تعیین حساسیت سازندهای زمین شناسی حوضه آبریز مهارلو به فرسایش

نوشته: دکترکاوه خاکسار*، مسعود گودرزی*، محمد رضا غریب رضا* و مراحم رحمتی*

A Study on the Sensivity of Geological Formations to Erosion in the Maharlou Basin

By: Dr. K. Khaksar*, M. Goodarzi*, M. Gharibreza* & M. Rahmati*

چکیده

حوضه آبریز مهارلو با مساحت ۴۲۷۴ کیلومتر مربع در استان فارس واقع است. سری هرمز به سن کامبرین قدیمی‌ترین سنگهای موجود در حوضه را تشکیل داده‌اند و جدیدترین واحدهای سنگی نیز متعلق به کواترنر است. طیف زمانی برونزدهایی که از کرتاسه تا کواترنری را پوشش می‌دهد، بیشتر شامل رسوبهای آهکی با رخساره ژرف تا کم‌ژرفای دریایی بوده و این ردیف رسوبی، در برگیرنده نبودهای چینه‌ای کوچک و بزرگی است که در قالب ناهمسازیهای هم‌شیب و گاه به‌گونه‌ای همسازنما در این حوضه پدیدار شده‌اند. پهنه‌های پوشیده شده از رسوبهای کواترنری، مساحتی بیش از ۵۰ درصد از کل گستره را شامل می‌شود. منطقه عموماً از سنگهای رسوبی تشکیل شده است. ویژگیهای ذاتی و محیطی، عامل فرسایش پذیری سنگها به شمار می‌آیند. ۶ عامل اصلی در نظر گرفته شده برای برآورد حساسیت سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش، شامل: استحکام‌سنگ، ناپیوستگیها (درزه و شکاف، لایه‌بندی)، اقلیم، پوشش‌گیاهی، شیب و هوازدگی از عواملی هستند که بر میزان فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی، مؤثر هستند. دراین حوضه، ۱۲ سازند رخنمون دارد. به منظور برآورد حساسیت واحدهای سست نسبت به فرسایش از روش B.L.M استفاده شد و نتایج آزمایشها و بررسیها در GIS تلفیق شده و حساسیت هر سازند به فرسایش به دست آمد.

تحقیقات صحرایی و آزمایشگاهی نشان می‌دهد که سازندهای هرمز، رازک، پابده-گورپی و آغاجاری از نظر حساسیت در ردیف سازندهای بحرانی هستند. سازندهای گروه بنگستان، بختیاری، ساچون، تاربور، پادگانه‌های آبرفتی کهن و پادگانه‌های آبرفتی جوان در ردیف سازندهای با حساسیت متوسط و سازندهای آسماری- جهرم بوده و مخروط‌افکنه‌ها حساسیت کمی نسبت به فرسایش دارند.

کلید واژه‌ها: حوضه آبریز مهارلو، سازندهای زمین‌شناسی، حساسیت به فرسایش، زاگرس، استان فارس

Abstract

Maharlu basin with an area of 4274 km^2 is located in Fars province. The Precambrian Hormoz series and the Quaternary units are the oldest and youngest rocks in the basin, respectively. Spans of outcropped rocks, covering from the Cretaceous to Quaternary, are carbonate sediments of deep to shallow marine facies. These sedimentary sequences include large and small stratigraphic gaps in the form of disconformity and sometimes nonconformity. More than 50% of the basin area is covered by the Quaternary sediments. The region is mainly composed of sedimentary deposits.

Six factors of rock unit weathering: rock resistance, weathering condition, fissure and joints, slope, climatic conditions and vegetation covering are the main factors for estimation the sensitiveness of geological formation to weathering resulted from laboratory and field tests. 12 formations Cropped out in the basin. To evaluate erodibility, BLM method is used to measure the weathering sensitivity of soft geological formations. The acquired data and the formations with their sensitivity to weathering are combined into GSI and finally the map of sensitivity of different geological formations to weathering of Maharlu basin was prepared. The data resulted from laboratory and field tests indicate that Asmari-Jahrum formation and the Quaternary alluvial fan possess lesser sensitivity and higher resistance to erosion and Hormoz series, Pabdeh-Gurpi formation, Razak formation and Aghajari formation are critical to weathering. Bakhtyari formation, Bangestan formation, Tarbur formation, Sachoun formation, and young and old Quaternary deposits can be placed in group of moderate to weathering.

Key words: Maharlu basin, Geological Formations, Weathering Sensitivity, Zagros, Fars Province.

۱- مقدمه

لازمه اجرای طرحهای عمرانی و صنعتی داشتن اطلاعات پایه و انجام مطالعات مقدماتی است. با شناخت کامل اطلاعات پایه است که می‌توان به برنامه‌ریزی پرداخته و از اجرای درست آن حصول اطمینان کرد. یکی از معضلات اصلی بسیاری از کارهای انجام شده عمرانی، عدم بررسی فرسایش و فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی است که در مدتی کوتاه زیان بسیاری را بر جامعه انسانی تحمیل می‌کند.

به‌طور مثال، رسوب‌گذاری پشت سدها، آلودگی آبها، خسارتهای وارد شده به سازه‌ها و امکانات شهری و راههای ارتباطی و غیره از آن جمله است. پژوهشهای زیادی در خصوص فرسایش و فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی انجام شده است که در اینجا به چند نمونه اشاره می‌شود: (Gomez, 1995) تحلیل فرسایش و بی‌ثباتی در حوضه ریو پاتانا در جنوب اسپانیا پرداخت و با در نظر گرفتن عواملی چون سنگ‌شناسی، اقلیم، شیب و پوشش گیاهی، نقشه فرسایش منطقه را تهیه کرد.

Weiss et al.(1999) فرسایش و رابطه آن با بافت را در سنگهای کربناتی ارائه کردند. Lee el at.(2000) نتیجه تحقیقات خود در زمینه فرسایش شیمیایی و اثر اقلیم بر فرسایش را منتشر نمودند. فیض‌نیا (۱۳۷۴) به ارائه جداولی از مقاومت سنگها در برابر فرسایش در اقلیمهای مرطوب تا نیمه مرطوب و خشک و نیمه خشک ایران براساس سختی سنگ، مشاهدات صحرایی و بررسی عکسهای هوایی پرداخته است. کریمی‌آذر (۱۳۷۵) به بررسی سامانه‌های مختلف فرسایش بر سازندهای میوسن و برآورد شدت فرسایش و میزان رسوب به روش EPM در حوضه آبریز آبشور با استفاده از عکسهای هوایی، نقشه‌های توپوگرافی-زمین‌شناسی و سنگ‌شناختی پرداخته است. در این بررسی، مقدار رسوب‌دهی کل حوضه در کیلومتر مربع در سال محاسبه شده است. در حالی که رسوب برآوردی تقریباً دو برابر میزان رسوب مشاهداتی است. مظاهری (۱۳۷۵) مناطق حساس به فرسایش در حوضه آبریز رودخانه آبشینه (همدان) را با بررسی وضعیت اقلیم‌شناسی، سنگ‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و فرایندهای فرسایش و ارزیابی نقش هر یک از این عوامل بررسی نموده و در نهایت نقشه پهنه‌بندی مناطق حساس به فرسایش حوضه آبریز را تهیه کرده است. زارع خوش اقبال (۱۳۷۸) به مطالعه منشأیابی رسوبات مخروط افکنه چنداب ورامین پرداخته و با استفاده از مطالعات رسوب‌شناسی و عوامل دیگر، مانند مساحت سازند، مقدار مارن و سامانه زهکشی، نقشه توان رسوب‌زایی را تهیه کرده است و با استفاده از عامل توپوگرافی (شیب سازندها و وجه دامنه)، نقشه حساسیت به فرسایش برای سازندهای مختلف حوضه آبریز تهیه شده است. عسگری (۱۳۷۸) به بررسی کمی و کیفی میزان فرسایش در حوضه آبریز چیخواب (استان ایلام) پرداخته و با تشریح مدل پسیاک به امتیازدهی عوامل پرداخته و در نهایت رسوب دهی و فرسایش حوضه را محاسبه کرده است.

در همه تحقیقات و مطالعات ذکر شده، تنها یک یا چند جنبه از عوامل فرسایش، در برآورد حساسیت مورد توجه قرار گرفته است. لذا تعیین حساسیت سازندهای مختلف زمین‌شناسی به فرسایش، با در نظر قرار دادن عوامل سرشتی و عوامل محیطی تأثیرگذار بر سنگ لازم و ضروری است.

