



**HAL**  
open science

نـنـن( ) -

Mohammad Sepehr Akhavan Kharazian, Guillaume Jamet, Simon Puaud, Maryam Heydari, Gilles Guérin, Milad Hashemi, Hamed Vahdati Nasab, Gilles Berillon

► **To cite this version:**

Mohammad Sepehr Akhavan Kharazian, Guillaume Jamet, Simon Puaud, Maryam Heydari, Gilles Guérin, et al.. نـنـن( ) -. Quaternary Journal of Iran (Iranqua), 2018, 4 (3), pp.273-290. <10.22034/irqua.2018.702075>. <hal-02568464>

HAL Id: hal-02568464

<https://hal.science/hal-02568464>

Submitted on 17 Jul 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/341286485>

AKHAVAN KHARZIAN M., JAMET G., PUAUD S., HEYDARI M., GUÉRIN G.,  
HASHEMI M., VAHDATI NASAB H., BÉRILLON G. – sous presse. مطالعه‌ی  
...زمین-باستان‌شناسی محوطه‌ میرک (سمنان، ایران) با است

Article · January 2020

CITATIONS  
0

READS  
99

8 authors, including:



**Mohammad Sepehr Akhavan Kharazian**  
University of Melbourne

18 PUBLICATIONS 44 CITATIONS

SEE PROFILE



**Guillaume Jamet**  
Institut national de recherches archéologiques préventives

33 PUBLICATIONS 144 CITATIONS

SEE PROFILE



**Simon Puaud**  
French National Centre for Scientific Research

77 PUBLICATIONS 1,487 CITATIONS

SEE PROFILE

## مطالعه زمین - باستان‌شناسی محوطه میرک (سمنان، ایران) با استفاده از آنالیزهای

### رسوب‌شناسی و فیزیکی - شیمیایی

محمد اخوان خرازیان\*؛ دپارتمان انسان و محیط، موزه انسان، پاریس، فرانسه و مدرسه دکتری جغرافیا، دانشگاه پاریس ۱ سوربون پانتئون، پاریس، فرانسه

گیوم ژامه؛ آزمایشگاه جغرافیای فیزیکی پیر بیروت، مودون، فرانسه

سیمون پونو؛ دپارتمان انسان و محیط، موزه انسان، پاریس، فرانسه

مریم حیدری؛ دانشگاه بوردو مونتاین، خانه باستان‌شناسی، پساک، فرانسه

گیوم گرن؛ دانشگاه بوردو مونتاین، خانه باستان‌شناسی، پساک، فرانسه

میلااد هاشمی؛ دانشکده باستان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

حامد وحدتی‌نسب؛ دانشکده باستان‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

ژیل بریون؛ دپارتمان انسان و محیط، موزه انسان، پاریس، فرانسه

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۱۲

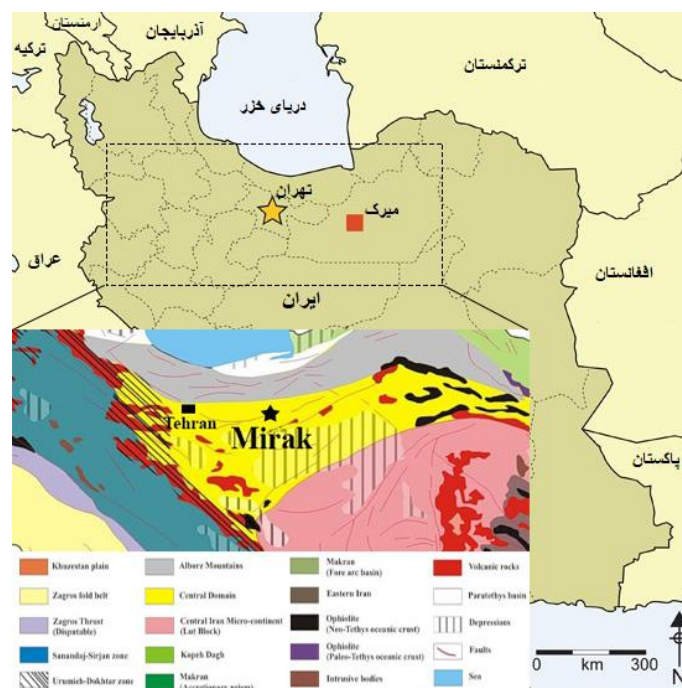
### چکیده

محوطه پارینه‌سنگی میرک (سمنان، ایران) در یک دشت سیلابی خشک در حدود شمالی دشت کویر قرار دارد. نهشته‌های حاکی - رسوبی میرک در محدوده زمانی بین پلیستوسن پایانی تا هولوسن شکل گرفته است. گاه‌نگاری این مطالعه به روش سن‌یابی لومینسانس برانگیخته نوری (OSL) انجام شد که برای قدیمی‌ترین لایه‌های آزمایش شده  $50 \pm 3$  هزار سال پیش را برآورد می‌کند. در میرک، از لحاظ چینه‌نگاری، دو لایه رسوبی مشخص قابل شناسایی است. لایه یک دربردارنده رسوبات کوهپایه‌ای سیلابی و لایه دو دربردارنده رسوبات بادی کربناته است. بخش بالایی این لایه از خاک‌های ریزدانه نارس خشکیده و ترک‌خورده در محیطی گرم‌تر و خشک‌تر شکل گرفته است. لایه‌های دربرگیرنده بقایای پارینه‌سنگی میرک در مرزهای مشخصی پیدا شده و احتمال می‌رود برخی از آن‌ها از انباشت متعدد استقرارهای انسانی تشکیل شده باشند. حوالی  $1.2 \pm 0.2$  هزار سال پیش، وقفه‌ای به طول مدت سه‌هزار سال ستون رسوبی میرک را قطع کرده که روی آن را حدود ۲ متر انباشت بادی پوشانده است. این ناپیوستگی در نتایج آزمایشگاهی به خوبی قابل شناسایی است. با وجود اختلاف در رژیم‌های رسوب‌گذاری، داده‌های آزمایش‌های XRD، اسپکتروسکوپی مادون قرمز، میکروسکوپ الکترونی، و میکروسکوپ نوری اختلاف کانی‌شناسی خفیفی را در کل رکورد رسوبی نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش حاکی از یک منشأ زمین‌شناسی محلی برای رسوبات انباشته‌شده در محوطه میرک است. پس از رسوب‌گذاری، نهشته‌های رودخانه‌ای و بادی، هر دو، در معرض درجات مختلفی از خاک‌زایی (بدوژنز) قرار گرفته‌اند و در نتیجه حاوی نشانه‌های خاک‌زایی مشخصه خاک‌های نوع Entisol و Aridisol آهکی و ژیبسی هستند. مقادیر متغیر آهن و شرایط اکسیدکننده متفاوت بین دو لایه را می‌توان به سطوح بالاتر آب زیرزمینی و محیط کاهنده آهن، به‌ویژه در واحدهای رسوبی نهشته‌شده پیش از  $28 \pm 2$  هزار سال پیش، نسبت داد. به نظر می‌رسد وضعیت در نهشته‌های هولوسن برعکس بوده است.

کلیدواژگان: ایران، پارینه‌سنگی، رسوب‌شناسی، زمین‌شناسی کواترنری، میرک.

## مقدمه

امروزه تخصص زمین - باستان‌شناسی، که گرایش بین‌رشته‌ای است، جایگاهی ویژه در مطالعات علمی روز، اعم از باستان‌شناسی (در مجلاتی همچون *Journal of Human Evolution, Antiquity*) و زمین‌شناسی و کواترنری (در مجلاتی همچون *Quaternary Science* و *Journal of Sedimentary Research*)، دارد. محوطه‌های باستانی‌شناسی مهم جهان معمولاً در متن رسوبی مهم و پیچیده‌ای واقع‌اند که نیاز به مطالعات زمین - باستان‌شناسی را به اصلی لازم جهت فهم حداکثری یافته‌های موجود در ارتباط با محیط تبدیل می‌کند (Goldberg & Macphail 2006). محوطه پارینه‌سنگی میرک فرصت مغتنمی جهت کسب شناخت بهتر محیط رسوبی و آب‌وهوای دیرینه و ارتباط آن با بشر نخستین در ایران و همچنین جهت جبران کمبود (در مواردی نبود) اطلاعات دیرین اقلیم ما از ایران مرکزی و به‌خصوص حوزه جنوب البرز و شمال دشت کویر طی پلیستوسن پایانی به دست می‌دهد. محوطه پارینه‌سنگی میرک در نزدیکی روستای دلازیان، ۸ کیلومتری جنوب شهر سمنان، در حاشیه شمالی دشت کویر قرار دارد. نخستین بار مهریار و کبیری (۱۳۶۳) در خلال بررسی‌های کلی جنوب سمنان به این محوطه اشاره کردند (مهریار و کبیری ۱۳۶۵). سپس رضوانی در بررسی‌های خود در منطقه به طور مشخص به تپه‌های میرک و تجمع دست‌افزارهای سنگی روی سطح اشاره کرد (رضوانی ۱۳۷۸).

