

## بررسی نقش لیتولوژی در شکل‌گیری ساختمان خانه‌های کندویی شکل روستای کندوان، آذربایجان شرقی

محسن رنجبران\* - استادیار دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران.  
فرزاد ستوهیان - دانشیار گروه محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۶/۲۴      تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۴/۱۴

### چکیده

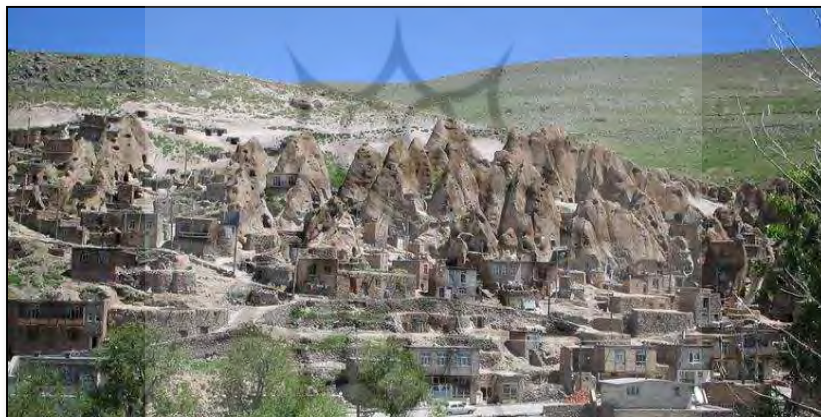
روستای کندوان، در استان آذربایجان شرقی از نظر تقسیمات ژئومورفولوژیکی جزء واحد آذربایجان محسوب می‌شود. رخساره‌های سنگی در ناحیه مورد مطالعه شامل سنگ‌های آتش فشانی، سنگ‌های آذرآواری و نهشته‌های لاهار و اپی‌کلاستیک می‌باشد. در تحقیق حاضر سعی گردید با بررسی‌های دقیق میدانی و اندازه‌گیری‌های به عمل آمده و نیز مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی تغییرات بافتی و کانی‌شناسی واحد‌های سنگی مذکور مورد بررسی دقیق قرار گیرند. بر اساس ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های ولکانیکی ترکیبی در حد آندزیت و تراکی-آندزیت دارند، کانی‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول موجود در آنها بسیار مستعد هوازدگی شیمیایی می‌باشد. سنگ‌های آذرآواری که بیشتر ایگنمبریت‌ها را شامل می‌شود از نظر لیتولوژی تغییر قابل توجهی را نشان نداده و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن تقریباً سالم بوده و شکل اولیه خود را حفظ نموده‌اند. شرایط فیزیکی و خصوصیات خاکسترهای داغ آتش فشانی که در طی فوران‌های متعدد به یکدیگر جوش خورده و باعث بوجود آمدن حجم زیادی رخساره ایگنمبریتی شده است که بستر مناسبی را برای مردم و ساکنین اولیه در خصوص حفاری و شکل‌گیری روستا فراهم نموده است. همین ویژگی سبب گردیده که روستاییان از این سنگ‌ها برای محل سکونت خود استفاده نمایند. در بخش‌هایی که نهشته‌های لاهار رخساره غالب منطقه را تشکیل می‌دهد به دلیل داشتن بافت سست و عدم استحکام، مانع از حفاری و سکونت روستاییان در این نهشته‌های آواری شده است.

واژگان کلیدی: روستای کندوان، ولکانوکلاستیک، سهند، لاهار، ایگنمبریت.

## مقدمه

روستای کندوان حاصل فعالیت‌های انسانی بوده که در دل این مخروط یا کران‌ها خانه‌هایی را برای سکونت خود احداث نموده‌اند. این ناحیه از لحاظ زمین‌شناسی در پهنه ایران مرکزی و در محدوده سنگ‌های آذرآواری چهارگوش اسکو قرار دارد (آقا نباتی، ۱۳۸۳، ۴۷۵) (شکل ۱).

روستای کندوان و نیز مناطقی در کاپادوکیه ترکیه، داکوتای آمریکا، نورچیا نکرپولی ایتالیا و مجتمع صومعه وردیا در گرجستان نمونه‌هایی از بناهای فرهنگی ساخته‌شده توسط انسان در سنگ‌های آذرآواری است (Ozsen et al, 2017; Haji Rasouli, 2015, 89). امینی بیرامی و همکاران (۱۳۹۴) هوازدگی و فرسایش در امتداد شکستگی‌ها ایجاد شده در توده سنگ روستا را مهمترین عامل شکل‌گیری این مورفولوژی خاص در منطقه عنوان نموده‌اند. (Mehdipour Ghazi et al. 2013, 8) تفاوت‌های سنگ‌شناسی و مقاومت آن‌ها در برابر فرسایش را در ایجاد دامنه‌های پرشیب و کانیون در روستا دخیل دانسته‌اند.



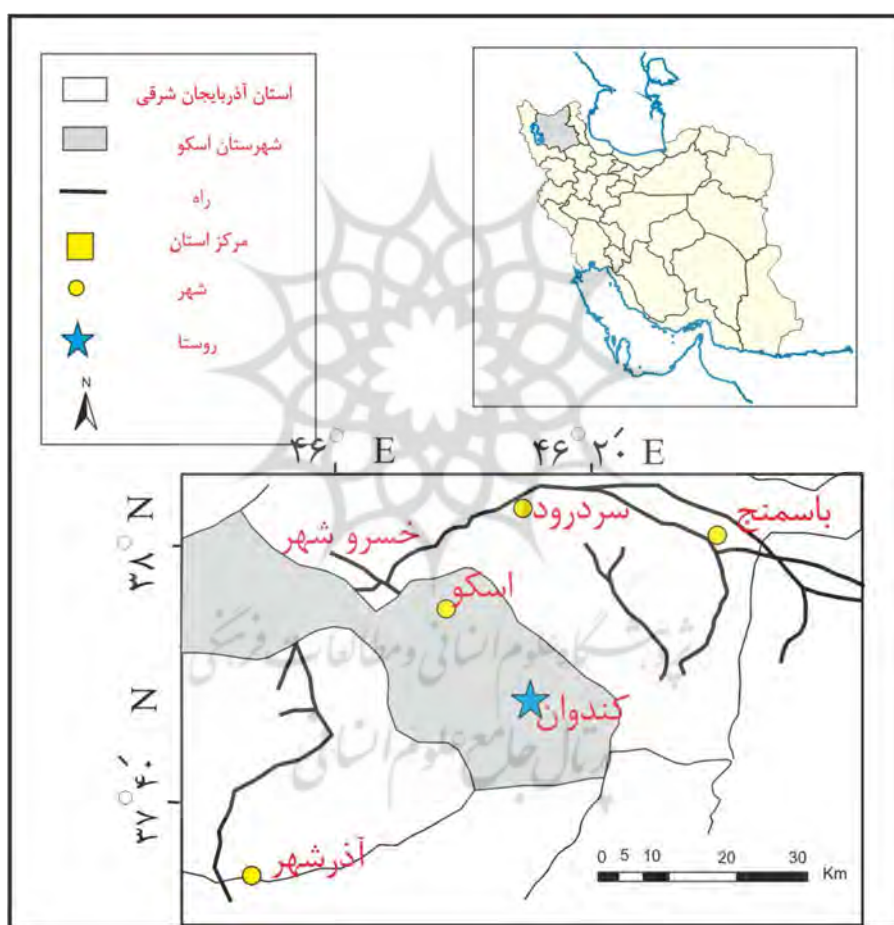
شکل ۱. نمایی از دامنه شمالی روستای کندوان در دره کندوان که در سنگ‌های آذرآواری حفر شده است.

منشأ سنگ‌های آتشفشانی کندوان با استفاده از داده‌های زمین‌شناسی، پتروگرافی و زمین‌شیمی، توسط (چهار لنگ و همکاران ۱۳۹۴، ۳۴) مورد بررسی قرار گرفت. مطالعاتی نیز در خصوص نقش هوازدگی زیستی ناشی از رشد کلنی‌های گلسنگی در تشکیل و تخریب ژئومورفولوژی خاص (سنگ‌های کله‌قندی) روستای تاریخی کندوان توسط امینی بیرامی و اصغری کلجاهی (۱۳۹۴) صورت گرفته است. طبق تحقیقات به‌عمل‌آمده گلسنگ‌ها علاوه بر اثرات مخرب می‌توانند نقش حفاظتی نیز برای سنگ داشته باشند (Camara et al., 2011, 311; Chen et al., 2000, 14) به صورتی که گلسنگ‌ها به صورت یک پوشش متراکم سنگ را در برابر فرسایش باد، برخورد قطرات باران، جریان آب، تغییرات درجه حرارت، رسوب نمک و آلودگی‌های موجود در هوا حفاظت کنند (Rosa et al. 2012, 325-351). نتایج تحقیقات خالقی اسفنجانی (۱۳۹۰) با استفاده از نرم‌افزار GIS نشان داده که بیشترین حجم فرسایش سنگ به دامنه شمالی و کمترین آن به دامنه‌های غربی تعلق دارد. پیرمحمدی و همکاران (۱۳۹۰) پترولوژی، ژئوشیمی و پتروژنز سنگ‌های آتشفشانی شرق و جنوب شرق آتشفشان سهند با نگرشی ویژه در سنگ‌های آذرآواری روستای کندوان را مورد بررسی قرار دادند.

با توجه به حضور سه رخساره سنگی اصلی در ناحیه کندوان، مطالعه حاضر به بررسی نقش لیتولوژی غالبی که در به وجود آمدن خانه‌های کندویی در روستای کندوان داشته پرداخته است.

### موقعیت جغرافیایی روستای کندوان

روستای کندوان در فاصله ۵۸ کیلومتری شهر تبریز و ۲۰ کیلومتری از شهرستان اسکو، در میان دره‌ای در کنار رودخانه کندوان واقع شده است. ارتفاع روستا ۲۳۰۰ متر از سطح دریا است. روستا در دامنه شمالی ارشد داغ و قسمت غربی رشته کوه آتش‌فشانی سه‌سهند جای گرفته است. روستای کندوان، در کنار رودخانه‌ای به همین نام در امتداد غربی - شرقی دره کندوان، به صورت پلکانی در دامنه‌ای با شیب تند (حدود ۷۰ درجه) قرار گرفته است. این روستا از طریق جاده تبریز - آذرشهر قابل دسترسی است (شکل ۲). مختصات جغرافیایی این مجموعه آتش‌فشانی ۲۸,۳۷ تا ۵۳,۳۷ و ۴۶ و ۵۰ تا ۴۶, ۵ می‌باشد. مجموعه آتش‌فشانی سه‌سهند حدوداً بیش از ۱۷ قله بالای ۳۰۰۰ متر دارد. این مجموعه دارای سه قله بلند و معروف است.

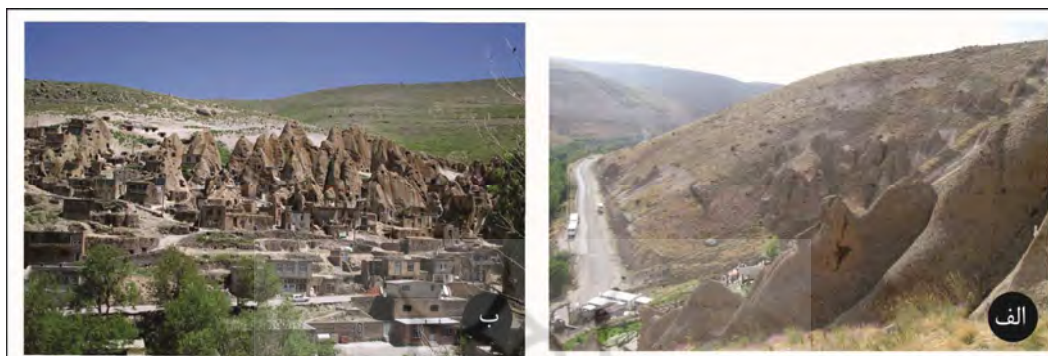


شکل ۲: نقشه موقعیت و راههای دسترسی به روستای کندوان در شهر اسکو، استان آذربایجان شرقی (گیئاتشناسی، ۱۳۹۴).