۲- مشخصات و موقعیت جغرافیایی

حوضه دریاچه مهارلو، در استان فارس (جنوب ایران) واقع است و شهر شیراز در این حوضه قرار دارد. حوضه آبریز دریاچه مهارلو، حوضه بسته‌ای است که از شمال به حوضه آبریز دریاچه بختگان و از جنوب و باختر به حوضه آبریز رودخانه قره آغاج محدود می‌شود. روند عمومی حوضه شمال باختر - جنوب خاور است. طول آن در امتداد یاد شده، ۱۶۰ کیلومتر و عرض آن در امتداد دشت سروستان و دریاچه مهارلو ۴۳ کیلومتر است. محدوده جغرافیایی آن ´۱۱ °۵۲ تا ´۲۹ °۵۳ طول خاوری و ´۰۰ °۲۹ تا ´۵۶ °۲۹ عرض شمالی قرار دارد (نقشه ۱). وسعت حوضه حدود ۴۲۷۴ کیلومتر مربع است که از این سطح، ۲۰۵۶ کیلومتر مربع دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهند. در منطقه مورد مطالعه، بلندترین نقطه را قله‌ای در کوه قدرت با ارتفاع ۲۹۹۰متر تشکیل می‌دهد و پست‌ترین قسمت ناحیه‌ای در محدوده دریاچه مهارلو با ارتفاع حدود ۱۴۵۵ متر واقع است. اختلاف ارتفاع بین قله کوهها و دره‌های طویل به طور متوسط بین ۱۰۰۰ متر تا ۱۲۰۰ متر است. بخش شمالی حوضه کوهستانی و قسمت جنوب خاوری آن هموار و دشت‌گونه است. از دشتهای مهم این حوضه می‌توان به دشتهای شیراز، سروستان و کوار اشاره کرد که به ترتیب وسعتی برابر با ۹۸۸، ۲۶۸ و ۸۰۰ کیلومتر مربع دارند. شمال وجنوب این دشتها را ارتفاعات سعدی و سبزپوشان به ترتیب با ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۲۸۰۰ متر احاطه کرده است. مهم‌ترین راه ارتباطی حوضه، جاده آسفالته شیراز - فسا است که از حاشیه جنوبی دریاچه مهارلو عبور کرده و پس از گذر از شهر سروستان از حوضه خارج می‌شود. این جاده، امکان دسترسی به نواحی جنوب خاوری حوضه از طریق راههای شنی سروستان - نظرآباد و سروستان - شورجه را میسر می‌کند. در ناحیه پل فسا، انشعابی از این جاده به طرف شهرستان کوار، فیروز آباد، قطب آباد و جهرم وجود دارد. شمال خاور حوضه نیز از طریق راه شنی سروستان - خرامه و راههای خاکی سروستان - خیر آباد و سروستان - داریان قابل دسترسی است. ضمن آنکه دسترسی به نواحی شمالی دریاچه، از طریق راه شنی خیرآباد - کفترک و راههای خاکی منشعب امکان‌پذیر می‌باشد. در حاشیه شمالی دریاچه، راه ارتباطی مناسبی وجود ندارد ولی از شیراز تا

دهکده گشنگان و دهکده قندیلک، امکان تردد با ماشین وجود دارد. جاده شیراز- کازرون نیز از باختر حوضه می‌گذرد و به واسطه انشعابات خاکی به روستاهای اطراف دسترسی دارد.

۳- مواد و روشها

این تحقیق در سه بخش انجام شده ۱)مطالعات کتابخانه‌ای، ۲)اندازه‌گیریهای صحرایی، و ۳) کارهای آزمایشگاهی. روش تحقیق به گونه‌ای انتخاب شد که در وهله اول مطالعات قبلی انجام شده بررسی و میزان کفایت اطلاعات موجود برآورد شد. سپس طبق اهداف، گستره و ابعاد اندازه‌گیریهای صحرایی و آزمایشگاهی تعیین گردید. در مراحل مطالعات میدانی و آزمایشگاهی فرض بر آن است که کلیه اطلاعات مورد نیاز برای دست‌یابی به اهداف فراهم شده و راه برای نیل به بهترین نتیجه و راه‌حل عملی هموار خواهد شد.

۳-۱- مطالعات کتابخانه‌ای

در این مرحله، کلیه کارهای مشابه قبلی و نیز اطلاعات پایه مورد لزوم انجام طرح جمع‌آوری شد. در این راه، بیشترین تکیه بر منابع موجود در کتابخانه مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، آرشیو سازمان زمین‌شناسی کشور، مقالات منتشر شده در مجلات علمی داخلی و خارجی و اطلاعات به‌دست آمده از اینترنت را شامل شده است. همچنین نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، عکسهای ماهواره‌ای، عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ گردآوری شدند.

۳-۲- اندازه‌گیریهای میدانی

از آنجا که حوضه مهارلو فاقد اطلاعات محلی و آمار مورد نیاز بود، پس از بازدید اولیه، الگوی اندازه‌گیریهای میدانی به شرح زیر طرح‌ریزی شد:

۱- شناسایی سازندهای زمین‌شناسی منطقه

۲- ویژگیهای سازندهای زمین‌شناسی منطقه شامل: چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی، ستبرای لایه‌ها

۳- نمونه‌برداری از کلیه سازندها

۴- شناسایی انواع فرسایش در سازندهای مختلف شامل: تیپ برونزدگی و توده‌سنگی، تیپ دامنه منظم، فرسایش واریزه‌ای، فرسایش انحلالی که به صورت رخساره‌های دره‌های کارستی، حفره‌ها و غارها به فراوانی وجود دارد، و نیز حرکتهای توده‌ای، فرسایش خندقی، فرسایش کناره‌ای و هزار دره که با تفسیر عکسهای هوایی و کنترل صحرایی انجام پذیرفته است.

۵- شیب عمده در سازندها

۶- بررسی تراکم پوشش گیاهی در سازندهای مختلف

۷- انجام آزمایشهای چکش زمین‌شناسی و اشمیت

۸- اندازه‌گیریهای میدانی از درزه‌ها و شکافها، و ویژگیهای آنها

۹- آزمایشهای میدانی از هر سازند به دفعات (آزمایش چکش اشمیت، چکش زمین‌شناسی)

۳-۳- مطالعات آزمایشگاهی

این مقطع از بررسی، مکمل عملیات میدانی بوده است. پس‌از مراحل اندازه‌گیری میدانی و جمع آوری اطلاعات، مقاطع نازک برای بررسیهای بعدی تهیه شد. از نمونه‌های تهیه شده از سازندهای موجود در حوضه مهارلو مقاطع نازک تهیه شد و مطالعات تفصیلی به منظور شناخت ترکیب سنگ‌شناختی انجام گردید. سپس از کلیه نمونه‌ها در زیر میکروسکوپ عکس و مستندات تصویری تهیه شد.

در این تحقیق با توجه به وجود بخشهای سست در بعضی از سازندها و غیر عملی بودن آزمون چکش در آنها، این بخشها در حد خاکهای برجا در نظر گرفته شد. با در نظر گرفتن و احتساب میزان درصد اشغال شده این بخشها در هر سازند و همچنین آزمایشهای انجام شده از بخشهای سخت، کل رخنمون سازند محاسبه شد. مناطق یاد شده از طریق اندازه‌گیری ستبرای این واحدها از ستون چینه‌شناسی جدا شده‌اند (جدول ۱).

۴- بحث

عوامل زیادی در فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی در یک حوضه مؤثر است که در اینجا به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند. برای این کار عوامل مختلف تأثیرگذار بر روی سنگها شامل عوامل درونی (سرشت سنگ) و عوامل بیرونی مورد بررسی قرار گرفتند (جداول ۲ و ۳).

اقلیم نقش عمده‌ای در فرسایش دارد. این منطقه در سامانه‌های مختلف طبقه‌بندی اقلیمی، در محدوده نیمه‌خشک قرار می‌گیرد. پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل کننده فرسایش است. بررسیهای انجام شده در حوضه مهارلو، نشان می‌دهد که بیشترین فرسایش در شیبهای تا ۳۵ درصد وجود دارد و در شیبهای بیش از ۶۰ درصد، ثبات نسبی حاکم است. از ویژگیهای سنگهای رسوبی، لایه‌بندی است. در شرایط مساوی، سنگهای با لایه‌بندی ستبرتر سطح تماس کمتری با عوامل فرسایش دارند و برعکس، سنگهای با لایه‌بندی ظریف‌تر سطح تماس بیشتری با عوامل فرسایش داشته و این عوامل به راحتی در میان لایه‌ها نفوذ می‌کنند. عامل مهم دیگر در میزان فرسایش‌پذیری سنگها، به سرشت سنگ (مشخصات فیزیکی و شیمیایی) باز می‌گردد، از جمله ترکیب کانی‌شناسی و بافت سنگ مهم‌ترین عامل فرسایش در حوضه مهارلو درز و شکافها هستند که بر اثر عوامل زمین‌ساختی و فازهای کوهزایی رودنین، والاچین و بویژه پاسادنین و راندگی سپر عربستان به زیر سپر ایران تشکیل شده‌اند که گواه آن گسل خوردگی و چین خوردگی زمین شناختی در جنوب ایران است و یا

درزه‌های لایه‌بندی حاصل از رسوبگذاری هستند که خود در ویژگیهای سنگ نقش داشته و از مشخصات سنگ به شمار می‌آیند. همان طور که در بخش ناپیوستگیها مشاهده می‌شود، سازندهای موجود در حوضه هر یک دارای چندین دسته درزه و شکاف اصلی و فرعی هستند. این درزه‌ها سطح بیشتری از سنگ را در معرض هوازدگی قرار داده‌اند. در بسیاری موارد، شدت درزه‌داری به حدی است که سنگ کاملاً خرد و متلاشی شده است. برای انجام آزمایش و برآورد استحکام سنگ، از روش ارائه شده توسط ISRM (1981) در رده‌بندی سنگها استفاده شد (جدول۴). بدین منظور، تعدادی ضربه با چکش زمین‌شناسی بر هر محل مورد آزمایش در ساختگاه سنگی نواخته شد و سپس اعداد مربوطه ثبت گردید.

برای اندازه‌گیری میزان هوازدگی، روشهای متعددی وجود دارد که رایج‌ترین آن، آزمون ضربه با چکش اشمیت است. در این آزمون که در آن از چکش فنری واسنجی شده استفاده می‌شود، اصول آزمون ضربه مشابه آزمون چکش است، جز اینکه در روش اخیر، واجهش جسم ضربه زننده را اندازه می‌گیرند. هر قدر ماده سنگی مستحکم‌تر باشد واجهش کشسان چکش اشمیت بیشتر است (جدول۵).

