکور اینترگرانولار حفره دار است که بخشی به صورت پورفیریتیک با زمینه اینترسرتال و برخی میکرولیتی بوده و پورفیرها شامل کانی مافیک اولوین (کاملاً ایدنگستی شده) است. زمینه سنگ را میکرولیت های پلاژیوکلاز با ترکیب سدیک - کلسیک و برخی با ترکیب آلپیت، همراه با دانه های کلینو پیروکسن (تیتان اوژیت) و دانه های اولوین ایدنگستی تشکیل می دهد.

کانی های ثانویه شامل کلریت، کلسیت، فلدسپات آلکالن و سیلیس و کانی های فرعی شامل کانی های اوپاک (اکسید آهن و شیشه اکسیده) است. در ضمن حفرات سنگ توسط کلسیت و گاه فلدسپات الکالن پر شده است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی نام سنگ آلکالی الیوین بازالت آمیگدوئیدال (در محدوده سنگهای اسپیلیتی) می باشد.

گدازه های بالشی K^v :

این واحد دارای رخنمون های متعددی از گدازه های تیره سیاه تا سبز خاکستری با ترکیب آندزیت تا آندزی بازالت حفره دار (حفرات بزرگ و کوچک جانشین شده توسط کوارتز و کلسیت) و بدون چینه بندی با حاشیه سرد شده و بالش هایی به اندازه ۲۵ سانتی متر تا ۲ متر می باشد. گسترده ترین و زیبا ترین مقاطع گدازه های بالشی آن شامل ردیف ستبری از گدازه های بازالتی زیر دریایی با ساخت بالش است.

جایگاه چینه ای این واحد بر روی دایک های صفحه ای دیابازی تغذیه کننده گدازه های یاد شده می باشد. این گدازه ها با مرز گسله بر روی سایر واحد ها قرار گرفته اند. سنگ های گدازه ای این واحد دارای ساخت بالشی هستند که سطوحی کاملاً مدور و بیشتر بیضوی را به وجود آورده اند. بافت پرفیریتیک با زمینه اینترسرتال، میکرولیتیک جریانی تا میکرولیتیک پورفیری بوده و ترکیب کانی شناسی آن ها شامل بلورهای پلاژیوکلاز با بافت تجمعی (تبدیل شده به فلدسپات الکالن با مقداری کلریت) همراه با میکرولیت های پلاژیوکلاز سدیک در زمینه سنگ و پیروکسن تجزیه شده به کلریت و اکسید آهن می باشد. کانی ثانویه

کلریت و کانی فرعی آن اکسید آهن است. همچنین در این واحد بخش‌هایی با بافت حفره‌ای نیز دیده می‌شود که این حفرات توسط کانی‌های ثانویه پر شده‌اند.

این گدازه‌ها در برخی مناطق توسط دایک‌های دیابازی قطع شده‌اند. بر روی این واحد و همراه با آن بخش‌های ولکانیکی برشی و آگلومرایبی با رنگ تیره برونزد دارد. این گدازه‌ها گاهی توسط آهک پلاژیک در برگرفته شده‌اند. حضور رگه و رگچه‌های کلسیتی در این واحد امری عادی است. در بخشی از واحد مزبور که به دلیل اسپیلیتی شدن تحت نام عمومی بازالت اسپیلیتی تفکیک شده است آثاری از کربنات مس (مالاکیت و آزوریت) دیده می‌شود.

سیلیس، توف و دیاباز K^{sh} :

این واحد را می‌توان به ۳ بخش تقسیم نمود:

الف- سنگ‌های سیلیسی که در بخش‌های آتشفشانی با خاصیت اسیدی یافت می‌شوند که میزان سیلیس موجود در آنها بالا است.

ب- بخش توفی واحد که به صورت کریستال لیتیک توف و در برخی نقاط به صورت تناوبی از توف و ماسه سنگ توفی دیده می‌شود.

ج- سنگ‌های دیابازی که بیشتر به صورت دایک و سیل‌های دیابازی با رنگ سبز خاکستری سایر لایه‌ها را قطع کرده‌اند. این بخش دیابازی به دلیل دگرسانی و هوازگی توپوگرافی ملایمی را ایجاد کرده‌اند.