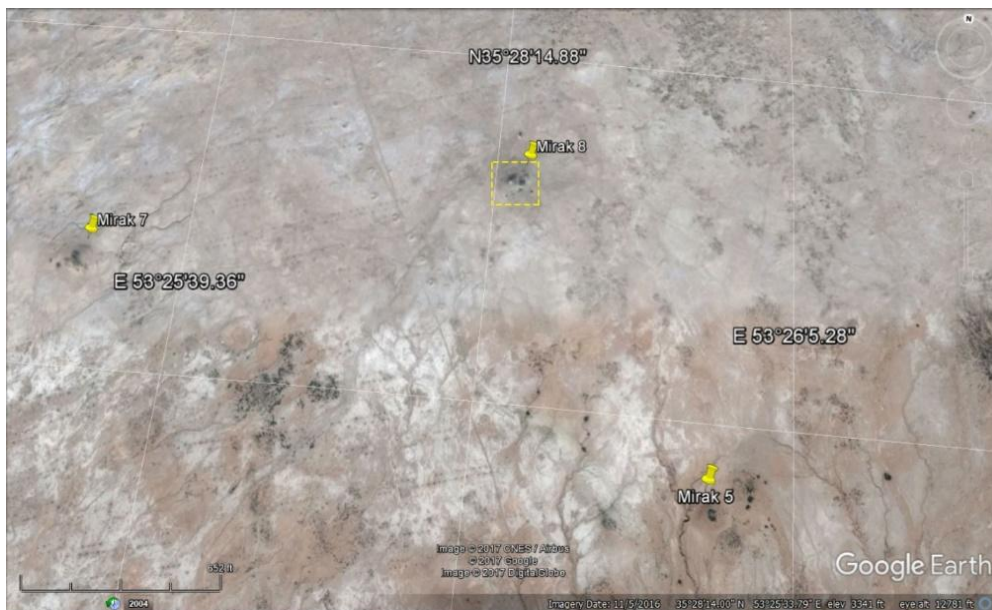


تصویر ۱. موقعیت جغرافیایی سایت میرک در استان سمنان، ایران

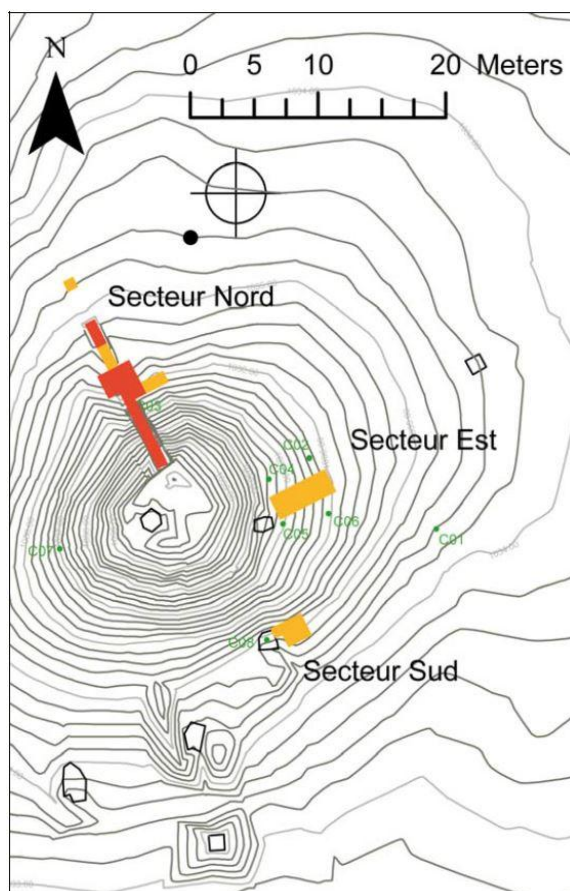
نقشه زمین‌شناسی با تغییر از Nezafati (2006)

در سال ۱۳۸۸ محوطه میرک به طور سیستماتیک بررسی و مطالعه و هزاران قطعه دست‌افزارهای سنگی از سطح محوطه جمع‌آوری شد. کمیت و ویژگی‌های این مجموعه میرک را به یک محوطه مهم پارینه‌سنگی میانی بالقوه در منطقه

جنوب غرب آسیا تبدیل کرد (Rezvani & Vahdati Nasab 2010; Vahdati Nasab et al 2013). در پروژه پارینه‌سنگی شمال کویر مرکزی، مشترک میان پژوهشگرانی از ایران و فرانسه، در خلال سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ خورشیدی، به مدت سه فصل در این محوطه کاوش شد. مقاله حاضر نتیجه مطالعات رسوب‌شناسی در چهارچوب این تحقیقات است. سرزمین ایران، در چهارراه قاره‌های افریقا در جنوب و اروپا در غرب و آسیا در شرق، در شناخت جمعیت‌های انسانی دوره پلیستوسن نقشی کلیدی دارد. کشف بقایای انسانی به قدمت ۱,۷ میلیون سال در محوطه دامنیسی گرجستان (Gabunia et al 1995; Vekua et al 2002)، در فاصله حدود ۵۰۰ کیلومتری سرزمین ایران، شاهدهی بر این مدعاست. این اکتشاف مهم به موقعیت جغرافیایی و ژئومورفولوژیکی ایران از لحاظ مسیر پیش‌روی انسان‌های نخستین در راه مهاجرت از افریقا و اشغال قاره یوراسیا اهمیتی ویژه می‌بخشد (Turner 1999; Bar-Yosef et al 2001). به‌رغم اکتشافات گذشته (Coon 1951) یا تحقیقات تازه‌تر (Smith 1986; Roustaei et al 2002 & 2004)، سنگواره‌های انسانی پارینه‌سنگی در ایران بسیار نایاب‌اند. علاوه بر این، تفسیر آثار فعالیت‌های انسانی حتی در مطالعات سیستماتیک غالباً دچار کمبود ساختارهای چینه‌نگاری و زمان‌سنجی دقیق‌اند.



تصویر ۲. تصویر ماهواره‌ای (گوگل) از موقعیت مکانی تپه‌های میرک واقع در نوار بین دشت کویر و رشته‌کوه‌های البرز در شمال، استان سمنان، ایران. تپه شماره ۸ میرک با مربع زرد رنگ مشخص شده است.



تصویر ۳. سمت چپ: موقعیت ترانشه‌های اکتشافی شمالی و شرقی و جنوبی تپه شماره ۸ میرک. بخش‌های قرمز رنگ در سال ۲۰۱۵ و بخش‌های زرد رنگ در سال ۲۰۱۶ میلادی ایجاد شدند. سمت راست بالا: ترانشه شمالی. سمت راست وسط: ترانشه شرقی. سمت راست پایین: ترانشه جنوبی (Berillon et al 2016)

تا کنون تحقیقات گوناگونی، اعم از دیرینه‌شناسی و مطالعات ابزار سنگی، روی یافته‌های محوطه میرک انجام شده است. بنابراین، جهت دست یافتن به درکی درست و کامل از محتوا و زمینه دربرگیرنده این یافته‌ها در محوطه، پژوهش حاضر به بررسی‌های رسوب‌شناسی و فیزیکی - شیمیایی مفصل پرداخت؛ جهت:

- توصیف روندهای اساسی رسوب‌گذاری در محیط
- شناسایی و تطبیق الگوهای رسوبی تکرارشونده (یا سکانس‌های کوتاه) در مقطع چینه‌نگاری مورد مطالعه
- بحث درباره فرایندهای سازنده محیط رسوبی (دینامیک‌های جریانی، سرعت رسوب‌گذاری، و ...)، قدمت نسبی نهشته‌ها، و دیرین اقلیم

### مواد و روش مطالعه

در این تحقیق دو دسته نمونه رسوبی آزمایش شدند. این دسته نمونه‌ها، به طور جداگانه، از دو مقطع چینه‌نگاری عمودی

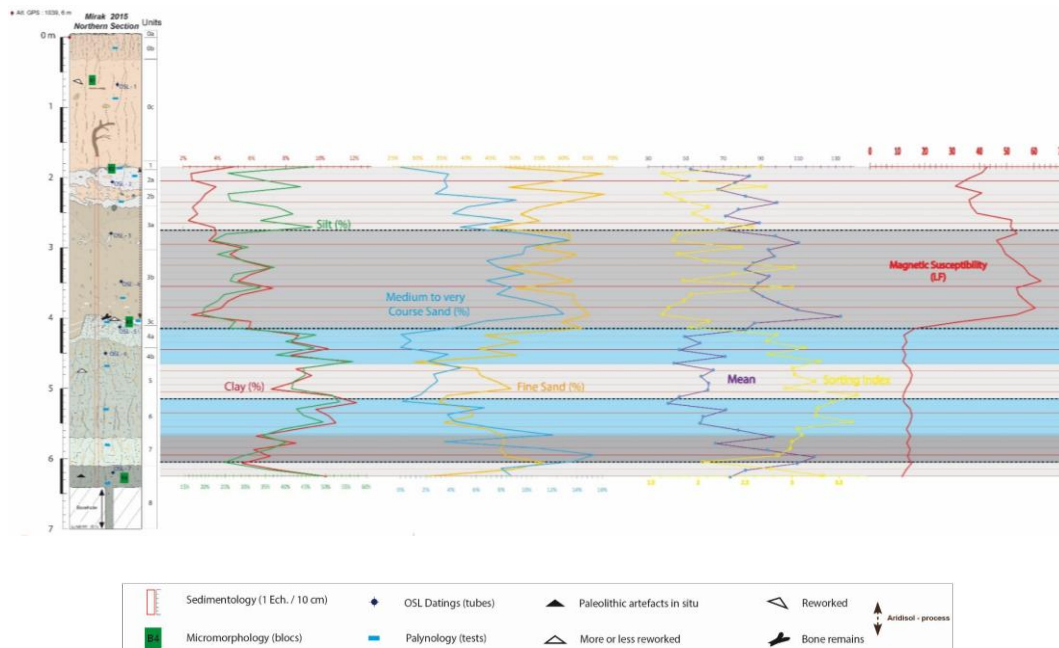
مجزا، با نام «مقطع شمالی» (یک نمونه در هر ۱۰ سانتی‌متر ارتفاع مقطع؛ در مجموع ۴۷ نمونه) و «مقطع شرقی» (یک نمونه در هر ۵ سانتی‌متر ارتفاع مقطع؛ در مجموع ۷۳ نمونه) در این آزمایش، جمع‌آوری شدند. نمونه‌برداری‌ها را تیم اکتشافی FIPP طی سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در تپه شماره ۸ در منطقه میرک سمنان انجام داد. همه ۱۲۰ نمونه رسوب ابتدا توزین و سپس از لحاظ رنگ و بافت و ساخت و توزیع اندازه دانه‌ها و خرده‌ها<sup>۱</sup> و مواد ارگانیک توصیف شدند. آنالیزهای آزمایشگاهی نمونه‌ها شامل آنالیز رسوبی و فیزیکی - شیمیایی است. ابتدا، متدهای اصلی - شامل بررسی دقیق اندازه‌بندی دانه‌ها، مغناطیس‌سنجی، مورفوسکوپی دانه‌های کوارتز، میزان  $\text{CaCO}_3$  - در طول کل مقطع رسوبی شد. نتایج این آزمایش‌ها جهت تهیه یک سری پیوسته از داده‌ها به کار رفت تا بتوان آن را با نیم‌رخ رسوب‌شناسی مربوطه مقایسه کرد. سپس، تعدادی آنالیز ثانویه نیز به منزله متدهای تکمیلی به کار گرفته شد - شامل آنالیز XRD، اسپکتروسکوپی مادون قرمز یا FTIR، مطالعه میکروسکوپی با استفاده از استریومیکروسکوپ و میکروسکوپ الکترونی یا SEM، اندازه‌گیری کل محتوای آلی نمونه‌ها با استفاده از حرارت‌دهی یا loss on ignition.

## چکیده داده‌ها

### مقطع شمالی تپه شماره ۸ میرک

دو سکانس رسوبی اصلی و ۱۵ واحد لیتو - پدولوژیک تعیین شدند. اما فقط ۱۱ واحد پایینی سکانس در این تحقیق مورد مطالعه قرار گرفتند (تصویر ۴). دو سکانس اصلی با یک هیاتوس (فاصله زمانی بدون رسوب‌گذاری) از هم جدا شده‌اند. سکانس ۱ شامل حدود ۲٫۱ متر پایینی مقطع و شامل ۵ واحد مجزاست؛ واحدهای 4a، 4b، ۵، ۶، ۷. بافت نمونه‌های خاک/رسوب طبق طبقه‌بندی USDA (Soil Survey Staff 2014) تحت گروه لوم (رس شنی) قرار می‌گیرند و از لحاظ رنگ طیفی از رنگ‌های سبز مایل به زرد روشن تا خاکستری خیلی روشن (5 Y 7/1 - 10 YR 7/3) را نشان می‌دهند. توده‌های خاک دارای بافت ماسیو<sup>۲</sup> و فاقد ساخت محسوس‌اند و با فشار انگشتان معمولاً به شکل بلوک‌های شش یا چند وجهی با سطوح صاف یا نیمه‌صاف خرد می‌شوند. رنگ مایل به سبز خاک نشان‌دهنده وجود ترکیبات آهن کاهیده شده است. اما، گاه لکه‌های سطحی اکسید منگنز و زنگ آهن زردرنگ روی سطوح توده‌های خاک به چشم می‌خورد. تقریباً هیچ آشفستگی زیستی دیده نمی‌شود. بخش‌های فوقانی واحد رسوبی 4a به مراتب کم‌رنگ‌تر (5 Y 8/1 - 5 Y 7/1) از باقی سکانس ۱ هستند. رسوبات سکانس ۲ (شامل واحدهای رسوبی 1، 2a، 2b، 3a، و 3b) به آسانی به واسطه بافت دانه‌درشت‌تر و رنگ و ساختمان متمایز قابل تفکیک از نمونه‌های سکانس زیرین‌اند. این سکانس غالباً از واحدهای لوم ماسه‌دار به رنگ‌های قهوه‌ای روشن تا قهوه‌ای مایل به قرمز (7.5 YR 7/4 - 10 YR 7/4) تشکیل شده است. فقدان هر گونه ساخت خاکی مستحکم در کل سکانس (توده‌های خاک ماسیو تحت فشار انگشتان به دانه‌های ماسه‌ای خرد می‌شوند) و وفور نشانه‌های آشفستگی زیستی از ویژگی‌های اصلی نمونه‌های خاک این سکانس است. این آشفستگی زیستی، به‌ویژه در واحدهای 2a و 2b، بسیار است. لکه‌های اکسید آهن در نمونه‌های سکانس ۲ تقریباً نایاب یا بسیار کمیاب است.

1. clasts  
2. massive



تصویر ۴. داده‌های مربوط به اندازه دانه‌ها و نتایج مغناطیس‌سنجی نمونه‌های رسوبی مقطع شمالی، ترسیم‌شده در مقایسه با مقطع رسوبی (مقطع رسوبی برگرفته از Jamet in Berillon et al 2015). تصویر مقاطع برداشت و طراحی شده توسط گیوم ژامه در UMR 8591 LGP فرانسه.

Clay = 0.01 - 2  $\mu\text{m}$ . Silt = 2 - 50  $\mu\text{m}$ . Fine Sand = 50 - 200  $\mu\text{m}$ . Medium to Coarse Sand = 200 - 500  $\mu\text{m}$ .

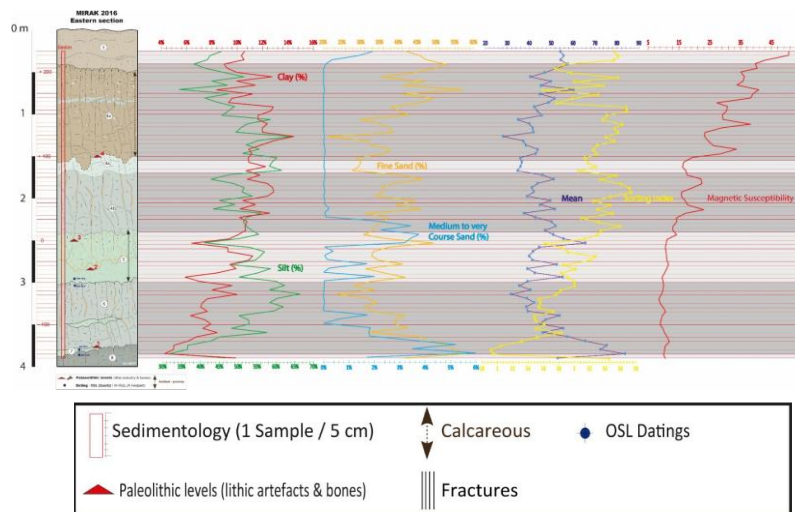
در تصویر ۱ همه داده‌های رسوب‌شناسی و مغناطیس‌سنجی حاصل از آزمایش نمونه‌ها در مقابل مقطع رسوب‌شناسی شمالی رسم شده‌اند. از نمودار اندازه دانه‌ها می‌توان دید که یک سیکل به بالا ریزشونده<sup>۱</sup> از قاعده واحد رسوبی شماره ۷ در عمق حدود ۶ متری آغاز می‌شود. مهم‌ترین تغییر در اندازه دانه‌ها در حد واسط بین سکانس ۱ و ۲ و در عمق حدود ۴ متری مقطع اتفاق می‌افتد؛ طوری که میزان ماسه ریز از حدود ۴۰ درصد در واحد رسوبی ۴ به بیش از ۶۵ درصد در واحد رسوبی ۳ و میزان سیلت به کمتر از ۲۰ درصد تنزل می‌یابد. نمودار آزمایش مغناطیس‌سنجی نیز گویای افزایش قابل توجه دقیقاً در همین حد فاصل است. هر دو نمودار اندازه دانه‌ها و مغناطیس‌سنجی نوسانات شدیدی را در واحدهای رسوبی فوقانی (۱، ۲a، 2b، و 3a) نشان می‌دهند.

آنالیزهای XRD و استریومیکروسکوپ هر دو گویای یک ترکیب کانی‌شناسی نسبتاً یک‌دست و عمدتاً متشکل از کوارتز و فلدسپات در همه واحدهای رسوبی مقطع شمالی‌اند. تنها تفاوت قابل توجه حضور کربنات‌هایی نظیر کلسیت و کلسیت پرمینیزیم در واحدهای رسوبی سکانس ۲ است. مطالعه توزیع مورفوسکوپیک دانه‌های کوارتز نیز هیچ تمایل معناداری به هیچ‌یک از دو کلاس مورفوسکوپیک E-L یا R-M (طبق طبقه‌بندی Cailleux A. 1945) در نمونه‌های بررسی شده نشان نمی‌دهد.



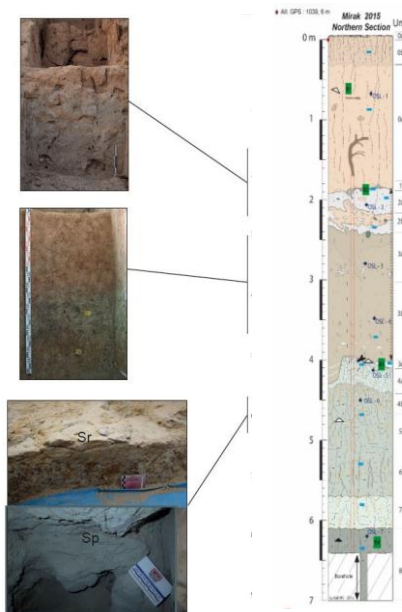
## مقطع شرقی تپه شماره ۸ میرک

سکانس اول شامل ۴ متر پایینی مقطع شرقی است که حدود ۱ متر قطورتر از مقطع شمالی است و حاوی شش واحد لیتو - پدولوژیک است (شامل واحدهای رسوبی 4a، 4b، ۵، ۶، ۷ و ۸) (تصویر ۵). بافت خاک‌شناسی نمونه‌های سکانس اول طبق طبقه‌بندی خاک‌های USDA بین لوم ماسه‌ای (در واحدهای ۵ و ۷) و لوم سیلتی (در واحدهای ۴ و ۶) متغیر است. تنوع رنگ نمونه رسوبات این سکانس از تقریباً سفید تا قهوه‌ای بسیار روشن (5 Y 8/1 to 10 YR 7/4) تغییر می‌کند. واحدهای ۵ و ۷ از لحاظ بافت و ساخت و رنگ شباهت‌های زیادی به هم دارند. هر دو دانه‌درشت‌تر و روشن‌تر از واحدهای بالا و پایین خود هستند، ساخت ماسیوی ضعیف دارند، و به‌ندرت حاوی حفره‌های بیوژنیک و لکه‌های سیاه پراکنده‌اند. واحد رسوبی شماره ۶ بافت دانه‌ریزتر و ساخت بلوکی یکپارچه‌تری دارد. این افق خاک به علت فراوانی زنگ آهن به رنگ زرد یا خاکستری مایل به زرد دیده می‌شود. قسمت فوقانی واحد ۵ و واحد 4b از رسوبات غالباً سیلتی زرد تا قهوه‌ای روشن تشکیل شده است و حاوی ذرات مرکب از آهن و زنگ آهن و همچنین دانه‌های سیاه اکسید منگنز و گاه کانی‌های سیاه با جلای فلزی است. واحد 4a یک افق روشن و دانه‌ریز و حاوی آشفستگی زیستی بالا و لکه‌های آهن - منگنز بسیار است. این واحد حد فاصل بین واحدهای رسوبی سکانس ۱ و حدود ۱ متری واحدهای کربناته سرخ تا صورتی‌رنگ (7.5 YR 7/4) سکانس ۲ فوقانی است.



تصویر ۵. داده‌های مربوط به اندازه دانه‌ها و نتایج مغناطیس‌سنجی نمونه‌های رسوبی مقطع شرقی، ترسیم‌شده در مقایسه با مقطع رسوبی (مقطع رسوبی برگرفته از Jamet & Akhavan Kharzian in Berillon et al 2016). تصویر مقاطع برداشت و طراحی شده توسط گیوم زامه در UMR 8591 LGP فرانسه.

Clay = 0.01 - 2  $\mu$ m. Silt = 2 - 50  $\mu$ m. Fine Sand = 50 - 200  $\mu$ m. Medium to Coarse Sand = 200 - 500  $\mu$ m.



تصویر ۶. سمت راست: طرح مقطع ترانشه شرقی، سمت چپ: عکس از نهشته‌های مربوطه (Berillon et al 2016; Vahdati Nasab & Berillon 2019). مقاطع برداشت و طراحی شده توسط گیوم ژامه در UMR 8591 LGP. Sr = current ripples. Sp= internal planar crossbedding (according to Miall, 1996)

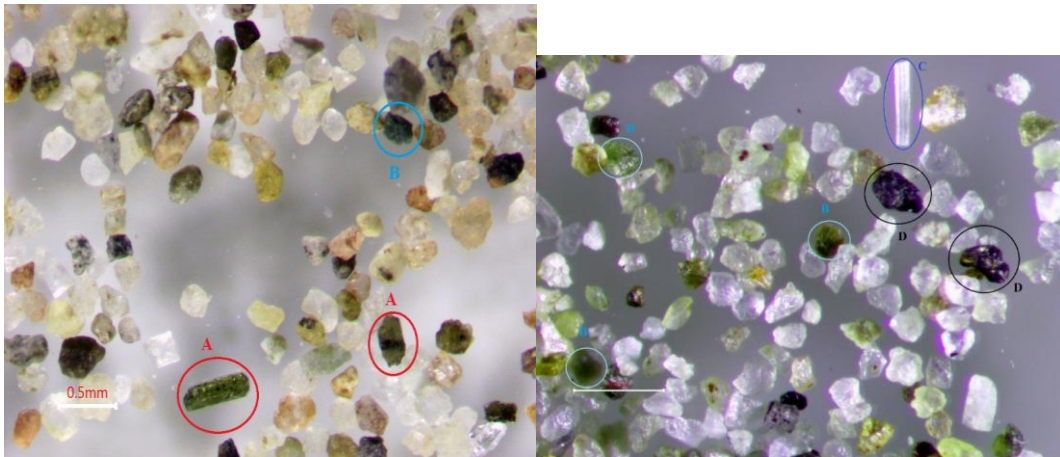
سکانس ۲ در مقطع شرقی به صورت نهشته‌های ماسه‌ای به رنگ قهوه‌ای روشن نمود دارد که از واحد ۳ در عمق حدود ۴۰ سانتی متری مقطع شروع می‌شود.

همه نمودارهای داده‌های مقطع شرقی در تصویر شماره ۵ کنار مقطع مذکور ترسیم شده است. از نمودار اندازه دانه‌ها می‌توان روندی رو به بالا ریزشونده (مشابه آنچه در مقطع شمالی مشاهده شد) را در عمق حدود ۶ متری و در واحد شماره ۷ شناسایی کرد. این روند نزدیک به قاعده واحد رسوبی ۵ متوقف می‌شود و نوسانات شدید حدود ۲۰ درصدی میزان ماسه و سیلت جای آن را می‌گیرد. برخلاف مقطع شمالی، در اینجا جابه‌جایی شدیدی در مرز بین دو سکانس به چشم نمی‌خورد. با این حال، از نیمه پایینی واحد 4a' و در عمق حدود ۱,۵ متری روند تازه رو به بالا درشت‌شونده‌ای قابل شناسایی است. نتایج حاصل از مغناطیس‌سنجی نشان‌دهنده یک روند صعودی تدریجی از بخش بالایی واحد ۵ و افزایش سریع‌تر در حد فاصل واحدهای 4a و 4a' است. غیر ازین، نمودار مغناطیسی در همه لایه‌های تحتانی به طور ثابت کم است.

آزمایش‌های XRD و استریومیکروسکوپ در مجموع نشان‌دهنده یک ترکیب کانی‌شناسی ثابت متشکل از عمدتاً کوارتز و فلدسپات است. مشابه مقطع شمالی، کربنات‌های کلسیت و کلسیت پرمیزیم در واحدهای سکانس ۲ مقطع شرقی نمودار می‌شوند. مطالعه با میکروسکوپ الکترونی وجود ذرات درجا، همچون کانی‌های تبخیری، و همچنین کانی‌های با منشأ آذرین، همچون فلدسپات و اوژیت و ... و با منشأ رسوبی، همچون دانه‌های زاویه‌دار و نیمه‌گردشده کوارتز و گلوکونیت و ... را در همه نمونه‌های خاکی مقطع مورد مطالعه تأیید می‌کند.

## بحث و تفسیر داده‌ها

توالی‌های خاکی - رسوبی مورد مطالعه در تپه شماره ۸ میرک، که در اینجا «مقطع شمالی» و «مقطع شرقی» نامیده می‌شوند، طی پلیستوسن پایانی تا هولوسن پایانی نهشته شده‌اند.



تصویر ۷. عکس استریومیکروسکوپی تهیه‌شده از نمونه‌های واحد ۳ تپه ۸ میرک

A = بلورهای منشوری پیروکسن (عمدتاً از نوع اوژیت و دیوپسید)، B = گلوکونیت، C = سوزن اسفنج، D = ذرات

آهن - منگنز

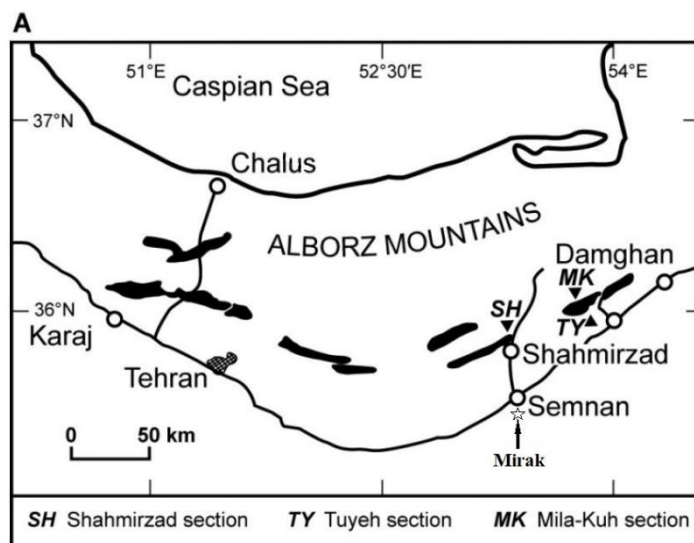
بلورهای پیروکسن نشان‌دهنده نوعی منشأ آذرین برای رسوبات است؛ در حالی که دانه‌های گلوکونیت و بقایای اسفنج‌های دریایی به منشأ رسوبی و ریف‌های اسفنجی اشاره دارند. ساختارهای تیره و حلقه‌ای (D) احتمالاً منشأ بیولوژیک (ریشه گیاهان) دارند و داخل خاک به وجود آمده‌اند.

قدیمی‌ترین واحدهای مطالعه‌شده در این تحقیق (واحدهای رسوبی ۷ و ۸) با روش سن‌یابی لومینسانس نوری قدیمی معادل با  $50 \pm 3$  (ka) را نشان می‌دهند. تحت چارچوب تحقیق حاضر، دو محیط رسوب‌گذاری متمایز شناسایی شدند که در نتیجه دو دسته نهشته‌های آلوویال دشت سیلابی (سکانس ۱) و نهشته‌های بادی کربناته (سکانس ۲) را به جای گذاشته‌اند. توالی آلوویال از افق‌های غیرهمگن از توده‌های رس و ماسه با کمی خاکی‌شدگی همراه با میان‌لایه‌های ماسه‌های کرواس<sup>۱</sup> تشکیل شده است. سکانس ۱ ابتدا از توده رسوبات رودخانه‌ای - آلوویال نهشته در محیط دشت سیلابی در شرایط سرد و مرطوب، همراه با وقوع دوره‌ای رسوب‌گذاری پرانرژی‌تر، تشکیل شده است. سپس در بخش‌های فوقانی‌تر سکانس ۱ رسوبات به خاک ضعیف نوع انتی‌سول<sup>۲</sup> خشک و ترک‌خورده که نشان‌دهنده سیر به سمت آب‌وهوای خشک و گرم‌تر است متمایل می‌شوند. یافته‌های ماقبل تاریخ صرفاً در قاعده و گاه درون لایه‌های دانه‌درشت‌تر (واحدهای ۵ و ۷) و همچنین روی مرز بالایی سکانس آلوویال پیدا شده‌اند. دسته دوم یافته‌های ماقبل تاریخ ظاهراً به‌جای مانده از سکونت مکرر انسان‌های نخستین در یک محیط رسوبی نسبتاً غیرفعال و تجمع پسماند ابزارهای حاصله و

1. crevasse splay

2. Entisol

متعاقباً مدفون شدن این ابزار سنگی با رسوبات بادی یا رودخانه‌ای طی رژیم رسوب‌گذاری بعدی است. پس از  $1.2 \pm 0.2$  ka تغییر نهشته‌ها از یک سیستم رسوبی رودخانه‌ای به رسوبات نسبتاً دانه‌درشت‌تر کربناته، ژیبسی، و وقوع خاک آریدیسول (Bk, By) به‌خوبی در منحنی‌های حاصل از آزمایش‌های دانه‌سنجی، مغناطیسی‌سنجی، و کلسیمتری منعکس شده است. علاوه بر این، یک فاز گذرا، که احتمالاً به بهبود آب‌وهوا در ناحیه منجر شده، نیز در قسمت‌های جوان‌تر مقاطع رسوبی و احتمالاً پس از پایان فاز ته‌نشینی گردوخاک قابل مشاهده است. نتایج حاصل از آنالیزهای XRD و FTIR و SEM گواه یک محتوای کانی‌شناسی همگن در سراسر ستون رسوبی، فارغ از نوع رژیم رسوب‌گذاری، آن‌هاست. وجود یافته‌هایی چون گلوکونیت و بلورهای بی‌نقص کوارتز در جازا و سوزن‌های اسفنج همگی به یک سنگ مادر رسوبی اشاره دارند (مثلاً رسوبات سازند زمین‌شناسی میلا) (تصویر ۸). این در حالی است که پیروکسن‌ها و آمفیبول‌های منشوری و فلدسپات‌های گردننده بیشتر گواه یک نوع منشأ آذرین‌اند (مثلاً سازند کرج). با وجود تفاوت‌های جزئی، ترکیب سنگ مادر، جهت مسیر جابه‌جایی، و تاریخچه دفن شدن بیشتر لایه‌های رسوبی احتمالاً یکسان یا بسیار به هم شبیه بوده‌اند. پس می‌توان نتیجه گرفت که رسوبات نهشته در تپه شماره ۸ چندمنشأیی<sup>۱</sup> هستند. به‌علاوه، زیاد بودن تعداد کانی‌های بی‌ثبات (تصویر ۷ و جدول ۱) و درصد نسبتاً بالای محتوای سیلت و رس و پایین بودن درجه گردشگری دانه‌ها و جورشدگی ضعیف آن‌ها نشان می‌دهد این رسوبات نابالغ‌اند. پس می‌توان اضافه کرد مسافت انتقال رسوبات کوتاه و در نتیجه منشأشان بومی است.



تصویر ۸. نقشه موقعیت مکانی رخنمون‌های سازند میلا و تپه‌های اسفنجی مرتبط و فاصله آن‌ها از سایت میرک (تصویر با تغییر از Kruse & Zhuravlev 2008)

پدیده‌های ثانویه (پسانه‌شته‌های) موجود در واحدهای رسوبی غالباً شامل ذرات فروجینوس<sup>۲</sup>، که به شکل غلاف‌های ریز

1. polygenic
2. ferruginous

به فراوانی در افق‌های A نسبتاً ضخیم خاک یافت می‌شوند، و بلورکانی‌های تبخیری، همچون ژپس و ندول‌های کربناته، که مرتبط با افق‌های خشکیده و هوازده تحت شرایط گرم و خشک‌اند، می‌شود. اختلاف رنگ واحدهای رسوبی بیانگر رسوب‌گذاری در محیط‌هایی با میزان و کیفیت متغیر آهن و شرایط اکسیداسیون متغیر است. بر همین اساس، می‌توان برای مقطع زمانی پیش از (ka)  $2 \pm 28$  شرایط محیطی با سطح آب زیرزمینی بالا و کاهنده آهن و برعکس برای نهشته‌گذاری‌های طی هولوسن محیطی دشتی با سطح آب زیرزمینی پایین و آب‌وهوایی گرم و خشک متصور شد.

### جدول ۱. نتایج نیمه - کمی حاصل از آنالیز XRD نمونه‌های رسوبی

++: نسبتاً فراوان، +: موجود، -: ناموجود

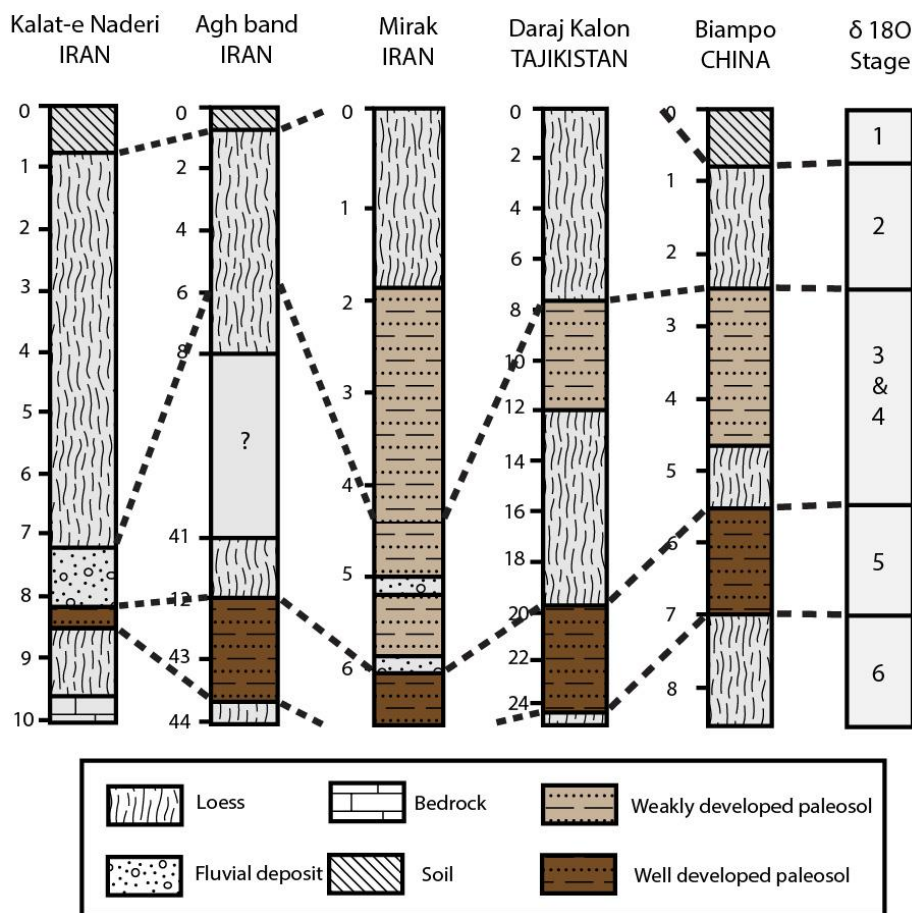
سکانس	واحد	عمق (cm)	کوارتز	فلدسپات	کلسیت	ایلیت	مونت موریونیت	کانولینیت	کلریت
II	3	180	++	+	+	+	+	+	+
I	4a'	225	++	+	-	+	++	+	++
	4a'	295	++	++	-	+	++	+	+
	4a	315	++	++	-	++	++	+	++
	4b	365	++	++	-	+	++	+	++
	5	405	++	+	-	+	++	+	+
	5	445	++	++	-	+	++	+	+
	6	460	++	++	-	+	++	+	+
	6	525	++	++	-	+	++	+	+
x	7	535	++	+	-	+	++	+	+
	8	540	+	++	-	++	++	+	+

### مقایسه با دیگر رکوردها

در این قسمت تلاش شده یک مقایسه/ تطابق زمان - خاک چینه‌نگاری<sup>۱</sup>، هرچند ابتدایی، با شماری از سایر رکوردهای کواترنری موجود مشابه انجام شود (تصویر ۹). در تصویر ۹ مقایسه سکانس‌های لوس/ دیرینه خاک میرک (تحقیق حاضر)، شمال شرق ایران (Karimi et al 2009)، شمال ایران (Kehl et al 2006; Frechen et al 2009)، آسیای مرکزی (Frechen & Dodonov 1998)، چین (Lu et al 1988)، و رکورد ایزوتوپی دریایی (MIS) (Martinson et al 1987) انجام شده است.

نهشته‌های رسوبی به قدمت بیش از ۵۰ هزار سال پیش مطابقت معنادار با دیگر رکوردهای دیرینه خاک هم‌سن موجود در منطقه و قاره آسیا را نشان می‌دهند. نهشته‌های لوس مربوط به اوایل MIS-4 در مقاطع میرک دیده نمی‌شوند. در عوض، این مقطع زمانی با رسوبات آلوویال نسبتاً خاکی‌شده، که از منظر زمین‌شناسی و زمانی با رسوبات رودخانه‌ای مقطع کلات نادری منطبق‌اند، نمود پیدا کرده است؛ هرچند با وجود هیاتوس چینه‌نگاری ۱۰ هزار ساله موجود در قاعده

رسوبات سیلابی (واحد ۷ میرک) می‌توان حدس زد که هر گونه تجمعات کم (و احتمالی) لوس یا خشکیده و فرسایش یافته و با طغیان آب از محل شسته و دور شده است یا اساساً امکان ته‌نشست در این ناحیه پیدا نکرده است. کمپ و همکارانش (۲۰۰۶) از سناریویی مشابه در رابطه با دیرینه خاک‌های شکل گرفته در مقطع زمانی MIS-5 در یک دشت سیلابی در شمال پامپا در آرژانتین مثالی می‌دهد. این دیرینه خاک‌ها در سطوح بالایی شسته شده و زیر رسوبات رودخانه‌ای MIS-3 و MIS-4 مدفون شده‌اند. در بالا نیز، مشابه سکانس‌های میرک، همه این رسوبات با انباشت چشمگیری از لوس‌های بادی، طی MIS-2، پوشیده شده‌اند. رکوردهای شمال و شمال شرقی ایران یک رخنه (gap) زمانی قابل توجه طی MIS-3 و MIS-4 هستند؛ درحالی که رکورد میرک دارای مطابقت پیوسته و کامل افق‌های رسوبی مربوط به این زمان با رکوردهای هم‌سن موجود در آسیای مرکزی و چین است. بنابراین، شاید دور از واقعیت نباشد که تصور کرد این لایه‌ها هم‌زمان و تحت شرایط سردتر آب‌وهوایی در یک مقیاس جهانی شکل گرفته‌اند.



تصویر ۹. تطابق زمان - خاک چین‌نگاری رکورد رسوبی میرک ۸ (مطالعه حاضر) با شماری دیگر از رکوردهای کواترنری مطالعه شده در شمال شرق ایران (کلات نادری)، شمال ایران (آق‌بند)، آسیای مرکزی (درج کالون)، چین (بیامپو)، و رکورد ایزوتوپی دریایی (MIS) (با تغییر از Karimi et al 2009)

سن‌های گزارش شده به روش سن‌یابی لومینسانس برانگیخته نوری (OSL ← Huntley et al 1985) است که در آزمایشگاه IRAMAT-CRP2A در فرانسه به دست آمده است (Vahdati Nasab & Berillon 2019). شرایط دیرینه اقلیم نتیجه‌گیری شده در این جدول برگرفته از داده‌های حاصل از این تحقیق و همچنین سایر منابع موجود است.

جدول ۲. چکیده ویژگی‌های خاک - چینه‌نگاری، شرایط محتمل دیرینه اقلیم، و سن‌یابی

دور	MIS	نمونه‌های سن‌یابی	سن: هزار سال (ka)	دیرینه اقلیم	افق خاک / نوع خاک	ساخت	بافت	سیستم رسوبی	واحد	سکاز س
هولوسن	1	Mk15/1	0.6±0.1	گرم / خشک	-	ماسیو	لوم ماسه‌دار	بادی	1	II
	1			گرم / مرطوب	Aridisol	ماسیو	لوم ماسه‌دار	بادی	2	
	1	Mk15/4	1.2±0.2	گرم / خشک	Aridisol	ماسیو	لوم ماسه‌دار	بادی	3	
پلیستوسن	3	Mk15/5 Mk15/6	28±1 28±2	سرد / مرطوب	Entisol/E	ماسیو / بلوکی	لوم سیلتی	آلویال	4	I
	3 & 4 ?		-	گرم / خشک	Entisol/A	بلوکی	لوم ماسه‌ای	آلویال	5	
	3 & 4	Mk15/8	38±2	سرد / مرطوب	Entisol/A	بلوکی	لوم	آلویال	6	
	3 & 4 ?	Mk16/2	47±2	سرد / مرطوب	Entisol/A	منشوری	لوم ماسه‌دار	آلویال	7	
	5	Mk15/7 Mk16/3	50±3 47±4	گرم / مرطوب	Entisol/A	منشوری	لوم	آلویال	8	-

## نتیجه

سکاس رسوبی تپه شماره ۸ میرک در دو مقطع اصلی شمالی و شرقی آن دربرگیرنده رسوبات پلیستوسن پایانی تا هولوسن پایانی است که واحدهای قدیمی آن طبق نتایج سن‌یابی لومینسانس نوری حدود ۵۰ هزار سال قدمت دارند. این

تحقیق وجود دو سکانس رسوبی اساسی، سکانس ۱ از نوع نهشته‌های آلوویال دشت سیلابی و سکانس ۲ از جنس نهشته‌های بادی کربناته، را تصدیق می‌کند. سکانس ۱ تحت آب‌وهوایی سرد و مرطوب در یک دشت سیلابی رسوب کرده که مرتب زیر هجوم جریان‌های پرانرژی بوده است. سکانس ۲، اما، غالباً متشکل از خاک‌های دانه‌ریز نارس<sup>۱</sup> و ترک‌خورده است که به آرامی در محیطی به‌مرور گرم‌تر و خشک‌تر به وجود آمده است. بقایای پارینه‌سنگی، به‌ویژه زیر نهشته‌های دانه‌درشت‌تر سیلابی، یافت می‌شوند و برخی نیز به صورت توده‌های به‌جای‌مانده از اقامت‌های مکرر انسان‌های نخستین بر سطح خاک در یک محیط رسوبی غیرفعال شکل گرفته‌اند که نهایتاً زیر رسوبات آبی یا بادی دفن و حفظ شده است. طی هولوسن رسوب‌گذاری عموماً از نوع بادی بوده که بعدها موجب شکل‌گیری خاک‌های نارس حاوی گچ زیاد از نوع By و Bk شده است. کانی‌شناسی رسوبات موجود در مقاطع نمونه‌برداری شده طبق آزمایش‌های شیمیایی و میکروسکوپی انجام شده عمدتاً یک‌دست و حاوی اجزای رسوبی و آذرین است. بنابراین، با وجود تغییرات قابل چشم‌پوشی در مقادیر این ذرات و کانی‌ها، می‌توان این‌گونه برداشت کرد که نوع سنگ مادر و مسیر جابه‌جایی و تاریخ نهشته شدن همه رسوبات کم‌وبیش از نوع پلیژنیک و مشابه به هم بوده است. مزید بر این، نسبت بالای کانی‌های ناپایدار، گردشگری کم دانه‌ها، نسبت بالای رس و سیلت، و جورشدگی ضعیف رسوبات بیانگر یک توده رسوبی نابالغ است و در نتیجه مسیر انتقال بار رسوبی کوتاه و منشأ آن محلی (احتمالاً سازندهای کرج و میلا در رشته‌کوه البرز) بوده است. اختلاف رنگ واضح بین سکانس‌های ۱ و ۲ در تپه میرک ارتباط مستقیم با تغییرات سطح آب زیرزمینی طی دو دور مختلف زمین‌شناسی در این ناحیه را نشان می‌دهد که موجب درجات مختلف اکسایش و کاهش آهن در آن زمان شده است.

## تشکر و قدردانی

از مرکز تحقیقات میراث فرهنگی و گردشگری ایران و مرکز تحقیقات باستان‌شناسی جهت صدور مجوز اکتشافات صحرائی سپاسگزاریم. همچنین از آقای جلیل گلشن در مرکز تحقیقات میراث فرهنگی برای حمایت‌هایشان طی ۳ فصل عملیات صحرائی، از دفتر امور بین‌الملل میراث فرهنگی جهت تسهیل فرایند اخذ روادید برای اعضای غیرایرانی پروژه و ارسال نمونه‌های آزمایشگاهی به خارج از کشور، از آقای خواجه بیدختی، رئیس دفتر سازمان میراث فرهنگی استان سمنان، و همکارانشان جهت فراهم کردن شرایط ایده‌آل برای گروه جهت اکتشافات صحرائی کمال تشکر و قدردانی را داریم. عملیات صحرائی و آزمایش‌های زمین‌شناسی با حمایت دفتر شهردار سمنان (آقای دکتر خباز و معاون ایشان آقای زندیه‌وکیل) و وزارت امور خارجه و اروپای فرانسه و UMR7194 CNRS-MNHN-UPVD در پاریس عملی شد؛ که مراتب قدردانی و تشکر را از ایشان داریم. مریم حیدری و گیوم گرن از حمایت مالی LaScArBx Labex به شماره پروژه ANR - n° ANR-10-LABX-52 بهره‌مند شدند. در آخر از آقای سروش هاشمی و کامران شجاعی در اداره میراث فرهنگی سمنان جهت حمایت‌های لوژیستیک‌ای ایشان از پروژه کمال تشکر را داریم.



## منابع

رضوانی، ح. (1378). «الگوی استقرار فرهنگ‌های پیش از تاریخ در استان سمنان»، *باستان‌شناسی و هنر/ایران*، 32 مقاله در بزرگداشت استاد عزت‌الله نگهبان، به کوشش ع. علی‌زاده و ی. مجیدزاده و ص. ملک، تهران، مرکز نشر دانشگاهی، صص ۷ - ۱۹.

مهریار، م. و کبیری، ا. (1365). گزارش مقدماتی بررسی میدانی باستانی دلازیان، چشمه شیخ. اثر، ۱۲ - ۱۴، صص ۳ - ۴۶.

Berillon, G., Vahdati Nasab, H. & Asgari Khaneghah, A. (n.d.). Programme Paléanthropologique Franco-Iranien - FIPP - 9ème Campagne : Juin-Juillet 2015 Fouille du site Mirak 8 (unpublished report).

Berillon, G., Vahdati Nasab, H., & Asgari Khaneghah, A. (n.d.). Programme Paléanthropologique Franco-Iranien - FIPP - 10ème Campagne : Octobre-Novembre 2016 Fouille du site Mirak 8 (unpublished report).

Bobek, H., 1963. "Nature and implications of Quaternary climatic changes in Iran"—*Symposium on change of climate*. Rome, Oct. 1961. Boggs Jr, S. (2012). *Marginal marine environments. Principles of Sedimentology and Stratigraphy*, pp. 246-279.

Boggs, S. (2011). *Principles of Sedimentology and Stratigraphy*. Pearson, Cambridge, London (583 pp.).

Bond, G. (1954). "Surface textures of sand grains from the Victoria Falls area." *Journal of Sedimentary Research*, 24.(۳)

Brown, A. G. (1997). *Alluvial geoarchaeology: floodplain archaeology and environmental change*. Cambridge University Press.

Burns, R. G. (1976). "The uptake of cobalt into ferromanganese nodules, soils, and synthetic manganese (IV) oxides." *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 40(1), pp. 95-102.

Cailleux, A. & Schneider, H. (1968). *L'usure des sables vue au microscope Electronique a*.

Cailleux, A. & Tricart, J. (1963). *Initiation à l'étude des sables et des galets (Vol. 1)*. Centre de documentation universitaire.

Cailleux, A. (1942). *Les actions éoliennes périglaciaires en Europe (Vol. 21, No. 46)*. Société géologique.

Chafetz, H. S. & Zhang, J. (1998). "Authigenic euhedral megaquartz crystals in a Quaternary dolomite." *Journal of Sedimentary Research*, 68.(۵)

Chukhrov, F. V. & Gorshkov, A. I. (1981). "Iron and manganese oxide minerals in soils." *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, 72(3), pp. 195-200.

Courty, M. A. & Fedoroff, N. (1985). "Micromorphology of recent and buried soils in a semi-arid region of northwestern India." *Geoderma*, 35(4), pp. 287-332.

- Drits, M. E. (1985). *Properties of elements: Handbook*. Metallurgiya, Moscow, p. 672.
- Duchaufour, P. (1965). "Precis de Pedologie." *Soil Science*, 100(1), p. 75.
- Evans, M. & Heller, F. (2003). *Environmental magnetism: principles and applications of enviromagnetics (Vol. 86)*. Academic press.
- Folk, R. L. & Ward, W. C. (1957). "Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters." *Journal of Sedimentary Research*, 27.(۱)
- Folk, R. L. (1980). *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Company.
- Frechen, M. & Dodonov, A. E. (1998). "Loess chronology of the Middle and Upper Pleistocene in Tadjikistan." *Geologische Rundschau*, 87(1), pp. 2-20.
- Friedman, G. M. (1979). "Differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins: addendum to IAS Presidential Address." *Sedimentology*, 26(6), pp. 859-862.
- Ganji, M. H. ed. (1968). *Climatic atlas of Iran*. University of Tehran, Institute of Geography.
- Goldberg, P. & Macphail, R. (2006). *Practical and theoretical geoarchaeology*. Malden, Mass.: Blackwell, pp. 11-150.
- Hartmann, D. and Flemming, B., 2007. "From particle size to sediment dynamics: an introduction." *Sedimentary Geology*, 202, pp.333-336. Huntley, D.J., Godfrey-Smith, D.I. and Thewalt, M.L., 1985. "Optical dating of sediments." *Nature*, 313(5998), p.105. Jia, J., Xia, D., Wang, B., Wei, H., & Liu, X. (2012). "Magnetic investigation of Late Quaternary loess deposition, Ili area, China." *Quaternary international*, 250, pp. 84-92.
- Karimi, A., Khademi, H., Kehl, M., & Jalalian, A. (2009). "Distribution, lithology and provenance of peridesert loess deposits in northeastern Iran." *Geoderma*, 148(3), pp. 241-250.
- Kehl, M. (2009). "Quaternary climate change in Iran—the state of knowledge." *Erdkunde*, pp. 1-17.
- Kruse, P. D. & Zhuravlev, A.Y. (2008). "Middle–Late Cambrian Rankenella–Girvanella reefs of the Mila Formation, northern Iran." *Canadian Journal of Earth sciences*, 45(6), pp. 619-639.
- Lu, Y. C., Zhang, J. Z., & Xie, J. (1988). "Thermoluminescence dating of loess and paleosols from the Lantian section, Shaanxi Province, China." *Quaternary Science Reviews* 7, PP. 251–255.
- Macphail, R. I. (1999). "Sediment micromorphology. In: Boxgrove, A Middle Pleistocene Hominid Site at Eartham Quarry, Boxgrove, West Sussex (Eds M.B. Roberts and S.A. Parfitt)", *Archaeological Reports* No. 17, pp. 118–148. English Heritage, London.
- Mahryar, M., Kabiri, A. (1986). "A preliminary report on the archaeological survey in Delazian, Cheshmeh Sheikh.", *Asar* 12- 14, pp. 3-46.

- Martinson, D. G., Pisias, N. G., Hays, J. D., Imbrie, J., Moore, T. C., & Shackleton, N. J. (1987). "Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy." *Quaternary research*, 27(1), pp. 1-29.
- Miall, A. D. (1996). "The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis." *Petroleum Geology*. Springer-Verlag, New York, p. 582.
- Porta, J. & Herrero, J. (1990). "Micromorphology and genesis of soils enriched with gypsum." *Developments in Soil Science*, 19, pp. 321-339.
- Porta, J. (1998). "Methodologies for the analysis and characterization of gypsum in soils: a review." *Geoderma*, 87(1), pp. 31-46.
- Pye, K. (1995). "The nature, origin and accumulation of loess." *Quaternary Science Reviews*, 14(7), pp. 653-667.
- Renfrew, C., 1976, *Archaeology and the Earth Sciences*. In *Geoarchaeology: Earth Science and the Past*, edited by D. A. Davidson and M. L. Shackley, pp. 1-5. Westview Press, Boulder, Colorado.
- Rezvani, H. & Vahdati Nasab, H. V. (2010). "A major Middle Palaeolithic open-air site at Mirak, Semnan Province, Iran." *Antiquity*, 84.(۳۲۳)
- Rezvani, H., Alizadeh, A., Majidzadeh, Y., Malek, S. (1999). "Pattern of the establishment of prehistoric cultures in Semnan province", *Iranian archaeology and art* 32, pp. 7-19.
- Schneider, H. E. (1970). "Problems of quartz grain morphoscopy." *Sedimentology*, 14(3-4), pp. 325-335.
- Sharp, R. P. (1963). "Wind ripples." *The Journal of Geology*, 71(5), pp. 617-636.
- Soil Survey Staff (2014). *Keys to Soil Taxonomy, 12th ed.* USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Taimeh, A. Y. (1992). "Formation of gypsic horizons in some arid regions soils of Jordan." *Soil Science*, 153(6), pp. 486-498.
- Tooth, S. (2000). "Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research." *Earth-Science Reviews*, 51(1), pp. 67-107.
- Udden, J. A. (1914). "Mechanical composition of clastic sediments." *Geological Society of America Bulletin*, 25(1), pp. 655-744.
- Vahdati Nasab, H., Berillon, G., Jamet, G., Hashemi, M., Jayez, M., Somaye, K., Anvari, Z., Guérin, G., Heydari, M., Akhavan Kharazian, M., Puaud S., Bonilauri, S., Zeitoun, V., Sévêque, N., Darvishi Khatooni, J., & Asgari Khaneghah, A. (2019). "The Open-Air Paleolithic Site of Mirak, Northern Edge of the Iranian Central Desert (Semnan, IRAN): Evidence of repeated human occupations during the late Pleistocene." *Comptes rendus Palevol*.
- Vahdati Nasab, H., Clark, G. A., & Torkamandi, S. (2013). "Late Pleistocene dispersal corridors across the Iranian Plateau: a case study from Mirak, a Middle Paleolithic site on the northern edge of the Iranian Central Desert (Dasht-e Kavir)." *Quaternary international*, 300, pp. 267-

281.

Vita-Finzi, C. (1969). "Late quaternary alluvial chronology of Iran." *Geol. Rundsch.* 58, PP. 951-973.

Watson, A. (1989). "Windflow characteristics and aeolian entrainment." *Arid zone geomorphology*, pp. 209-231.