در این مطالعات از چکش اشمیت برای به‌دست آوردن مقاومت فشاری تک محوری استفاده شده است. بدین منظور در شرایط طبیعی، ۱۰ ضربه بر هر محل از سنگ نواخته شد و سپس اعداد مربوطه و همچنین مشاهدات محل آزمایش (رنگ، میزان تجزیه و سختی) ثبت گردید. در این قسمت از رده‌بندی (Brand,1984)، برای درجه‌بندی سازندهای حوضه مهارلو استفاده شد. در این تقسیم‌بندی، سنگ به ۶ درجه تقسیم می‌شود (جدول ۵). بر مبنای این جدول، سازندهای حوضه مورد آزمایش قرار گرفتند و در هر مکان بیش از ده بار آزمایش ضربه با چکش و چکش‌اشمیت انجام شد تا نتیجه نهایی به‌دست آمد. نتیجه آزمایشها در جدول ۶ آورده شده است.

در بازدید صحرایی، از نقاط مختلف حوضه برداشتهای صحرایی انجام شد و در هر محل، برداشتهای درزه و شکاف با دقت انجام پذیرفت. در جدول ۹ مختصات محلهای آزمایش و فواصل درزه‌های لایه‌بندی آورده شده است. نحوه ثبت ناپیوستگیها، تصادفی بوده و براساس نقاط تعیین شده بر روی نقشه واحدهای کاری انجام شده است.

در این جا به بررسی بعضی پارامترهای مؤثر در وضعیت و شرایط درزه‌ها پرداخته شده است. در این بخش از رده‌بندی Bienawski (1984) استفاده شد (جدول ۷).

مطالعات صحرایی به روش B. L.M.

در این تحقیق به منظور تعیین فرسایش سطحی از مدل B.L.M. استفاده شده است. این مدل برای تعیین وضعیت فرسایش سطحی در حوضه آبریز ۷ عامل را ارزیابی می‌کند (جدول۱۰). در این روش، شرایط طبیعی استانداردی ارائه شده که با مراجعه به هر یک از نمونه‌ها و مقایسه وضع موجود با شرایط طبیعی، به ارزش‌گذاری عددی هر عامل انجام می‌شود. جدول ۱۱ مشخصات نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

واحدهای دوره کواترنر

رسوبهای Qt_1

فرسایش در این رسوبها براساس عوامل سطحی در لایه‌ها ضعیف تا متوسط است. عمده‌ترین عوامل سطحی خاک از نظر فرسایش، خندقها هستند. خندقها، متعدد و به خوبی توسعه یافته‌اند و در ۱۰ تا ۵۰ درصد طول آنها فرسایش دیده می‌شود و یا گاهی به خوبی توسعه یافته و در بیش از ۵۰ درصد آن فرسایش فعال وجود دارد. همچنین حرکات خاک مشهود و در قسمتهایی خاک زیر سطحی نمایان شده است. فرسایش کناره‌ای و پیچان‌رودی از دیگر شکلهای فرسایش در این نهشته‌هاست در توالی قائم، اندازه ذرات به تدریج به طرف بالا کاهش می‌یابد. در بالای این رسوبها، رسوبهای دشت سیلابی که عمدتاً متشکل از سیلت و رس است، نهشته شده است.

رسوبهای Qt_2

این نهشته‌ها اغلب تحت‌تأثیر کاربریها و پوشش اراضی مختلف قرار دارند. در این رسوبها، فرسایش خندقی به خوبی آشکار است. همچنین الگوی توزیع سنگ سطحی در نهشته‌های Qt_2 به خوبی نمایان است.

رسوبهای مخروط‌افکنه‌ای Qaf

شرایط فرسایش در رسوبها مخروط افکنه‌ای براساس عوامل سطحی در طبقه ضعیف قرار می‌گیرد. تنها عواملی مانند الگوهای جریان به‌واسطهٔ رسوب‌گذاری متناوب و همچنین سنگ سطحی به‌علت وجود الگوی توزیع و توسعه به‌خوبی نمایان هستند.

نتایج حاصل از مطالعات صحرایی برای تعیین فرسایش سطحی حوضه در جدول ۱۲ نشان داده شده است. براساس جدول، بیشترین فرسایش سطحی با اعداد ۵۱ به ترتیب مربوط به رسوبهای Qt_2 و کمترین فرسایش سطحی عدد ۲۶ مربوط به سازند Qaf است.

همان گونه که در جدول ۱۲ ملاحظه می‌شود در بررسی بر روی واحدهای سخت و سست این نتیجه به دست می‌آید که پادگانه‌های آبرفتی کهن و پادگانه‌های آبرفتی جوان در زمره سازندهای با حساسیت به فرسایش متوسط و آبرفتهای جوان (Qaf) در ردیف واحدهای با حساسیت کم به فرسایش قرار دارند.

۵- نتیجه‌گیری

باتوجه به اینکه منطقه مورد مطالعه به طورکل از سنگهای رسوبی تشکیل شده است و رسوباتی مانند مارن، گچ و نمک گسترش به نسبت زیادی دارند سری هرمز به دلیل تنوع سنگ‌شناختی، وجود نمک و فشارهای وارده، در هم بودن رسوبها، نفوذ و اثرگذاری نمک در فضاهای خالی به شدت هوازده شده است. در این سازند، هوازدگی شیمیایی و فیزیکی در همهٔ سطوح تأثیر زیادی برجای گذاشته است. به علت نوع سنگ‌شناسی خاص (آهکی)، گروه بنگستان، مقاومت کمی در برابر هوازدگی شیمیایی دارد که شاهد این امر حفره‌های بزرگ انحلالی و تغییر رنگ شدید در سطح سنگهاست. همچنین هوازدگی به‌نسبت عمیق سنگ آهک در محل درزه‌ها نشانه هوازدگی شدید شیمیایی آنهاست. سازند تاربور به دلیل شرایط رسوبگذاری، دارای رسوبات فشرده و مستحکمی است. در این رسوبها، حفره‌های انحلالی کم بوده و تغییر رنگ قابل توجهی دیده نمی‌شود. سازند ساچون در افقهای بالایی، دارای رسوبهای تبخیری است و در برابر فرسایش مقاومت بالایی ندارد. لایه‌های آهکی در اثر هوازدگی و انحلال دارای حفره‌ها و شیارهای کارستی هستند و از لایه‌های دولومیتی قطعات سنگی جدا شده‌اند که این قطعات در سطح دامنه‌ها دیده می‌شوند. این بلوکها قطعه قطعه شده و به صورت قطعات کوچک‌تر در پایین دامنه قرار می‌گیرند و در قسمتهای میانی و پایینی، از سنگ آهک، دولومیت و کنگلومرا تشکیل شده است. رسوبات تبخیری در مجموع حدود ۱۰ درصد این سازند را در حوضه مهارلو تشکیل می‌دهند. سازند آسماری - جهرم و پابده - گورپی با توجه به عمق نفوذ هوازدگی شیمیایی و گسترش عرضی آن در نقاطی از پیکره آنها به حدی است که حفره‌هایی به عمق یک متر پدید آمده است. هوازدگی شیمیایی نسبت به هوازدگی فیزیکی در این واحدها توسعه بیشتری دارد. سطوح هوازده به رنگ زرد روشن تغییر رنگ داده‌اند. ساختمانهایی مانند اثر باران در سطح لایه‌بندی به فراوانی دیده می‌شود. در خاور حوضه آبریز دریاچه مهارلو، در سطح لایه‌های آهکی این سازند، اثرات باران و خوردگی شیمیایی به همراه انحلال کربنات کلسیم دیده می‌شود. همچنین شیارهای متقاطع و موازی بسیار زیادی سطح لایه‌ها را قطع کرده و خود باعث افزایش میزان هوازدگی شده است. با این حال، عمق هوازدگی چندان زیاد نیست. در محدوده باختری دریاچه مهارلو در اثر عملکرد هوازدگی مکانیکی بر روی درزه و شکافهای موجود در سنگ آهک آسماری - جهرم، قطعاتی از این سنگها جدا شده و سپس در اثر هوازدگی شیمیایی، آثار خوردگی و انحلال در سطح سنگها دیده می‌شود. در نهایت محصول عمل هوازدگی مکانیکی و شیمیایی، به صورت قطعات خرده سنگ در اندازه‌های بیش از ۱۰ سانتی‌متر است که در پای دامنه‌ها و برونزدها دیده می‌شود.در سازندهای (پابده - گورپی و آسماری - جهرم)، اثر هوازدگی مکانیکی بیشتر و شدیدتر از هوازدگی شیمیایی است به‌طوری که در اثر شدت هوازدگی مکانیکی، در گورپی، سطح لایه خرد شده است. بازشدگی شکافها در اثر نفوذ ریشه گیاهان باعث افزایش هوازدگی در سنگ شده است که این هوازدگی، هم به صورت مکانیکی و هم شیمیایی دیده می‌شود. با توجه به شواهد به دست آمده سازند پابده - گورپی را می‌توان بسیار هوازده در نظر گرفت.