سنگ آهک گلوبوترونکانا دار K^{lr} :

این واحد به صورت رخنمون‌های برجسته آهکی به رنگ صورتی و قرمز در مجموعه افیولیتی است. سنگ آهک فوق پلاژیک بوده و وابسته به نواحی ژرف دریا بوده و دارای میکرو فسیل نواحی ژرف (گلوبوترونکانا) است. در بسیاری نقاط واحد به صورت تناوبی از سنگ آهک پلاژیک گلوبوترونکانا دار و چرت رادیولر دار قرمز رنگ دیده می‌شود. چند گونه از میکرو فسیل‌های گلوبوترونکانای یافت شده در این واحد عبارتند از:

Globotruncana area, Globotruncana renzi, Globotruncana lapparanti

با توجه به فسیل‌های فوق سن واحد یاد شده کرتاسه بالایی است.

کنگلو مرای قرمز E^{c1} :

این واحد به صورت کنگلو مرای خاکستری تا قهوه ای روشن مایل به زرد قهوه ای تا قرمز مشاهده می گردد. قلوه های تشکیل دهنده این کنگلومرا از ۲ میلی متر تا ۳۵ سانتی متر و گاهی بزرگتر و از جنس کوارتزیت می باشند. در بین این دانه ها قطعاتی از کنگلومرای ائوسن ، آهک های کرتاسه و سنگ های پالئوزوئیک و مزوزوئیک نیز مشاهده می شود. از ویژگی های آن گردشگی خوب، فشردگی متوسط، جورشدگی بد، سیمان سخت آهکی با میان لایه هایی ماسه سنگی است. این کنگلومرا با ناپیوستگی زاویه دار یا تراست شدگی بر روی نهشته های پالئوسن، کرتاسه و حتی کهن تر از آن جای گرفته است و با سنگ های آتشفشانی ائوسن زیرین پوشانیده شده است. این واحد با کنگلومرای ائوسن هم ارز دانسته شده است.

مارن، گچ و نمک (E^m) :

در جنوب و جنوب باختری شهرستان مشهد در واحد های ساختاری بینالود واحدی حاوی مارن، مارن گچ دار، گچ و نمک به رنگ خاکستری روشن مایل به سبز روشن و در برخی موارد مایل به قرمز مانند یک نوار امتداد دارد. این واحد به صورت ردیفی از گچ در بالا و مارن با میان لایه هایی نازک از ماسه سنگ در زیر به همراه مقداری کانی تبخیری مانند نمک برونزد دارد. این واحد با سطوح فرسایشی نرم و رنگ روشن مشخص است. ستبرای آن نزدیک به ۶۰۰ متر تخمین زده می شود و ستبرای بخش گچ دار در برخی مناطق تا ۱۵ متر می رسد.

کنگلو مرای E^{c2} :

این واحد کنگلو مرایی از قلوه های درشت با عناصری از جنس آندزیت و بازالت به رنگ خاکستری تا سیاه تشکیل شده است که در بخش جنوبی باختری مشهد و شمال تربت حیدریه رخنمون دارد. ستبرای برآورد شده برای این واحد در حدود ۲۰۰ متر است.

توف سبز E^{vsg} :

این واحد سنگی از توف های بلورین با لایه بندی ضخیم تا متوسط به رنگ سبز تا خاکستری روشن با بافت حاصل از تبلور شیشه (devitrification) که دارای قطعات کلاستیک به صورت پورفیرو کلاست است، تشکیل گردیده است.

کنگلو مرا و ماسه سنگ EO^c :

به صورت یک واحد کنگلومرای ستر لایه و توده ای است که در بخش فوقانی آن میان لایه هایی از ماسه سنگ دیده می شود. اندازه دانه های سازنده کنگلومرا ۲ میلیمتر تا ۴۰ سانتیمتر بوده، فشردگی و گردشدهی خوب، جورشدگی ضعیف و خمیره ای از جنس ماسه از مشخصات این کنگلومرا است. بتدریج از پایین به بالا بر ضخامت ماسه سنگ افزوده می شود به گونه ای که کنگلومرا تبدیل میان لایه هایی در بین ماسه سنگ می شود و در نهایت این واحد به طور کامل به ماسه سنگ تبدیل می شود. در افق های بالایی میان لایه هایی نازک از مارن در بین ماسه سنگ ها دیده می شود.

ماسه سنگ، گچ، مارن O^s :

لیتولوژی این واحد متشکل از ماسه سنگ ستر لایه برنگ خاکستری مایل به سبز با میانلایه هایی از شیل و مارن های سفید، خاکستری و قهوه ای است که همراه با رسوبات تبخیری مانند گچ نیز مشاهده می شود. این رسوبات در اکثر موارد به طور دگر شیب رسوبات قدیم تر را می پوشانند و اغلب تحت تاثیر گسلش و روراندهی قرار گرفته اند که در اثر آن در برخی مناطق به صورت خرد شده و گاهی برگشته قابل مشاهده اند. این رسوبات خود توسط رسوبات نئوژن پوشیده شده اند. این واحد به طور جانبی و عمودی تغییر رخساره داده است و به کنگلومرا، ماسه سنگ و سیلت و مارن تبدیل شده است. سترای این لایه تا ۲۰۰ متر است.

کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلتستون، مارن و گچ Ng^{cs} :

تناوبی از کنگلومرا و ماسه سنگ به رنگ خاکستری، دارای دانه بندی در حدود ۲ میلیمتر تا ۱۰ سانتی متر، گرد شدگی خوب، سخت شدگی خفیف و جورشدگی متوسط می باشد.

لایه های ماسه سنگی نیز رنگی خاکستری دارند و متوسط دانه اند. ضخامت آن ها زیاد بوده و خمیره ای آهکی دارند. بتدریج تناوب کنگلومرا و ماسه سنگ به تناوبی از ماسه سنگ و مارن تبدیل می شود و بعد از آن تناوبی از مارن و کنگلومرا را شاهد هستیم. در برخی از بخش ردیفی از مارن و گچ با میان لایه هایی از ماسه سنگ های سست و شیل های سیلتی برونزد دارد که در آن چین خوردگی هایی دیده می شود که

بتدریج به ردیفی از سیلت سنگ، ماسه سنگ‌های نازک لایه با میان لایه‌های کنگلومرا، مارن گچ دار به رنگ قرمز قهوه‌ای تا خاکستری تبدیل می‌شوند.

کنگلو مرا، ماسه سنگ، سیلت سنگ و گچ (Q^{1c}):

در این واحده صورت تناوبی از کنگلو مرا و ماسه سنگ‌های دانه درشت به رنگ قهوه‌ای روشن تا زرد قهوه‌ای و سیلت سنگ دیده می‌شود که دارای لایه بندی ضخیم می‌باشد. قلوه‌های موجود در این کنگلومرا از سنگ‌های قدیمی تر (بیشتر قلوه‌های کوارتزیته سازند تکنار) با گرد شدگی خوب و جور شدگی متوسط تا بد در حد پیل تا بولدر تشکیل شده است. به همراه آن نهشته‌هایی قرمز رنگ مارن گچ دار و لایه‌های نازک گچ و میان لایه‌هایی از ماسه سنگ‌های دانه ریز و همچنین سیلت سنگ نیز دیده می‌شوند. قطعات این واحد به وسیله سیمان کربناته به نسبت سست در کنار یکدیگر قرار گرفته‌اند.

تراورتن Q^{tr}:

تراورتن و رسوبات کربناتی چشمه‌های آهک ساز به بر روی رسوبات پلیوکواترنر روان شده است، کرم رنگ بوده و در جنوب و جنوب باختر ملک آباد رخنمون دارند.

لس‌ها Q^l:

لس‌ها نهشته‌هایی متخلخل، بدون لایه‌بندی و زرد تا قهوه‌ای رنگ هستند که دیاژنز زیاد بر روی آن‌ها اثر نکرده است. از دیدگاه اندازه، بیشتر در اندازه سیلت دانه متوسط تا دانه درشت هستند. در برخی لس‌ها نوعی حلزون هوازی به نام هلیکس (Helix sp.) دیده می‌شود که دلالت بر بادی بودن منشاء این رسوبات دارد. آشفته‌گی‌های زیستی از قبیل حفاری موجودات گوناگون با اشکال لوله‌ای در این رسوبات نیز دیده می‌شود.

مخروط افکنه و پادگانه‌های قدیمی Q^{t1}:

این نهشته‌های جوان بیشتر از رسوبات مخروط افکنه پای کوهستان تشکیل شده‌اند. ارتفاع این نهشته‌ها نسبت به سایر نهشته‌های کواترنری زیاد می‌باشد.

مخروط آبرفتی و واریزه Q^{t2p}:

این نهشته‌ها شامل ردیفی از رس، مارن و دانه‌های گرد شده از ۲ میلی متر تا ۱۵ سانتی متر و گاهی بزرگتر اند که به صورت مخروط افکنه و ته نشست‌های سخت نشده بوده که از دیدگاه توپوگرافی آن‌ها

نیز هم سطح پادگانه های جوان هستند. این ردیف بر روی رسوبات پادگانه های قدیم و در زیر پادگانه های جوان واقع شده اند.

