

## ارزیابی پتانسیل سایندهای آیتامیر و نیزار در مقاطع مختلف رسوبی

غلامرضا لشکری پور<sup>۱</sup>، محمد غفوری<sup>۱</sup>، سعید علیقلی<sup>۲</sup>، صادق طریق ازلی<sup>۳</sup>

۱- استاد زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشجوی دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

s\_aligholi@yahoo.com

### چکیده

سایندهای یکی از پارامترهای بسیار مهم و تاثیرگذار در هزینه و زمان تمام شده برای پروژه‌های حفاری می‌باشد. بنابراین قبل از شروع عملیات حفاری، برآورد پتانسیل سایندهای مصالح خاکی و سنگی، به منظور تعیین خصوصیات ابزار برشی و قطعات ماشین حفاری امری ضروری و سودمند می‌باشد زیرا منجر به کاهش زمان و هزینه تمام شده در پروژه‌های حفاری خواهد شد. تا کنون چندین روش شناخته شده برای ارزیابی پتانسیل سایندهای مصالح سنگی ارائه شده است. که از جمله آنها می‌توان به عدد سختی ویکرز (VHNR)، شاخص سایندهای سنگ (RAI)، شاخص سایش سرشار (CAI) و اندیس سایش سرمته (BWI) اشاره نمود. در این مقاله، پتانسیل سایندهای سازندهای آیتامیر و نیزار در مقاطع مختلف در حوضه کپه‌داغ با استفاده از عدد سختی ویکرز و شاخص سایش سرشار مورد ارزیابی قرار گرفته است. این سازندها بسته به محیط رسوبگذاری از واحدهای ماسه سنگی و سنگ آهک تشکیل شده‌اند. در این مقاله، ابتدا با استفاده از منابع علمی موجود در مطالعات گذشته، اقدام به تهیه یک بانک داده و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به درصد فراوانی کانیهای تشکیل دهنده این سازندها در واحدهای سنگی مختلف، گردید. بعد از تهیه بانک داده، عدد سختی ویکرز هر یک از آنها با توجه به کانی شناسی آنها محاسبه گردید. سپس با استفاده از رابطه تجربی بین عدد سختی ویکرز و شاخص سایش سرشار، برای هر یک از واحدهای سنگی شاخص سایش سرشار برآورد گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که در تمامی مقاطع مورد مطالعه، بخش‌های ماسه سنگی دارای پتانسیل سایندهای بیشتری (CAI > ۲) نسبت به بخش‌های متشکل از سنگ آهک (CAI > ۲) می‌باشند.

**کلمات کلیدی:** حفاری، سایندهای، عدد سختی ویکرز، سازندهای آیتامیر، سازندهای نیزار.

### ۱- مقدمه

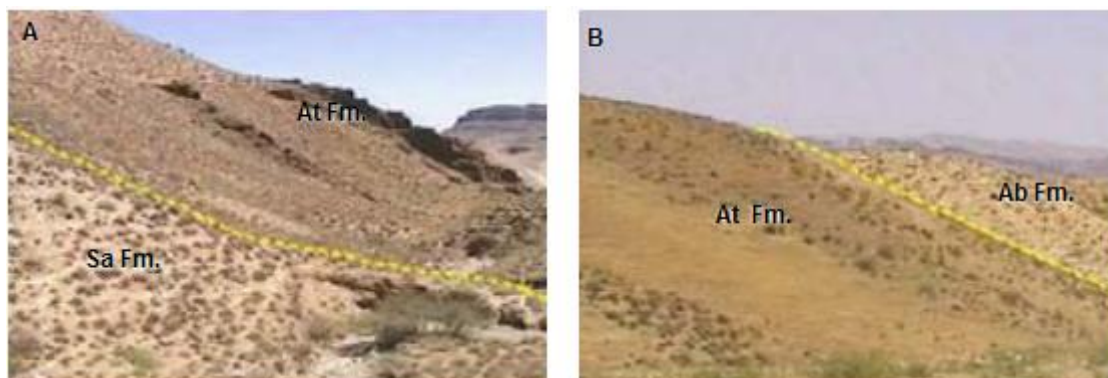
این موضوع که سایندهای نقش کلیدی را در پروژه‌های حفاری به جهت تاثیری که مستقیماً روی هزینه‌های پروژه و برنامه ریزی-های زمانبندی اجرای طرح وارد می‌کند، توسط عموم پذیرفته شده است. از اینرو محاسبه مقدار واقعی پتانسیل سایندهای مصالح خاکی و سنگی در یک پروژه اهمیت بالایی را برای طراحان و پیمانکاران دارد. در مراحل مقدماتی یک پروژه زیرزمینی دانستن میزان سایندهای مصالح برای انتخاب یک روش حفاری مقرون به صرفه بسیار تاثیر گذار است. در طول عملیات نیز این اطلاعات می‌تواند پارامتر ورودی پایه برای مراقبت از دستگاه حفار در برابر سایندهای باشد. تا کنون چندین روش شناخته شده برای ارزیابی پتانسیل سایندهای مصالح خاکی و سنگی ارائه شده است که از جمله آنها می‌توان به عدد سختی ویکرز (VHNR)، شاخص سایندهای سنگ (RAI)، شاخص سایش سرشار (CAI)، اندیس سایش سرمته (BWI) و همچنین آزمایشهای LCPC و NTNU که توسط آنها شاخص سایندهای خاک یا سنگ برآورد می‌گردد، اشاره نمود (Tarigh Azali S. and Moammeri H., ۲۰۱۲) (هاشم نژاد ه. و همکاران، ۱۳۹۱).

در میان روش‌های فوق، عدد سختی (VHNR) با استفاده از ترکیب کانی شناسی سنگ قابل برآورد است و نیازی به آزمون‌های خاص ساینده‌گی نیست. از سوی دیگر در مطالعات گذشته که عمدتاً توسط محققین رسوب‌شناسی و در منطقه کپه داغ انجام شده عمدتاً ترکیب کانی شناسی واحدهای سنگی (مانند سازندهای آیتامیر و نیزار) آورده شده است. بنابراین با توجه به مطالب فوق، در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از داده‌های مندرج در تحقیقات گذشته، پتانسیل ساینده‌گی بخشهای ماسه سنگی و سنگ‌های آهکی سازندهای آیتامیر و نیزار در مقاطع مختلف در حوضه رسوبی کپه‌داغ مورد بررسی قرار گیرد. در این بررسی بر اساس ترکیب کانی شناسی واحدهای سنگی مختلف، عدد سختی ویکرز (Vickers Hardness Number) و شاخص سایش سرشار (CAI) برآورد شده است. بدان امید که نتیجه این مطالعات، در حفاری‌های اکتشافی پروژه-های گازی و نفتی و همچنین حفر ترانشه یا تونل در پروژه‌های راهسازی و غیره، در منطقه کپه‌داغ مورد استفاده قرار گیرد.

## ۲- زمین‌شناسی سازندهای آیتامیر و نیزار

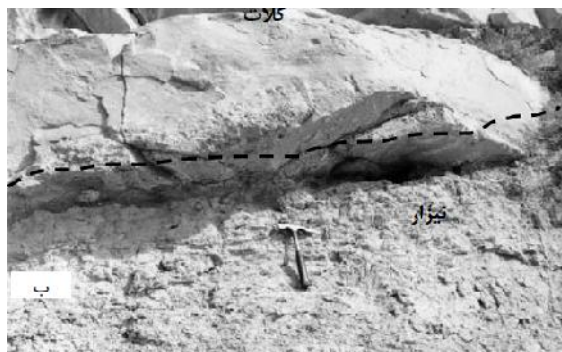
از لحاظ زمین‌شناسی، حوضه رسوبی کپه داغ در شمال شرق ایران قرار دارد. این حوضه در تریاس میانی تا اوایل ژوراسیک به صورت یک حوضه حاشیه‌ای قاره‌ای تشکیل شده است (Alavi M., ۱۹۹۱). از ژوراسیک تا میوسن، رسوباتی به ضخامت بیش از ۶۰۰۰ متر به صورت تقریباً پیوسته در شرق آن رسوبگذاری شده است (افشار حرب ع، ۱۳۷۳). این رسوبات شامل سنگ‌های سیلیسی آواری، کربناته و مقدار کمی تبخیری است.

در آلین و اوایل سنومانین پسین افت سطح آب دریا منجر به ته نشینی رسوبات هیبریدی سازند آیتامیر شده است (افشار حرب ع، ۱۳۷۳). سازند آیتامیر از شمال خاور حوضه رسوبی کپه داغ تا ۷۰ کیلومتری شمال خاور گنبد کاووس (محل برش نمونه) با ضخامت‌های متفاوت که از خاور به باختر ضخیم‌تر می‌شود، گسترش دارد. این سازند در بخش زیرین از ماسه سنگ‌های گلوکونیتی و شیل و در بخش بالایی از شیل همراه با لایه‌های نازک ماسه سنگ گلوکونیتی تشکیل شده است. افزون بر این، سازند آیتامیر دارای چندین افق پرفسیل با محتوای جانوری مختلف است (محبوبی م. و همکاران، ۱۳۸۷). مرز زیرین این سازند با سازند سنگانه به صورت تدریجی و مرز بالایی آن با سازند آب دراز به صورت پیوسته است (افشار حرب ع، ۱۳۷۳) (شکل ۱).