در گروه فارس، عمق هوازدگی بر حسب نوع سنگ‌شناسی بین ۱۰ تا ۵۰ سانتی‌متر تغییر می‌کند و نیز فرسایش شیاری بر روی دامنه‌ها رایج‌ترین جلوهٔ فرسایش است. در این سازندها نیز مانند سازند بختیاری، گیاهان باعث بازشدگی درزه‌ها در لایه‌های ماسه‌سنگی و تخریب شدید در لایه‌های مارنی شده‌اند. با توجه به جنس لایه‌ها می‌توان گفت که این سازندها بیشتر تحت تأثیر فرایند هوازدگی مکانیکی تخریب شده‌اند. این فرایند با شدت به نسبت زیادی اثر کرده و حجم زیادی واریزه برجای گذاشته است و میزان تراکم به نسبت بالای درزه و شکافها و عمق قابل توجه تخلخل ثانویه، فرسایش‌پذیری گروه فارس را در این منطقه به وضعیت بحرانی نزدیک کرده است. سازند بختیاری بر اثر رشد گیاهان و نفوذ ریشهٔ آنها در شکافها و درزه‌ها، دارای بازشدگی است. این بازشدگی تا حدود ۳ متر عمق نیز مشاهده می‌شود. این فرایند موجب تشدید هوازدگی شده به گونه‌ای که باعث خوردگی بسیار شدید در لبه‌ها، تغیر رنگ و همچنین افزایش تخلخل شده است. اثر هوازدگی بر روی سنگ و اثر عوامل طبیعی مانند گیاهان که نفوذ ریشهٔ آنها در سنگ اثر شدیدی بر جای گذاشته است و یا گلسنگها که باعث تخریب بسیار کند سنگ می‌شود. در اثر هوازدگی شیمیایی، سیمان آهکی خورده شده و دانه‌ها از سطح سنگ آزاد می‌شوند. سازندهای آسماری- جهرم و تاربور با کمترین امتیاز، بیشترین مقاومت را دارند. در حالی که سازندهای ساچون و بختیاری دارای مقاومت کمتری هستند. در حد فاصل شیبهای۳۵-۲۴ درصد، سازندها مورد آزمایش صحرایی قرار گرفتند. حاصل آزمایشهای متعدد صحرایی (چکش، چکش اشمیت) بر روی این سازندها نشان می‌دهد که سازندهای آسماری- جهرم، و گروه بنگستان دارای بیشترین مقاومت و استحکام می‌باشند. بیشترین آزمایشها در شیبهای ۶۰-۳۵ درصد انجام شده است. ملاحظات صحرایی نشان می‌دهد که در این طبقه شیب فرسایش در سازندهای مختلف به مراتب کمتر از طبقات قبلی است و این سازندها از استحکام و مقاومت بیشتر برخوردارند. ضمن آنکه طبقه پوشش گیاهی چندان تفاوتی با طبقات شیب قبلی ندارد و در سطح فقیر و بسیار فقیر است. در این طبقه شیب سازندهای آغاجاری، رازک و بختیاری در ردیف سازندهای با کمترین درجه مقاومت و استحکام شناخته شده‌اند. در حالی که سازندهای آسماری-جهرم، تاربور و بنگستان

دارای استحکام بیشتری می‌باشند. بخشهای آهکی سازندهای ساچون نیز حفظ‌شدگی و مقاومت خوبی دارد. در طبقه شیب دامنه ۶۰+ درصد سازندهایی که دارای گسترش بیشتر و قابلیت دسترسی بهتر در حوضه بودند، مورد آزمایش قرار گرفتند. سازندهای آسماری- جهرم و تاربور از استحکام خوبی برخوردار بودند و سازندهای رازک و آغاجاری ضعیف ارزیابی شدند. در کل، آزمایشهای متعدد انجام شده بر روی بیش از ۷۰ نمونه از سازندهای مختلف نشان می‌دهد:

- سازندهای تاربور، آسماری- جهرم بیشترین مقاومت را از خود نشان می‌دهند.
- سازندهای بنگستان، بختیاری، ساچون استحکام متوسطی را نشان می‌دهند.
- سازندهای آغاجاری، رازک و هرمز کم استحکام هستند.
- سازند پابده- گورپی از نظر استحکام ضعیف می‌باشد.

واحدهای کواترنری نیز به‌عنوان محصول فرسایش دیگر سازندهای حوضه به‌شمار می‌آیند که فرایند تخریب، حمل و نهشت را طی کرده‌اند. این واحدها در محیط خشکی به وجود آمده و فاقد سیمان هستند و به علت دارا بودن دانه‌های منفصل در ابعاد گوناگون، بیشترین هوازدگی و کمترین میزان هوازدگی و حساسیت به فرسایش را دارند (نقشه شماره۳).

با توجه به ترتیب فراوانی دسته درزه‌های اصلی و فرعی و نمودارهای تهیه شده، سازندهای حوضه مهارلو مورد ارزیابی قرارگرفته و بر اساس جدول تنظیم شده، نمره‌دهی شدند. بنابراین، ارزیابی استحکام سنگ، هوازدگی و درزه و شکاف در سازندهای حوضه مهارلو مقادیر جدول ۱۳ را به دست داده است.

جدول ۱ - مشخصات سازندهای حوضه مهارلو

سازند	سنگ‌شناسی	ستبرای لایه‌ها	سن
بختیاری	کنگلومرا با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ و سیلت	متوسط تا ستبر	پلیوسن‌پسین- پلئیستوسن پیشین
آغاجاری	تناوب ماسه‌سنگ آهکی، لایه‌هایی از ژیپس و رگه‌هایی از مارن و سیلتستون	۶۰-۲۰۰ میلی‌متر	میوسن پسین تا پلیوسن
رازک	مارنهای سیلتی، لایه‌های نازک آهک مارنی، ماسه‌سنگ و آهک سیلتی	متوسط تا ستبرلایه	میوسن پیشین
آسماری	سنگ آهک	متوسط تا ستبر	الیگوسن-میوسن
جهرم	دولومیت تودهای و سنگ آهک و آهک دولومیتی	متوسط تا ستبر	پالئوسن تا میوسن میانی
پابده	سنگ آهک‌های نازک‌لایه، شیلهای سیلتی با میان لایه‌هایی از سنگ‌آهک و ماسه سنگ	نازک تا متوسط	پالئوسن تا الیگوسن
ساچون	مارنهای گچ دار، سنگ آهک دولومیتی، گچ و قلوه سنگ و کنگلومرا، مارن و سنگ مارن	ستبر	ماستریشین پسین تا ائوسن پیشین
تاربور	سنگ‌آهک ریفی رودیستی	ستبر	کامپانین تا ماستریشین
گورپی	مارن، شیل و سنگ‌آهکهای مارنی، سنگ آهک و سیلتستون	نازک تا متوسط	سانتونین- ماستریشین
بنگستان (گروه)	سنگ آهک و کمی شیل	ستبر	آلبین-سنومانین
هرمز (سری)	سنگ‌نمک، انیدریت، ژیپس، سنگ‌آهک، دولومیت و سنگهای آذرین	متغیر	پرکامبرین تا کامبرین پیشین

جدول ۲- عوامل مؤثر در فرسایش‌پذیری واحدهای زمین‌شناسی و امتیازهای درنظر گرفته شده

امتیاز عوامل	۱-۲-۳	۴-۵-۶	۷-۸-۹-۱۰	۱۱-۱۲-۱۳-۱۴	۱۵-۱۶-۱۷	۱۸-۱۹-۲۰
هوازدگی ISRM (1981)	تازه	کم هوازده	نیمه هوازده	خیلی هوازده	کاملاً هوازده	خاک برجا
استحکام سنگ ISRM(1981)	متراکم	زیاد	متوسط	کم	ضعیف	سست وبدون سیمان
ناپیوستگیها ISRM(1981)	بدون درز و شکاف	کم	متوسط	نسبتاً زیاد	زیاد	خیلی زیاد
پوشش گیاهی Gomez (1995)	تراکم خیلی زیاد ۱-۰/۸	تراکم زیاد ۰/۸-۰/۶	متوسط ۰/۶-۰/۴	کم ۰/۴-۰/۲	فقیر ۰/۲-۰/۰۵	تراکم کمتر از ۰/۰۵+
شیب Gomez (1995)	>۶۰٪	۳۵-۶۰٪	۲۴-۳۵٪	۱۸-۲۴٪	۰-۱۸٪	
اقلیم دومارتن	خشک	نیمه خشک	مدیترانه‌ای	نیمه مرطوب	مرطوب	بسیار مرطوب

جدول ۳- میزان حساسیت به فرسایش و محدوده امتیاز هریک

میزان حساسیت به فرسایش	امتیاز
تثبیت شده	۰-۲۰
کم	۲۱-۴۰
معتدل	۴۱-۶۰
بحرانی	۶۰-۸۰
بسیار حساس به فرسایش	۸۱-۱۰۰

جدول ۴- تعیین استحکام سنگ و معیارهای کلی آزمون برآورد استحکام سنگ سالم در صحرا (Isrma, 1881)

مشاهده (براثر ضربه)	استحکام	درجه
طنین بم، واجهش واضح، بدون نشانه گلداری	استحکام بسیار زیاد	۱
طنین بم وخفه با اندکی نشانه گلداری	استحکام زیاد	۲
صدای خفه، بدون واجهش، نشانه گلداری واضح و شکستگی	استحکام متوسط	۳
صدای خفه، باقی ماندن نقش چکش، ایجاد شکستگی	استحکام کم	۴
نقش چکش، ایجاد شکستگی	استحکام بسیار کم	۵
خاک حاصل از هوازدگی در جا	بدون استحکام	۶

جدول ۵- شاخص درجه هوازدگی (Brand, 1984)

درجه	توصیف
تازه I	عدد واجهش اشمیت حدود ۶۰ است. نشانه‌ای از رنگ برگشتگی ندارد.
کمی هوازده II	عدد واجهش اشمیت بیش از ۴۵ و کمتر از ۶۰ است، تغییر رنگ در امتداد ناپیوستگیها آغاز شده و به صورت جزئی در سنگ نفوذ کرده است.
نیمه هوازده III	عدد واجهش اشمیت بین ۴۵-۲۵ است، تغییر رنگ داده است. هوازدگی در ناپیوستگیها نفوذ کرده است.
خیلی هوازده IV	عدد واجهش اشمیت تا ۲۵ است، تغییر رنگ شدید داده است. تمام سنگ تغییر رنگ داده، هسته‌هایی از سنگ ممکن است هوازده باقی مانده باشد.
کاملاً هوازده V	با چکش اشمیت هیچ واجهشی ندارد، سنگ تجزیه شده است.
خاک برجا VI	سنگ کاملاً تغییر رنگ داده و تجزیه شده است. با دست به آسانی خرد می‌شود. ظاهری ترد و از هم پاشیده دارد.

جدول ۶- محل و نتیجه آزمایش ضربه چکش و چکش اشمیت در شیب و پوششهای متفاوت.