مخروط افکنه و پادگانه های جوان و کم ارتفاع Q^{t2} :

این واحد مجموعه ای از نهشته های آبرفتی سست و تحکیم نیافته است که فاقد سیمان بوده و در فرو دست ارتفاعات و مکان های کم شیب تشکیل شده اند. ذرات دانه ریز در اندازه سیلت و رس و اندکی شن و ماسه مواد تشکیل دهنده آن هستند.

ریخت پست و همواری داشته و با دور شدن از برونزد های سنگ منشأ خود، گسترش بیشتری می یابند. گرچه از نظر ترکیب، بافت و دانه بندی تفاوت هایی خواهند داشت.

کفه های رسی و گلی Q^{sf} :

پهنه های رسی و گلی از رسوبات ریز دانه رس، مارن، سیلت و کانی های تبخیری چون گچ تشکیل یافته اند که حاصل فرسایش رشته کوه های مجاور می باشند. این نهشته ها به صورت پهنه هایی با شیب بسیار ملایم در پایین دست مخروط افکنه ها تجمع دارند که دانه های ریزتر آن ها به صورت معلق توسط باد جابجا شده و فاقد پوشش گیاهی هستند.

واحد آبرفت های جوان Q^{al} :

این نهشته ها عمدتاً در مسیر رودخانه ها و آبراهه های اصلی و فرعی توزیع شده اند و بیانگر بستر رودها، مسیل ها و آبراهه ها هستند.

۲-۴- سنگهای نفوذی و آذرین :

مهم ترین جلوه فعالیت های ماگمایی در محدوده شهرستان مشهد توده گرانیتوئیدی با روند عمومی شمال باختر- جنوب خاور و وسعتی حدود ۲۶۰ کیلومتر مربع می باشد. از نظر فازهای ماگمایی سه فاز اصلی در این پلوتون تشخیص داده می شوند.

فاز نخست بیشتر گرانودیوریتی (g^1) است و در نواحی جنوب خاور گسترش دارد و آنکلاوهای آن درون تورمالین مسکویت گرانیت (g^2) دیده می شود. در فاز پنوماتولینی رگه های پگماتیستی و آپلیتی (g^{1-3}) همه این مجموعه را قطع میکنند. رخنمون جالب این مجموعه به طور بارزی در کوه خواجه مراد تجلی دارد. رگه های

پگماتیته ضخامتی بین ۰/۵ تا ۱ متر دارند. مینرالوژی رگه های پگماتیته شامل فلدسپات پتاسیم کوارتز مسکویت های درشت بلور و پلاژیوکلاز و در پاره ای نقاط بریل می باشد در بعضی مناطق میزان فلدسپات به نحوی افزایش می یابد که بهره برداری آنرا اقتصادی می نماید.

گرانیتوئید مشهد توسط ضرغام معزز (۱۹۷۴) کریمپور (۱۹۹۲) میرنژاد مطالعه شده است. براساس آنالیزهای انجام شده ۸۵٪ نتایج بر روی دیاگرام، زمان پس از کوهزایی Postorogenic را نشان می دهند. (مانیاری. پیکولی ۱۹۸۶). کریم پور- محمدحسن (۱۹۹۲) گرانیتوئید مشهد را با توجه به مطالعه برخی شواهد بویژه در ناحیه خلیج، که شیستوزیته توده گرانیتی را قطع می کند، از نوع برخوردی Collision Type می داند. این مسئله دور از نظر نیست که احتمالاً گرانیت مشهد شامل هردو تیپ گرانیت برخوردی و پس از کوهزایی باشد. ضرغام معزز و آلبرتی (۱۹۷۴) سن جایگزینی توده گرانیتی را به روش پتاسیم- آرگن، ژوراسیک بالایی- کرتاسه زیرین می دانند. ولی با توجه به وجود پیل های گرانیتی در قاعده سازند کشف رود (باژوسین) از یک طرف و عنایت به این مطلب که توده نفوذی مجموعه افیولیتی مشهد، رسوبات توریدایتی با سن تریاس را قطع میکنند، سن تریاس بالایی - ژوراسیک زیرین قابل قبول تر می باشد. در ادامه این واحدهای سنگی شرح داده می شوند.