شکل ۱- مرزهای تحنانی (A) و فوقانی (B) سازند آیتامیر با سازندهای سنگانه و آب دراز در گردنه مزدوران، دید به سمت جنوب غرب (قاسمی نوقایی م، ۱۳۸۵)

سازند نیزار یکی از سازندهای سیلیسی آواری در توالی رسوبی شرق حوضه ی کپه داغ است که به فرم هم شیب بر روی سازند آب تلخ و در زیر سنگ های آهکی سازند کلات قرار دارد (Kalantari A., ۱۹۸۷) (شکل ۲). سازند نیزار عمدتاً از ماسه سنگ های گلاکونیتی همراه با شیل، سیلتستون و افق هایی از سنگ آهک ماسه ای تشکیل شده است (متین فر ح. و همکاران، ۱۳۸۳). در این سازند، فسیل مشخصی گزارش نشده و سن آن برحسب موقعیت چینه شناسی، ماستریشتین زیرین تعیین شده است (افشار حرب ع، ۱۳۷۳)



شکل ۲ - مرزهای تحتانی (الف) و فوقانی (ب) سازند نیزار با سازندهای آب تلخ و کلات در مقطع تنگ نیزار (متین فر ح. و همکاران، ۱۳۸۳)

### ۳- مواد و روش ها

#### ۳-۱- عدد سختی ویکرز سنگ (VHNR)

در مطالعات زمین شناسی مهندسی، عدد سختی ویکرز (VHN) به عنوان معیاری برای سنجش درجه ساینندگی کانی ها مورد استفاده قرار می گیرد. از ترکیب اعداد سختی مربوط به کانی های مختلف و با توجه به درصد هر کانی در ترکیب کانی شناسی سنگ، عدد سختی مربوط به سنگ (VHNR) به دست می آید. به منظور روشن شدن بیشتر موضوع، اعداد سختی مربوط به کانی های مختلف در جدول ۱ ارائه شده است. در جدول ۲ نیز نمونه ای از محاسبه عدد سختی (VHNR) برای یک نمونه سنگ از جنس گنیس ارائه شده است.

#### ۳-۲- اندیس سایش سرشار (CAI)

آزمایش اندیس سایش سرشار مقدار سایش را در سنگ ها تعیین می کند. مقدار اندیس سایش سرشار بین ۰ تا ۷ متغیر است (مرادی زاده م. و همکاران، ۱۳۹۱). رابطه زیر میان اندیس سایش سرشار (CAI) و عدد سختی ویکرز سنگ (VHNR)، برای سنگ های فاقد هوازدگی و به ازای  $CAI > 0.7$  برقرار است (Lislerud A., ۱۹۹۷):

$$CAI = VHNR / 145 \quad (1)$$

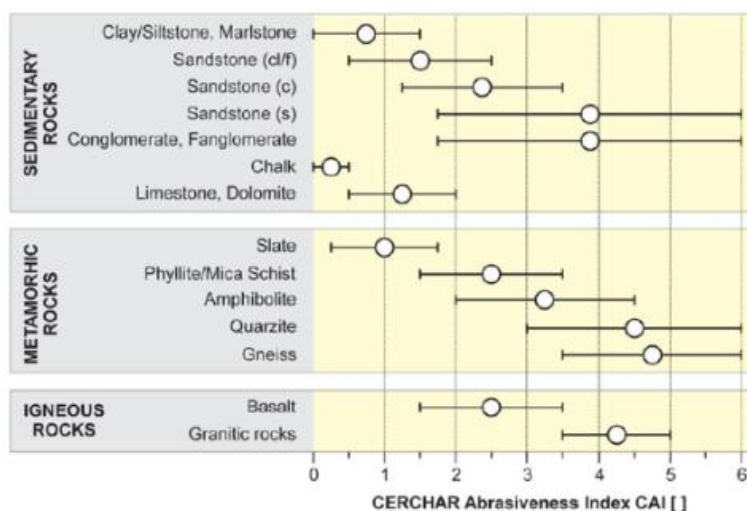
به منظور ارائه توضیحات بیشتر، در شکل ۳ دامنه ای از مقادیر اندیس سایش سرشار برای سنگ های مختلف نشان داده شده است.

جدول ۱ - مقادیر سختی VHN برای برخی از کانی‌ها (Bruland A., ۱۹۹۸)

عدد VHN (kg/mm <sup>2</sup> )	کانی	عدد VHN (kg/mm <sup>2</sup> )	کانی
۳۱۰	پیرویت	۲۳۰۰	کروندوم
۲۶۵	فلونوریت	۱۰۶۰	کوارتز
۲۲۰	پنتلانیدیت	۱۰۶۰	گارت
۲۰۰	اسفالریت	۹۲۵	هماتیت
۱۹۵	کلکوپیریت	۸۰۰	پیریت
۱۷۵	سریانتینیت	۸۰۰	پلاژیوکلاز
۱۶۰	انیدریت	۸۰۰	دیوپسید
۱۲۵	کلسیت	۷۳۰	مگنتیت
۱۱۰	بیوتیت	۷۳۰	ارتوکلاز
۸۵	گالن	۶۴۰	اوزیت
۶۵	کلکوسیت	۶۲۵	ایلمنیت
۵۰	کلریت	۶۰۰	ارتوپیروکسن
۵۰	ژیس	۶۰۰	هورنبلند (آمفیبول)
۲۰	تالک	۶۰۰	کرومیت
۱۷	هالیت	۵۵۰	آپاتیت
۱۰	سیلویت	۳۶۵	دولومیت

جدول ۲ - مثالی از محاسبه عدد سختی یک نمونه سنگ از جنس گنیس (Bruland A., ۱۹۹۸)

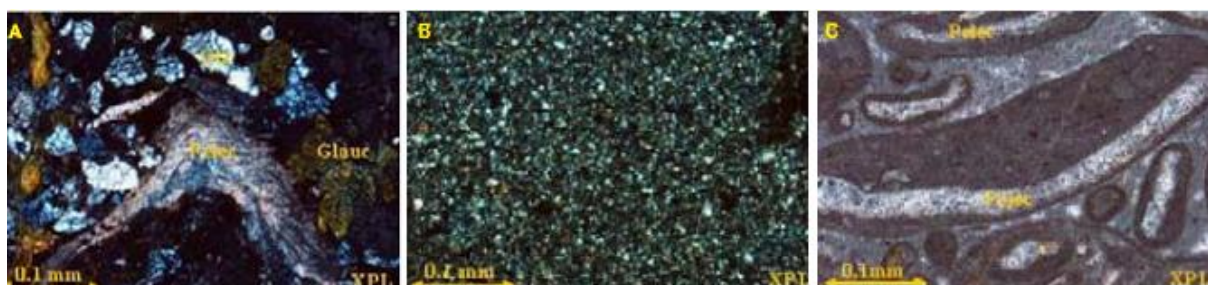
نسبت از سختی کل	سختی کانی VHN	درصد	کانی
۳۱۸	۱۰۶۰	۳۰	کوارتز
۵۰۴	۸۰۰	۶۳	پلاژیوکلاز
۱۲	۶۰۰	۲	آمفیبول
۶	۱۱۰	۵	بیوتیت
۸۴۰	عدد سختی VHN		



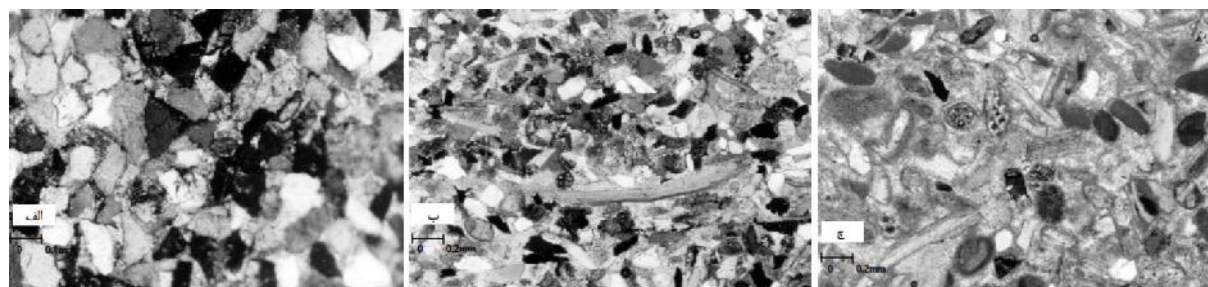
شکل ۳ - مقادیر اندیس سایش سرشار برای سنگ‌های مختلف (Pinninger R.J. and Restner U., ۲۰۰۸)

### ۳-۳- پایگاه داده

به منظور انجام این تحقیق، اطلاعات کانی شناسی سازندهای آیتامیر و نیزار در ۱۵ مقطع چینه شناسی در حوضه کپه داغ جمع آوری گردید. این اطلاعات از پایان نامه های کارشناسی ارشد دانشجویان رسوب شناسی دانشگاه فردوسی مشهد گردآوری شده است، که نتایج آن بطور خلاصه در جدول ۳ ارائه شده است. در شکل های ۴ و ۵ نیز تصاویر میکروسکوپی مقاطع نازک در برخی از برش های مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۴ - تصاویر میکروسکوپی (XPL) از رخساره های سنگی سازند آیتامیر (اقتباس از قاسمی نوقایی م، ۱۳۸۵):  
A) رخساره لیتیک آرکوز، برش گردنه مزدوران. B) رخساره سیلتستون حاوی کوارتز، مقطع روستای شوریجه.  
C) رخساره پکتون بایوکلستی، مقطع روستای پادها.



شکل ۵ - تصاویر میکروسکوپی (XPL) از رخساره های سنگی سازند نیزار (اقتباس از متین فرح و همکاران، ۱۳۸۳):  
الف) رخساره کوارتز آرنایت. ب) رخساره ماسه سنگ نامتجانس (Hybride). ج) رخساره گرینستون/پکتون بایوکلستی.

جدول ۳ - واحدهای سنگ چینه‌ای و مختصات جغرافیایی مقاطع مورد مطالعه

منبع	توصیف	واحدهای سنگ چینه‌ای	مختصات		تعداد نمونه آنالیز شده	مقطع	سازند
			عرض شمالی	طول شرقی			
ربانی فرود ع.، (۱۳۸۳).	تناوب ماسه سنگ و شیل	۱	۶۰،۲۲'	۳۶،۳۵'	۲۶	چهلچله	سازند
	تناوب شیل و آهک فسیل دار	۲					
	تناوب ماسه سنگ آهکی و آهک فسیل دار	۳					
	تناوب شیل و ماسه سنگ	۱	۵۹،۴۲'	۳۶،۵۹'	۲۸	جلیل آباد	
	شیل	۲					
	تناوب ماسه سنگ آهکی و آهک کالک آرنایتی	۳					
	سنگ آهک فسیل دار	۴					
	ماسه سنگ بسیار دانه ریز تا دانه ریز	۱	۵۹،۴۶'	۳۷،۰۳'	۲۵	خشت	
	سنگ آهک فسیل دار	۲					
شیل	۳						
مئین فرج، (۱۳۸۱).	ماسه سنگ همراه با سیلستون و شیل ماسه ای	۱	۶۰،۳۲'	۳۶،۱۱'	۱۹	دوبردار	
	شیل و سیلستون همراه با ماسه سنگ	۲					
	ماسه سنگ، شیل ماسه ای و شیل	۳					
	ماسه سنگ	۱	۶۰،۳۳'	۳۶،۱۶'	۴۲	تنگ نیزار	
	تناوب شیل، سیلستون و ماسه سنگ	۲					
	ماسه سنگ، تناوب شیل و ماسه سنگ، شیل	۳					
	ماسه سنگ	۱					
	ماسه سنگ، سیلستون و شیل	۲	۶۰،۲۵'	۳۶،۲۲'	۱۹	کاریزک	
سیلستون و شیل همراه با آهک	۳						
عاشوری م.، (۱۳۸۹).	ماسه سنگ، شیل، آهک	۱	۵۹،۲۸'	۳۷،۰۵'	۴۶	روستای رباط	
	ماسه سنگ، شیل	۲					
	ماسه سنگ، آهک، سیلستون	۱	۵۹،۲۰'	۳۷،۰۹'	۴۸	روستای تیرگان	
	ماسه سنگ، شیل	۲					
نواجه یزدی م.، (۱۳۸۳).	کربناتی، شیل	۱	۶۰،۳۱'	۳۵،۵۸'	۸	کال شاه محمد	
	شیل	۲					
	ماسه سنگ، کربناتی	۱	۶۰،۳۷'	۳۵،۵۶'	۱۶	شوراب	
	شیل	۲					
	ماسه سنگ، کربناتی	۱	۶۰،۵۹'	۳۵،۵۰'	۹	دراز آب	
	شیل با میان لایه های ماسه سنگی	۲					
	ماسه سنگ، کربناتی	۱	۶۱،۰۱'	۳۵،۴۹'	۱۹	کاریزک	
	شیل	۲					
قاسمی نوقایی م.، (۱۳۸۵).	سیلستون، ماسه سنگ، شیل	۱	۶۰،۳۳'	۳۶،۱۱'	۱۵	گردنه مزدوران	
	کربنات، ماسه سنگ، شیل	۲					
	شیل با میان لایه های ماسه سنگی	۳					
	سیلستون، ماسه سنگ	۱	۶۰،۴۳'	۳۶،۰۶'	۱۶	پادها	
	کربنات، شیل، ماسه سنگ	۲					
	شیل ماسه ای با میان لایه ماسه سنگی	۳	۶۰،۵۵'	۳۶،۰۱'	۷	شوریجه	
	سیلستون، ماسه سنگ	۱					
	کربنات	۲					
شیل ماسه ای	۳						

#### ۴- برآورد پارامترهای ساینده گی

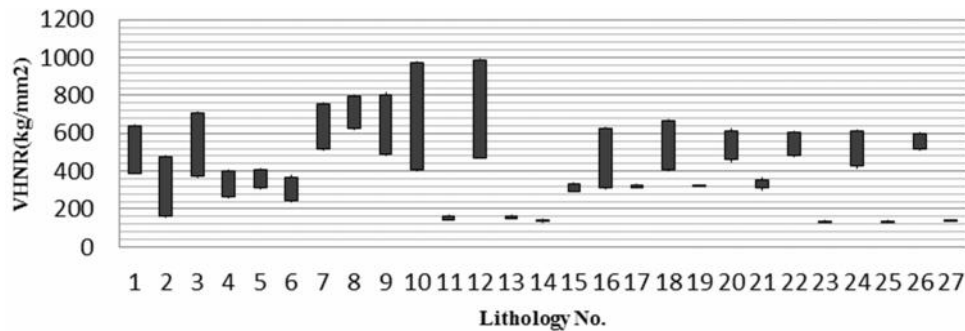
با توجه به داده‌های جمع آوری شده (جدول ۳)، بازه عدد سختی ویکرز سنگ (VHNR) برای سازندهای آیتامیر و نیزار، در مقاطع مختلف رسوبی به دست آمد. به منظور انجام این کار، ابتدا با توجه به کانی‌شناسی ذرات تشکیل دهنده آنها، عدد سختی ویکرز (VHN) برای هر یک از اجزا در نظر گرفته شد (جدول ۴). سپس با توجه به درصد این اجزا برای هر یک از مقاطع بازه عدد سختی ویکرز سنگ با توجه به سنگ‌شناسی (ماسه سنگ و سنگ آهک) برآورد گردید، که نتایج این محاسبات در نمودار شکل ۶ ارائه شده است. در نهایت با استفاده از رابطه تجربی ۱، بازه مقدار اندیس سایش سرشار (CAI) برای هر یک از مقاطع مورد مطالعه برآورد گردید، که نتایج آن در نمودار شکل ۷ ارائه شده است. در ضمن جدول ۵، به عنوان راهنمایی برای استفاده از نمودار شکل‌های ۶ و ۷ می‌باشد. که در آن به توصیف شماره لیتولوژی (محور افقی) این اشکال پرداخته شده است.

همانطور که در نمودار شکل ۷ و جدول ۵ مشاهده می‌شود، نمونه‌های شماره ۱ تا ۹ به سازند نیزار تعلق دارند. در بین این ۹ نمونه، مقدار CAI برای نمونه‌های ماسه سنگی (شماره‌های ۱، ۳، ۵، ۷، ۸ و ۹) بین ۲ تا ۶ متغیر بوده و در رده خیلی تا بشدت ساینده قرار می‌گیرند که بیشترین مقادیر CAI مربوط به واحدهایی است که در تنگ نیزار و کاریزک مطالعه شده‌اند. ولی در مقابل، مقدار CAI در واحدهای آهکی این سازند کمتر از ۳ می‌باشد و در رده خیلی ساینده تا متوسط طبقه‌بندی می‌شوند.

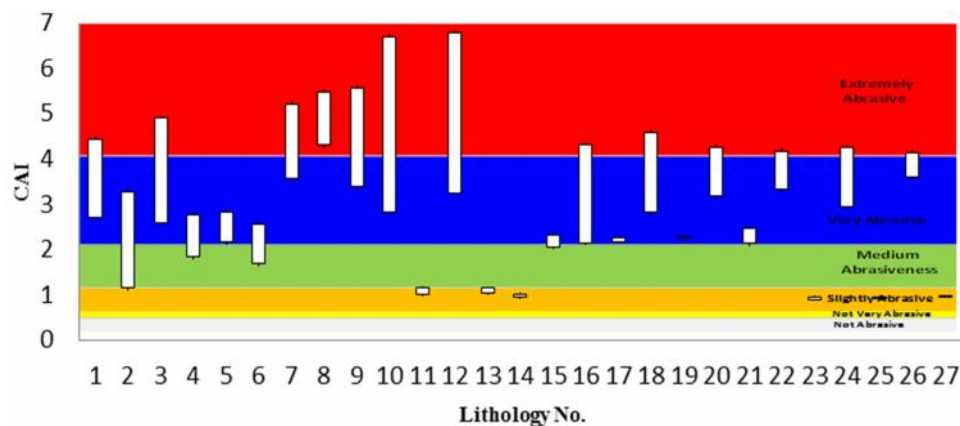
طبق نتایج مندرج در شکل ۷ و جدول ۵، نمونه‌های ۱۰ تا ۲۷ به سازند آیتامیر تعلق دارند. واحدهای ماسه سنگی این سازند نیز از لحاظ مقادیر CAI همانند سازند نیزار در رده خیلی تا بشدت ساینده طبقه‌بندی می‌شوند. بیشترین مقادیر CAI مربوط به واحدهایی است که در روستای رباط و روستای تیرگان مطالعه شده‌اند. در دو مقطع مذکور، مقدار CAI در برخی از نمونه‌ها حتی به بیش از ۶ نیز می‌رسد و بشدت ساینده می‌باشند. در سازند آیتامیر، کمترین مقدار CAI مربوط به واحدهای آهکی است که در گردنه مزدوران مطالعه شده‌اند. در این منطقه مقدار CAI کمتر از ۱ و در برخی از نمونه‌ها کمتر از ۰/۹ می‌باشد.