سازند	شیب دامنه (درصد)	پوشش گیاهی	آزمایش چکش اشمیت	امتیاز حاصل از آزمایش با چکش اشمیت	آزمایش ضربه چکش	امتیاز حاصل از آزمایش با ضربه چکش	مختصات محل انجام آزمایش	
							طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
بختیاری	۲۰	خیلی فقیر	۳۸	۹	۵	۱۶	"۴۲ '۲۲ °۵۲	"۴۳ '۳۷ °۲۹
	۲۰	خیلی فقیر	۱۵	۱۶	۲	۱۵	"۵۶ '۰۲ °۵۳	"۵۹ '۱۷ °۲۹
هرز	۲۰	خیلی فقیر	۳۰	۸	۵	۱۷	"۱۹ '۱۷ °۵۳	"۴۹ '۱۷ °۲۹
بنگستان	۲۴	خیلی فقیر	۴۵	۱۱	۱	۲	"۳۱ '۵۱ °۵۲	"۴۶ '۱۶ °۲۹
پابده-گورپی	۲۴	فقیر	شکننده	۱۷	شکننده	۱۸	"۲ '۵۵ °۵۲	"۳۹ '۱۴ °۲۹
	۲۵	خیلی فقیر	۳۰	۱۰	۱-۲	۵	"۱۲ '۴۶ °۵۲	"۳۹ '۲۹ °۲۹
	۲۰	خیلی فقیر	شکننده	۱۸	شکننده	۱۷	"۵۹ '۲۲ °۵۳	"۵۵ '۰۱ °۲۹
ساچون	۲۰	خیلی فقیر	۲۵-۲۲	۱۳	۲	۱۱	"۱۵ '۱۸ °۵۳	"۱۰ '۱۳ °۲۹
	۲۵	خیلی فقیر	۴۵	۱۱	۱-۲	۷	"۱۲ '۵۱ °۵۲	"۵۵ '۳۰ °۲۹
آسماری-جهرم	۲۰	کم	۴۰	۱۰	۱-۲	۵	"۲۸ '۴۵ °۵۲	"۵۷ '۲۳ °۲۹
	۲۵	فقیر	۳۸	۹	۲	۶	"۲۷ '۴۴ °۵۲	"۴۸ '۲۴ °۲۹
رازک	۳۴	خیلی فقیر	۲۰	۱۵	۲	۱۱	"۵۱ °۵۳ °۵۲	"۰۷ '۲۳ °۲۹
آغاجاری	۲۰	خیلی فقیر	شکننده	۱۸	شکننده	۱۸	"۵۴ '۵۸ °۵۲	"۲۷ '۲۰ °۲۹
بختیاری	۲۵	فقیر	۲۵	۱۲	۲	۱۱	"۵۵ '۰۲ °۵۳	"۵۹ '۱۷ °۲۹
	۲۵	کم	۳۰	۱۳	۲-۳	۸	"۲۱ '۲۲ °۵۲	"۵۸ '۴۴ °۲۹
	۳۴	فقیر	۳۰	۱۴	۲	۱۰	"۴۱ '۲۲ °۵۲	"۱۳ '۴۴ °۲۹
هرز	۵۰	خیلی فقیر	۲۵	۱۱	۴	۱۴	"۱۹ '۱۷ °۵۳	"۴۹ '۱۷ °۲۹
بنگستان	۶۰	فقیر	۳۵	۹	۱-۲	۶	"۳۴ '۱۹ °۵۳	"۳۸ '۰۸ °۲۹
	۵۵	فقیر	۵۲	۵	۱-۲	۶	"۲۸ '۵۵ °۵۲	"۳۹ '۱۱ °۲۹

سازند	شیب دامنه (درصد)	پوشش گیاهی	آزمایش چکش اشمیت	امتیاز حاصل از آزمایش با چکش اشمیت	آزمایش ضربه چکش	امتیاز حاصل از آزمایش با ضربه چکش	مختصات محل انجام آزمایش	
							طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
هرز	۱۳	خیلی فقیر	خاک پرجا	۱۸	۵	۱۶	"۱۹ '۱۷ °۵۳	"۴۹ '۱۷ °۲۹
پابده-گورپی	۱۸-۱۰	فقیر	۴۶	۶	۳	۹	"۲۰ '۵۴ °۵۲	"۰۵ '۱۰ °۲۹
پابده-گورپی	۱۸-۱۰	فقیر	شکننده	۱۷	شکننده	۱۶	"۲۰ '۵۴ °۵۲	"۰۵ '۱۰ °۲۹
تاربور	۱۷	فقیر	۶۰	۱	۱	۲	"۳۲ '۵۷ °۵۲	"۲۸ '۲۵ °۲۹
	۱۸	کم	۳۳	۱۰	۲	۷	"۲۸ '۵۸ °۵۲	"۱۷ '۲۵ °۲۹
سلجون	۲۰-۱۵	خیلی فقیر	۲۲	۱۴	۴	۱۵	"۲۴ '۱۶ °۵۳	"۱۵ '۱۱ °۲۹
	۱۵-۱۰	فقیر	۴۵	۱۵	۲-۱	۶	"۰۰ '۱۵ °۵۳	"۰۵ '۱۶ °۲۹
آسماری-جهرم	۱۸-۱۰	خیلی فقیر	۵۰	۶	۲-۱	۶	"۱۱ '۱۳ °۵۳	"۴۳ '۳۷ °۲۹
	۱۰	فقیر	۳۸	۱۰	۲	۷	"۴۹ '۲۲ °۵۲	"۵۲ '۳۰ °۲۹
	۱۰	کم	۵۰	۶	۲-۱	۷	"۳۸ '۴۳ °۵۲	"۰۲ '۲۷ °۲۹
رازک	۱۲	فقیر	۲۴	۱۴	۴	۱۶	"۴۲ '۲۲ °۵۲	"۴۳ '۳۷ °۲۹
آغاجاری	۱۶	فقیر	۲۴	۱۴	شکننده	۱۷	"۴۵ '۵۵ °۵۲	"۱۱ '۲۰ °۲۹
بختیاری	۱۲	فقیر	۱۵	۱۷	۳	۱۱	"۴۳ '۱۶ °۵۲	"۰۳ '۴۰ °۲۹
	۱۵	فقیر	۴۵	۱۰	۲	۷	"۵۱ '۲۸ °۵۲	"۳۹ '۳۳ °۲۹
هرز	۲۱	قافد	شکننده	۱۶	۶	۲۰	"۱۹ '۱۷ °۵۳	"۴۹ '۱۷ °۲۹
بنگستان	۲۰	فقیر	۴۷	۵	۲	۵	"۳۹ '۵۱ °۵۲	"۴۹ '۱۶ °۲۹
تاربور	۳۲	فقیر	۶۰	۱	۱	۱	"۴۶ '۵۸ °۵۲	"۱۴ '۲۵ °۲۹
سلجون	۲۰	خیلی فقیر	۲۲	۱۵	۴	۱۷	"۲۴ '۱۲ °۵۳	"۱۵ '۱۱ °۲۹
آسماری-جهرم	۱۹	فقیر	۵۰	۳	۲-۱	۵	"۳۹ '۴۲ °۵۲	"۰۲ '۳۷ °۲۹

سازند	شیب دامنه (درصد)	پوشش گیاهی	آزمایش چکش اشمیت	امتیاز حاصل از آزمایش با چکش اشمیت	آزمایش ضربه چکش	امتیاز حاصل از آزمایش با ضربه چکش	مختصات محل انجام آزمایش: طول جغرافیایی	مختصات محل انجام آزمایش: عرض جغرافیایی
رازک	۴۰	خیلی فقیر	شکسته	۱۸	شکسته	۱۸	"۴۵ '۱۹ °۵۲	"۱۴ '۴۲ °۲۹
آغاجاری	۴۳	فقیر	۲۸	۱۱	شکسته	۱۸	"۱۳ '۲۵ °۵۳	"۳۷ '۰۵ °۲۹
بختیاری	۶۰	خیلی فقیر	۳۵	۱۰	۳-۴	۱۳	"۴۱ '۲۲ °۵۲	"۱۳ '۴۴ °۲۹
	۴۰	فقیر	۳۰	۱۱	۱-۲	۷	"۴۱ '۲۲ °۵۲	"۱۳ '۴۴ °۲۹
	۴۳	خیلی فقیر	۲۵	۱۵	۳	۱۱	"۳۹ '۲۲ °۵۲	"۵۵ '۴۴ °۲۹
مرمز	۸۰	خیلی فقیر	۲۲	۱۲	۳	۱۰	"۱۹ '۱۷ °۵۳	"۴۸ '۱۷ °۲۹
چنگستان	۹۵	فقیر	۴۱	۱۲	۲	۵	"۳۴ '۱۹ °۵۳	"۳۸ '۰۸ °۲۹
تاریور	۷۵	فقیر	۵۲	۵	۱	۲	"۱۷ '۱۶ °۵۳	"۳۸ '۱۶ °۲۹
ساچون	۷۵	خیلی فقیر	۴۲	۸	۲	۷	"۱۲ '۵۹ °۵۲	"۰۵ '۱۰ °۲۹
پابله - گوردیی	۹۰	خیلی فقیر	۲۵	۱۳	۳	۹	"۰۹ '۵۹ °۵۳	"۰۱ '۱۰ °۲۹
	۱۰۰	خیلی فقیر	۴۳	۱۰	۳	۹	"۳۱ '۴۵ °۵۲	"۰۹ '۲۴ °۲۹
	۹۰	خیلی فقیر	۴۵	۷	۲	۶	"۳۹ '۵۹ °۵۲	"۰۷ '۳۳ °۲۹
	۱۰۰	خیلی فقیر	۳۸	۱۰	۲	۶	"۵۵ '۰۰ °۵۳	"۳۲ '۲۱ °۲۹
آسماری - جهرم	۷۰	فقیر	۵۰	۵	۱-۲	۴	"۲۰ '۴۳ °۵۲	"۳۲ '۲۴ °۲۹
	۷٪۹۰	خیلی فقیر	۵۰-۶۰	۳	۱	۲	"۵۵ '۳۹ °۵۲	"۴۸ '۳۱ °۲۹
	۷٪۹۰	فقیر	۴۸	۶	۱	۶	"۳۳ '۱۳ °۵۲	"۴۲ '۱۸ °۲۹
رازک	۸۰	خیلی فقیر	۲۸	۱۱	۳	۱۱	"۴۸ '۵۷ °۵۲	"۳۸ '۲۱ °۲۹
آغاجاری	۱۰۰	خیلی فقیر	۱۸	۱۵	۴	۱۵	"۳۴ '۴۲ °۵۳	"۳۹ '۰۶ °۲۹
بختیاری	۷٪۹۰	خیلی فقیر	۴۰	۹	۳	۱۰	"۴۱ '۲۲ °۵۲	"۱۳ '۴۴ °۲۹