گرانیت پورفیری و گرانیتوئید g^1 :

شامل بیوتیت گرانودیوریت است. حضور بیوتیت فراوان در این سنگ، ظاهری تیره رنگ به آن داده است. از ویژگی های دیگر آن وجود پورفیرهای فلدسپات آلکالن پتاسیک در آن می باشد که به دلیل داشتن انکلوزیونهای بیوتیت و سایر کانی ها، احتمالاً بر اثر رشد ثانوی بر اثر حرارت ناشی از فاز ماگمایی دوم متشکل شده اند. با توجه به حضور کانی بیوتیت و هورنبلند همچنین دارا بودن انکلاوهای ریز دانه ماگمایی و پاره ای ویژگی های ژئوشیمیایی می توان این واحد را از نوع I در نظر گرفت. بیشترین برونزدهای آن در جنوب کوه خواجه مراد تا رباط خاکستری است.

لوکو گرانیت g^2 :

این واحد شامل گرانیت دو میکایی است. به دلیل حضور هر دو نوع میکای بیوتیت و مسکویت در آن، رنگ سنگ روشن بوده و با توجه به وجود فراوانی بیشتر فلدسپات پتاسیک نسبت به پلاژیوکلاز، در محدوده

گرانیت قرار می‌گیرد. گرانیت g^2 فاقد انکلاو و ریز دانه ماگمایی است، اما اغلب در آن می‌توان انکلاوهای میکا دار را مشاهده کرد که بیشتر از میکا و پورفیروبلاست های گارنت تشکیل شده است. حضور این انکلاوها که به عنوان بقایای ذوب می‌باشند نشان می‌دهد که گرانیت های g^2 از نوع s بوده و بر اثر آاناتکسی سنگ های دگرگونی درجه بالا بوجود آمده اند.

آپلیت و پگماتیت g^{1-3} :

به پگماتیت و آپلیت با ترکیب گرانیتی گفته می‌شود که به دلیل فاز سیال زیاد، در مرحله پنوماتولیتی ماگمایی، دارای کانی های فلدسپات آلکالن، کوارتز و میکای سفید درشت بلور هستند. از کانی های فرعی مهم درون آن ها می‌توان به گارنت، تورمالین و بریل اشاره نمود. بیشترین برونزد آن ها در کوه خواجه مراد است که هم به صورت توده ای و هم رگه ای با طول و پهنای زیاد دیده می‌شوند. با دورشدن از این قسمت از مقدار پگماتیت و آپلیت و تراکم رگه ها و نیز ضخامت آن ها کاسته می‌شود. این سنگ ها هر دو واحد g^1 و g^2 را قطع کرده اند و از آن ها جوانتر هستند.

مطالعات سنگ شناسی و ژئوشیمی این مجموعه نشان می‌دهد که از لحاظ ماهیت ژئوشیمیایی پرآلمین و کالکوآلکالن بوده و از نظر محیط تکتونیکی ccg و گرانیتوئید نوع برخوردی می‌باشند. البته نمونه های واحد g^1 در محدوده قبل از برخورد قرار دارند. احتمالاً واحد g^1 با فاز کوهزایی هرسی نین و واحد g^2 و g^{1-3} همزمان با فاز کوهزایی سیمیرین پیشین نفوذ کرده اند.

گرانیت g :

این واحد شامل سنگ های آذرین نفوذی از گونه گرانیت تا گرانودیوریت به رنگ خاکستری است. این سنگ ها دارای بافت دانه ای (گرانولار) متوسط تا درشت دانه بوده که درشت بلور های بیوتیت، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار و کوارتز به راحتی در زمینه سنگ قابل تشخیص اند. این توده ها افزون بر نهشته های سازند شمشک (لیاس)، رسوبات کنگلومرای کوارتزی (ژوراسیک میانی - بالایی) را بریده و در حد رخساره شیبست های سبز آن ها را دگرگون کرده اند. دانه های فرسایش یافته این سنگ در درون کنگلومرای ائوسن دیده می‌شود که با رسوبات کواترنری پوشانده شده است. با توجه به جایگاه چینه شناسی و موقعیت

این واحد چنین پنداشته می شود که سن سنگ های نفوذی گرانیت، گرانودیوریت پس از ژوراسیک میانی است.

۲-۵- چهارچوب ساختاری - چینه ای

منطقه ای که نقشه زمین شناسی آن تهیه شده شامل حوضه های ساختاری-رسوبی کپه داغ، محدوده مفصلی و بینالود است. تکتونیک حاکم بر منطقه نیز، بازتاب نحوه ارتباط این محدوده ها با یکدیگر است. بطور کلی گسل های راندگی و صفحات رورانده، عمده ترین ساختمان های زمین شناسی در منطقه هستند.