جدول ۴ - کانی‌شناسی ذرات سازنده مقاطع مورد مطالعه و عدد VHNR معادل آنها

VHN (kg/mm <sup>2</sup> )	کانی‌شناسی	ذرات سازنده	VHN (kg/mm <sup>2</sup> )	کانی‌شناسی	ذرات سازنده
۱۲۵	سازند آیتامیر	دوکفه ای	۱۰۶۰	کوارتز	کوارتز
		اکینودرم	۸۰۰	پلاژیوکلاز	فلدسپات (پلاژیوکلاز)
		بریونر	۱۰۳۵٫۷	کوارتز) ۸۲٪ & (اکسید) ۱۸٪	چرت
		گاستروپد			
		براکیوپد	۱۱۰	بیوتیت	میکا
		فرامینیفر	۵۵۰	آپاتیت	کانیهای سنگین
		انکوئید	۸۰۰	پیریت	کانیهای اپک
		پلونید	۱۱۰	مشابه بیوتیت	گلاکونی
		اینتراکلاست	۳۶۵	به طور کلی سختی در حد دولومیت	ماتریکس و میکرایت
		آئید			
		سیمان			



شکل ۶ - بازه عدد سختی ویکرز سنگ (VHNr) برای سازندهای آیتامیر و نیزار، در مقاطع مختلف در حوضه کپه‌داغ



شکل ۷ - بازه مقدار اندیس سایش سرشار (CAI) برای سازندهای آیتامیر و نیزار، در مقاطع مختلف در حوضه کپه‌داغ

جدول ۵ - توصیف شماره لیتولوژی (محور افقی) شکل‌های ۶ و ۷

Lithology No.	سازند	مقطع	سنگ شناسی	Lithology No.	سازند	مقطع	سنگ شناسی	Lithology No.	سازند	مقطع	سنگ شناسی			
۱	سازند آیتامیر	چهلچله	ماسه سنگ	۱۰	سازند نیزار	روستای رباط	ماسه سنگ	۱۹	دراز آب	سنگ آهک	سنگ آهک			
۲			سنگ آهک	۱۱			سنگ آهک	۲۰			ماسه سنگ			
۳			ماسه سنگ	۱۲			ماسه سنگ	۲۱			سنگ آهک			
۴		جلیل آباد	سنگ آهک	۱۳		تیرگان	سنگ آهک	۲۲	سنگ آهک	۲۲	گردنه	ماسه سنگ		
۵			خشت	ماسه سنگ			۱۴	کال شاه	سنگ آهک	۲۳	سنگ آهک	۲۳	مزدوران	سنگ آهک
۶				سنگ آهک			۱۵		محمد	مارن	۲۴	ماسه سنگ	۲۴	پادها
۷		ماسه سنگ		۱۶		شوراب	ماسه سنگ			۲۵	ماسه سنگ	۲۵	شوریجه	سنگ آهک
۸		ماسه سنگ	۱۷	سنگ آهک			۲۶	سنگ آهک		۲۶	ماسه سنگ			
۹		ماسه سنگ	۱۸	ماسه سنگ			۲۷	سنگ آهک	۲۷	سنگ آهک				

## ۵ - نتیجه گیری

با توجه به تحقیقات انجام شده، مشخص گردید که پتانسیل سایندهی سازندهای آیتامیر و نیزار در مقاطع مختلف حوضه کپه‌داغ دارای مقادیر متفاوتی می‌باشد و این تفاوت‌ها در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. علت این امر مرتبط با محیط و شرایط رسوب گذاری این سازندها در بخش‌های مختلف حوضه رسوبی کپه‌داغ می‌باشد. اما به طور کلی این سازندها را با توجه به سنگ-شناسی می‌توان به دو بخش متشکل از ماسه سنگ و سنگ آهک تقسیم نمود، بخش‌های ماسه سنگی دارای پتانسیل سایندهی



بیشتری نسبت به سنگ‌های آهکی می‌باشند. واحدهای ماسه‌سنگی این سازندها از لحاظ مقادیر CAI، در رده خیلی تا بشدت ساینده طبقه‌بندی می‌شوند. واحدهای ماسه سنگی سازند آیتامیر که در روستای رباط و روستای تیرگان مطالعه شده‌اند دارای بیشترین پتانسیل ساینده می‌باشند و در مقابل واحدهای آهکی همین سازند که در گردنه مزدوران برونزد دارند دارای کمترین پتانسیل ساینده می‌باشند. بنابراین در پروژه‌های حفاری و عمرانی در این مناطق باید به این موضوع توجه شود و در هر بخش ابزار و ماشین آلات متناسب با آن بخش مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین پیشنهاد می‌شود اطلسی از ویژگی‌های سایشی سازندهای زمین شناسی حوضه کپه‌داغ تهیه شود تا در مطالعات اولیه پروژه‌های شرکت نفت، معادن و پروژه‌های عمرانی مانند تونل و ترانشه که نیاز به حفاری دارند، از نتایج آن استفاده گردد.

## منابع

- افشار حرب ع، (۱۳۷۳). "زمین‌شناسی کپه‌داغ"، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
- خواجه یزدی م، (۱۳۸۳). "پترولوژی و محیط رسوب‌گذاری سازند آیتامیر (جنوب آق‌دریند) شرق حوضه رسوبی کپه‌داغ"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ربانی فرد ع، ا، (۱۳۸۳). "پترولوژی و تاریخچه رسوب‌گذاری سازند نیزار در ناودیس کلات"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- عاشوری م، (۱۳۸۹). "چینه‌نگاری سکاسی و تفسیر تاریخچه رسوب‌گذاری سازند آیتامیر در جنوب شرق درگز"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- قاسمی نوقایی م، (۱۳۸۵). "چینه‌نگاری سکاسی سازند آیتامیر در منطقه مزدوران تا شورچیج و میدین گازی گنبدلی و خان‌گیران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- متین فرح، (۱۳۸۱). "پترولوژی و محیط رسوب‌گذاری سازند نیزار (کرتاسه فوقانی) در شرق حوضه رسوبی کپه‌داغ واقع در شمال شرق ایران"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
- متین فرح، موسوی حرمی ر، محبوبی ا، و نجفی م، (۱۳۸۳). "رخساره‌های سنگی و محیط رسوب‌گذاری ماسه سنگ‌های گلاکونیت‌دار سازند نیزار در شرق حوضه کپه‌داغ"، بیک نور علوم، سال اول، شماره چهارم صفحات ۶۲-۷۵.
- محبوبی ا، شرفی م، موسوی حرمی ر، و نجفی م، (۱۳۸۷). "کاربرد لایه‌های پرفسیل در تفسیر چینه‌نگاری سکاسی سازند آیتامیر در ناودیس‌های شیخ و بی‌بهره باختر کپه‌داغ"، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، سال پنجم، بهار ۱۳۹۰، شماره هفدهم صفحات ۳۱-۴۷.
- مرادی زاده اصفهانی م، غفوری م، لشکری پورغ، و طریق ازلی ص، (۱۳۹۱). "نحوه بررسی ساینده‌گی سنگ‌های مختلف با دستگاه سرشار"، اولین همایش زمین‌شناسی فلات ایران.
- هاشم نژاد ه، غفوری م، لشکری پورغ، و طریق ازلی ص، (۱۳۹۱). "بررسی تاثیرات شکل، کرویت و زاویه داری ذرات در میزان ساینده‌گی نمونه خاک به کمک دستگاه LCPC"، شانزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
- Alavi, M. (۱۹۹۱). "Sedimentari and structural characteristics of paleot remnants in northeastern Iran", Bulletin of Geological society of America, Vol. ۱۰۳, pp. ۹۸۳-۹۹۲.
- Bruland, A. (۱۹۹۸). "Hard rock tunnel boring, Drillability testmethods", Project report ۱۳A-۹۸, NTNU Trondheim.
- Kalantari, A. (۱۹۸۷). "Biofacies relationship of the kopet-Dagh region", National Iranian Company Exploration and Production Group, Tehran.
- Lislerud A. (۱۹۹۷). "Principles of Mechanical Excavation", Posiva ۹۷-۱۲. Posiva OY, Finland. ISBN ۹۵۱-۶۵۲-۰۳۷-۵. ISSN ۱۱۳۹-۳۰۹۶.
- Plinninger, R.J. and Restner, U. (۲۰۰۸). "Abrasive Testing, Quo Vadis? – A Commented Overview of Abrasive Testing Methods", Geomechanics and Tunneling, Vol. ۱(۱), pp. ۶۱-۷۰.
- Tarigh azali, S. and Moammeri, H. (۲۰۱۲). "EPB-TBM tunneling in abrasive ground, Esfahan Metro Line ۱", WTC ITA-AITES ۲۰۱۲ World Tunnel Congress, Thailand.