سازند	آزمایش چکش اشمیت	گیاهی پوشش	شیب دامنه (درصد)	آزمایش چکش اشمیت	امتیاز حاصل از آزمایش با چکش اشمیت	آزمایش ضربه چکش	امتیاز حاصل از آزمایش با ضربه چکش	مختصات محل انجام آزمایش: طول جغرافیایی	مختصات محل انجام آزمایش: عرض جغرافیایی
پابله - گوردیی	۱۱	خیلی فقیر	۵۵	۱۸	۳	۱۰	"۴۵ '۴۸ °۵۲	"۴۵ '۱۸ °۲۹
	۲۵	خیلی فقیر	۳۵	۱۸	۱-۲	۷	"۵۴ '۲۲ °۵۳	"۵۵ '۰۱ °۲۹
تاریور	۴۵	فقیر	۶۰	۵	۲	۵	"۳۸ '۱۶ °۵۳	"۳۸ '۱۶ °۲۹
	۴۵	کم	۴۵	۶	۱-۲	۵	"۴۹ '۵۷ °۵۲	"۱۳ '۲۵ °۲۹
ساچون	۵۰	فقیر	۶۰	۴	۱-۲	۴	"۵۵ '۰۰ °۵۳	"۳۲ '۲۱ °۲۹
	۴۶-۴۰	خیلی فقیر	۴۰	۸	۲	۶	"۳۱ '۵۸ °۵۲	"۱۴ '۲۵ °۲۹
آسماری - جهرم	۴۸	خیلی فقیر	۶۰	۶	۱	۳	"۴۲ '۲۲ °۵۲	"۴۳ '۳۷ °۲۹
	۵۰	خیلی فقیر	۵۹	۵	۱	۳	"۴۷ '۲۶ °۵۲	"۱۰ '۳۱ °۲۹
	۵۵	خیلی فقیر	۵۵	۴	۱-۲	۲	"۴۰ '۱۱ °۵۳	"۳۸ '۱۶ °۲۹
	۵۰	خیلی فقیر	۵۵	۵	۱	۳	"۲۹ '۳۰ °۵۲	"۳۷ '۲۷ °۲۹
	۴۳	خیلی فقیر	۵۰	۹	۲	۹	"۵۲ '۴۵ °۵۲	"۲۱ '۳۶ °۲۹
	۴۳	فقیر	۵۰-۴۵	۹	۲	۹	"۱۹ '۲۲ °۵۲	"۰۳ '۳۲ °۲۹
	۴۵	خیلی فقیر	۴۵	۸	۲	۸	"۵۴ '۳۹ °۵۲	"۴۰ '۲۸ °۲۹
	۴۰	فقیر	۴۰	۱۰	۲	۱۰	"۴۸ '۴۹ °۵۲	"۰۲ '۱۹ °۲۹

جدول ۷- راهنمای رده‌بندی شرایط ناپیوستگی (Bienawski, 1984)

فواصل دوزه‌ها	بیش‌از ۲متر	۲-۰/۶ متر	۴۰۰-۲۰۰میلی‌متر	۲۰۰-۶۰میلی‌متر	کمتراز ۶۰میلی‌متر
امتیاز	۶	۴	۲	۱	۰
بازشدگی	هیچ	کمتراز ۰/۱ م‌م	۱-۰/۱ م‌م	۵-۱ م‌م	کمتراز ۵ م‌م
امتیاز	۶	۵	۴	۱	۰
پرشدگی	هیچ	پرکننده سخت	پرکننده سخت	پرکننده نرم	پرکننده نرم
امتیاز	۶	۵	۳	۱	۰
زبری	خیلی زبر	زبر	نسبتاً زبر	صاف	لغزش یافته
امتیاز	۶	۴	۳	۲	۰
تعداد دسته دوزه‌ها	دوزه‌های پراکنده	یک دسته دوزه	دو دسته دوزه	سه دسته دوزه	چهار دسته دوزه یا
امتیاز	۶	۵	۳	۲	۱

جدول ۸- نتیجه مشاهدات و بررسیهای صحرایی سازندهای مورد مطالعه

سازند	فاصله دوزه‌ها	جدایش (بازشدگی)	زبری	پرشدگی	دسته دوزه‌ها
مرمز	کمتر از ۶۰ میلی‌متر	۵ م‌م>	لغزش‌یافته	پرکننده نرم	۲ اصلی و دو فرعی
بنگستان	۲۰۰-۶۰ میلی‌متر	۱-۰/۱ م‌م	نسبتاً زبر	پرکننده سخت	۳ اصلی و ۳ فرعی
پابله-گوردیی	کمتراز ۶۰ میلی‌متر	۵-۱ م‌م	صاف	پرکننده نرم	۲ اصلی و یک فرعی
تاریور	۲۰۰-۶۰ میلی‌متر	۱-۰/۱ م‌م	زبر	پرکننده سخت	۵ اصلی و دو فرعی
ساچون	۲۰۰-۶۰ میلی‌متر	۵-۱ م‌م	نسبتاً زبر	پرکننده نرم	۶ اصلی
آسماری-جهرم	۴۰۰-۲۰۰ میلی‌متر	هیچ	خیلی زبر	پرکننده سخت	۳ اصلی و ۳ فرعی
گروه فارس	کمتراز ۶۰ میلی‌متر	۵-۱ م‌م	صاف	پرکننده نرم	۴ اصلی و ۳ فرعی
بختیاری	۴۰۰-۲۰۰ میلی‌متر	هیچ	زبر	پرکننده سخت	۳ اصلی و ۴ فرعی