ارتفاعات بینالود، سلسله جبال خمیده با راستایی به تقریب خاوری-باختری و تحدیبی به سمت شمال است که در لبه شمال خاوری قطعه لیتوسفری ایران جای گرفته و در برگیرنده سنگ ها و رسوبات پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک است. این سلسله جبال، یک نوارچین خورده و گسلیده از نوع نازک پوسته ای *Thin skinned fold and thrust belt* است که بدنبال تصادم میان قطعات لیتوسفری ایران و توران در حاشیه شمال خاوری ایران تشکیل شده است. وجود برخی شباهت های رخساره ای و تأثیر چین خوردگی ها باعث گردیده تا بینالود را زونی تدریجی بین ایران مرکزی و البرز در نظر بگیرند (نبوی ۱۳۵۵). محدوده مفصلی بین محدوده بینالود و کپه داغ واقع شده و شامل سنگ های دگرگونی و مجموعه افیولیتی است. مجموعه افیولیتی و سنگ های دگرگون شده مرتبط با آن، نوارهایی بطول دهها کیلومتر با روند شمال باختر - جنوب خاور را در دامنه شمالی ارتفاعات بینالود تشکیل می دهند. این محدوده، محل برخورد قطعه لیتوسفری ایران در جنوب و قطعه لیتوسفری توران در شمال است که با بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس (*Paleotethys*) همراه بوده است (علوی ۱۹۹۱، ۱۹۷۹). خط مفصل (*Suture*) پالئوتتیس در جنوب مشهد و شمال ارتفاعات بینالود قرار می گیرد فسیل های بدست آمده از سنگ آهک های نازک لایه در رسوبات توریدایتی مربوط به کمپلکس افیولیتی، سن پرمین بالا را برای این مجموعه نشان می دهند. در این محدوده گسل ها بطور عمده از نوع راندگی اند که صفحه‌هایی از واحدهای گوناگون را بر روی یکدیگر قرار داده‌اند. گسل های امتدادی در بعضی نقاط این گسل ها را قطع می کنند (علوی، مهدی ۱۹۸۹). به تقریب تمامی گسل های راندگی، روندی شمال باختر - جنوب خاور ی داشته که منطبق بر روند آلپی ایران زمین است و سوی حرکت در تمامی آن ها از شمال، شمال خاور به سمت جنوب، جنوب باختر است (علوی ۱۹۹۱-۱۹۷۲). این راندگی ها بیانگر کوتاه شدگی در راستای شمال خاور - جنوب باختر هستند که تحت

تأثیر یک میدان استرس انقباضی (Compressive) ایجاد شده و منجر به ایجاد گسل‌های امتداد لغز و شکستگی‌های کششی نیز شده است. عامل این استرس انقباضی را می‌توان مرتبط با بسته شدن اقیانوس پالئوتتیس و تصادم قطعات لیتوسفری توران و ایران دانست که باعث فروانش قطعه لیتوسفری ایران به زیر قطعه لیتوسفری توران گردیده است (علوی ۱۹۹۱-۱۹۷۲). در این زون، چین‌های موجود در واحدهای سنگی، بیشتر از نوع خوابیده هستند. که باعث تکرار واحدهای مختلف سنگی شده‌اند. چین‌های موجود در جنوب مشهد بیشتر از نوع برگشته (Over turned) و خوابیده (Recumbent) هستند، و وجودشان با فعالیت گسل‌های راندگی و حرکات صفحات رورانده در ارتباط بوده است. برگشتگی تمام آن‌ها به سمت جنوب - جنوب باختر و شیب سطح محوری آن‌ها به سمت شمال شمال خاور است (علوی ۱۹۹۱-۱۹۷۲).

محدوده کپه داغ از سازندهای گوناگونی تشکیل شده که بر روی پی سنگ خود با سن پیش از ژوراسیک قرار گرفته‌اند. روی پی سنگ را زنجیره‌ای ناپیوسته از سنگ‌های رسوبی با سن‌هایی از سر آغازهای ژوراسیک میانی تا عهد حاضر می‌پوشانند. مجموعه پی سنگ کپه داغ در دریچه فرسایشی در ناحیه آق‌دربند (واقع در شمال خاوری ایران) در معرض دید قرار دارد. تحلیل رسوب‌شناختی سنگ نهشته‌های حوضه کپه داغ نشان می‌دهد که این نهشته‌ها در حوضه‌هایی کم‌ژرفا و تا اندازه‌ای محدود بر جای نهاده شده‌اند که هر از چند گاه زیر تأثیر حرکات تکتونیکی بوده است (محیط رسوبگذاری اپی کانتیننتال). در گستره شهرستان مشهد به تقریب تمامی ردیف رسوبی حوضه رسوبی کپه داغ، برون زد دارند. راستای ساختمان‌های زمین‌شناسی موجود در این محدوده شمال باختر - جنوب خاور است.

عناصر ساختاری کپه داغ را چین‌ها و گسل‌هایی پدید می‌آورند که دارای ساختار به نسبت ساده‌اند. گسل‌ها بیشتر از نوع امتداد لغز و یا از نوع معکوس هستند و در نقاطی نیز گسل‌های راندگی دیده می‌شوند. بطور کلی بیشتر گسل‌ها به گونه شکننده عمل کرده‌اند و در سطح آن‌ها برش‌های گسلی دیده می‌شود. گسل‌های امتداد لغز به تقریب همه سازندهای متعلق به زون کپه داغ را در این ناحیه قطع می‌کنند و در بعضی مناطق حتی کواترنز را نیز زیر تأثیر خود برده‌اند. شیب گسل‌های معکوس زیاد (بین ۷۰ تا ۸۵ درجه) و جهت شیب آن‌ها به سمت شمال خاوری است. مقدار شیب این گسل‌ها از ۴۰ تا ۶۰ درجه بوده که این افزایش شیب به دلیل وجود تکتونیک پویا و چین خوردگی‌هایی است که باعث تغییر شیب گسل‌های

راندگی در بعضی قسمت ها شده است. چین های موجود در حوضه کپه داغ بیشتر از نوع چین های موازی هستند که تحت سیستم لغزشی خمشی (Flexural slip folding) ایجاد شده اند.

ویژگی مهم چین ها، زاویه میان دو یال آن ها است. بدین سان که هر چه به سوی شمال حوضه کپه داغ نزدیک شویم، چین ها، یال های بازتری را به نمایش می گذارند که دلیلی بر کاهش شدت تغییرات ساختاری است و برعکس هر چه به مرز کپه داغ و البرز نزدیکتر شویم، زاویه دو یال چین ها کمتر می شود، به گونه ای که در نواحی جنوبی کپه داغ، چین های خوابیده نیز دیده می شود. این موضوع شدت تغییرات ساختاری در این مرز را نشان می دهد. در قسمت های شمالی کپه داغ، طبقات رسوبی به صورت افقی هستند که گواهی بر نبود تأثیرها و حرکت های تکتونیکی است.

درزه ها یکی از ساختهای متداول موجود در کلیه سنگ های رسوبی، آذرین و دگرگونی موجود در منطقه هستند که حاصل رفتار شکننده (Brittle) سنگ در قبال نیروهای وارده بر آن است.

مطالعه گسل های راندگی و صفحات رورانده در منطقه بیانگر این امر است که راندگی ها از سه نسل عمده تشکیل شده اند. نسل اول گسل های راندگی شکل پذیری (ductile) هستند که وضعیت فضائی آن ها به موازات طبقه بندی بوده است. این نسل، در سه مرحله تریاس پسین - ژوراسیک زیرین (مانند گسل های راندگی موجود در مجموعه بقایای پالئوتیس) ژوراسیک میانی (مانند گسل راندگی کنگلومرای ژوراسیک و بقایای پالئوتیس) و کرتاسه زیرین (مانند گسل های راندگی بین واحدهای مختلف رسوبات ژوراسیک) دیده می شوند.

سبک ساختاری راندگی ها در این نسل از نوع anti formal stack است. نسل دوم گسل ها، راندگی هایی را شامل می شود که عناصر ساختمانی نسل اول را قطع کرده اند. راندگی ها در این نسل از نوع شکل پذیر شکننده (Brittle-ductile) هستند (Ram sey 1980) و سبک ساختاری در آن ها از نوع دوبلکس است که گسل های آن به سمت پس بوم شیب دارند. فعالیت این نسل با تشکیل مجموعه آواری پالئوسن همزمان است. نسل سوم در برگیرنده راندگیهای فلسی (Imbricate) است که رفتاری شکننده (Brittle) داشته و عناصر ساختاری راندگی های نسل دوم را قطع کرده اند (مانند راندگی های موجود در حوضه کپه داغ و جنوب بینالود).

گسل‌های سراسری مهمی که در محدوده این نقشه بازشناسی شده‌اند از شمال خاور به جنوب باختر عبارتند از:

۱- گسل جغری (Joghri F.): این گسل واحدهای سنگی مزوزوئیک را بر روی واحدهای مزوزوئیک و سنوزوئیک می‌راند. گسل مزبور واحد مارنی میوسن (Mrm) را قطع می‌کند ولی تأثیری بر روی واحد مارن کنگلومرای میوسین (Mr.m.c) نمی‌گذارد. بنابراین از لحاظ سنی پس از رسوبگذاری واحد مارنی میوسن (Mr.m) و قبل از تشکیل واحدمارن کنگلومرای میوسن (Mr.m.c) قرار می‌گیرد.

۲- گسل احمدآباد (Ahmadabad) جوانترین واحدی را که این گسل قطع می‌کند، واحد مارنی کنگلومرای واحد میوسین (Mr.m) است بنابراین از لحاظ سنی از گسل جغری جوانتر بوده و پس از رسوبگذاری واحد مارنی و کنگلومرای میوسین (Mr.m.c) و قبل از تشکیل واحد QPLc ایجاد شده است.

۳- گسل خیرآباد (Khyrabad F): این گسل جوانترین گسل موجود در زون کپه داغ است، زیرا بر روی رسوبات کواترن نیز تأثیر می‌گذارد. امتداد این گسل حتی بر روی عکسهای ماهواره ای ۱:۱۰۰۰۰۰ نیز به خوبی دیده می‌شود.

۴- گسل مانسار (Mansar F): گسل مزبور شاخه‌ای فرعی از گسل اصلی خیرآباد است.

گسل‌های جغری، احمدآباد، خیرآباد و مانسار در زون کپه داغ واقع شده‌اند و جهت راندگی در تمامی آنها از شمال، شمال باختر به جنوب، جنوب خاور می‌باشد. سبک ساختاری تمامی این گسلها بصورت فلسی (Imbricate) بوده و رفتاری شکننده (Brittle) دارند و با خردشدگی شدید در واحدهای سنگی سخت همراه می‌باشد.

۵- گسل شاندیز (Shandiz-sang bast F) گسل مزبور یکی از عمده‌ترین گسل‌های موجود در قسمت شمالی ارتفاعات بینالود است که بقایای پالئوتتیس و مجموعه توریدایتی همراه آن یا محدوده مفصلی (Suture Zone) را از زون بینالود جدا می‌کند. این گسل راندگی بوده و جهت راندگی در آن از شمال، شمال خاور به جنوب، جنوب باختر می‌باشد.

۶- گسل استاج (Ostaj F): گسل استاج یکی از جوانترین گسل‌های موجود در محدوده بینالود است و تأثیر آن را، حتی در واحد Qplc نیز می‌توان مشاهده نمود. این گسل نیز تراستی بوده و جهت راندگی در آن

از شمال، شمال خاور به جنوب، جنوب باختر است. رویش گیاهی در امتداد زون گسلی و چشمه های آهک ساز (تراورتن) از ویژگی های خاص این گسل است.

۷- گسل طرهبه - آغنج: سبب همبری فیلیت های مشهد و دگرگونه های همساز با گرانودیوریت از نوع گارنت شیست، آندالوزیت و بیوتیت شیست شده است. طول آن بیش از ۵۰ کیلومتر بوده و جابجایی آن بیشتر از ۲۰۰۰ متر است و بین شاخه های شمالی و جنوبی این گسل رسوبات معادل سازند شمشک قرار گرفته است.

۸- گسل رورانده دیزباد - خرو: شیب آن به سمت شمال خاوری بوده و در جاهای مختلف از ۲۵ تا ۵۵ درجه متغیر است. این گسل سبب رانده شدن سنگ های پالئوزوئیک بالایی بر روی فیلیت های مشهد شده است و در طول مسیر به وسیله گسل های امتداد لغز جابجا شده است.

۹- گسل رورانده بینالود: طول آن در حدود ۱۰۰ کیلومتر در یال جنوبی بینالود قابل پی گیری است. این گسل سبب همبری فیلیت های مشهد با نهشته های جوان ائوسن و نئوژن گشته است. شیب آن متغیر و از ۴۰ تا ۶۰ درجه و گاهی بصورت معکوس با زاویه بلند (High angle reverse fault) می باشد. جهت راندگی در آن از شمال به جنوب است.

۱۰- گسل رورانده کوه خلخال: گرچه ساز و کار این گسل به طور دقیق مشخص نیست ولی از آنجا که سبب رخنمون سازندهایی چون سلطانیه، لالون و میلا در این منطقه شده حائز اهمیت می باشد. روند این گسل به گونه ای است که در مجموعه سنگ های فوقانی آن تشکیل ناودیسی نامتقارن داده اند. شیب آن در یال جنوبی ۲۵ تا ۳۰ درجه و در یال شمالی حدود ۷۰ درجه است.