### مبانی نظری

ویژگی شاخص کندوان، معماری صخره‌ای و منازل روستایی آن است که از طریق حفر سنگ‌های کله‌قندی معروف به کران پدید آمده است. کران‌ها رو به جنوب استقرار یافته‌اند (رازانی و همکاران، ۱۳۹۳، ۲۴۹). انواع مختلف کران‌ها از لحاظ اشکال ظاهری ناشی از فرآیندهای زمین‌شناختی بسیار متنوع هستند و به اشکال چندتایی، جفتی، تکی، مخروطی و دوکی وجود دارند، بلندی این کران‌ها بیش از ۶۰ متر از سطح جاده روستا است. ترکیب سنگ شناسی جنس مخروطها از نوع ایگنمبریت است. فعالیت های آتش فشانی سه‌سهند شامل خروج متعدد گدازه ها یا ترکیبات مختلف و نیز مواد آذرآوری

حاصل انفجار بوده است که در روستای کندوان مشاهده می‌شود. مواد آذرآواری که در اثر انفجار روی هم انباشته مجموعه‌ای متنوع را پدید آورده است. مواد آذرآواری به‌وسیله باد و باران و برف در طی هزاران سال متمادی شکل گرفته و به فرم کران درآمده است. به تدریج قسمت‌های کمتر سخت کران‌ها هوازده و فرسایش یافته و قسمت‌های سخت‌تر باقی‌مانده و وضعیت کنونی را ایجاد نموده است. استمرار عمل باد و باران به‌خصوص در کران‌های ناحیه ورودی روستا بیشتر مؤثر بوده و صدمه زیادی به آن‌ها وارد آورده است در صورتی که در شرق و انتهای روستا به خاطر وجود تپه‌های مرتفع کران‌ها بلندتر و سالم‌تر باقی‌مانده است (شکل ۳).

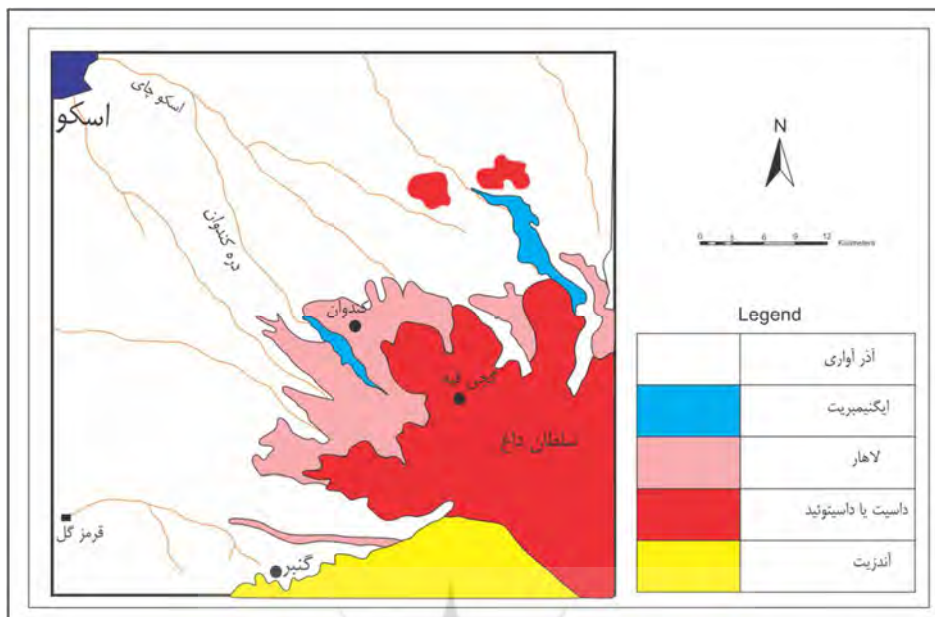


شکل ۳. الف) تاثیر فرسایش باد و باران در کران‌های بخش ورودی غرب روستا در غرب بیشتر مؤثر بوده و لذا ارتفاع کمتری را نشان می‌دهد، در صورتی که در شرق و انتهای روستا (شکل ب) به خاطر وجود تپه‌های مرتفع کران‌ها بلندتر و سالم‌تر باقی‌مانده است.

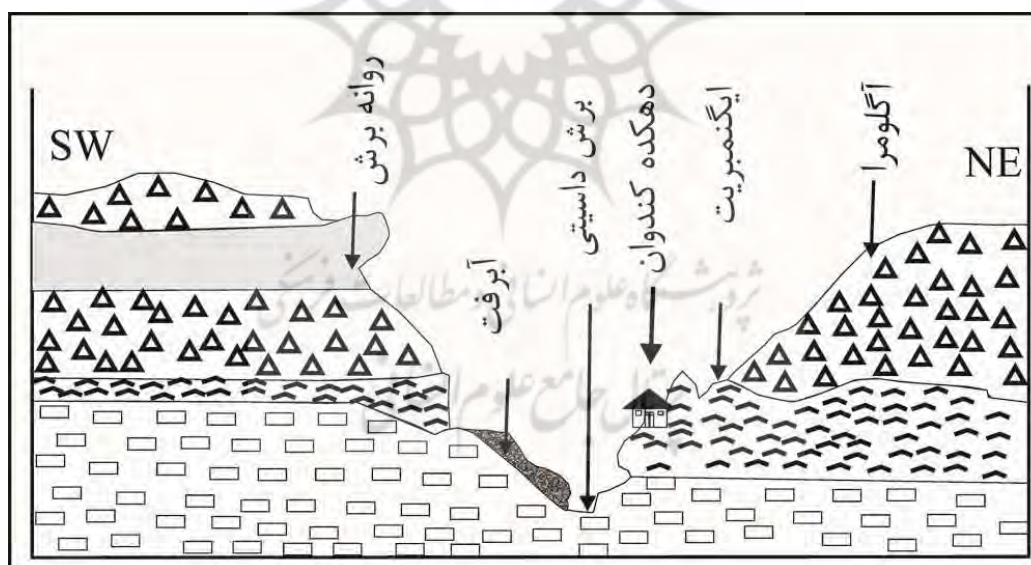
جنس و ویژگی‌های ذاتی سنگ مادر نظیر ترکیب کانی‌شناسی، بافت و ساخت آن ویژگی‌های لیتولوژی سنگ بنا را در برابر شرایط هوازدگی و تخریب تعیین می‌کند. وجود ساختار منطقه ای، بافت غربالی، حواشی سوخته، کدر و حواشی تحلیل رفته بلورها نشان دهنده ی شرایط ناپایدار در محیط تبلور بوده و احتمالاً در اثر صعود سریع ماگما (پیر محمدی و همکاران، ۱۳۹۰ و ۸۸) و یا فرایندهای آلیش، هضم و آمیختگی ماگمایی ایجاد شده است (Gill 2010, Winter, 2001; Pirmohammadi et al., 2011). در کاپادوکیه ترکیه با توجه به استحکام قطعات ایگنمبریت ها پنج نوع جوش خوردگی تقسیم بندی شده است (Naci Sayin, 2008, 33). در سنگ های مشابه با کندوان در کاپادوکیه ترکیه، کانی های زئولیت حاصل دگرسانی شیشه های آتش فشانی مشاهده می شود (Ilgren, et al., 2015, 10106-3). در تحقیق حاضر مشخص گردید که اجزای سازنده ایگنمبریت ها به ترتیب فراوانی شامل قطعات پومیس، تک کانی‌ها، قطعات سنگی مختلف و نیز شیشه‌های ولکانیکی می‌باشند که به دلیل داغ بودن قطعات در هنگام انفجار و جوش خوردگی خوب آنها به یکدیگر سبب استحکام و تراکم و در نتیجه مقاومت نهشته‌های ایگنمبریتی شده است. این امر سبب گردیده که روستاییان این سنگ‌ها را حفاری و محل مناسبی برای سکونت خود آماده نمایند (گرچی مهلبانی و سنائی، ۱۳۸۸ و ۴).

### زمین‌شناسی روستای کندوان

روستا در دامنه‌های کوه سهند و در نزدیکی شهر اسکو قرار دارد. رسوبات آذرآواری سهند، طی هزاران سال به وجود آمده‌اند. از نظر زمین‌شناسی منطقه کندوان به‌طور کلی بخشی از کوه‌های آتش‌فشان سهند محسوب می‌شود. روستای کندوان بهترین نمونه از این مورفولوژی است که در واحدهای ایگنمبریتی حفر شده است. چهار لنگ و همکاران (۱۳۹۴، ۳۵) آتش‌فشان سهند را بر اساس ویژگی‌های صحرایی، پتروگرافی و ژئوشیمیایی به سه مرحله‌ی سهند قدیمی، سهند میانی و سهند جوان تقسیم نمودند (شکل‌های ۴ و ۵).

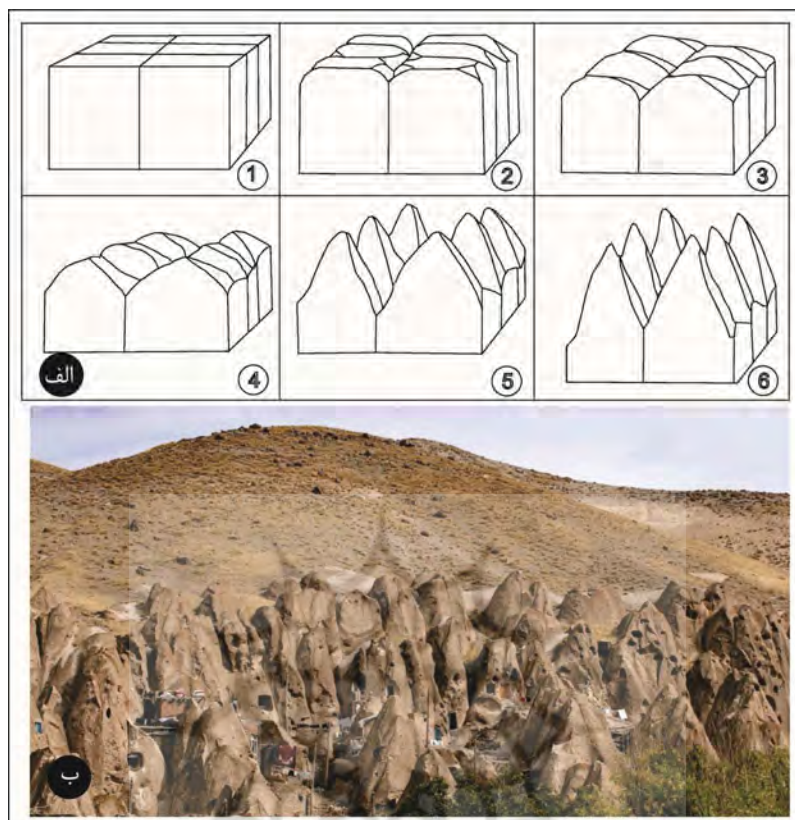


شکل ۴. نقشه زمین شناسی محدوده شرق مراکز آتش فشانی سه‌دو و روستای کندوان با اندکی تغییر (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳۵۶).



شکل ۵. برش سنگ‌شناسی در امتداد جنوب غربی- شمال شرقی در روستای کندوان (Moinvaziry, 2001,9). دره کندوان و توالی چینه‌شناسی آن با اندکی تغییر (معین وزیری و امین سبحانی، ۱۳۵۶).

به ترتیب در پایین دره کندوان، برش آتشفشانی، سپس روی آن ها افق‌های ایگنمبریتی و بر روی ایگنمبریت‌ها کنگلومرا و سپس گدازه‌ها قرار گرفته است. در انتهای جنوب شرقی دره کندوان دو روانه لاهار قابل مشاهده است. فرسایش در نهشته‌های ایگنمبریتی در طی زمان‌های طولانی باعث مورفولوژی‌های شگفت‌انگیز مخروطی شکل شده است. نهشته‌های مذکور در اثر نیروی مکانیکی آب‌های جاری است، منظره ناهموار و بریده بریده و گاهی به صورت مخروط‌های کنار هم چیده شده را به آنها داده است (مقیم اسکوچی، ۱۳۹۰). روستای کندوان بهترین نمونه از این مورفولوژی است (Yakar and Yilmaz, 2011,79، رازانی و همکاران، ۱۳۹۳، ۲۵۸) (شکل ۶).



شکل ۶. الف) طرح شماتیک از مراحل شکل‌گیری مخروط‌های سنگی در روستای کندوان، ب) نمایی از دامنه شمالی روستای کندوان با خانه‌های مخروطی شکل (Asghari Kaljahi and Amini Birami, 2015,967).

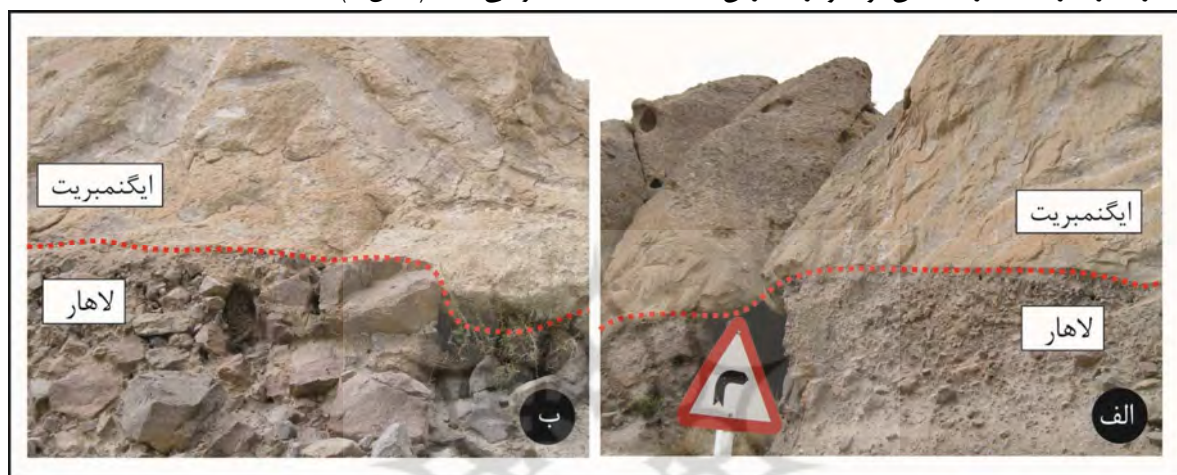
سهند در مجموع یک استراتوولکان محسوب می‌شود که شامل پیروکلاستیک، ایگنمبریت و گدازه است که توسط دودکش‌های مختلف و پراکنده در سطحی وسیع، بیرون ریخته شده است. ایگنمبریت‌ها از نظر ترکیب شیمیایی در ردیف سنگ‌های حدواسط و اسیدی اند و جزو سری کالکوآلکان یا الکالن هستند (معین وزیری، ۱۳۶۴، ۱۷۹). ترکیب سنگ‌های آتشفشانی سهند عمدتاً از آندزیت، آندزیت بازالتی، داسیت، داسیتوئید و لاتیت بوده که در بین آن‌ها، توف‌ها و ایگنمبریت‌ها از فراوانی قابل ملاحظه‌ای برخوردار است (معین وزیری، ۱۳۷۷، ۱۲۱-۱۲۰).

### روش تحقیق

تحقیق حاضر بر مبنای مطالعات میدانی و آزمایشگاهی صورت گرفته است. در مطالعات میدانی از برش‌های مختلفی در دره اسکو و دره رودخانه کندوان اندازه‌گیری‌های متعددی به عمل آمد و سپس نمونه برداری به صورت سیستماتیک و با تغییر رخساره‌های سنگی صورت گرفت. به جهت بررسی دقیق تغییرات بافتی و کانی‌شناسی نمونه‌های سنگی از محل خانه‌های مخروطی (ایگنمبریت‌ها)، گدازه‌ای ولکانیکی و لاهار نمونه‌های متعددی تهیه گردید. سپس از نمونه‌های برداشت شده مقاطع نازک میکروسکوپی تهیه و در آزمایشگاه سنگ‌شناسی دانشگاه تهران با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان مدل Olympus و تصویربرداری با میکروسکوپ‌های نور عبوری مورد مطالعه قرار گرفتند.

### بحث و یافته‌ها

مطالعه نهشته‌های آذر آواری به ویژه حجم و ضخامت این رسوبات نشان دهنده آن است که فعالیت آتش فشانی سهند به صورت منقطع صورت گرفته و فاصله زمانی بین این فعالیت‌ها طولانی بوده و در فاصله دوره‌های آتش فشانی سهند، رسوبات سیلابی رودخانه ای و گاهی یخچالی پدید آمده که تا شعاع چندین کیلومتر در پیرامون مراکز آتش فشانی از جمله در دره کندوان دیده می‌شود. در (شکل ۷) تناوب دو واحد ایگنمبریتی و لاهار در دره کندوان نشان داده شده است. لایه‌های ایگنمبریتی دارای بافت یکنواخت‌تر و جور شدگی بهتری در مقایسه با لایه‌های تشکیل شده از لاهار می‌باشد. در واحد لاهار اندازه ذرات بسیار ناهمگن بوده و از حد رس تا تخته سنگ متغیر می‌باشد (شکل ۸).

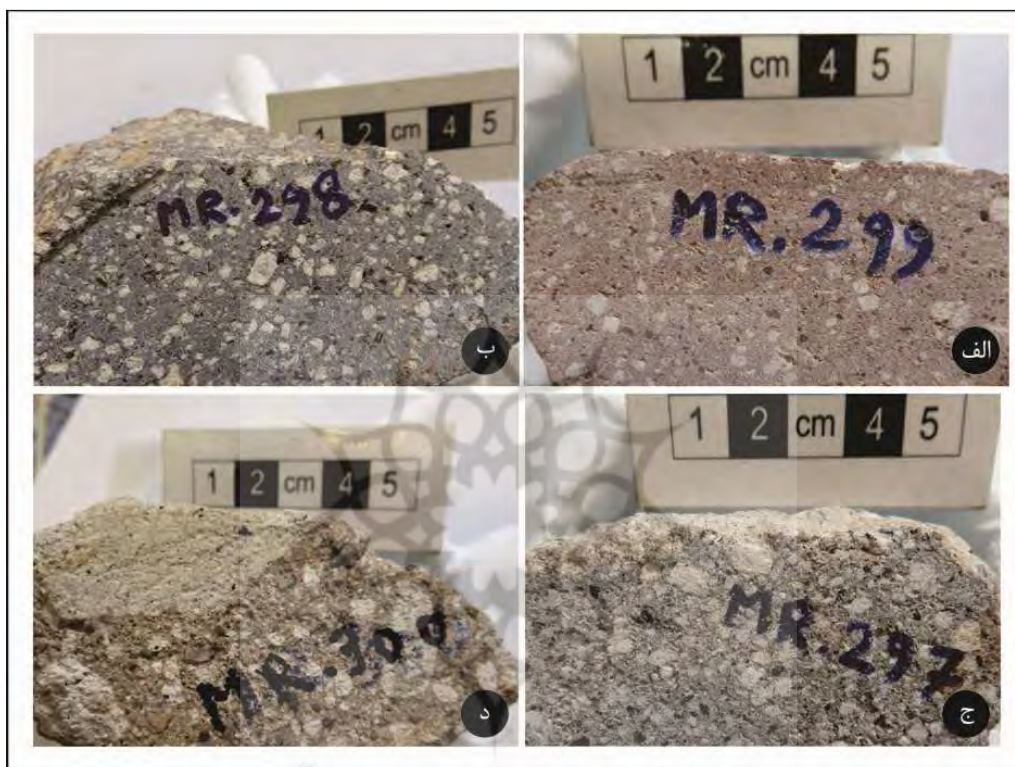


شکل ۷. الف و ب تناوب دو واحد ایگنمبریتی در بالا و واحد لاهار در پایین. شمال غرب روستای کندوان را نشان می‌دهد.



شکل ۸. الف). نمایی نزدیک از سقف خانه‌های مخروطی با ترکیب سنگ شناسی ایگنمبریتی، (ب) خانه حفر شده در لایه ایگنمبریتی، (ج) تناوب واحدهای ایگنمبریتی در پایین سمت چپ شکل با لایه‌های رسوبی تشکیل شده از قطعات پومیس‌های گرد شده و (د) تناوب واحدهای ایگنمبریتی در بالا و واحد لاهار در زیر.

تعدادی از نمونه‌های صحرایی که از سنگ‌های گدازه‌ای و ایگنمبریت‌ها جهت تهیه مقاطع میکروسکوپی برداشته شده در شکل ۹ نشان داده شده است. سنگ‌های آندزیتی در نمونه‌ی دستی، دارای طیف متنوعی از رنگ‌های خاکستری روشن، قهوه‌ای، سرخ و سبز تیره می‌باشند.



شکل ۹. نمونه‌های الف، ب، ج سنگ‌های گدازه‌ای با بافت پورفیری. قسمت‌های سفید رنگ فنوکریست‌های پلاژیوکلاز می‌باشد. د بافت ایگنمبریتی که از قطعات با شکل و اندازه‌های مختلف از پومیس تشکیل شده است را نشان می‌دهد.

رخساره‌های سنگی موجود در منطقه کندوان شامل انواع سنگ‌های گدازه‌ای با بافت‌های ویتروکلاستیک و پورفیروکلاستیک، سنگ‌های پیروکلاستیکی (توف، برش ولکانیکی، ایگنمبریت) و انواع لاهار و نهشته‌های اپی کلاستیک است (شکل‌های ۱۰).

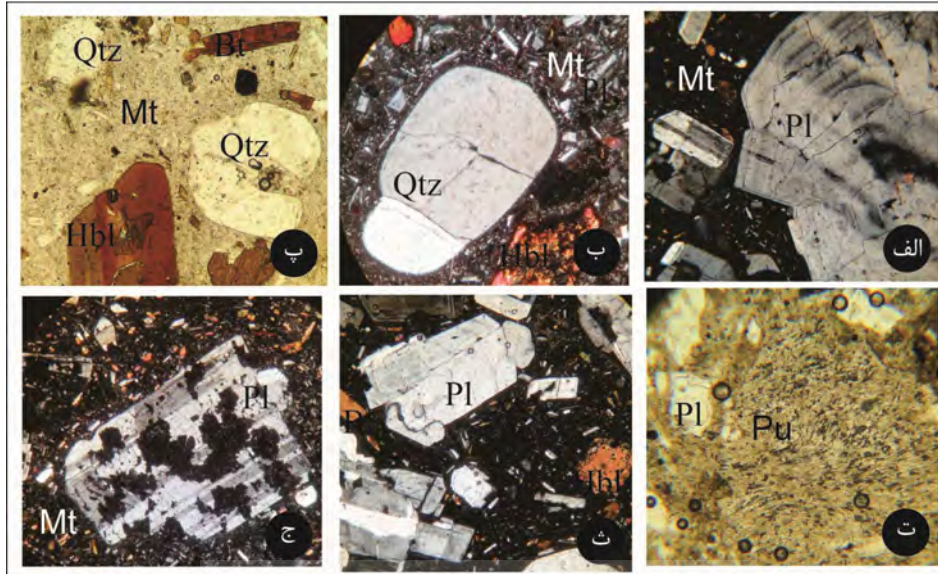




شکل ۱۰. رخنمون سنگ‌های گدازه ای با بافت برشی در جنوب دره کندوان، (ب) تناوب رسوبات لاهار و رسوبات رودخانه ای در غرب روستای کندوان، (ج) نمای کلی از تناوب ایگنمبریت‌ها در جنوب دره کندوان (مقابل روستا) و (د) نمای نزدیک از بافت ایگنمبریت‌ها.

سنگ‌های گدازه‌ای دارای بافتهای برشی و نیز پورفیری هستند که با خمیره شیشه‌ای و مقدار کمی میکروولیت دیده می‌شوند (شکل ۱۱). قرارگیری بلورها در این سنگ‌ها به نحوی است که جهت یافتگی را در آن ایجاد نموده است؛ این موضوع احتمالاً در ارتباط با جریان ماگما در هنگام بالا آمدن است. به طور کلی بلورها در اندازه‌های مختلف در سنگ نمایان هستند. خمیره در سنگ‌های گدازه ای مختلف حدود سی و پنج تا پنجاه درصد از سنگ را تشکیل داده است و شامل میکروولیت‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول است. بلورهای درشت در خمیره گدازه‌ها بیشتر از پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت تشکیل شده است. آمفیبولها به صورت بلورهای لوزی شکل با حاشیه‌ی دارای خوردگی، اکسیدشدگی و اپاسیتی شده هستند. بر اساس ترکیب کانی‌شناسی سنگ‌های گدازه‌ای ترکیبی در حد آندزیت و تراکی آندزیت دارند. کانی‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول بسیار مستعد هوازدگی شیمیایی هستند و در حضور آب و ترکیبات اسیدی به کانی‌های رسی تبدیل می‌شوند. با مطالعه مقاطع نازک مشاهده شد که تغییر قابل توجهی در ترکیب کانی‌شناسی سنگ به وجود نیامده و کانی‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول سالم و شکل اولیه خود را حفظ نموده‌اند. سنگ‌های پیروکلاستیک که بیشتر ایگنمبریت‌ها را شامل می‌شود و کران‌ها در آنها حفر شده است ترکیب کلی آنها از ۲۰ درصد قطعات سنگی مختلف، ۳۰ درصد قطعات پومیس ۲۵ درصد تک‌کانی‌ها و ۱۵ درصد شیشه آتش‌فشانی تشکیل شده است که با سیمانی در از همین مواد به هم متصل شده است.

تک‌کانی‌های این گروه از سنگ‌ها شامل بلورهای درشت پلاژیوکلاز، آمفیبول و بیوتیت است. آمفیبول به صورت بلورهای لوزی شکل دیده می‌شود که دارای حاشیه اپاسیته هستند.



شکل ۱۱. تصاویر میکروسکوپی از سنگ‌های گدازه ای و ایگنمبریتی در روستای کندوان. الف) فلو کریست‌های پلاژیوکلاز در نور پلاریزان (Plg) در سنگ آندزیت، ب) بلورهای کوارتز با گردشدگی در حین صعود به سطح زمین (Qtz) و بلورهای هورنبلند با حاشیه اپاسیتی شده در سنگ داسیتی، پ) خرده‌های کانی‌های کوارتز، بیوتیت و هورنبلند در خمیره ولکانیک برش با ترکیب تراکی آندزیت تا داسیتی، ت) قطعات پومیس با بافت جریان‌ی و قطعات شکسته شده از کانی‌های پلاژیوکلاز در سنگ ایگنمبریت، ث) بلورهای پلاژیوکلاز با زونینگ نوسانی و حاشیه‌های خورده شده و سانیدین در خمیره با ترکیب داسیتی و ج) پلاژیوکلاز با بافت غربالی و هورنبلند با حاشیه اپاسیته در خمیره شیشه‌های گدازه با ترکیب تراکی آندزیت.

### نتیجه‌گیری

روستای کندوان و مناطق مجاور آن حاصل فعالیت آتشفشانی سه‌سهند به صورت پرتاب خاکستر و جریان گدازه بوده، است. بررسی رخساره‌های ولکانوسدیمتری، به ویژه انواع آذر آواری‌ها و ایگنمبریت‌ها ی مذکور پس از خروج از دهانه آتشفشان به صورت انفجاری در سطح زمین، دریاچه‌ها و دریاها نهشته می‌شده است. حجم و ضخامت این رسوبات در کندوان نشان می‌دهد که اولاً فعالیت‌های آتشفشانی سه‌سهند به صورت منقطع صورت گرفته، ثانیاً فاصله زمانی مابین این فعالیت‌ها طولانی بوده است.

در طول فعالیت، آتشفشانی سه‌سهند سه مرحله تشخیص داده می‌شود: مرحله اول خروج گدازه‌های آندزیتی مرحله دوم، انتشار متناوب ایگنمبریت (حاوی قطعات پومیس و ...) با ترکیب داسیتی و مرحله سوم خروج گدازه‌های داسیتی. ایگنمبریت‌ها سنگ بنای اصلی روستای کندوان را تشکیل می‌دهند. فرسایش ایگنمبریت‌ها که بیشتر ناشی از نیروی مکانیکی آب‌های جاری است منظره‌ای ناهموار و بریده‌بریده و گاهی نیز به صورت مخروط‌هایی کنار هم به بیرون‌زدگی این سنگ‌ها داده است. روستای کندوان بهترین نمونه این مورفولوژی است زیرا تمام دهکده در مجموعه ایگنمبریتی کنده شده است. بیشترین حجم فرسایش سنگ به دامنه‌های شمالی روستای کندوان و کمترین آن به دامنه‌ی غربی تعلق دارد. به دلیل اینکه دامنه‌های شمالی انرژی کمتری دریافت می‌کند همین امر به انباشت برف و تراکم آن و فرسایش بیشتر آن منجر شده است. کران‌ها رو به جنوب و به سمت آفتاب که انرژی بیشتری دریافت می‌نمایند، استقرار پیدا کرده‌اند. مطالعه دقیق ایگنمبریت‌ها در رخنمون‌های صحرایی و به‌ویژه مقاطع نازک حاکی از آن است که تغییر قابل توجهی در کانی‌شناسی سنگ صورت نگرفته و کانی‌های تشکیل‌دهنده آن (به‌ویژه پلاژیوکلازها و آمفیبول‌ها) که اصولاً مستعد هوازدگی شیمیایی هستند سالم بوده و شکل اولیه خود را حفظ کرده‌اند. از طرفی کوارتز به عنوان کانی مقاوم و تجزیه‌ناپذیر در نمونه‌های برداشت شده فراوان دیده می‌شود. پیروکسن و بیوتیت که بسیار تجزیه‌پذیر هستند در نمونه‌ها بسیار کم مشاهده گردید.

علت اصلی تخریب و فرسایش خانه های سنگی مخروطی شکل در کندوان به سبب ساختار ضعیف داخلی و عوامل جوی می باشد.

هوازدگی فیزیکی عمدتاً به واسطه عملکرد آب های حاصل از ریزش های جوی نقش موثری در تخریب و فرسایش کرانه ها داشته تا هوازدگی شیمیایی و این امر با توجه به تغییرات ناچیز در کانی ها و ایگنمبریت ها مشهود است. ایگنمبریت ها دارای بافتی یکنواخت و جور شدگی مناسب می باشند و اجزای سازنده ایگنمبریت ها با جوش خوردگی بالا در زمان سرد شدن در کنار یکدیگر قرار گرفته اند و بر اثر تحمل دیاژنز بالا کاملاً متراکم گشته اند؛ که این شرایط سبب گردیده روستاییان آن را حفاری و در این مکان ها سکونت یابند. بیشترین اجزای سازنده ایگنمبریت ها پومیس های با ترکیب ریولیتی و بافت جریانی کشیده می باشد و کمترین اجزای تشکیل دهنده آن ها شیشه های ولکانیکی تشکیل می باشد. مطالعه نهشته های لاهار حاکی از بافت بسیار سست و جور شدگی بسیار پایین آن ها داشته (ذرات در حد رس تا تخته سنگ) و همین ویژگی سبب گردیده که روستاییان آن ها را برای محل سکونت خود در نظر بگیرند، سنگ های ولکانیک و گدازه ای منطقه سختی و مقاومت بسیار داشته که این ویژگی سنگی مانع از سکونت روستاییان در این نواحی گردیده است.

### سیاسگزاری

از دانشکده زمین شناسی پردیس علوم دانشگاه تهران به خاطر مساعدت در انجام این تحقیق قدردانی می شود.

### منابع

- امینی بیرامی، فریده. ۱۳۹۲، بررسی عوامل زیست محیطی مخرب بر خانه های سنگی - مخروطی شکل روستای گردشگری کندوان. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- امینی بیرامی، فریده؛ اصغری کلجاهی، ابراهیم؛ حاجی علیوی بناب، مسعود؛ ۱۳۹۴، ارزیابی هوازدگی و فرسایش سنگ های آذرآواری مخروطی شکل روستای کندوان، نشریه زمین شناسی مهندسی، جلد نهم شماره اول
- امینی بیرامی، فریده؛ اصغری کلجاهی، ابراهیم، ۱۳۹۳، بررسی نقش گلسنگ ها در هوازدگی زیستی سنگ های مخروطی شکل روستای کندوان. پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴، صص ۱۱۷-۱۲۹.
- امینی بیرامی، فریده؛ رازانی، مهدی؛ اصغری کلجاهی، ابراهیم؛ امامی، سید محمد امین؛ باغبانان، علی رضا، ۱۳۹۳، تحلیل ساختار شناسی سنگ های آذر آواری در معماری صخره کند روستای تاریخی کندوان. پژوهش باستان شناسی، سال اول، بهار و تابستان، صص ۱-۱۶.
- آقا نباتی، سید علی، ۱۳۸۳ زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشاف معدنی کشور، چاپ اول.
- پیرمحمدی، فرهاد؛ ۱۳۹۰، پترولوژی، ژئوشیمی و پتروژنز سنگهای آتشفشانی شرق و جنوب شرق آتشفشان سهند با نگرشی ویژه در سنگهای آذرآواری رساله دکتری، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.
- پیرمحمدی، فرهاد؛ عامری، علی؛ جهانگیری، احمد؛ مجتهدی، منصور؛ هاوا چن، چانگ؛ کسکین، محمت، ۱۳۹۰، کانی شناسی، سنگ شناسی و سنگ زایی مجموعه ی آتشفشانی سهند، شمال غرب ایران. سال نوزدهم، شماره ی ۱، صص ۸۳ تا ۱۰۲.

- چهار لنگ، راضیه؛ قلمقاش، جلیل؛ امامی، محمد هاشم؛ عمرانی، جعفر، ۱۳۹۴، منشأ سنگ‌های آتش‌فشانی کندوان (شمال غرب ایران): با استفاده از اطلاعات جدید زمین‌شناسی، پتروگرافی و زمین‌شیمی، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۸، صص ۳۴-۴۳.
- خالقی اسفنجانی، محمدابراهیم، ۱۳۹۰، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیای طبیعی، محاسبه حجم فرسایش سنگ در مخروط آتش‌فشان سهند با استفاده از نرم‌افزارهای GIS به راهنمایی دکتر شهرام بهرامی، استاد مشاور: محمدعلی زنگنه اسدی دانشگاه تربیت‌معلم سبزوار.
- خدابنده، علی اکبر. امینی فضل، عباس، ۱۳۷۴، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اسکو، تهران سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- رازانی، مهدی امامی؛ امامی، سید محمدمین؛ باغبانان، علیرضا، ۱۳۹۳، لزوم به‌کارگیری مطالعات مکانیسم تخریب در معماری صخره‌کند روستای کندوان برگزیده‌ی مقالات اولین و دومین همایش ملی کاربرد تحلیل‌های علمی در باستان‌سنجی و مرمت میراث فرهنگی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز.
- گرجی مهلبانی، یوسف؛ سنائی، المیرا، معماری همساز با اقلیم روستای کندوان، فصلنامه مسکن و محیط روستا.
- معین وزیری، حسین، ۱۳۶۵، پترولوژی سنگ‌های آتش‌فشانی. چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی.
- معین وزیری، حسین؛ امین سبحانی، ابراهیم، ۱۳۵۶، سهند از نظر ولکانولوژی و ولکانوسدیمانولوژی، انتشارات دانشگاه تربیت‌معلم.
- مقیمی اسکویی، حمیدرضا، ۱۳۹۰، اسکو زیبای خفته در دامنه سهند تا ساحل دریاچه ارومیه با تأکید بر جاذبه‌های گردشگری کندوان، چاپ اول، انتشارات نشر هنر اول.
- Asghari Kaljahi, E. Amini, Birami, F. 2014. Engineering geological properties of the pyroclastic coneshaped rocky houses of Kandovan, Iran. 74: 959-969. Doi: 10.1007/s10064-014-0679-4.
- Chen, J. Blume, H. P. Beyer, L. 2000, Weathering of rocks induced by lichen colonization - a review. Catena, 39, PP. 121-146.
- Haji Rasouli, Aso. 2015. An Investigation of Influential Factors in the Long-Term Survival of Vernacular Architecture in the form of Cone-Shaped Dwelling: Case Studies of Kandovan and Goreme (Cappadocia) Journal of Engineering and Architecture, 3, 1, pp. 89-98. DOI: 10.15640/jea.v3n1a9.
- Ilgren, E.B. Kazemian, H., and Hoskins, J.A. 2015. Kandovan the next 'Capadoccia'? A potential public health issue for erionite related mesothelioma risk. Epidemiology Biostatistics and Public Health. 12, 1.
- Jelena, S. k. Jonjaua, G. R. Agneš, L. U. Miroslava. M. R. Miloš, T. B, 2005, Evaluation of the effect of lichens on ceramic roofing tiles by SEM and Energy – Dispersive Spectroscopy Analyses. Scanning 27, PP. 113-119.
- Mehdipour Ghazi, J. Ólafsdóttir, R. Tongkul, F. and Mehdipour Ghazi, J. (2013) Geological Features for Geotourism in the Western Part of Sahand Volcano, NW Iran. DOI 10.1007/s12371-012-0071-3.
- Moinvazery H (2001) Magmatism of Iran. Tarbiate Moalem University Press, Tehran, Iran.
- Naci Sayin, M. 2008. Fairy Chimney Development in Cappadocian Ignimbrites (Central Anatolia, Turkey).

- Özşen, H. Ali Bozdağ, A. and İsmail İnce, I 2017. *Effect of salt crystallization on weathering of pyroclastic rocks from Cappadocia, Turkey*, Arab J Geosci, DOI 10.1007/s12517-017-3027-8.
- Pirmohammadi, F. Ameri, A. Jahangiri, A. Chen, Ch. and Keskin, M. 2011 *Source and Tectonic Setting East of Sahand (Southeast of Tabriz) Volcanic Rocks Using Geochemical Evidence*. Geosciences. 21, 81, pp. 179-190.
- Topal, T. Doyuran, V. 1998. *Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff*. Environmental Geology, 34,1.
- Türkmenoğlu, A., Göktürk, E. H., & Caner, E. N. 1991. *The deterioration of tuffs from the Cappadocia region of Turkey*. Archaeometry. 33, 2, pp. 231-238.
- Yakar, M. and Yilmaz, H.M. 2011. *Determination of Erosion on a Small Fairy*. Experimental Techniques. DOI: 10.1111/j.1747- 1567.2010.00661.x.