جدول ۹- برداشتهای صحرایی درزه و شکافها

سازند	ضخامت لایه‌ها	مقیاس ستبر لایه‌ها	مختصات محل برداشت	
			طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
هرمز	۳-۲ متر	بسیار ضخیم	"۱۹ '۱۷ °۵۳	"۴۹ '۱۷ °۲۹
	میلی‌متر تا ۱۰ سانتی‌متر	لامینه تا نازک	"۱۹ '۱۷ °۵۳	"۴۹ '۱۷ °۲۹
بنگستان	۲ متر	بسیار ضخیم	"۳۶ '۵۱ °۵۲	"۴۶ '۱۶ °۲۹
	۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۳۴ '۱۹ °۵۳	"۳۸ '۰۸ °۲۹
پابده-گورپی	۶۰-۴۰ سانتی‌متر	متوسط	"۲۰ '۵۴ °۵۲	"۰۵ '۱۰ °۲۹
	۳۰-۲۰ سانتی‌متر	نازک لایه	"۵۹ '۲۲ °۵۳	"۵۵ '۰۱ °۲۹
	۸۰-۶۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۰۹ '۵۹ °۵۳	"۰۱ '۱۰ °۲۹
تاربور	۱۰۰-۷۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۱۷ '۱۶ °۵۳	"۳۸ '۱۶ °۲۹
	۶۰-۴۰ سانتی‌متر	متوسط	"۰۹ '۱۵ °۵۳	"۱۵ '۱۹ °۲۹
ساچون	چندمی‌لی‌متر تا ۵ سانتی‌متر	نازک تا خیلی نازک	"۵۵ '۰۰ °۵۳	"۳۲ '۲۱ °۲۹
	۶۰- ۴۰ سانتی‌متر	متوسط	"۰۰ '۱۵ °۵۳	"۵۴ '۱۶ °۲۹
	۲۰-۱۰ سانتی‌متر	نازک	"۲۴ '۱۶ °۵۳	"۱۵ '۱۱ °۲۹
	۸۰-۶۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۱۵ '۱۸ °۵۳	"۱۰ '۱۳ °۲۹
	۹۰-۷۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۳۱ '۵۸ °۵۲	"۱۴ '۲۵ °۲۹
	۱۰۰-۸۰ سانتی‌متر	ضخیم لایه	"۱۱ '۱۳ °۵۳	"۴۳ '۳۷ °۲۹
آسماری-جهرم	بیش از ۲ متر	بسیار ضخیم	"۴۶'۲۶ °۵۲	"۵۲'۳۰ °۲۹
	۷۰-۵۰ سانتی‌متر	متوسط تا ضخیم	"۳۹'۴۲ °۵۲	"۰۲'۲۷ °۲۹
	۶۰-۴۰ سانتی‌متر	متوسط	"۲۸'۴۵ °۵۲	"۵۷'۲۳ °۲۹
	بیش از ۲ متر	بسیار ضخیم	"۴۲'۲۲ °۵۲	"۴۳'۳۷ °۲۹
	۱۰۰-۸۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۴۷'۲۶ °۵۲	"۱۰'۳۱ °۲۹
	۱۰۰-۸۰ سانتی‌متر	ضخیم لایه	"۴۰'۱۱ °۵۳	"۳۸'۱۶ °۲۹
	۸۰-۴۰	متوسط تاضخیم	"۲۶'۳۰ °۵۲	"۳۷'۲۷ °۲۹
	۴۰-۲۰ تا ۸۰-۶۰ سانتی‌متر	متوسط تا ضخیم	"۵۲'۴۵ °۵۲	"۲۱'۲۶ °۲۹
	۱۰۰-۸۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۱۶'۲۷ °۵۲	"۰۳'۳۲ °۲۹
	۱۰۰-۸۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۵۴'۳۹ °۵۲	"۴۰'۲۸ °۲۹
	۱۰۰-۸۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۳۲'۲۷ °۵۲	"۳۴'۴۳ °۲۹
	۱۰۰-۸۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۲۷'۲۸ °۵۲	'۴۴ °۲۹
	۶۰-۴۰ سانتی‌متر	متوسط	"۴۸'۴۹ °۵۲	"۰۲'۱۹ °۲۹
	۸۰-۶۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۳۱'۴۵ °۵۲	"۰۹'۲۴ °۲۹
	بیش از ۲ متر	بسیار ضخیم	"۲۶'۵۹ °۵۲	"۰۷'۲۳ °۲۹
	۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۲۰'۴۳ °۵۲	"۳۲'۲۴ °۲۹
	۱۲۰-۱۰۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۳۳'۱۳ °۵۲	"۴۲'۱۸ °۲۹
رازک	۲۰-۱۰ سانتی‌متر	نازک	"۴۲'۲۲ °۵۲	"۴۳'۳۷ °۲۹
	۲۰-۱۵ سانتی‌متر	نازک لایه	"۵۱ ′۵۳ °۵۲	"۰۷'۲۳ °۲۹
	۴۰-۱۵ سانتی‌متر	نازک تامتوسط	"۴۵ ′۱۹ °۵۲	"۱۴ ′۴۲ °۲۹
	۸۰-۶۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۴۸ ′۵۷ °۵۲	"۳۸ ′۲۱ °۲۹
آغاجاری	۴۰-۲۰ سانتی‌متر	نازک تا متوسط	"۴۵'۵۵ °۵۲	"۱۱'۲۰ °۲۹
	۴۰-۲۰ سانتی‌متر	نازک تا متوسط	"۵۴'۵۸ °۵۲	"۲۷'۲۰ °۲۹
	۶۰-۴۰	متوسط	"۱۳'۲۵ °۵۳	"۲۷'۰۵ °۲۹
	۶۰-۲۰ سانتی‌متر	نازک تا متوسط	"۳۴'۴۲ °۵۳	"۳۹'۰۶ °۲۹
بختیاری	بیش از ۲ متر	بسیار ضخیم	"۴۳'۱۶ °۵۲	"۰۳'۴۰ °۲۹
	۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۵۱'۲۸ °۵۲	"۳۹'۳۳ °۲۹
	۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۵۶'۰۲ °۵۳	"۵۹'۱۷ °۲۹
	۱۵۰-۱۲۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۲۱'۲۲ °۵۲	"۵۸'۴۴ °۲۹
	بیش از ۲ متر	بسیار ضخیم	"۴۱'۲۲ °۵۲	"۱۳'۴۴ °۲۹
	بیش از ۲ متر	بسیار ضخیم	"۴۱'۲۲ °۵۲	"۱۳'۴۴ °۲۹
	۱۳۰-۱۰۰ سانتی‌متر	ضخیم	"۲۶'۲۲ °۵۲	"۵۵'۴۴ °۲۹
	۶۰-۴۰ سانتی‌متر	متوسط	"۴۱'۲۲ °۵۲	"۱۳'۴۴ °۲۹

فاکتور	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
وضعیت خاک	حرکت غیر قابل مشاهده ۳-۰	حرکت جزئی ذرات خاک ۵-۴	حرکت متوسط خاک مشهود و به تازگی صورت گرفته است ۸-۶	این پدیده با هر واقعه رخ می دهد و آثار تجمع خاک و ذرات مختلف در مقابل موانع کوچک انباشته می‌شوند. ۱۱-۹	در بخش عمده‌ای از منطقه خاک زیر سطحی نمایان شده است ۱۴-۱۲
لاشبرگ سطحی	در حال تجمع دریک محل ۳-۰	بقایای گیاهی دارای حرکت است ۶-۴	حرکت متوسط لاشبرگ آشکار است و در مقابل موانع انباشته شده است ۸-۷	حرکت زیاد لاشبرگ آشکار است ۱۱-۹	لاشبرگ سطحی خیلی کم است ۱۴-۱۲
سنگفرش	در صورت وجود، سنگ سطحی یا اجزای آن به صورت یکنواخت توزیع شده‌اند ۲-۰	در صورت وجود، سنگ سطحی با اجزای آن دارای یک توزیع لکه‌ای بوده که در اثر جریان آب سطحی به وجود آمده است ۵-۳	مقداری سنگ کوچک و بزرگ اما با پراکنش خیلی ضعیف ممکن است وجود داشته باشد ۸-۶	سنگفرشها به صورت بخش-بخش تشکیل شده و حرکت کمی را نشان می‌دهند ۱۱-۹	سنگفرش ممکن است به میزان زیادی وجود داشته باشد اما به وسیله شیارهایی از هم جدا شوند ۱۴-۱۲
مجسمه‌ها یا موانع فرسایشی	شواهد قابل ملاحظه‌ای ازموانع فرسایش مشاهده نمی‌شود ۳-۰	ایجاد مجسمه‌های فرسایش در مسیر جریان ۶-۴	ایجاد مجسمه‌های فرسایش گیاهی و سنگی کوچک در مسیر جریان ۹-۷	عموماً موانع و مجسمه‌های فرسایش گیاهی و سنگی آشکار بوده و ریشهٔ گیاهان نمایان است ۱۲-۱۰	اغلب گیاهان و سنگها به صورت مجسمه در آمده و ریشه‌ها نمایان است۱۴-۱۲
شیارها	فاقد علائم مبنی بر وجود شیار است ۳-۰	تعدادی شیار آشکار شده اما عمق آنها کمتر از ۱/۲ اینچ و فاصله آنها بیش از ۱۰ فوت است ۶-۴	در این مناطق، شیارها دارای ۱/۲ تا ۶ اینچ عمق بوده و فواصل آنها حدود ۱۰ فوت است ۹-۷	در این نواحی شیارها ۱/۲ تا ۶ اینچ عمق داشته و فواصل آنها ۱۰-۵ فوت است ۱۲-۱۰	ممکن است به صورت شیارهایی با عمق ۶-۳ اینچ و فواصل کمتر از ۵ فوت ظاهر شوند ۱۴-۱۲
شکل جریان آبراهه	بدون علایم الگوی جریان ۳-۰	ممکن است رسوبگذاری ذرات مشهود باشد ۶-۴	به خاطر رسوب گذاری متناوب به خوبی مشخص شده‌اند ۹-۷	الگوی جریان شامل رسوبات ماسه‌ای و سیلتی و مخروط‌افکنه است ۱۲-۱۰	الگوی جریان متعدد به سادگی قابل مشاهده است ۱۴-۱۲
فرسایش خندقی	ممکن است در شرایط پایدار باشند در کف و کناره‌های آن پوشش گیاهی وجود دارد ۳-۰	تعداد محدودی خندق با فرسایش جزئی کف و کناره ۶-۴	خندقها به خوبی توسعه یافته‌اند و در کمتر از ده درصد از طول آنها فرسایش فعال دیده می‌شود ۹-۷	خندقهای متعددی هستند و به خوبی توسعه یافته‌اند و در ۱۰ تا ۵۰ درصد طول آنها فرسایش فعال دیده می‌شود ۱۲-۱۰	کاملاً عمیق که قسمت عمده‌ای از ناحیه را پوشانده و در بیش از ۵۰ درصد آن فرسایش فعال وجود دارد ۱۴-۱۲

جدول ۱۰- نحوه ارزش‌گذاری در روش B.L.M

جدول ۱۱- مشخصات نمونه‌ها

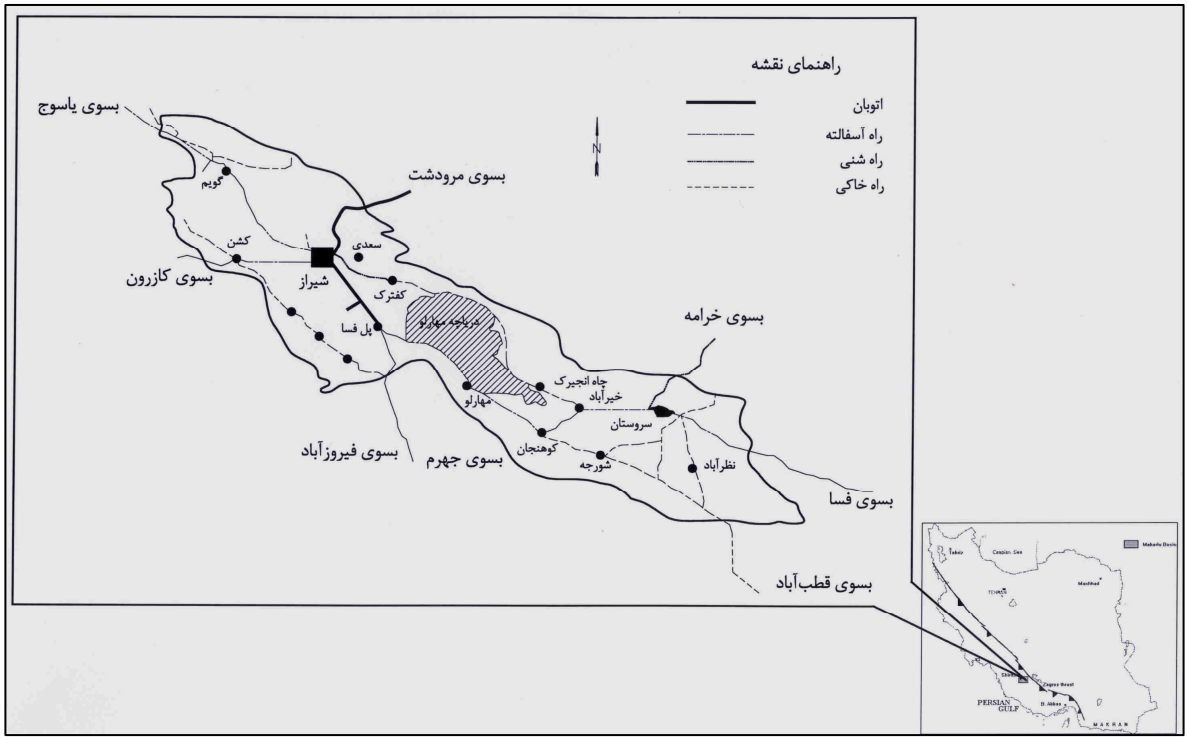
ردیف	مختصات جغرافیائی		واحدها	تعداد نمونه
	عرض شمالی	طول شرقی		
۱	۲۹ ° ۰۳' ۲۹ °۱۶' ۲۴" ۲۹ ° ۳۰'	۵۳ ° ۱۷'۵۵" ۵۳ °۰۰ ۵۳ °۳۷'۵۴"	Qt_2	۳
۲	۲۹ ° ۱۵' ۱۵" ۲۹ ° ۴۵' ۱۹" ۲۹ ° ۱۳' ۲۹"	۵۳ ° ۱۵' ۲۰" ۵۲ ° ۲۴' ۳۳" ۵۳ °۱۷'۰۶"	Qt_1	۳
۳	۲۹ ° ۱۱' ۵۸"	۵۲ ° ۳۰'	Qaf	۱

