

Exploring the Role of Salt Karsts in the Geomorphology of the Northern Part of Meyami County in Semnan Province

Gholamreza Maghami Moghim¹

Associate Professor of Geomorphology, Faculty of Earth Sciences, Damghan University,
Damghan, Iran

Morteza Rohani

Surface Water Expert, Water Resources Management Organization of Esfarayen County,
Esfarayan, Iran

Ahmad Amiri

Groundwater Expert, Water Resources Management Organization of Esfarayen County,
Esfarayan, Iran

Received: 13 August 2024 Revised: 7 October 2024 Accepted: 21 December 2024

Abstract

Salt karsts are formed when salt formations are dissolved in water. Despite the diverse forms of salt karst in Iran and their significance in civil engineering projects, a paucity of studies in this field is felt. Investigating these karsts is essential to mitigate potential hazards and improve scientific knowledge about salt karsts. The primary goal of this research is to identify the areas of salt karst in the northern part of Meyami County in Semnan Province. In this study, field surveys and satellite imagery were used to explore the processes and diverse forms of salt karsts in the northern part of Meyami County. The results suggest that, influenced by salt diapirism, unique landforms have emerged in this region, with an approximate age dating back to the Miocene period. These landforms, and tectonic and erosional processes have given rise to various salt karst features such as salt karrens, closed depressions, underground cavities, and hydrological forms. Salt karrens are the most abundant and diverse karst features observed in most parts of the region. Poljes are the widest, and dolines are the most typical forms of closed depressions, which have formed in the Gilan anticline in the central part of the region. Among the underground cavities, caves are the least known, while ponors are the most prevalent forms. Salt valleys and springs are hydrological features that have developed along the Kalshour River. Given the diversity of karst features and the predominance of

1. Corresponding Author: Email: gh.maghami@du.ac.ir



©2024 The author(s). This is an open access article under the CC BY license:
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

How to cite this article: Maghami Moghim, G., Rohani, M. and Amiri, A. (2024). Exploring the Role of Salt Karsts in the Geomorphology of the Northern Part of Meyami County in Semnan Province. *Journal of Geography and Regional Development*, 22(3), 331-359. doi: 10.22067/jgrd.2024.83940.1316

evaporative formations, the salt karsts in this region can be classified as mature karsts. These karsts have shaped a unique topography in the area, characterized by thousands of valleys and badlands, distinguishing its morphology from the surrounding landscapes.

Keywords: Salt Karst, Salt Diapirism, Kalshour River, Meyami County.

بررسی نقش کارست‌های نمکی در زمین ریخت‌شناسی شمال شهرستان میامی در استان

سمنان

غلامرضا مقامی‌مقیم (دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران)

gh.maghami@du.ac.ir

مرتضی روحانی (کارشناس آب‌های سطحی، اداره مدیریت منابع آب شهرستان اسفراین، اسفراین، ایران)

rohanimosavi@yahoo.com

احمد امیری (کارشناس آب‌های زیرزمینی، اداره مدیریت منابع آب شهرستان اسفراین، اسفراین، ایران)

ahmadamiri.8740@gmail.com

چکیده

کارست‌های نمکی در اثر انحلال سازندهای نمکی توسط آب به وجود می‌آیند. علی‌رغم وجود اشکال متنوع کارست نمکی در ایران و اهمیت آنها در پروژه‌های عمرانی، مطالعه قابل توجهی در مورد آنها انجام نشده است. مطالعه این کارست‌ها برای جلوگیری از خطرات احتمالی و افزایش اطلاعات علمی در زمینه کارست‌های نمکی ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش با استفاده از مطالعات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای کارست‌های نمکی شمال شهرستان میامی در استان سمنان مطالعه شد. نتایج این مطالعات نشان داد تحت تأثیر دیاپیرسم نمکی، ناهمواری‌های ویژه‌ای در این منطقه ایجاد شده که سن تقریبی آن‌ها به دوره میوسن می‌رسد. در این ناهمواری‌ها تحت تأثیر فرایندهای تکتونیکی و فرسایشی کارست‌های متنوع نمکی شکل گرفته که می‌توان آنها را در غالب کارن‌های نمکی، چاله‌های بسته، حفره‌های زیرزمینی و اشکال ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی طبقه‌بندی نمود. کارن‌های نمکی متنوع‌ترین اشکال کارستی هستند که در بیشتر قسمت‌های منطقه پراکنده شده‌اند. پولزه‌ها وسیع‌ترین و دولین‌ها تپیک‌ترین اشکال مربوط به چاله‌های بسته هستند که در تاقدیس گیلان در قسمت میانی منطقه مشاهده می‌شوند. در بین حفره‌های زیرزمینی غارها ناشناخته‌ترین و پونورها فراوان‌ترین اشکال می‌باشند. دره‌ها و چشمه‌های نمکی اشکال هیدرولوژیکی هستند که در امتداد رودخانه کالشور به وجود آمده‌اند. با توجه به تنوع اشکال کارستی و غالب بودن سازندهای تبخیری می‌توان کارست‌های نمکی منطقه را در ردیف کارست‌های کامل قرار داد. این کارست‌ها توپوگرافی ویژه‌ای به منطقه بخشیده و با ایجاد هزار دره و بدلدن ریخت‌شناسی آن را از سرزمین‌های مجاور خود متمایز نموده‌اند.

واژگان کلیدی: کارست نمکی، دیاپیرسم نمکی، رودخانه کالشور، شهرستان میامی.

۱. مقدمه

کارست‌های نمکی عمدتاً در نواحی فعال دیاپیرسم نمکی شکل می‌گیرند. دیاپیرسم نمکی فرآیندی است که در طی آن یک لایه از کانی‌های تبخیری تحت تأثیر فشارهای تکتونیکی و یا افزایش حجم نمک در اثر دریافت رطوبت به سطح زمین رسیده و به‌صورت محلی ژئومورفولوژی آن منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطالعه این ناهمواری‌ها به دلیل ذخایر هیدروکربنی، استقرار سکونتگاه‌های انسانی، پروژه‌های عمرانی و عبور راه‌های ارتباطی اهمیت زیادی دارند. کشور ایران جزء مناطقی است که گنبد‌های نمکی نقش قابل توجهی در ریخت‌شناسی برخی از نواحی آن دارد. به همین دلیل مطالعاتی در این زمینه انجام شده است. معتبرترین و کامل‌ترین منبع علمی در رابطه با گنبد‌های نمکی ایران، کتاب مجموعه مقالات سمپوزیوم دیاپیرسم نمکی می‌باشد که در آن ده‌ها مقاله در ارتباط با فرایندهای شکل‌گیری، اشکال و پراکندگی گنبد‌های نمکی در ایران ارائه و ابعاد وجودی آنها مورد بررسی قرار گرفته است (عقیفی و قنبری، ۱۳۸۸). هرچند نسبت به کارست‌های آهکی، مطالعه قابل توجهی در زمینه کارست‌های نمکی ایران انجام نشده؛ اما اهمیت این کارست‌ها در پروژه‌های عمرانی کمتر از کارست‌های آهکی نیست. این تأثیر در ارتباط با پروژه‌های سدسازی و آبرسانی به مناطق مسکونی اهمیت بیشتری دارند. نتایج حاصل از مطالعه شبیه‌سازی مخزن سدها با استفاده از ضریب انحلال به‌دست آمده از مطالعه آزمایشگاهی و مدلسازی عددی، نشان می‌دهد که شرایط کیفی آب مخزن سدها در اثر انحلال لایه‌های نمک موجود در سازندهای کارست نمکی اطراف سدها وضعیت مطلوبی نخواهد داشت و حتی در زمان پر بودن کامل مخزن، مقدار مجاز غلظت نمک در آب آنها می‌تواند به ۳ برابر حد مجاز برسد. (هاشمی حیدری؛ جلیلی قاضی‌زاده؛ احسانی؛ احمدی؛ و محبوب، ۱۳۹۸). همچنین در یک مطالعه در مورد تأثیر کارست‌های نمکی در مورد شوری آب سد گتوند مشخص شد عدم توجه به مطالعات کارست نمکی و مشکلات ناشی از

آن در این سد، سبب شوری خاک در سرزمین‌های پایین‌دست شده است (شریف و حمزه، ۱۴۰۰). در پژوهشی دیگر در سد گتوند مشخص شد کارست نمکی عامل اصلی شوری آب دریاچه این سد است. در این پژوهش پس از گردآوری اطلاعات میدانی در محل مخزن، در یک دوره پنج ساله (۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵)، مشخص گردید در طول این دوره، متوسط میزان انحلال کارست ۹۶/۳ کیلوگرم برثانیه، تغییر می‌یابد و متوسط مقدار خوردگی آن در تماس با آب مخزن به‌طور متوسط، ۲۰/۱ سانتی‌متر در روز است (منجری؛ مؤمنی؛ نجارچی؛ وحسونی‌زاده، ۱۴۰۱). علاوه بر سدها در پروژه‌های حمل‌ونقل نیز کارست‌های نمکی توجه ویژه‌ای می‌طلبند. عدم توجه به کارست‌های نمکی در پروژه‌های ریلی می‌تواند مشکلات این پروژه‌ها را چندبرابر نماید (نویدطلب و مقامی‌مقیم، ۲۰۲۰). براساس مطالعات انجام شده، استان سمنان بیشترین سازندهای نمکی را در بین استان‌های ایران دارد (مقامی‌مقیم، ۱۳۹۹). به همین دلیل شرایط شکل‌گیری کارست‌های نمکی در این استان بیشتر است. در این مقاله سعی بر این است تا کارست‌های نمکی شکل‌گرفته در سازندهای نمکی شمال شهرستان میامی در استان سمنان از دیدگاه ژئومورفولوژی و به شیوه‌های پیمایش میدانی و داده‌های سنجش از دور مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد تا از نتایج آن در عمران و آبادانی منطقه و پیشگیری از حوادث ریلی استفاده شود.

۲. پیشینه تحقیق

به دلیل اهمیت اشکال کارستی در جوانب مختلف زندگی انسانی، مطالعات گسترده‌ای درمورد آنها انجام شده است. در بیشتر مطالعات انجام‌شده، از یان‌چویجیک (به‌عنوان بنیانگذار علم کارست‌شناسی یاد می‌شود. (کریمی‌وردنجان، ۱۳۸۹: ۲). به دلیل وجود سازندهای آهکی در حوضه دریای مدیترانه به‌خصوص شبه‌جزیره بالکان بیشتر محققان مطالعات خود را در این

منطقه متمرکز نموده‌اند که از معروف‌ترین آنها می‌توان به محققانی چون میلانویچ^۱ (۱۹۸۱)، پیرین^۲ (۲۰۰۳)، فورد^۳ و ویلیامز^۴ (۲۰۰۷)، و هاگت^۵ (۲۰۰۷) اشاره نمود.

در ایران نیز سازندهای آهکی گستردگی زیادی دارند به همین دلیل محققانی چون قبادی (۱۳۸۶)، بهنیاfer (۱۳۸۸)، کریمی وردجانی (۱۳۸۹)، ولایتی (۱۳۹۰) و مقامی مقیم (۱۳۹۵) به مطالعه این اشکال در ایران پرداخته‌اند. هرچند مطالعات کارست بخش زیادی از مطالعات انجام‌شده توسط محققان علوم زمین را به خود اختصاص می‌دهد، اما این مطالعات درحوزه کارست‌های آهکی متمرکز شده و کمتر تحقیق و یا مقاله‌ای را می‌توان یافت که به‌طور مستقل به مطالعه کارست‌های نمکی پرداخته باشد. یکی از دلایل کمبود مطالعات مربوط به کارست‌های نمکی در ایران ناپایداری اشکال ناشی از آنها است. به همین دلیل مطالعات انجام شده درخصوص کارست‌های نمکی قابل توجه نیست. یکی از این مطالعات، مطالعه‌ای است که در مورد کارست‌های نمکی در جنوب ایران انجام شده است. در این مطالعه مشخص گردید که بیشتر کارست‌های نمکی این قسمت ایران در گنبد‌های نمکی شکل گرفته‌اند. همچنین تعامل بین آب و هوا، خاک و هیدروژئولوژی مهم‌ترین دلیل شکل‌گیری کارست‌های نمکی این قسمت ایران معرفی شده است (جیری^۶، ۲۰۱۷).

منطقه مورد مطالعه یکی از مناطق ایران است که کارست‌های نمکی نقش مهمی در ریخت‌شناسی آن دارند؛ اما مطالعه قابل توجهی در مورد آنها انجام نشده است. تنها مطالعه انجام‌شده در مورد کارست‌های نمکی این منطقه مربوط به قسمت غربی آن است که در آن تأثیر خطرات ناشی از دی‌پریسم نمکی روی خط آهن تهران - مشهد مورد مطالعه قرار گرفته است.

-
1. Millanovic
 2. perrin
 3. Ford
 4. Williams
 5. Huggett
 6. Jerry

نتایج این تحقیق نشان داد که در اثر تعامل تکتونیک، آب‌وهوا و هیدرولوژی اشکال متنوعی در سازندهای منطقه شکل گرفته که می‌تواند سبب ایجاد خطر برای راه‌های ارتباطی منطقه به‌خصوص خط آهن تهران - مشهد گردد (نویدطلب و مقامی‌مقیم، ۲۰۲۰). هر چند در این مطالعه ابعادی کوچک از کارست‌های نمکی و مخاطرات ناشی از آنها شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفته، اما به دلیل اهمیت منطقه مورد مطالعه از نظر خطوط ریلی (خط آهن تهران - مشهد) و عبور جاده بین‌المللی تهران - مشهد مطالعات تکمیلی در مورد کارست‌های نمکی این منطقه یک ضرورت محسوب می‌شود.

۳. روش‌شناسی تحقیق

۳.۱. روش تحقیق

در مطالعه اشکال کارستی به دلیل اینکه بسیاری از فرایندهای کارستی و اشکال ناشی از آن در زیر زمین به وقوع می‌پیوندند و مطالعه آنها از طریق سایر روش‌های علمی دشوار است، از این‌رو مطالعات میدانی بایستی در اولویت‌های پژوهشی این مطالعات قرار گیرد. مطالعات میدانی منطقه مورد مطالعه، با هدف شناسایی و اندازه‌گیری ابعاد فیزیکی اشکال به‌وجود آمده توسط کارست‌های نمکی انجام شد. براین اساس ابتدا محدوده شکل‌گیری کارست‌های نمکی منطقه در روی کروکی ترسیمی از منطقه مرزبندی و فرایندهای مؤثر در شکل‌گیری آنها شناسایی شد. مطالعات میدانی منطقه مورد مطالعه در مدت ۴ سال و به‌طور مستمر ادامه یافت. در این مدت کل منطقه از دو جهت شمالی - جنوبی و شرقی - غربی به‌صورت پیمایشی مطالعه و تمامی اشکال ناشی از کارست‌های نمکی موجود در آن شناسایی، عکسبرداری و در روی کروکی اولیه منطقه علامت‌گذاری شد. کروکی ترسیمی، جهت ترسیم نقشه‌های مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار R2v رقومی شد. موقعیت مکانی و محدوده گسترش آنها با استفاده از مطالعات میدانی و با کمک GPS مشخص گردید. علاوه بر پیمایش‌های میدانی داده‌های سنجنده ETM+، تصاویر Digital Globe و داده‌های مدل رقومی ارتفاعی (DEM) مورد استفاده قرار گرفت. در پایان

نقشه‌های مورد نیاز این پژوهش با توجه به مطالعات میدانی، نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای و با کمک نرم‌افزار ArcGIS ترسیم شد.

۲.۳. منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در شمال شهرستان میامی و در شمال خاوری استان سمنان قرار دارد. از شمال به پارک ملی خارتوران و رودخانه کالشور، از جنوب به دشت میامی، از شرق به روستای بکران و از غرب به ایستگاه راه‌آهن بسطام در شمال‌شرقی شهرستان شاهرود محدود می‌گردد. از نظر مختصات جغرافیایی بین $27^{\circ} - 36^{\circ}$ تا $31^{\circ} - 36^{\circ}$ شمالی و $32^{\circ} - 55^{\circ}$ تا $38^{\circ} - 55^{\circ}$ درجه خاوری از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است (شکل ۱). جاده میامی به ایستگاه راه‌آهن گیلان راه دسترسی به منطقه می‌باشد.

از نظر زمین‌شناسی بیشتر سازندهای منطقه از مارن گچ‌دار دارای لایه‌ها و عدسی‌های نمک ساخته شده و سن تقریبی آن مربوط به پلیوسن می‌باشد (شکل ۲). از نظر تکتونیکی این منطقه تحت تأثیر گسل احتمالی گیلان-فراشیان در شمال، گسل میامی در جنوب و تاقدیس گیلان در مرکز منطقه قرار دارد. از نظر آب‌وهوایی براساس طبقه‌بندی آب‌وهوایی کوپن از آب‌وهوای گرم و خشک برخوردار است. متوسط دمای آن $16/32$ درجه سانتیگراد است. ماه تیر با $29/45$ ، ماه مرداد با $28/37$ و ماه خرداد با 27 درجه سانتیگراد بالاترین دمای منطقه را به خود اختصاص می‌دهند (سازمان هواشناسی ایران: ۱۳۷۵-۱۴۰۰).

۴. مبانی نظری تحقیق

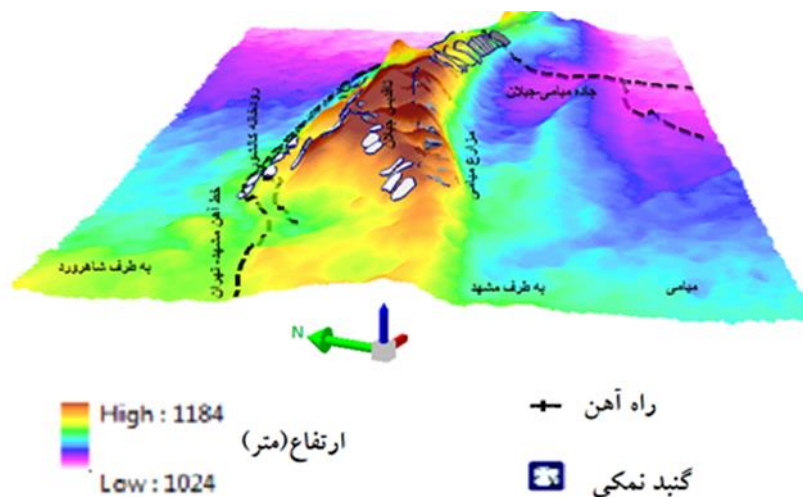
امروزه شناسایی اشکال ژئومورفولوژیکی و فرایندهای مؤثر در شکل‌گیری و فرسایش آنها، جهت مدیریت و بهره‌برداری مناسب از آنها یک ضرورت محسوب می‌شود. کارست‌های نمکی از جمله ناپایدارترین اشکال ژئومورفولوژیکی هستند که در نواحی فعالیت دیاپیرسم نمکی شکل می‌گیرند. هر چند از نظر مقیاس تأثیرگذاری در اشکال ژئومورفولوژیکی، ژئومورفولوگ‌ها برای دیاپیرسم نقش محلی قائل هستند؛ اما این اشکال بخش وسیعی از نواحی بیابانی و خشک ایران مرکزی را به خود اختصاص می‌دهند و نقش قابل توجهی در مورفولوژی این مناطق دارند. شناسایی و مطالعه این اشکال و عوامل مؤثر در شکل‌گیری و فرسایش آنها می‌تواند تأثیر قابل توجهی در کاهش بلایای طبیعی ناشی از آنها داشته باشد. همچنین شناسایی لندفرم‌های ناشی از این فرایند و معرفی آنها به گردشگران می‌تواند سبب جذب طبیعت‌گردان در منطقه شده و توسعه پایدار را در نواحی بیابانی و خشک ایران به دنبال داشته باشد. در خصوص عوامل مؤثر در ساختار اولیه کارست نمکی نظریات مختلفی وجود دارد؛ برخی این عوامل را ناشی از فعالیت‌های تکنونیک و برخی ناشی از ویژگی‌های نمک و به‌خصوص افزایش حجم آن در اثر دریافت رطوبت می‌دانند؛ اما پس از شناسایی فرایندهای شکل‌گیری ساختار اولیه، در مراحل بعدی شکل‌گیری کارست‌های نمکی اختلاف نظر محققان در مورد شکل‌گیری آنها کاهش می‌یابد و دیدگاه آنها نسبت به این فرایندها به یکدیگر نزدیکتر می‌شود. هرچند بخش‌هایی از ژئومورفولوژی جهان و کشور ایران توسط کارست‌های نمکی پوشیده شده و به دلیل ناپایداری خطر آنها برای پروژه‌های عمرانی کمتر از کارست‌های آهکی نیست، اما نسبت به کارست‌های آهکی کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند و جایگاه آنها در مفاهیم علمی ژئومورفولوژی جهان به‌درستی مشخص نیست. این تحقیق که با استفاده از مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای و با هدف مشخص شدن تأثیر و نقش کارست‌های نمکی در ریخت‌شناسی شمال شهرستان میامی در استان سمنان انجام می‌شود، می‌تواند جهت استفاده در توسعه پایدار مناطق خشک ایران که در محدوده شکل‌گیری این نوع کارست قرار دارد، مورد استفاده برنامه‌ریزان و پژوهشگران قرار

گیرد. همچنین به دلیل ناپایداری کارست‌های نمکی احتمال وقوع خطر برای راه آهن تهران - مشهد دور از انتظار نیست. از این‌رو مطالعه این کارست‌ها از دیدگاه مخاطرات طبیعی ضروری است. همچنین به دلیل کمبود اطلاعات و داده‌های علمی مورد نیاز در زمینه کارست‌های نمکی در ادبیات علمی ایران و جهان، شناسایی و مطالعه اشکال کارست نمکی می‌تواند در زمینه افزایش منابع علمی در این زمینه در مجموعه علوم زمین و جغرافیا مؤثر واقع گردد.

۵. یافته‌های تحقیق

۵. ۱. مکانیسم‌های تشکیل کارست‌های نمکی و اشکال ناشی از آنها

کارست‌های نمکی در ناهمواری نمکی، تحت تأثیر فرایندهای انحلال، تکتونیک، آب‌وهوا، جریان‌ات هیدرولوژیکی و لیتولوژی شکل می‌گیرند. بیشتر کارست‌های نمکی منطقه مورد مطالعه در گنبد‌های نمکی و در امتداد تاقدیس گیلان در مرکز منطقه شکل گرفته‌اند. مجموعه نمکی منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عوامل مختلفی در سطح زمین ظاهر شده و با ایجاد ناهمواری نمکی، مقدمات شکل‌گیری کارست‌های نمکی را فراهم نموده‌اند. همانند اکثر اشکال ژئومورفولوژیکی در شکل‌گیری کارست‌های نمکی منطقه تکتونیک نقشی تعیین کننده دارد. نتایج مطالعه تکتونیک منطقه نشان داد فعالیت گسل میامی در جنوب و گسل احتمالی فراشیان در شمال، باعث شکسته شدن سنگ‌های پوشاننده نمک شده است. پس از ایجاد این شکستگی‌ها مجموعه‌های نمکی در طول فضای شکسته به سطح زمین رسیده است. هنگام عبور نمک از درز و شکاف‌ها بخشی از لایه‌های مجاور آن خمیده شده و چین‌های ثانویه را به وجود آورده است. ادامه این فعالیت سبب شکل‌گیری طاق‌دیس نمکی گیلان در مرکز منطقه مورد مطالعه شده است (شکل ۳).



شکل ۳. تصویر سه بعدی از تاقدیس گیلان در مرکز منطقه مورد مطالعه (منبع تصاویر ماهواره ای

(SRTM)

در اثر این جابجایی‌ها، نمک از لایه‌های زیرین به رسوبات سطحی انتقال یافته، ناهمواری‌های نمکی منطقه را سبب شده است. یکی از آثار دیاپیرسم نمکی در منطقه شکستگی‌ها و درز و شکافت‌هایی است که در اثر فعالیت‌های تکتونیکی و بالا آمدن نمک در سازندهای دربرگیرنده آن ایجاد شده است (شکل ۴). نمک‌های به‌سطح رسیده در اثر فرایندهای مختلف، سرزمین‌های اطراف خود را تحت تأثیر قرار داده و باعث شکل‌گیری چین خوردگی‌ها و اشکال نمکی محلی در منطقه مورد مطالعه شده است. از جمله این اشکال می‌توان به گنبدهای نمکی و تاقدیس‌های نمکی منطقه مورد مطالعه اشاره نمود. پس از فعالیت‌های تکتونیکی نقش فرایندهای اقلیمی در زمینه تشکیل کارست‌های نمکی اهمیت بیشتری دارند. آب‌وهوای منطقه با تأثیر در فرایندهای انحلال، هوازدگی و فرسایش نقش خود را در شکل‌گیری کارست‌های نمکی آن ایفا می‌نماید. بهترین نوع آب‌وهوا برای شکل‌گیری کارست آهکی و نمکی آب‌وهوای مرطوب است. هم در آب‌وهوای گرم و هم در آب‌وهوای سرد مرطوب شکل‌گیری کارست در بهترین حالت خواهد بود (خیام، ۱۳۷۰: ۱۳۲). مطالعات انجام شده در منطقه نشان می‌دهد نمک‌های مدفون‌شده در زیر

رسوبات قبل از پلیوسن در بارش‌های کوتاه‌تر در اثر دریافت رطوبت، افزایش حجم یافته، به لایه‌های بالاتر خود فشار آورده و سبب شکل‌گیری اشکال متنوع نمکی از جمله کارست‌های نمکی در منطقه شده است (مقامی‌مقیم، ۱۳۹۹)



شکل ۴- نمونه‌ای از درز و شکاف‌های ایجاد شده در اثر دیپایر نمکی

در بین عناصر آب‌وهوایی بارش نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری کارست‌های نمکی منطقه دارد. بارش با رساندن طوبت به نمک سبب افزایش حجم و جابجایی آن شده مقدمات شکل‌گیری کارست‌های نمکی را فراهم می‌نماید. همچنین با انحلال کانی‌های نمکی، انواع کارن به‌خصوص کارن‌های بارانی را در منطقه به وجود آورده است. نقش بارش در فرایند کارست‌سازی منطقه بیشتر غیرمستقیم و از طریق تأثیرگذاری در فرایندهای رودخانه‌ای از جمله سیلاب‌ها نمود بیشتری دارد. تنها اشکال کارست نمکی منطقه که مستقیماً تحت تأثیر بارش به وجود آمده‌اند، کارن‌های بارانی می‌باشند (شکل ۷A). پس از بارش، دما نقش تعیین‌کننده‌ای در این زمینه دارد. با افزایش دمای آب، میزان انحلال آن افزایش می‌یابد. براساس اطلاعات موجود در سازمان هواشناسی استان سمنان و براساس طبقه‌بندی دمارتن آب‌وهوای منطقه از نوع گرم می‌باشد (مقامی‌مقیم؛ و نویدطلب، ۱۳۹۷). براساس آمار ۲۵ ساله متوسط دمای آن ۱۶/۳۲ درجه سانتیگراد

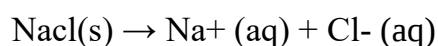
است. تیرماه با ۲۹/۴۵، مردادماه با ۲۸/۳۷ و خرداد ماه با ۲۷ درجه سانتیگراد بالاترین دمای منطقه را به خود اختصاص می‌دهند (سازمان هواشناسی ایران: ۱۳۷۵-۱۴۰۰). هر چند این سه ماه گرم‌ترین ماه‌های سال در منطقه مورد مطالعه هستند، اما به دلیل خشکی هوا در دو ماه تیر و مرداد کم‌ترین انحلال نمکی منطقه به وقوع می‌پیوندد؛ در صورتی که به دلیل وجود رطوبت و دمای مناسب در اردیبهشت و خرداد بیشترین انحلال نمک در سازندهای منطقه مشاهده می‌شود. در بین سنگ‌های رسوبی منطقه، سنگ‌های تبخیری و به خصوص نمک قابلیت انحلال بیشتری دارند (محمودی، ۱۳۹۱: ۲۲). انحلال‌پذیری بالای نمک (در حدود ۳۶۰ گرم بر لیتر) باعث می‌شود تا رخنمون‌های این کانی در مناطق مرطوب به‌طور کامل انحلال یابند. به همین دلیل نواحی کارست نمکی به‌طور عمده در مناطق با آب‌وهوای گرم و خشک دیده شده است (ونی، ۱۹۹۹). پس از انحلال سازندهای نمکی، رسوبات غیرقابل حل باقی‌مانده، اشکال متنوع کارست نمکی را به‌وجود آورده است. فرایندهای فرسایشی نیز در این زمینه تأثیر قابل توجهی دارند. براین اساس رسوبات سطحی از جمله ماسه، شن و مارن به‌عنوان روباره قسمت زیادی از نم‌های منطقه را پوشانده است (شکل ۵). فرسایش باحذف آنها از طریق فرایندهای زمین‌ساختی، اقلیمی و انسانی باعث شده تا نمک به‌راحتی به سطح جریان یافته و اشکال جالب توجه کارستی در نم‌های آن شکل گیرد. این فرایند در بخش وسیعی از دامنه‌های شمالی تاقدیس گیلان قابل مشاهده می‌باشد (شکل ۵).



شکل ۵. عربان‌شدگی نمک در اثر فرسایش در ضلع شمالی تاقدیس گیلان (نگارنده ۱۳۹۴)

احداث خط آهن تهران-مشهد در فاصله بکران تا شاهرود و جاده میامی به گیلان در شمال و مرکز منطقه به عنوان عوامل انسانی سبب فرسایش روباره‌ها و ظهور توده‌های نمکی در سطح شده است. هنگامی که سازندهای نمکی در سطح ظاهر می‌شوند تحت تأثیر فرایند انحلال اشکال متنوع کارست نمکی در آنها شکل می‌گیرد.

فرایند انحلال نمک در آب به صورت زیر بیان می‌شود:



S ← جامد و aq ← آب (پوشش آبی) است.

قابلیت انحلال‌پذیری یک ماده در دمای معین بر حسب گرم ماده در ۱۰۰ گرم آب می‌باشد. قابلیت انحلال‌پذیری نمک (NaCl) در ۲۰ درجه سانتی‌گراد برابر ۳۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. این قانون مربوط به آب خالص است که تأثیر چندانی در انحلال سنگ ندارد. مگر در سنگ نمک. جدول ۱ تأثیر انحلال ۱۰ لیتر آب خالص در انحلال برخی از سنگ‌ها را مشخص می‌کند (پروین، ۱۳۷۵: ۱۶).

جدول ۱. قدرت انحلال ۱۰ لیتر آب در سنگ‌های مختلف

(جکسون^۱، ۱۹۸۶)

ردیف	نوع سنگ	میزان انحلال
۱	آهک	۰/۳
۲	سیلیس	۱/۳۲
۳	گچ	۲۵
۴	نمک طعام	۳۶۰۰

همان‌طور که در جدول مشخص است ضریب انحلال در سنگ نمک بیشتر از سنگ‌های دیگر است؛ به همین دلیل نمک‌های ظاهر شده در سطح زمین در اثر انحلال فرسایش یافته و سازندهای مقاوم باقی می‌مانند و اشکال متنوع کارست نمکی را در منطقه به وجود می‌آورند. علاوه بر سازندهای سطحی انحلال سازندهای نمکی در زیر لایه‌های سطحی سبب شکل‌گیری کارست‌های زیرزمینی از جمله غارهای نمکی، پونوره‌های نمکی و چاه‌های نمکی در منطقه شده است. از نظر هیدرولوژی منطقه مورد مطالعه جزء حوضه آبریز کالشور در شمال ایران مرکزی محسوب می‌شود. این رودخانه و سرشاخه‌های آن از ارتفاعات جنوب خاوری البرز، دامنه‌های جنوبی آلاداغ و ایران مرکزی با رساندن رطوبت به منطقه مورد مطالعه سبب تسهیل فرایندهای مختلف انحلالی شده نقش خود را در شکل‌گیری اشکال کارست نمکی منطقه ایفا می‌نماید. از نظر لیتولوژی بیشتر سازندهای منطقه از سازندهای تبخیری به‌خصوص نمک و گچ شکل گرفته است. علاوه بر نمک، مارن، شن و ماسه به‌عنوان روباره نمک‌های منطقه را پوشانده‌اند. با حذف روباره‌ها توسط عوامل طبیعی و انسانی و ظاهر شدن سازندهای تبخیری شرایط برای شکل‌گیری کارست‌های نمکی در منطقه فراهم شده است.

1. Jackson

۲.۵. آثار ژئومورفولوژیکی کارست‌های نمکی در منطقه مورد مطالعه

ورای^۱ (۱۹۹۷) کارست نمکی را مختص مناطق بدلد و شبه‌کارست در نظر می‌گیرد. مطالعات میدانی نشان داد قسمت‌های شمالی و جنوبی تاقدیس گیلان که بخش وسیعی از منطقه را دربر گرفته از نظر ژئومورفولوژیکی از نوع هزاردره یا بدلد است. (شکل ۶). بنابراین می‌توان گفت بخش وسیعی از ریخت‌شناسی منطقه تحت تأثیر فرایندهای کارست نمکی قرار دارد. براساس تقسیمات ژئومورفولوژیکی که از کارست‌ها ارائه شده، کارست‌های نمکی منطقه را می‌توان در ردیف کارست‌های نمکی کامل قرار داد. در کارست‌های آهکی، کارست کامل در مناطقی شکل می‌گیرد که بیشتر سازندهای آن کربناته بوده و اشکال سطحی مانند دولین‌ها و اشکال زیرسطحی مثل غارها در آن گسترش داشته باشد (قبادی، ۱۳۸۶: ۸). براساس این تعریف می‌توان کارست کامل نمکی را هم به مناطقی اطلاق نمود که عمدتاً از سازندهای تبخیری و به‌خصوص نمک شکل گرفته باشند. بیشتر کارست‌های نمکی منطقه در گنبدهای نمکی منطقه و در امتداد تاقدیس گیلان همچنین در سواحل رودخانه کالشور شکل گرفته و در چهار گروه کارن‌ها، چاله‌های بسته، حفره‌های زیرزمینی و اشکال ناشی از فرایندهای هیدرولیکی قابل طبقه‌بندی می‌باشند.



شکل ۶- قسمتی از بدلد‌های شکل گرفته در منطقه در تاقدیس نمکی گیلان

1. Wray

کارن‌های نمکی

مطالعات میدانی در منطقه نشان داد کارن‌های نمکی متنوع‌ترین اشکال کارست نمکی می‌باشند که به صورت کارن‌های بارانی (شکل VA)، خندقی، دیواری و شیاری (شکل VD) گسترش یافته و از نظر پراکندگی در تمامی قسمت‌های منطقه که نمک در سطح ظاهر شده و رطوبت اندکی موجود بوده شکل گرفته‌اند؛ اما تراکم آنها در سواحل رودخانه کالشور بیشتر است؛ زیرا این رودخانه با فرسایش روباره‌های نمکی باعث عریان شدن سازندهای نمکی شده و رطوبت موجود در آب رودخانه میزان انحلال سازندهای نمکی را افزایش داده است.

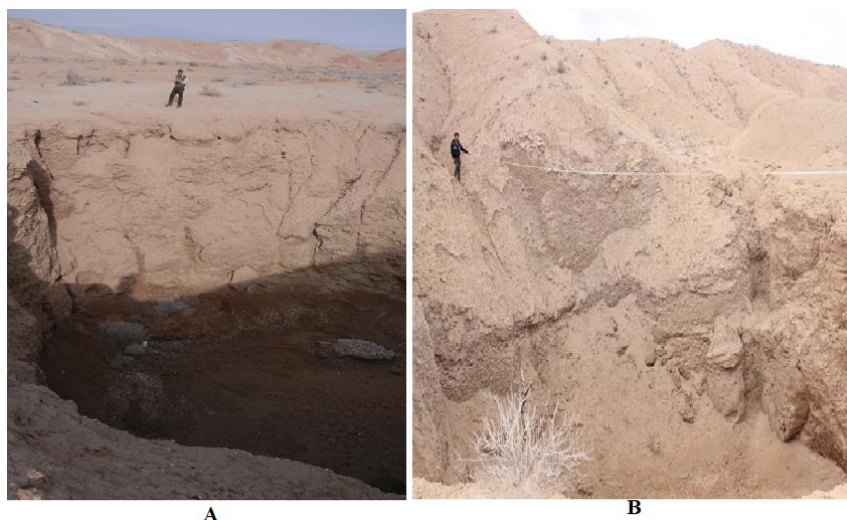


شکل ۷- دو مورد از کارن‌های نمکی شکل گرفته در سازندهای نمکی منطقه

چاله‌های بسته

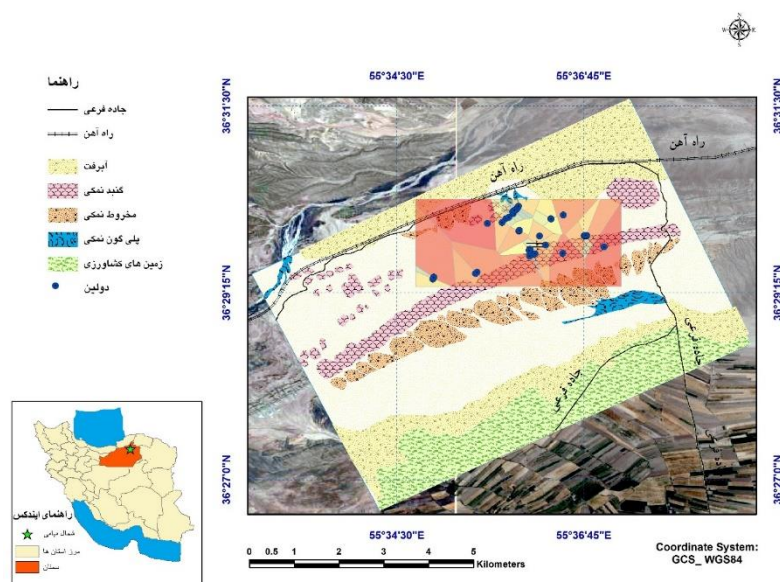
چاله‌های بسته نماد غلبه فرایندهای کارستی محسوب می‌شوند. وجود آنها نشانه کارست کامل در یک منطقه است. چاله‌های بسته منطقه مورد مطالعه شامل دولین‌ها و پولزه‌ها می‌باشند. در بین چاله‌های بسته نمکی منطقه دولین‌های نمکی جایگاه ویژه‌ای دارند. دولین‌ها تپیک‌ترین

اشکال کارست نمکی منطقه محسوب می‌شوند. والتام^۱ دولین‌ها را به شش نوع انحلالی، ریزشی، دارای پوشش سنگی، فرونشستی، پرشونده و دفنی تقسیم می‌کند (والتام و بل^۲، ۲۰۰۵: ۳۸۲). دولین‌های نمکی منطقه شباهت زیادی به دولین‌های ریزشی، فرونشستی و انحلالی دارند. عمق متوسط آنها حدود ۲۰ و قطر تقریبی آنها ۱۰ متر اندازه‌گیری شد. برخلاف دولین‌های آهکی، این دولین‌ها اغلب دامنه نامنظمی دارند و مقدار آب آنها کمتر است. همچنین نسبت به دولین‌های آهکی ناپایدارتر می‌باشند. به دلیل اینکه ریخت‌شناسی منطقه از نوع تپه ماهوری است، دولین‌های آن ابعاد بزرگتری دارند؛ زیرا در مناطق تپه ماهوری شرایط برای شکل‌گیری و گسترش دولین‌های وسیع بیشتر فراهم می‌باشد (قبادی، ۱۳۸۶: ۵۵). به همین دلیل دولین‌های منطقه از نظر تعداد کم ولی ابعاد آنها وسیع‌تر از دولین‌های آهکی است (شکل ۸). از نظر پراکندگی دولین‌های نمکی منطقه اغلب در راستای تاقدیس گیلان، قسمت غربی و دره‌های منطقه شکل گرفته‌اند (شکل ۹).



شکل ۸- دو نمونه از دولین‌های نمکی منطقه A انحلالی B ریزشی

1. Waltham
2. Bell



شکل ۹- تراکم دولین‌های نمکی منطقه براساس شبکه مثلثی، تراکم دولین‌ها در شبکه مثلثی به حداکثر ممکن می‌رسد. (منبع: مطالعات میدانی ۱۳۹۵)

پولزه‌های نمکی وسیع‌ترین اشکال کارست نمکی منطقه مورد مطالعه هستند که در اثر حرکات زمین‌ساختی و انحلال سازندهای تبخیری در شمال و جنوب منطقه شکل گرفته‌اند. بیشتر آنها از نوع تبخیری و خشک هستند (شکل ۱۰). تاق‌دیس نمکی گیلان سبب جدایی پولزه‌های شمالی و جنوبی منطقه شده است. پولزه‌های شمالی از وسعت بیشتری برخوردار بوده و نمک کمتری دارند؛ به همین دلیل پوشش گیاهی آنها بیشتر است. مرز پولزه‌های نمکی را کلوت‌ها و دیوارهای نمکی تشکیل می‌دهند و سبب جدایی آنها از یکدیگر می‌شوند. کلوت‌های نمکی حاصل فرایندهای زمین‌ساختی و اقلیمی می‌باشند که در اثر فرسایش بادی - آبی شکل می‌گیرند. در مطالعات میدانی منطقه مورد مطالعه تعداد ۵ کلوت به طول تقریبی ۸ کیلومتر در جهات مختلف شناسایی شد که تمامی آنها در اثر فرسایش و فرایند دیاپیرسم نمکی شکل گرفته‌اند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰- دو نمونه از پولژه‌های نمکی شکل گرفته در سازندهای نمکی منطقه مورد مطالعه به همراه کلوت‌های نمکی (سمت راست شمال تاقدیس گیلان- سمت چپ جنوب تاقدیس گیلان)

علاوه بر کلوت‌ها دیواره‌های نمکی نیز مرز برخی از پولژه‌های نمکی منطقه را تشکیل می‌دهند. بالاآمدگی طولی نمک به‌صورت ناهماهنگ با ردیف موازی را دیواره‌های نمکی می‌گویند (شکل ۱۱). دیواره‌های نمکی عمدتاً در کلوت‌های نمکی شکل گرفته و در اثر فرسایش در سطح زمین ظاهر شده‌اند.



شکل ۱۱- نمونه‌ای از دیواره‌های نمکی شکل گرفته در مرز پولژه‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه

تفاوت عمده پول‌های نمکی و آهکی در این است که دامنه‌های پول‌های نمکی شیب کمتری دارند و از نظر حاصل‌خیزی خاک، خاک آنها برای کشاورزی مناسب نیست. در شکل‌گیری پول‌های منطقه علاوه بر انحلال نمک فعالیت گسل احتمالی گیلان- فراشیان و تاقدیس گیلان تأثیر زیادی داشته است.

حفره‌های زیرزمینی

مطالعه حفره‌های زیرزمینی به دلیل محدودیت‌های مطالعاتی دشوار به نظر می‌رسد؛ زیرا مطالعه این اشکال فقط با روش‌های میدانی امکان‌پذیر است. براساس مطالعات میدانی حفره‌های زیرزمینی نمکی منطقه را می‌توان در سه گروه چاه‌های مکند، پونورها و غارهای نمکی طبقه‌بندی نمود. چاه‌های نمکی حفره‌های عمودی هستند که در اثر انحلال آب در لایه‌های نمکی در پول‌های شمالی و جنوبی و همچنین در قسمت غربی تاقدیس گیلان شکل گرفته‌اند. نتایج مساحی آنها نشان داد که از نظر ابعاد فیزیکی تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند. قطر متوسط آنها ۶ متر و عمق آنها نزدیک به ۶۰ متر اندازه‌گیری شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- یکی از چاه‌های نمکی منطقه مورد مطالعه (ضلع غربی تاقدیس گیلان)

پونورهای نمکی در سازندهای تبخیری و مارن‌های منطقه شکل گرفته و نقش مهمی در انتقال آب‌های سطحی به سفره‌های زیرزمینی دارند. برخلاف کارست‌های آهکی شکل‌گیری پونورهای نمکی محدود به کف پولزه‌ها و بستر رودخانه‌های منطقه نیست و در بیشتر قسمت‌ها به‌خصوص خط‌الرأس‌های تاقدیس نمکی گیلان قابل مشاهده می‌باشند. گسترش افقی آنها منجر به شکل‌گیری غار و گسترش عمودی آنها سبب شکل‌گیری چاه‌های نمکی می‌گردد. پونورهای منطقه بیشتر از نوع ترک‌های توسعه‌یافته و درزه باریک می‌باشند (شکل ۱۳).



شکل ۱۳- نمونه‌ای از پونورهای منطقه مورد مطالعه قسمت مرکزی تاقدیس گیلان



شکل ۱۴- دو نمونه از غارهای نمکی منطقه مورد مطالعه جنوب تاقدیس گیلان

در بین حفره‌های زیرزمینی غارها جایگاه ویژه‌ای دارند. غار نمکی؛ غاری است که در میان سازندهای نمکی پدید آمده است. غار نمکی نسبت به غارهای آهکی با شتاب بیشتری پدید

می‌آیند؛ اما به دلیل فرسایش‌پذیری زیاد سنگ‌نمک پایدار نبوده، خیلی زود از میان می‌روند. بهترین غارهای نمکی در بخش‌های خشک و بیابانی نمایان می‌شوند (قدری، ۱۴۰۲: ۶۲۰-۶۵۰). غارهای نمکی منطقه (شکل ۱۴) اغلب در محدودهٔ تاقدیس گیلان به‌صورت پراکنده‌ای شکل گرفته‌اند و به دلیل شکل‌گیری در سازندهای نرم اغلب کم‌عمق و ناشناخته هستند. در حقیقت اغلب این غارها پونورهایی هستند که در اثر گسترش فرایند انحلال شکل گرفته‌اند.

اشکال کارستی ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی

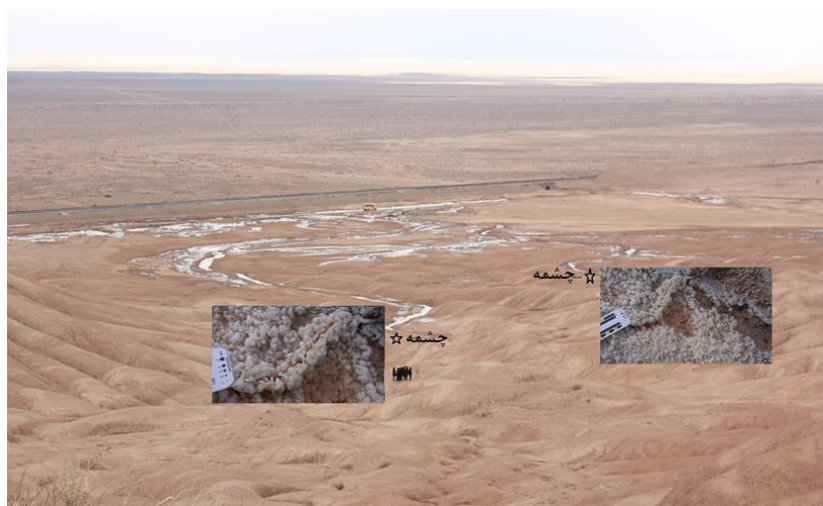
در شکل‌گیری اشکال کارستی پس از لیتولوژی فرایندهای هیدرولوژیکی نقش تعیین‌کننده‌ای دارند (قدری و مقامی‌مقیم، ۱۳۹۷). مهم‌ترین و وسیع‌ترین اشکال کارست نمکی ناشی از جریانات هیدرولوژیکی دره‌های نمکی هستند که بر اثر نفوذ آب در گنبدها و لایه‌های نمکی منطقه و انحلال آنها به وجود آمده و از نظر شکل ظاهری ۷ شکل، کوتاه و پر پیچ‌وخم و از نظر مقدار آب خشک و فصلی می‌باشند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵. نمونه‌ای از دره‌های نمکی منطقهٔ مورد مطالعهٔ شمال غربی تاقدیس گیلان

تجمع دره‌های نمکی در مارن‌های منطقه سبب شکل‌گیری هزاردره و بدلند در دامنه‌های شمالی و جنوبی تاقدیس گیلان در قسمت میانی منطقه شده است. از نظر پراکندگی بیشتر دره‌های نمکی منطقه عمود بر جهت امتداد تاقدیس گیلان در جهت شمالی جنوبی حفر شده و آب این تاقدیس را در شمال به رودخانه کالشور و در جنوب به سمت دشت شمالی میامی ذهکشی می‌نمایند. رودخانه نمکی کالشور در شمال منطقه از تجمع دره‌های نمکی شکل گرفته است. این رودخانه اغلب ایام پوشیده از نمک بوده فقط در هنگام وقوع سیلاب‌های گسترده، نمک‌های آن ناپدید می‌شود. در فصل گرم بستر این رودخانه به‌صورت دره‌هایی پر از نمک مشاهده می‌شوند، بنابراین می‌توان آن را یک رودخانه نمکی در نظر گرفت.

چشمه‌های نمکی بخش دیگری از کارست‌های ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند. بیشتر این چشمه‌ها در شمال غربی منطقه در سطح زمین ظاهر و با پیوستن به یکدیگر شاخه‌های اصلی رودخانه کالشور را تشکیل می‌دهند. بر خلاف چشمه‌های آهکی دبی این چشمه‌ها کم و وجود ذرات کلرید کلسیم و منیزیم در آب آنها زیاد است. شوری زیاد آب آنها نشانه تغذیه آنها از گنبدهای نمکی منطقه می‌باشد. آب این چشمه‌ها از طریق نفوذ آب در درز و شکاف‌ها، پونورها و چاه‌های نمکی به داخل سفره‌های کم‌عمق تغذیه و هرجا شرایط فراهم شده در سطح زمین ظاهر می‌شوند. به دلیل شرایط اقلیمی آب این چشمه‌ها به‌شدت تبخیر می‌شود و نمک‌های آن باقی می‌ماند و در مظهر آنها اشکال گل‌کلمی را به‌وجود می‌آورند. این اشکال در فصول گرم سال که تبخیر و تعرق در منطقه به حداکثر ممکن می‌رسد شکل می‌گیرند و اغلب در کف پول‌ژه‌ها، مخروط‌ها، دره‌ها، مظهر چشمه‌های نمکی و بستر رودخانه کالشور مشاهده می‌شوند (شکل ۱۶). این چشمه‌ها نقش مهمی در انتقال نمک از اعماق به سطح و هم‌چنین نقش عمده‌ای در به‌وجود آمدن رودخانه نمکی کالشور دارند. در مطالعات میدانی منطقه تعداد ۵۵ دهانه چشمه نمکی مشاهده شد که فراوان‌ترین و پرآب‌ترین آنها در بستر و حاشیه رودخانه کالشور جاری هستند.



شکل ۱۶. دو دهانه از پرآب‌ترین چشمه‌های نمکی منطقه و اشکال گل‌کلمی شکل گرفته در دهانه آنها

۶. نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات میدانی، بررسی اسناد و مدارک موجود از منطقه مورد مطالعه نشان داد، اشکال کارست نمکی متنوعی در آن شکل گرفته و بخش زیادی از ریخت‌شناسی آن را تحت تأثیر خود قرار داده است. به همین دلیل می‌توان منطقه را یک منطقه کارست نمکی کامل به حساب آورد. براساس این مدارک از نظر سنی می‌توان این کارست‌ها را در ردیف کارست‌های نمکی جوان و مربوط به دوره میوسن قرار داد. از نظر تکامل به دلیل غالب بودن سازندهای تبخیری و وجود اغلب لندفرم‌های کارستی از جمله دولین‌های تیپیک، پول‌ژه‌ها و غارها می‌توان آنها را در ردیف کارست کامل به حساب آورد. در خصوص شکل‌گیری این کارست‌ها نتایج مطالعات نشان داد، فعالیت‌های تکتونیکی منطقه به‌خصوص گسل احتمالی گیلان- فراشیان در شمال، تاقدیس گیلان در مرکز و گسل میامی در جنوب منطقه با ایجاد درز و شکاف و شکستن روباره‌ها راه را برای ورود نمک به سطح زمین و ایجاد هسته اولیه کارست‌های نمکی باز نموده‌اند. لیتولوژی منطقه که عمدتاً از نمک و روباره‌های مارن و ماسه پوشیده شده در اثر فرایندهای فرسایشی، فرسایش یافته و سازندهای باقی‌مانده کارست‌های نمکی منطقه را به وجود آورده‌اند. فرایندهای اقلیمی

نیز با فراهم نمودن فرسایش و رطوبت نقش مهمی در این زمینه داشته‌اند. براساس طبقه‌بندی دمارتن اقلیم این منطقه از نوع گرم و خشک است و این نوع اقلیم برای شکل‌گیری کارست‌های نمکی مناسب است. از نظر هیدرولوژی نیز رودخانه کالشور و شاخه‌های آن با فرسایش روباره‌ها و ظاهر نمودن نمک در سطح، نقش خود را در این زمینه ایفا نموده‌اند. در تعامل فرایندهای نامبرده اشکال کارست نمکی متنوعی تشکیل شده که این اشکال نقش عمده‌ای در ژئومورفولوژی منطقه داشته و ریخت‌شناسی منطقه را به صورت بدلند و هزار دره طراحی نموده‌اند. این اشکال از نظر شکل ظاهری در چهار گروه کارن‌ها، چاله‌های بسته، حفره‌های زیرزمینی و اشکال ناشی از فرایندهای هیدرولوژیکی قابل دسته‌بندی و مطالعه می‌باشند. کارن‌ها متنوع‌ترین و ناپایدارترین اشکال کارست نمکی منطقه بوده و شامل کارن‌های طولی، بارانی، لانه‌موشی، لانه‌کبوتری و کارن‌های پله‌ای می‌باشند. کارن‌ها به دلیل سهولت شکل‌گیری در بیشتر قسمت‌های منطقه مشاهده می‌شوند. در هر کجای منطقه که لایه‌های نمک به سطح رسیده‌اند و رطوبت برای فرایند انحلال وجود داشته کارن‌های نمکی منطقه هم شکل گرفته‌اند. هرچند کارن‌های نمکی تعداد بیشتری از اشکال کارست نمکی را به خود اختصاص می‌دهند؛ ولی دوام زیادی ندارند، به همین دلیل نقش آنها در مورفولوژی منطقه کم‌رنگ‌تر است. چاله‌های بسته وسیع‌ترین اشکال کارست نمکی منطقه بوده و شامل پول‌ها و دولین‌ها می‌باشند. پول‌های منطقه بیشتر از نوع تبخیری و خشک هستند و توسط کلوته‌ها و دیوارهای نمکی از یکدیگر جدا می‌شوند. رودخانه کالشور و تاقدیس گیلان پول‌ها را به دو قسمت شمالی و جنوبی تقسیم نموده است. پول‌های شمالی نسبت به پول‌های جنوبی نمک کمتر و پوشش گیاهی بیشتری دارند. دولین‌ها نیز در امتداد تاقدیس گیلان به خصوص قسمت غربی آن و همچنین در راستای گسل فراشیان شکل گرفته و از نوع دولین‌های ریزشی، فرونشستی و انحلالی هستند. بر خلاف کارن‌ها نقش چاله‌های بسته در مورفولوژی منطقه برجسته‌تر به نظر می‌رسد. براساس مطالعات میدانی حفره‌های زیرزمینی منطقه در سه گروه چاه‌های مکند، پونورها و غارهای نمکی در مورفولوژی منطقه نقش دارند. چاه‌های نمکی حفره‌های عمودی هستند که در اثر انحلال لایه‌های نمکی در پول‌های شمالی و جنوبی و در قسمت غربی تاقدیس گیلان شکل گرفته‌اند. پونورهای نمکی در سازندهای تبخیری شکل گرفته

و نقش عمده‌ای در انتقال آب به سفره‌های زیرزمینی دارند. پهنورهای منطقه بیشتر از نوع درز و شکاف‌های توسعه‌یافته هستند که در سطح دره‌های کور منشعب از تاقدیس گیلان شکل گرفته‌اند. در بین حفره‌های زیرزمینی غارها جایگاه ویژه‌ای دارند. غارهای نمکی منطقه اغلب در محدوده تاقدیس گیلان به صورت پراکنده‌ای شکل گرفته‌اند و به دلیل شک‌گیری در سازندهای نرم اغلب کم‌عمق و ناشناخته‌اند. اشکال کارست نمکی ناشی از جریان‌های هیدرولوژیکی نیز سهم قابل توجهی از مورفولوژی منطقه را به خود اختصاص می‌دهند. مهم‌ترین این اشکال دره‌های نمکی می‌باشند که بر اثر نفوذ آب در سازندهای نمکی و انحلال آنها به وجود آمده‌اند. به دلیل سست بودن سازندهای تشکیل‌دهنده اغلب دره‌های نمکی منطقه ۷ شکل، کوتاه و پر پیچ‌وخم و از نظر مقدار آب، خشک و فصلی می‌باشند. از نظر مورفولوژیکی نقش دره‌های نمکی منطقه در ریخت‌شناسی آن به صورت هزاردره و بدلند جلوه می‌نمایند. بیشتر این دره‌ها عمود بر جهت امتداد تاقدیس گیلان در جهت شمالی جنوبی حفر شده و آب‌های سطحی این تاقدیس را به رودخانه کالشور و دشت بکران و میامی ذهکشی می‌نمایند. از به هم پیوستن این دره‌ها رودخانه نمکی کالشور شکل می‌گیرد که در بستر آن در فصل تابستان و پاییز اشکال متنوع کارست نمکی از جمله انواع کارن و دولین‌های نمکی شکل می‌گیرد. با آغاز بارش‌های زمستانی و بهاری اغلب اشکال کارست نمکی شکل گرفته در مسیر این رودخانه ناپدید می‌گردد. چشمه‌های کارستی جلوه دیگری از کارست‌های نمکی منطقه هستند که بیشتر آنها در شمال غربی آن در سطح زمین ظاهر می‌شوند. به دلیل شرایط اقلیمی آب آنها به شدت تبخیر می‌شود و نمک‌های آن باقی می‌ماند. از نظر پراکندگی فراوان‌ترین و پرآب‌ترین آنها در بستر و حاشیه رودخانه کالشور جاری هستند.

نتیجه قابل توجهی که از مطالعه کارست‌های نمکی منطقه حاصل شد، این بود که این اشکال فقط در فصول گرم سال که تبخیر و تعرق در منطقه به حداکثر ممکن می‌رسد، شکل می‌گیرند و اغلب در کف پولزه‌ها، مخروط‌ها، دره‌ها، مظهر چشمه‌های نمکی و بستر رودخانه کالشور مشاهده می‌شوند. این اشکال از نظر مقاومت تفاوت زیادی با کارست‌های آهکی دارند و در اثر

بارندگی‌های شدید و طغیان رودخانه‌ها به راحتی انحلال یافته از بین می‌روند، به همین دلیل می‌توان گفت مورفولوژی ناشی از کارست‌های نمکی بسیار متغیر و غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد.

کتابنامه

۱. بهنیا، ا؛ قنبرزاده، ه؛ و فرزانه، ع. (۱۳۸۸). ویژگی‌های ژئومورفولوژیک توده کارستی اخلمد در دامنه‌های شمالی ارتفاعات بینالود. *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۴، ۱۲۱-۱۴۰.
۲. پروین، ح. (۱۳۷۵). رسوب‌شناسی. چاپ اول، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.
۳. خیام، م. (۱۳۷۰). ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک خارجی. چاپ اول، تبریز: انتشارات نیا (نیمه سابق).
۴. زمردیان، م. ج. (۱۳۹۴). مبانی ژئومورفولوژی (۲) کلیماتیک ژئومورفولوژی، ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک بیرونی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی.
۵. سایت پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور. <http://www.ngdir.ir>
۶. سازمان زمین‌شناسی کشور. نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ میامی.
۷. شریف، م؛ و حمزه، س. (۱۴۰۰). بررسی تأثیر سد گتوند بر تغییرات شوری خاک و پوشش گیاهی اراضی پایین دست سد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سنجش‌های طیفی. *فصلنامه علوم محیطی*، (۴) ۱۹، ۲۴۸-۲۲۵.
۸. عقیقی، م؛ و قنبری، ع. (۱۳۸۸). بررسی جاذبه‌های ژئوتورستی گنبد‌های نمکی لارستان مطالعه موردی گنبد نمکی کرم‌ستج. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، ۲ (۶)، ۳۱-۴۸.
۹. قبادی، م. ج. (۱۳۸۶). زمین‌شناسی مهندسی کارست. همدان: انتشارات بوعلی سینا.
۱۰. قدری، م. ر؛ و مقامی‌مقیم، غ. ر. (۱۳۹۷). نقش عوامل هیدرودینامیک در پیدایش و تحول پدیده‌های کارستی (کوه اشکوت، محمودآباد، شمال غرب ایران). *نشریه جغرافیا و توسعه*، ۱۶ (۵۰)، ۷۵-۹۴.
۱۱. قدری، م. ر. (۱۴۰۲). فرهنگ غارشناسی فیزیکی (ریخت‌شناسی غار و فرایندهای غارزایی). تهران: انتشارات فرهنگ صبا.
۱۲. کریمی‌وردنجانی، ح. (۱۳۸۹). هیدرولوژی کارست (مفاهیم و روش‌ها). شیراز: ارم شیراز.
۱۳. محمودی، ف. (۱۳۹۱). ژئومورفولوژی ساختمانی. تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۴. مقامی مقیم، غ. ر. (۱۳۹۵). طبقه‌بندی اشکال کارستی حوضه درپرچین براساس مدل‌های سویچ، والتهم، هراک و کماتینا. *نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، (۱) ۱۴، ۲۰۷-۲۲۳.
۱۵. مقامی مقیم، غ. ر.؛ و نویدطلب، ا. (۱۳۹۷). بررسی تأثیرات دیابیرسم نمکی شرق شهرستان شاهرود، در خط آهن شاهرود- مشهد. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، (۱) ۷، ۳۷-۵۵.
۱۶. مقامی مقیم، غ. ر. (۱۳۹۹). مطالعه تأثیرات دیابیرسم نمکی در ژئومورفولوژی شمال شرقی شهرستان شاهرود. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۰ (۳۶)، ۱۵-۳۰.
۱۷. منجزی، س؛ مؤمنی، م؛ نجارچی، م؛ منجزی، ن؛ و حسونی‌زاده، ه. (۱۴۰۱). شبیه‌سازی توزیع شوری به علت کارست نمکی فعال درسد گتوند با استفاده از سیستم دینامیک و تعیین پارامترهای مؤثر بر مقدار شوری. *پژوهش‌های چینه‌نگاری و رسوب‌شناسی*، ۳۸ (۱)، ۶۷-۹۸.
۱۸. ولایتی، س؛ و خانعلیزاده، ف. (۱۳۹۰). بررسی رابطه ساختارهای تکتونیکی و اشکال کارستی (مطالعه موردی حوضه آبریز کارده). *فصلنامه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران*، دور جدید سال نهم، شماره ۳۱، زمستان ۱۳۹۰، ۱۷۱-۱۸۹.
۱۹. وزارت نیرو، ۱۳۸۳، *دستورالعمل آماده‌سازی محیط نمایشی عوارض*.
۲۰. هاشمی‌حیدری، م؛ جلیلی‌قاضی‌زاده، م. ر؛ احسانی، م؛ احمدی، ا؛ و محبوب، د. (۱۳۹۸). شبیه‌سازی عددی و بررسی آزمایشگاهی انحلال کارست نمکی در مخازن سدها. *مهندسی عمران (فنی و مهندسی مدرس)*، ۱۹ (۵)، ۲۲۱-۲۳۵.

21. Ford, d.c., & William, pw. (2007). *karst Hydrogeology and Geomorphology*. john Wiley andsons, Ltd, the atrium, southern, chichester, England.
22. Huggett, R. (2007). *Fundamentals of Geomorphology*. Routledge Taylor & Francis Group, New York, Second Edition. P 483.
23. Jiri, B., Filippi, M., Zare, M., & Mayo, A. (2017). Hydrogeology of salt karst under different cap soils and climates (Persian Gulf and Zagros Mts., Iran). *International Journal of Speleology*. 46. 303-320. 10.5038/1827-806X.46.2.2109.
24. Jackson, M.P.A., & Talbot, C. J. (1986). "External shapes, strain rates, and dynamics of salt structures," *Geological Society of America Bulletin*, No. 3, pp. 305-323.

25. Navidtalab, A., & MaghamiMoghim, G.R. (2020). Climate, lithology, and tectonics interaction in shaping a hazardous salt karst: A case from the middle–late Miocene (?) evaporite succession of NE Iran. *Geomorphology*. 356. 107067. [10.1016/j.geomorph.2020.107067](https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2020.107067).
26. Perrin J., Pierre-Y., & Zwahlen F. (2003). Epikarst storage in a karst aquifer: a conceptual model based on isotopic data, Milandre test site, Switzerland. *Journal of Hydrology*. 279, 1–4. 106-124
27. Veni, G. (1999). A geomorphological strategy for conducting environmental impact assessments in karst areas. *Geomorphology*, 31(1-4), 151-180. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(99\)00077-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(99)00077-X)
28. Waltham, F., & Bell, M. (2005). Sinkholes and Subsidence, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, New York (Ed.)
29. Wray.R.A. L.(1997). Aglobal review of solutional weathering forms on quartz sandsyones earth seience, v.47, pp.137-160
30. Milanovic, P. J. (1981). *Karst hydrogeology*. Colorado, CO: Water Resources Publications.