جدول ۱۲- نتایج حاصل از مطالعات صحرایی به روش B.L.M

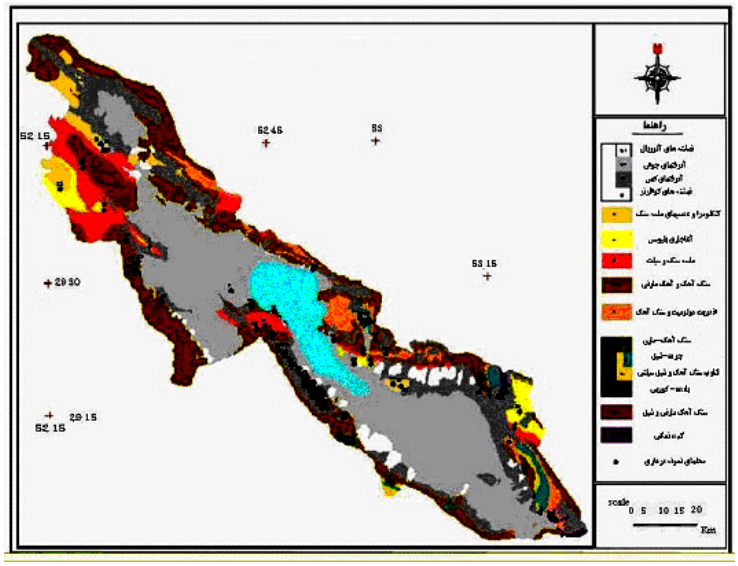
فاکتورها / واحدها	Qt2	Qt1	Qaf
حرکت خاک	۷	۷	۳
لاغبرگ سطحی	۶	۴	۳
سنگفرش	۶	۵	۶
موانع فرسایش	۸	۴	۲
خیاره‌ا	۶	۹	۳
الگوی جریان	۶	۱۰	۹
خندقها	۴	۱۲	-
جمع امتیاز نهایی	۴۳	۵۱	۲۶

جدول ۱۳-امتیاز منظور شده برای هر سازند بر اساس مطالعات صحرایی

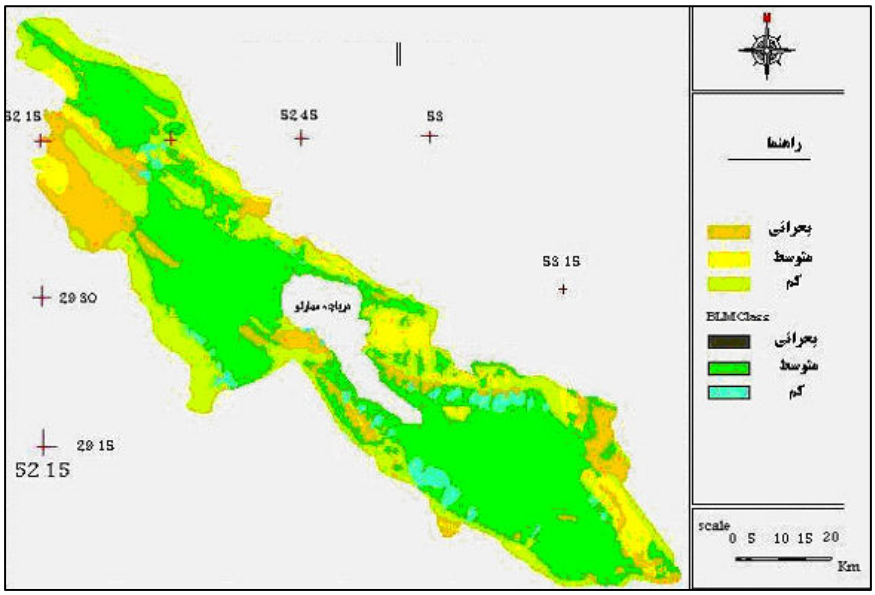
سازند	ناپیوستگیها	امتیاز	هوازدگی و استحکام	امتیاز
سری هرمز	زیاد	۱۸	کاملاً هوازده (فیزیکی و شیمیایی)	۱۶/۵
بنگستان	نسبتاً زیاد	۱۱	نیمه هوازده(شیمیایی و فیزیکی کم)	۷
پابده-گورپی	زیاد	۱۶	کاملاً هوازده (هوازدگی مکانیکی شدید، هوازدگی شیمیایی کم)	۱۵
مارنهای سازند پابده-گورپی	زیاد	۱۶	خاک بر جا (مکانیکی)	۲۰
تاربور	متوسط	۱۰	هوازدگی مکانیکی کم هوازدگی شیمیایی کم	۵/۵
ساچون	نسبتاً زیاد	۱۴/۵	هوازدگی مکانیکی شدید	۸/۵
ماروک گچ و ماسه	نسبتاً زیاد	۱۴/۵	خاک بر جا (مکانیکی)	۱۸
آسماری-جهرم	کم	۳	کم هوازده (هوازدگی شیمیایی و مکانیکی)	۵
رازک	زیاد	۱۳	خیلی هوازده (هوازدگی مکانیکی شدید)	۱۴/۵
مارنهای میانی و لایه‌های نازک آهک مارنی	زیاد	۱۳	خاک بر جا (مکانیکی)	۲۰
آغاجاری	زیاد	۱۴	خیلی هوازده (هوازدگی مکانیکی شدید)	۱۵
بختیاری	کم	۸/۵	نیمه هوازده (هوازدگی مکانیکی شدید)	۹



نقشه ۱- محدوده حوضه دریاچه مهارلو و موقعیت آن در کشور



نقشه ۲- نقشه زمین‌شناسی و محلهای انتخاب شده برای انجام عملیات میدانی



نقشه۳- حساسیت سازندهای زمین‌شناسی حوضه مهارلو به فرسایش

کتابنگاری

زارع خوش اقبال، م.، ۱۳۷۸- بررسی رسوب‌شناسی مخروط افکنه چنداب ورامین و تغییرات نفوذپذیری در عرصه پخش سیلاب، دانشکده علوم زمین، ۱۹۹ صفحه.

فیض نیا، س.، ۱۳۷۴- مقاومت سنگها در مقابل فرسایش در اقالیم مختلف ایران، مجله منابع طبیعی ایران، شماره ۴۷.

عسگری، ش.، ۱۳۷۸- بررسی کمی و کیفی میزان فرسایش در حوضه آبخیز چیخواب (استان ایلام)، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، ۱۸۲ صفحه.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۲- چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین شناسی ایران، تعداد صفحه ۵۳۶.

مظاهری، ح.، ۱۳۷۵- پژوهشی در شناسائی و پهنه‌بندی مناطق حساس به فرسایش در حوضه آبخیز آبشینه همدان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی دانشگاه تهران.

References

Adams, T.D., 1969- The Asmari biostratigraphy. Geological and Exploration Div. *IOOC Report*. No 1074, May 1967.

Bieniawski, Z.T., 1984- Rock mechanics Design in Mining and Tunneling, A. A., Balkema Publishers.

Bieniawski, Z.T., 1989- Engineering rock mass classifications. Chichester, Wiley.

Brand, W. E., Phillipson, H. B., 1984- "Site investigation and geotechnical enginnering practice in Hong Kong," Geotech. Eng. (*J. Southeast Asian Geotech. Soc.*), 15(2), 97-153.

Collman, Sadd, S.P.,1982-Fold development in Zagros simply folded belt Southern Iran, *AAPG. Bulle*.v.62,No. 6, p. 948-1003.

Gomez, F.P., 1995- Erosion E Inestabilidad en la Cuenca del Rio Patana (Alpujarra alta Almeriense), Instituto de Estudios Almerienses. Pp. 74.

ISRM, 1981a- Basic Geotechnical Description of rock masses, Int. *J. Rock Mec. & Min. Sci.*; Vol, 18, N 1. Pp. 85-110.

Lee, R. et al., 2000- Chemical weathering, atmospheric Co_2, and climate, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 28: 611-617.

Weiss, T. et al., 1999- Physical anisotropics and texture of carbonate. International Conference on Texture and Physical Properties of Rocks, Gottingen, Germany.

* مرکز تحقیقات حفاظت خاک وآبخیزداری کشور، تهران، ایران

* Soil Conservation & Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran