مجله انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران
زمستان ۱۳۹۸، جلد دوازدهم، شماره ٤، صفحه ۱۲۳ تا ۱٤۳

جایگاه مبانی نظریهٔ اخلاق زمین در پایش اثرات اکوهیدرولوژیکی پروژه‌های عمرانی

وحید جودکی*[۱]، رسول اجل‌لوئیان[۲]، نغمه مبرقعی‌دینان[۳]، عبداله سهرابی‌بیدار[٤]، علی عالی‌انوری[٥]

دریافت مقاله: ۹۷/۱۲/۰۲ پذیرش مقاله: ۹۸/۰۷/۱٤

چکیده

منشاء اصلی چالش‌های زیست محیطی مربوط به نحوهٔ تفکر اخلاقی انسان‌ها نسبت به زمین است. از این‌رو پژوهش حاضر با هدف بررسی نقش مبانی نظریهٔ اخلاق زمین در پایش پیامدهای اکوهیدرولوژیکی پروژه‌های عمرانی صورت گرفته است. پژوهش حاضر یک مطالعه میدانی است. جامعه پژوهش شامل تمامی جوامع انسانی، منابع آب و اکوسیستم‌ها (گیاهی، جانوری) در محدوده اجرای تونل‌های پروژه قمرود است. اطلاعات به روش مشاهداتِ میدانی و طی چند مرحله بازدیدهای صحرایی ضمن بررسی شرایط زمین‌شناسی ساختگاه طرح (در منطقه شهرستان الیگودرز) جمع‌آوری شده است و از منظر مبانی نظریهٔ اخلاق زمین مورد تفسیر قرار گرفته‌اند. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که عملیات حفاری تونل قمرود، موجب تغییر رژیم هیدروژئولوژی منطقه (کاهش دبی چاه‌ها و چشمه‌ها)، مهاجرت روستاییان، تضعیف کشاورزی و شبکه اقتصاد محلی، تأثیر بر زیستگاه گونه‌های گیاهی- جانوری، تأثیر بر سیمای منطقه (پتانسیل صنعت ژئوتوریسم) شده است. تغییر رژیم هیدروژئولوژی و پیامدهای اجتماعی آن، متأثر از شرایط زمین‌شناسی حین حفاری (هجوم آب در اثر وجود زون‌های خردشده، چین‌خوردگی‌ها، شیب لایه‌بندی‌ها، تغییرات لیتولوژیکی) در ساختگاه طرح (زون زمین‌شناسی سنندج سیرجان) بوده است. سایر پیامدهای طرح نیز بطور غیر مستقیم به شرایط زمین‌شناسی منطقه ارتباط پیدا می‌کند. با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت: اندیشیدن تمهیدات پیشگیرانه جهت کنترل پیامدهای اکوهیدرولوژیکی در چنین پروژه‌ای، بطور مستقیم به نحوهٔ تفکر و نگرش اخلاقی برنامه‌ریزان (نسبت به محیط زیست زمین) بستگی دارد. توسعه دامنه مطالعات زمین‌شناسی در مرحله کاوش‌های ساختگاهیِ این طرح‌ها، می‌تواند به عنوان نخستین سیاست اصلی (در چارچوب مبانی نظریهٔ اخلاق زمین)، در جهت کنترل مخاطرات و سازگار ساختن پروژه با محیط زیست، راهگشا باشد. در این راستا یک طرح جبرانی (استفاده از ایستگاه پمپاژ و احداث سه سد بر روی رودخانه‌های قشلاق، دارسفید، ده‌جانی) جهت جبران کاهش منابع آب مناطق روستایی الیگودرز (در اثر حفاری تونل‌ها)، ارائه شده است.

کلید واژه‌ها: *اخلاق زمین، اکوهیدرولوژیکی، زون سنندج سیرجان.*

۱. کارشناسی ارشد، دانش آموخته گرایش زمین‌شناسی مهندسی، Joudaki_vahid@yahoo.com
۲. استاد، گروه زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه اصفهان، اصفهان، Rasajl@sci.ui.ac.ir
۳. دانشیار، گروه محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، N_mobarghei@yahoo.com
٤.دانشیار، بخش زمین‌شناسی مهندسی و تکتونیک، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، Asohrabi@ut.ac.ir
۵. استادیار، گروه مهندسی معدن، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، کاشان، Ali_aalianvari@kashnu.ac.ir
* مسئول مکاتبات

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

نظریهٔ اخلاق زمین در سال ۱۹٤۹ میلادی، توسط یک استاد اکولوژیست دانشگاه ویسکانسین آمریکا (Leopold, 1949) در قالب مقاله‌ای در سال‌نمای مشهورِ "منطقهٔ شن‌زار" منتشر شد. در این مقاله به صراحت از رویکرد اقتصادی نسبت به طبیعت انتقاد شد و این تئوری مطرح شد که زیست کره، به مثابه یک کلِ منسجم است که فعل و انفعالات عناصر آن در یک مدار پیچیده، جریان حیات را تضمین می‌کند. هدف نویسنده مقاله مذکور، گسترش مرزهای اخلاق اجتماعی بود به حدی که گیاهان، جانوران، آب‌ها، خاک‌ها و سایر اجزای زمین را دربر بگیرد و انسان را از فاتح زمین به عضوی ساده در آن تغییر دهد. نویسنده در قالب این نظریه، مفهوم انسان‌محوری را مورد انتقاد شدید قرار داد و ارزش واقعی را متعلق به زیست‌بوم دانست. از این‌رو این مقاله با مخالفت‌هایی روبرو شد به نحوی که برخی از نویسندگان و متفکران، نظریهٔ اخلاق زمین را یک تفکر خطرناک، ضد انسانی و یک فاشیسم زیست محیطی نام نهادند (ملکیان و همکاران، ۱۳۸٤). اما سال‌ها بعد با اوج‌گیری جنبش‌های زیست محیطی (در اعتراض به تبعات منفی توسعه صنعتی) نظریهٔ اخلاق زمین مورد توجه جدی قرار گرفت و این مبحث زمینه‌ساز طرح موضوع جدیدی تحت عنوان اخلاق زیست محیطی گردید.

در زمینه اخلاق زیست محیطی نیز انتشار مقاله‌ای در سال ۱۹٦۷ توسط یک استاد تاریخ دانشگاه کالیفرنیای آمریکا (White, 1967)، موجب مطرح شدن این مبحث در اذهان متفکرین شد. نظریهٔ اخلاق زمین، شالوده و زیربنای مباحث اخلاق زیست محیطی است. اخلاق زیست محیطی را نیز می‌توان شاخه‌ای از فلسفهٔ کاربردی دانست (Minteer et al, 2003) که از حیطه‌های اساسی اخلاق زیستی هم محسوب می‌شود (O'neill, 2002). سعی این مبانی ارائه دلایل نظام‌مند و جامعی برای این منظور است که چرا باید روابط اخلاقی بین انسان و محیط زیست زمین وجود داشته باشد (Hatcher, 2004). در این میان می‌توان اخلاق زیست محیطی را یک "فرآیندِ اصول نهاد" در نظر گرفت که به دنبال ارائه راه‌حل‌های اخلاقی برای مشکلات زیست محیطی از طریق پیوند علوم مختلف با گرایش‌های اجتماعات انسانی است (Dallmeyer, 2006).

امروزه بسیاری از تحلیل‌هایی که در حوزه علوم مهندسی و فناوری انجام می‌شوند نیز، دلالت‌های اخلاقی دارند که در فرآیندهای تصمیم‌گیری لحاظ می‌گردند (Johnson and Wetmore, 2008). احترام به محیط زیست زمین، احترام به نسل‌های آینده، احترام به محیط اجتماعی، سه مؤلفه اصلی ملاحظات اخلاقی در تصمیمات مهندسی و عمرانی است (Brans, 2002). در این میان در آیین‌نامه‌های اخلاق مهندسی به طور جدی به مفاهیم نظریهٔ اخلاق زمین و اخلاق زیست محیطی تحت عنوان مفهوم توسعه پایدار پرداخته شده است.

اگرچه آغاز این مباحث را می‌توان مربوط به دهه ۱۹٦۰ دانست که جنبش‌های حمایتی از محیط زیست زمین در حال شکل‌گیری بودند (Kortenkamp and Moore, 2001). اما مهم‌ترین اقدام جدی مربوط به سال ۱۹۷۷ در ایالات متحده آمریکا است زمانی که انجمن مهندسان عمران در آیین‌نامه اخلاق مهندسی این بند را اضافه نمود که مهندسان باید متعهد به اصلاح محیط زیست زمین به منظور ارتقاء کیفیت زندگی باشند. دو دهه بعد این انجمن در سال ۱۹۹۷، الزامات بیشتری در این آیین‌نامه اضافه نمود مبنی بر اینکه اگر کارفرمایان و شرکت‌ها ملاحظات زیست محیطی در چارچوب اصول توسعه پایدار را رعایت نکردند، مهندسین می‌بایست به مقامات و مراجع قانونی مربوطه گزارش دهند (ASCE, 1997). در کشور ما نیز اگرچه نبایستی با رویکرد افراطی (به بهانه صیانت محیط زیست زمین)، از شتاب روند توسعه زیرساخت‌های عمرانی کاسته شود، اما ضرورت دارد که مبانی نظریهٔ اخلاق زمین، در پروژه‌های عمرانی، عینیت پیدا کند. اهداف و مبانی نظریهٔ اخلاق زمین تنها زمانی محقق خواهد شد که اجرای طرح‌ها، با اندیشیدن تمهیدات پیشگیرانه (با استفاده از نتایج مطالعات گسترده زمین‌شناسی پیش از اجرا، حین اجرا و بعد از اجرا) همراه باشد و تمامی پیامدهای طرح (زیست محیطی، اجتماعی و غیره) حتی سال‌ها پس از

www.SID.ir

Archive of SID

بهره‌برداری، با هدف اتخاذ راهکارهای اصلاحی مورد پایش قرار گیرد.

قبل از ورود به بحث، یک نکته مهم را می‌بایست یادآور شد که پیامدهای زیست محیطی تنها مختص پروژه‌های تونل‌سازی در ایران نیست. حتی در کشورهای توسعه‌یافته نیز پیامدهای نامطلوب زیست محیطی احداث تونل‌های عظیم، هر ساله گزارش می‌شود که البته خصوصیات زمین‌شناسی ساختگاه طرح‌ها نیز از عواملِ زمینه‌ساز برای بُروز پیامدها بوده است (جدول ۱). با این حال در سوابق برخی پروژه‌های عظیم تونل‌سازی خارجی، موفقیت در کنترل پیامدها و تحقق مبانی اخلاق زمین در تصمیم‌گیری‌ها به وضوح قابل لمس است (جدول ۲).

جدول ۱. پیامدهای نامطلوب اکوهیدرولوژیکی و زیست محیطی در پروژه‌های تونل‌سازی کشورهای خارجی.

No.	Tunnel	Country	Eco-Hydrological and environmental hazards	Geological conditions	Reference
1	Railway Tunnels between Malaga and Córdoba	Spain	Abrupt drying of springs and wells as a result of water infiltration during excavation (800 liters per second), which has led to public protests and social disputes in the region.	The large development of karst aquifers in calcareous and dolomite rock due to the crushing rocks in the fault zones.	Gisbert et al. (2009)
2	Romeriksporten	Norway	Tunnel excavation has caused water infiltration during excavation and a sharp drop in groundwater level (180 meters) in fault zones and negative impacts on water resources (chemistry of groundwater) and wetlands in the area.	The development of aquifers in the gnaiss rock mass due to the crushing of the geological formation in the fault zones.	Kværner and Snilsberg (2008,2013)
3	Firenzuola	Italy	The tunnel excavation causes springs to dry and damage aquatic animals and other elements of the ecosystem of the area.	The development of aquifers in the sandstone.	Vincenzi et al. (2009,2014)
4	Hallandsa°s	Sweden	The tunnel excavation has led to a drop in the surface water level of the underground water in the area and also the creation of qualitative changes in the hydrogeochemical composition of the water resources. Environmental sensitivity at some times has stopped the excavation operation and changed the method of excavation (drilling & blasting) from the traditional method to using the TBM.	Development of aquifers in the igneous rock mass due to the crushing of the geological formation in the fault zones.	Mossmark et al. (2017) Borca(2007)
5	Matsumoto Jyoyama	Japan	The tunnel excavation has caused the springs to dry and have negative impacts on the rivers in the area.	Development of aquifers in andesitic tuff, sandstones and quaternary river terrace sediments.	Li and Kagami (1997) Ii and Misawa (1994)
6	Tongluoshan	China	The tunnel excavation has reduced the water volume of a river and caused the springs to dry.	Development of karst aquifers in carbonate rock and sandstone mass.	Liu et al. (2015)

جدول ۲. تحقق مبانی نظریهٔ اخلاق زمین در سوابق دو پروژه تونل‌سازی خارجی.

No.	Tunnel	Country	How to monitor Eco-Hydrological and environmental hazards	Geological conditions	Reference
1	Water-Conveyance Tunnels in the Southwest	United States of America	Large-scale geological studies have been carried out with sufficient funds in the tunnel construction area to ensure that the necessary measures are taken to control the adverse environmental impacts of excavation operations. Prior to construction of tunnels, a 3-year preconstruction program was implemented to monitor over 100 wells, springs, and streams in the project area that might be affected.	The development of aquifers in metamorphic and igneous rock masses due to crushing of the rocks in fault zones (there are 4 major faults in the region)	Attanayake and Waterman (2006)
2	Jinan, 's metro	China	The effects of a metro system are felt on springs in three zones: shallowly buried areas of limestone, deeply buried areas of limestone and spring discharge areas. This paper proposes countermeasures to mitigate the impacts of metro lines on groundwater seepage and to protect springs. These measures include waterproof curtains, dewatering on demand, groundwater head monitoring, artificial recharge, tunnel waterproofing, and groundwater flow path systems.	The large development of aquifers in limestone. The geological environment, and terrain of Jinan provide many springs, most of which are distributed in urban areas.	Wang et al. (2019)

www.SID.ir

Archive of SID

بسیاری از پیامدهای زیست محیطی پروژه‌های تونل‌سازی، به‌واسطه گسترش دامنهٔ مطالعات زمین‌شناسی در ساختگاه، قابل کنترل هستند و برخی از این تجارب نامطلوب، به‌طور مستقیم مربوط به شیوهٔ اجرای طرح‌ها و متأثر از نحوهٔ نگرش تصمیم‌گیرندگان است. لذا شرایط فعلی نیازمند شکل‌گیری یک نوع تفکر و ایدئولوژی اخلاقی است که ضمانت‌هایی فراتر از قوانین برای صیانت از محیط زیست ارائه دهد. تونل‌های قمرود با طول بیش از ۵۰ کیلومتر اجرا شده‌اند و شریان سرشاخه‌های رود دز در جنوب شهرستان الیگودرز (رودخانه‌های سراب‌سرداب، دره‌لکو، دره‌دزدان و دره‌دایی) را به سوی مناطق ایران مرکزی هدایت می‌کنند (جدول ۳).

پیش از این در گزارشاتی از محققین داخلی، به برخی از پیامدهای زیست محیطی اجرای تونل‌های طرح قمرود پرداخته شده است (باقریان، ۱۳۸۵؛ جودکی و اجل‌لوئیان، ۱۳۹۰؛ جودکی و همکاران، ۱۳۹۰؛ فرخیان و همکاران، ۱۳۹۱؛ سرلک، ۱۳۹۵؛ سرلک و سرلک، ۱۳۹۵). اما به‌طور کلی تاکنون پژوهش هدفمند و منسجمی پیرامون بررسی همه‌جانبهٔ پیامدهای زیست محیطی طرح، ارائه نشده است. از این‌رو پژوهش حاضر بر آن شد تا با بررسی میدانی مخاطرات اکوهیدرولوژیکیِ تونل‌های قمرود، خُرده اهدافی شاملِ: "بررسی تغییرات رژیم هیدروژئولوژی منطقه، نقش شرایط زمین‌شناسی ساختگاه در تأثیرات طرح بر جوامع انسانی و فعالیت‌های تولیدی (کشاورزی و دامداری)، وضعیت اکوسیستم‌ها (گیاهی، جانوری و آبزیان)" در محدوده طرح را مورد بررسی قرار دهد و از منظر مبانی نظریهٔ اخلاق زمین، پیشنهاداتی مسئله‌گشا جهت تعدیل پیامدهای نامطلوب طرح ارائه دهد.

جدول ۳. مشخصات تونل‌های طرح قمرود.

Tunnel Position	Method of Excavation	Input Elevation(m)	Output Elevation (m)	Tunnel length (m)	Water transfer capacity (m^3/sec)
Lot 8: Sarab Sardab to Dareh Lako	Drilling & Blasting	2232	2228	1320	3
Lot 7: Dareh Lako to Dareh Dozdan	Drilling & Blasting	2218	2214	1890	3
Lot 6: Dareh Dozdan to Dareh Daei	Drilling & Blasting	2209	2202	2490	5
Lot 5: Dareh Daei to Anoj	Mechanized: A TBM	2092	2080	9172	15
Lots 1&2&3&4: Anoj to Ghomroud	Mechanized: Two TBM	2059	2011	35705	23
Access Tunnel: Moghanak	Drilling & Blasting	2212	-	1691	-
Access Tunnel: Asgaran	Drilling & Blasting	2216	-	1791	-

۲. زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی

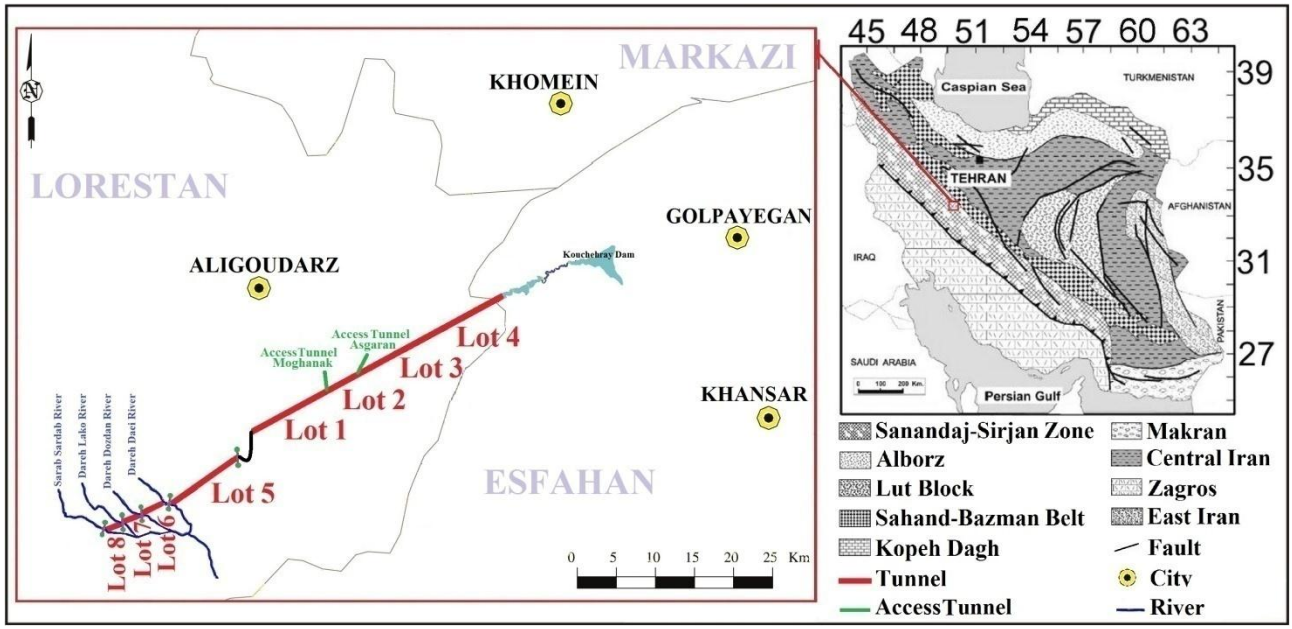
ساختگاه مورد مطالعه بر اساس تقسیم‌بندی کلی زمین‌شناسی ایران (آقانباتی، ۱۳۸۳)، در زون ساختاری سنندج- سیرجان، قرار گرفته است (شکل ۱). مشخصهٔ اصلی این پهنهٔ ساختاری، وجود گسل‌خوردگی‌ها و چین‌خوردگی‌های فراوان است که در طی برخورد پلیت عربی با پلیت ایران مرکزی شکل گرفته‌اند. در این پهنه جنبش‌های تکتونیکی متعدد، موجب ایجاد انبوهی از زون‌های خرد شده و شکستگی‌های متعدد در توده‌سنگ‌ها شده است (Stocklin, 1968). تشکیلات زمین‌شناسی منطقهٔ مطالعاتی، تاریخچه‌ای از دگرگونی‌های متوسط تا شدید را متحمل شده‌اند.

پیش از این در گزارشاتی از جودکی و اجل‌لوئیان (۱۳۹٤)، جودکی و همکاران (۱۳۹٦ و ۱۳۹۷) به تشریح برخی از خصوصیات زمین‌شناسی ساختگاه تونل قمرود (در قطعه ۳ و ٤) پرداخته شده است. عمدهٔ پیامدهای اکوهیدرولوژیکی در منطقهٔ مطالعاتی، مربوط به تغییر رژیم هیدروژئولوژی و متأثر

www.SID.ir

Archive of SID

از شرایط زمین‌شناسی حین حفاری تونل‌ها (هجوم آب به‌ویژه در زون‌های خرد شده) بوده است. علاوه بر فاکتورِ خردشدگی توده‌سنگ‌ها، عوامل زمین‌شناسی دیگری نظیر تغییرات لیتولوژیکی (جدول ٤)، چین‌خوردگی‌ها، شیب لایه‌بندی توده‌سنگ‌ها (و نیز وجود تشکیلات آبرفتی عهد کواترنری در برخی مقاطع از قطعه ۱)، موجب توسعه جریان‌های هیدروژئولوژیکی و تشکیل آبخوان‌هایی در تراز عملیات حفاری شده است. اگرچه چین‌خوردگی‌های منطقه در اثر فعالیت‌های شدید تکتونیکی، دچار گسیختگی شده و هندسه خود را از دست داده‌اند؛ با این حال در برخی نواحی، چین‌های کوچک مقیاس (مرتبط با گسلش) مشاهده می‌شود که وجود چنین چین‌هایی در تراز حفاری تونل می‌توانسته در ذخیره آب زیرزمینی و هدایت جریان هیدرولیکی به داخل عملیات حفاری مؤثر باشد. عامل بعدی، شیب لایه‌بندی‌ها است. بررسی زمین‌شناسی منطقه نشان می‌دهد که شیب لایه‌بندی توده‌سنگ‌ها، اغلب بیش از ٤٠ درجه است که این وضعیت یکی از حالات مساعد برای انتقال جریان آب زیرزمینی به تراز حفاری تونل است.



شکل ۱. موقعیت زمین‌شناسی (با اقتباس از ;Stocklin, 1977) و جغرافیایی تونل‌های قمرود.

جدول ٤. شرایط زمین‌شناسی و تغییرات لیتولوژیکی در مسیر حفاری تونل‌های قمرود.

Structural Zone	Lithology of the Excavation Route	Geological Engineering Hazards
Sanandaj Sirjan	Metamorphic Rocks (Slate, Phyllite, Schist, Graphite Schist, etc.), sandstone-limestone, Metamorphosed Dolomite, Meta-Vulcanic Rocks (Andesite, Rhyolite, etc.), Quaternary Alluvium	The influx of water, Collapse into fault zones, alternation Soft and hard rocks (Mixed Face Condition), Squeezing

۳. روش پژوهش

در این پژوهش در منطقه اجرای تونل‌های قمرود، طی چند مرحله بازدید صحرایی ضمن بررسی شرایط زمین‌شناسی ساختگاه، پیامدهای اکوهیدرولوژیکیِ طرح به روش مشاهداتِ میدانی مورد پایش قرار گرفت.

نواحیِ پیمایش‌شده، شامل اراضی روستاهای مسیر تونل‌ها (سنگ‌سفید، دهله‌ابراهیم، شاهپورآباد، شهریار، فیقان، گوران، صالح‌صغیر، بهرام‌آباد، قلعه‌عبدالرضا، داریچه، مغانک‌علیا،

www.SID.ir

Archive of SID

مغانک‌سفلی، عسگران، گندمینه، باقرآباد، رکن‌آباد، چمن‌سلطان) و محدوده احداث بندهای انحرافی در جوار تونل‌ها (مناطق سراب‌سرداب، دره‌دایی، دره‌دزدان، دره‌لکو، انوج) در ناحیه شهرستان الیگودرز می‌باشد.

جامعه پژوهش شامل تمامی جوامع انسانی، منابع آب و اکوسیستم‌ها (گیاهی، جانوری و آبزیان) در محدوده تونل‌های طرح است. با استفاده از نتایج مشاهدات میدانی در بازدیدهای صحرایی (تعیین بیشترین سطح آسیب به منابع آب زیرزمینی)، اهالی ٦ روستایِ "عسگران، مغانک‌سفلی، مغانک‌علیا، شهریار، دهله‌ابراهیم و سنگ‌سفید" جهت بررسی روند مهاجرت انتخاب شدند.

ویژگی‌های نمونه آماری نشان می‌دهد در زمان انجام این پژوهش در مجموع ۸۳۸ تن افراد نمونه، شامل ۲۲۷ خانوار، ٤٥١ تن مرد و ۳۸۷ تن زن هستند. بر اساس مشاهدات میدانی؛ بیکاری آشکار و پنهان، پایین بودن سطح درآمد و رفاه عمومی از مهمترین ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی در نمونه آماری پژوهش است.

ویژگی مهم دیگر در نمونه آماری، نرخ بالای مهاجرت است به نحوی که از زمان آغاز حفاری تونل‌های قمرود تا زمان انجام این پژوهش، ٥٤ درصد اهالی زادگاه خود را ترک نموده‌اند.

به منظور جمع‌آوری اطلاعات از روش مشاهداتِ میدانی استفاده شده است و نتایج از منظر مبانی نظریهٔ اخلاق زمین مورد تفسیر قرار گرفته‌اند.

٤. یافته‌ها

بر اساس مطالعات میدانی و طی چند مرحله بازدید از اراضی مسیر طرح؛ مهمترین پیامد اکوهیدرولوژیکی که به‌طور مستقیم به مباحث زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک (خردشدگی توده‌سنگ‌ها و غیره) مربوط می‌شود؛ شاملِ ایجاد جابجایی و گسیختگی در زمین حین حفاری تونل‌ها و در نتیجهٔ آن، تغییر رژیم هیدروژئولوژی در محدوده ساختگاه است. سایر پیامدهای زیست‌محیطی احداث تونل قمرود نیز به‌طور مستقیم و غیر مستقیم به شرایط زمین‌شناسی منطقه ارتباط پیدا می‌کند. از منظر مبانی نظریهٔ اخلاق زمین می‌بایست تمامی پیامدها در خلال انجام مطالعات مقدماتی زمین‌شناسی طرح، مورد توجه قرار می‌گرفت و پیش‌بینی‌های لازم جهت تعدیل پیامدها لحاظ می‌گردید.

بر اساس نتایج بازدیدهای صحرایی از مناطق مطالعاتی، اثرات عمدهٔ اکوهیدرولوژیکی عملیات اجرای تونل قمرود در قالب جدول ٥ ارائه می‌شود.

جدول ٥. نتایج بازدیدهای صحرایی و زمین‌شناسی در ساختگاه اجرای تونل‌های انتقال آب قمرود

No.	Eco-Hydrological and environmental consequences	Role of geology
1	Changing the hydrology regime of the area during excavation of tunnels: leading to a drop in the groundwater level, reduction of groundwater resource (wells, springs, subterranean canals) and reducing water Is superficial.	Direct Effect
2	Dehydration of a significant part of agricultural land and gardens: reducing crop and livestock production (weakening the local economic network).	Indirect Effect
3	The migration of villagers to the city of Aligoudarz and its social consequences (rising unemployment, false occupations, etc.).	Indirect Effect
4	Damage to habitats associated with surface water: threatening ecological balance of plants and animals in the region.	Indirect Effect
5	Changing the regime of the rivers of Sarab Sardab, Dareh Leko, Dareh Dozdan, Dareh Daei in the downstream of the rivers deviation structures adjacent to the water transfer tunnels: After the phase of water exploitation and transfer of rivers, despite the allocation of water rights for the lower areas of tunnels, the hydrological equilibrium and marginal lands of the rivers in these areas have been affected by the decrease of the base flow.	Indirect Effect
6	The weakening of the potential of the geotourism and ecotourism industry: due to the effects of the Project on the natural landscape of the region.	Indirect Effect
7	Damage to rangelands: changing the region's image and soil erosion.	Indirect Effect
	Damage to the vegetation of the region during the construction of tunnels and rivers deviation structures (especially through the establishment of communication routes, roads and other side activities): At the	

www.SID.ir

Archive of SID

8	time of implementation of the plan, due to the large volume of activities (excavation, Cementing materials depot, etc.), the dust caused by the operation and passing of vehicles caused the wilt of the plants, the destruction of soil texture and the negative effects on the habitat of some species in the project area.	Indirect Effect
9	Entry sewage flow of tunnels and rivers deviation structures in surface water: causing pollution and increasing the turbidity of rivers in the region and damage to aquatic and fish species.	Indirect Effect
10	Noise pollution of operations in the area (especially during the excavation of traditional tunnels) and its adverse effects on the distribution of animal species.	Indirect Effect

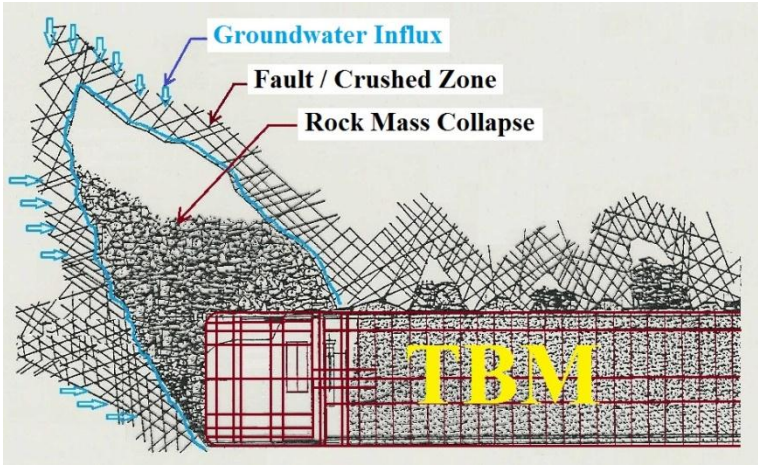
در گزارشات محققین مختلف، هجوم آب زیرزمینی حین حفاری دستگاه‌های تی‌بی‌ام در تونل بلند انوج به قمرود (و نیز حین حفاری سنتی تونل‌های دسترسی: هجوم شدید آب در کیلومتراژ ۱+۰۵۰ در تونل مغانک و کیلومتراژ ۰+۸۰۰ در تونل عسگران) به میزان ۷۰ تا ۱۵۰ لیتر بر ثانیه نیز در برخی از متراژها گزارش شده است (احمدی و دودانگه، ۱۳۸۸؛ حسن‌پور و ذوالفقاری، ۱۳۸۹؛ Cheraghi Seifabad, 2013; Golian et al. 2019; Golian et al. 2018; Shafiei et al. 2008). بازدیدهای صحرایی در این تحقیق نشان می‌دهد متراژهای گزارش شده توسط محققین، منطبق بر موقعیت منابع آبی است که در مسیر تونل دچار کاهش دبی شده‌اند. به دلیل شرایط زمین‌شناسی ساختگاه طرح، گسیختگی زمین حین حفاری تونل‌ها (شکل ۲)، موجب زهکش شدن منابع آب چاه‌ها و قنات‌ها شده است.

در محدوده تونل بلند انوج به قمرود، تغییر رژیم هیدروژئولوژی در راستای قطعه ۳ و ٤، شدت بسیار کمتری داشته و تنها در مواردی موجب کاهش‌های اندک در دبی تعدادی از چشمه‌ها شده است. اما در محدوده قطعه ۱ و ۲ (و نیز تونل‌های دسترسی)، نتایج بازدیدها حاکی از این است که به دلیل شرایط زمین‌شناسی (زون‌های خردشده، تشکیلات متاولکانیک، وجود لیتولوژی متادولومیت و تناوب آن در میان توده‌سنگ‌های ناتراوای شیست-اسلیت، وجود تشکیلات آبرفتی عهد کواترنری در برخی مقاطع و سایر عوامل) بر اثر هجوم آب حین عملیات حفاری تونل‌ها (شکل ۳)، بسیاری از چاه‌ها، قنات‌ها و ده‌ها چشمه بزرگ منطقه در روستاهای سنگ‌سفید، دهله‌ابراهیم، شاهپورآباد، شهریار، مغانک‌سفلی، مغانک‌علیا و عسگران، با کاهش شدید دبی و یا خشکی کامل مواجه شده‌اند.

بررسی میدانی چاه‌های منطقه نشان می‌دهد بیش از ۱۰ حلقه چاه در اثر حفاری تونل‌ها خشکیده‌اند. حدود ٤۰ حلقه چاه نیز با کاهش شدید آبدهی (با حدود ۵۰ درصد کاهش دبی) مواجه شده‌اند. ده‌ها چشمه در مسیر تونل با کاهش دبی مواجه شده‌اند و از این میان حدود ۱۰ چشمهٔ دائمیِ پُر آب از جمله چشمه کارستی روستای عسگران به‌طور کامل خشکیده‌اند. در اثر افت سطح ایستابی منطقه، تعداد ٤ رشته قنات در مناطق مغانک‌علیا، مغانک‌سفلی و شهریار، به‌طور کامل خشکیده‌اند. این شرایط موجب کاهش شدید سطح زیر کِشت و تبدیل اراضی کشاورزی آبی به دِیم، در مناطق مسیر تونل شده است. موقعیت منابع آبی که در اثر حفاری تونل‌ها، آسیب دیده‌اند در شکل ٤ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

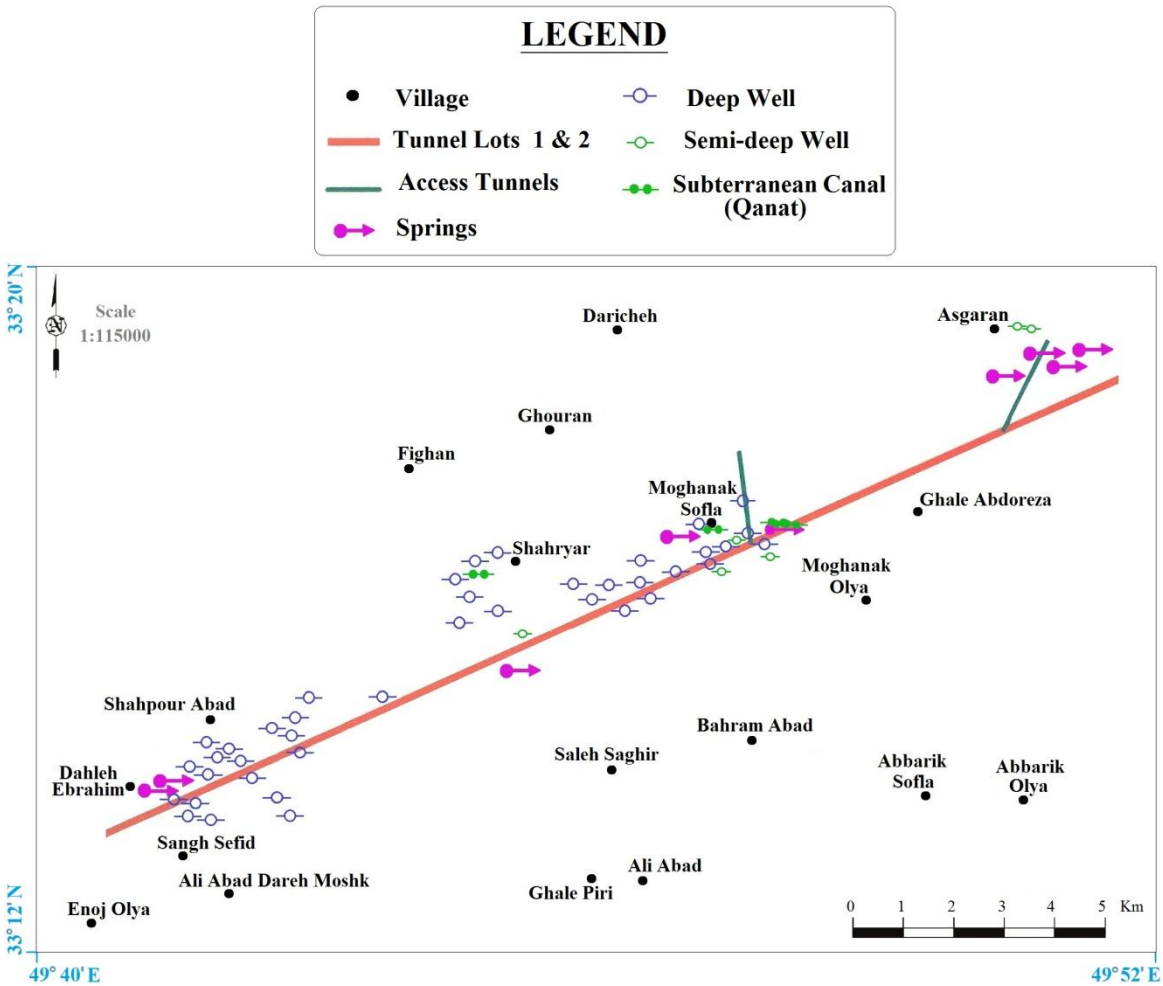


شکل ۲. طرحی شماتیک از هجوم آب زیرزمینی در زون‌های گسلی حین حفاری مکانیزه با TBM (با اقتباس از منبعِ Barla and Pelizza, 2000).

شکل ۳. هجوم آب زیرزمینی در قطعه ۱ و ۲ تونل قمرود.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤. موقعیت چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های آسیب دیده در اثر عملیات حفاری تونل‌ها.

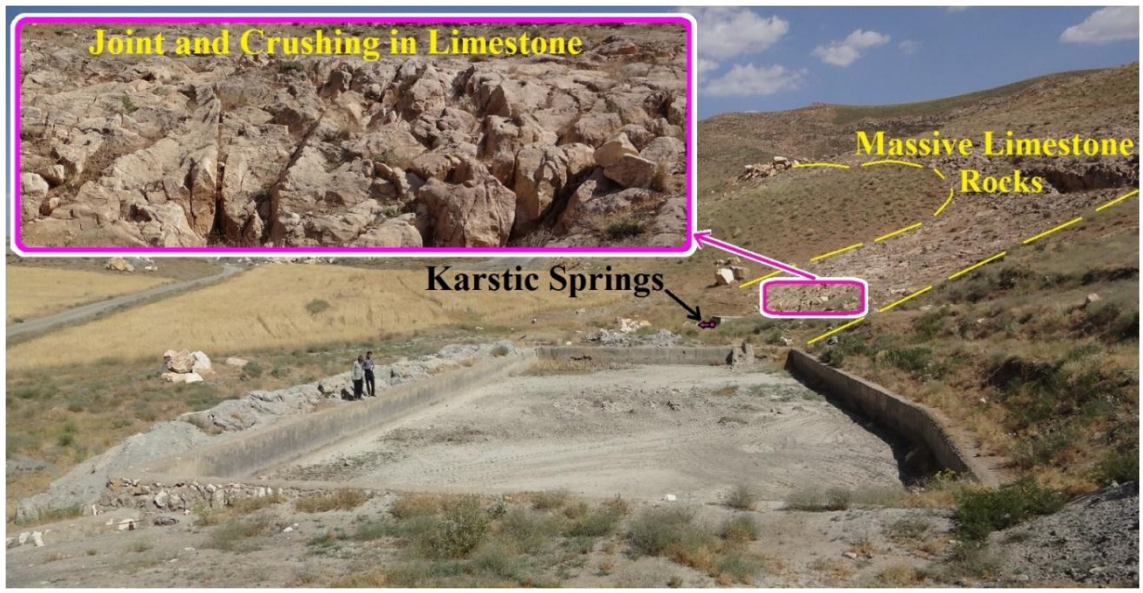
طی چند مرحله بازدیدهای صحرایی صورت گرفته در منطقهٔ مطالعاتی، مشهود است که پیامدهای نامطلوب اکوهیدرولوژیکی در برخی نواحی نِمود بیشتری دارد؛ به‌طور مثال در منطقهٔ عسگران (اِشکِرون)، پیامدهای عملیات حفاری با خشکاندن تمام منابع آبِ روستا (جدول ٦)، موجب لَم‌یزرع شدنِ اراضی کشاورزی و مهاجرت اهالی به شهرستان الیگودرز شده است. سکونتگاه اهالی روستای عسگران در دو کیلومتری شمال قطعه ۲ تونل (در راستای کیلومتراژ ۱۵+۲۰۰ الی ۱٦+۱۰۰ محور تونل بلند انوج به قمرود) واقع شده است و کشاورزی ایشان بر شریان چشمه‌های منطقه استوار بود. مهمترین منبع آب روستا یک چشمهٔ کارستی با میانگین دبی حدود ۳۰ الی ٤۰ لیتر بر ثانیه بوده است. این چشمه در فاصله ۳۵۰ متری از تونل دسترسی عسگران و در فاصله ۸۰۰ متری محور قطعه ۲ تونل (در راستای کیلومتراژ ۱۵+۷۵۰ تونل بلند انوج به قمرود) قرار گرفته است. این چشمه یک منبع کارستیک محسوب می‌شد و به لحاظ لیتولوژیکی از یک تشکیلات آهکی (دگرگون شده)، منشأ می‌یافت که آبخوانِ آن، به‌واسطه شرایط زمین‌شناسی (تکتونیک فعال منطقه و درزه‌داری توده‌سنگ‌های آهکی) توسعه یافته بود (شکل ٥). بخش عمده‌ای از اراضی عسگران توسط این چشمه سیراب می‌شد (شکل ٦). در سایر روستاها نیز روند مهاجرت به شهر، کم و بیش رخ داده است. اما در روستای عسگران با خشکیدن منابع اصلی آب، این روند منجر به تخلیه کامل روستا شده است (شکل ۷). آمار تغییرات جمعیتی مناطقی که بیشترین آسیب را از حفاری تونل‌ها متحمل شده‌اند در جدول ۷ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦. منابع آب در تشکیلات زمین‌شناسی روستای عسگران.

No.	Type of Water Source	Number	Geological Conditions	Average water discharge before drying (liter/sec)
1	Karstic Springs	One	Its hydrogeological flow originated from the lime rock mass (metamorphic).	30 to 40
2	Alluvial Springs	Four	The water outlet of the springs, though found in alluvial deposits, but the main source of their hydrogeological flow was formed from the meta-vulcanic rocks (metamorphic rhyolite).	Each Spring: 10
3	Semi-deep Well	Two	Their hydrogeological flows originated from the calcareous rock and metamorphic rhyolite rock in the region.	Each Well: 5 to 10



شکل ٥. حوضچه و کانال چشمهٔ کارستی روستای عسگران.

شکل ٦. تبدیل بیش از ٤٠٠ هکتار زمین کشاورزی و باغات روستای عسگران به اراضی لَم یزرع.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۷. روستای متروکه عسگران (اِشکِرون). منازل خالی از سکنه و در حال ویرانی.

جدول ۷. تغییرات جمعیتی در روستاهای آسیب دیده، بر اساس سرشماری‌های کشوری*.

No.	Village Name	1996 Year	2006 Year	2011 Year	2016 Year
		Population			
1	Asgaran (Eshkeron)	238	31	30	29
2	Moghanak Sofla	775	554	483	450
3	Shahryar	181	136	85	81
4	Moghanak Olya	175	114	93	59
5	Dahleh Ebrahim	110	88	49	35
6	Sangh Sefid	350	274	217	184
Total population of villages (population decline process)		1829	1197	957	838
Immigrant increase (%)		0 %	35%	48%	54%

*سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۸۰ شمسی (۲۰۰۱ میلادی) انجام نشده است. بررسی‌های میدانی در مناطق حاکی از آن است که در فاصله زمانی سال‌های ۱۳۷۵ (۱۹۹٦ میلادی) تا ۱۳۸۰ (۲۰۰۱ میلادی)، روستاهای منطقه از جمله عسگران از رشد جمعیتی و افزایش تعداد خانوار برخوردار بوده‌اند اما آمار رسمی آن موجود نیست. عملیات حفاری تونل‌ها در سال ۱۳۸۰ آغاز و در سال ۱۳۹۱ پایان یافته است.

مهاجرین روستایی در گذشته به‌طور مستقیم و غیر مستقیم از ظرفیت‌های محیطی روستا (کشاورزی، دامداری، پرورش طیور و غیره) امرار معاش و اشتغال داشته‌اند. در منطقه‌ای نظیر عسگران با مهاجرت اهالی، ارتباط بین تولیدکنندگان محصولات روستایی با خریداران شهری به‌طور کامل قطع شده است. در نتیجه ساختار اقتصاد محلی و نظام تولید نیز در این مناطق تحت تأثیر قرار گرفته است. علی‌رغم پرداخت نقدی غرامت به روستاییانِ آسیب‌دیده، درصد قابل توجهی از این مهاجرین به دلیل مشکل اشتغال با بلاتکلیفی مواجه بوده‌اند.

به طور معمول در تصمیمات مهندسی چالش‌های مهمی پیرامون حفظ تعادل محیط‌های اجتماعی وجود دارد که در قالب مبحث اخلاق زیست محیطی نیز مورد ملاحظه قرار می‌گیرند (Brans, 2004). در اثر اجرای تونل‌های قمرود و با شروع مهاجرت روستاییان، تعادل اجتماعی منطقه به دلیل افزایش نرخ بیکاری و مشاغل کاذب، تحت تاثیر قرار گرفته است. این قبیل پیامدهای طرح از دریچه نظریهٔ اخلاق زمین نیز قابل بررسی است چرا که مباحثی نظیر ملاحظات اجتماعی و عدالت اقتصادی برای جوامع انسانی، در قالب نظریهٔ اخلاق زمین به وضوح قابل استنباط است.

عوارض زیست محیطی در روستاهای منطقه (و تبعات اجتماعی ناشی از آن) متأثر از شرایط زمین‌شناسی و هجوم آب حین حفاری تونل‌ها بوده است. در مناطقی نظیر عسگران و مغانک، تغییر رژیم هیدروژئولوژی بیشتر متأثر از هجوم آب

www.SID.ir

Archive of SID

حین حفاری به شیوه سنتی در تونل‌های دسترسیِ طرح، بوده است.

در تونل‌های اصلی (به‌ویژه در قطعه ۱ و ۲) نیز در مسیر پیشروی دستگاه‌های حفار TBM، در مقاطع مختلفی هجوم آب رخ داده است که در چنین شرایطی عملیات اجرایی طرح، گاهاً با صعوبت و چالش‌های پیش‌بینی نشده‌ای مواجه می‌شد. به‌طور مثال به دلیل هجوم شدید آب حین حفاری مکانیزه در شیب منفی، در کیلومتراژ ۹+٤۷۰ یک چاه با عمق ۱۷۵ متر بر روی محور تونل حفاری شد تا آب‌های هجومی به داخل تونل، از طریق آن به سطح اراضی منطقه پمپاژ شود (شکل ۸) و به این ترتیب از ایجاد حوضچه‌های آبکشیِ (Sump) متعدد و ایجاد شبکه پمپاژ گسترده در مسیر تونل خودداری شود.

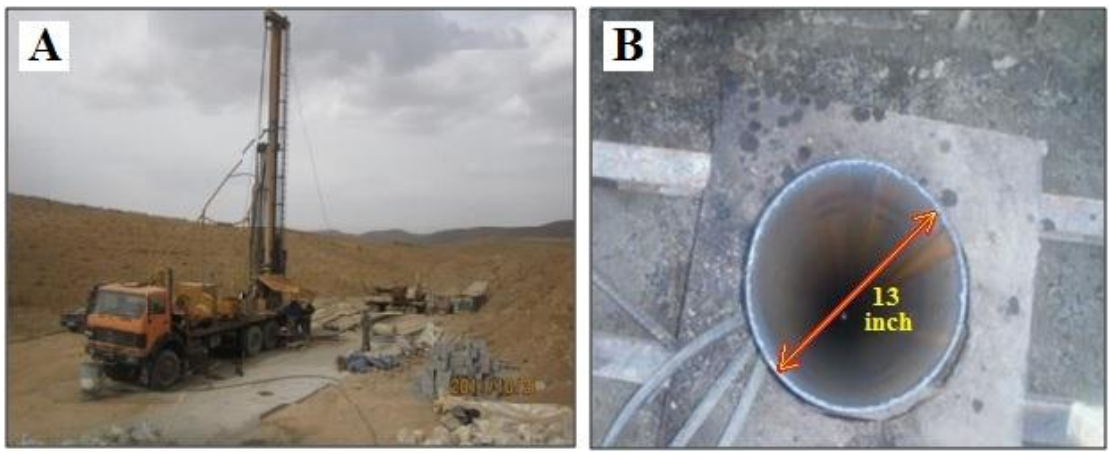
لولهٔ جدار چاه دارای قطر ۱۳ اینچ بوده و یک فضای ۲ اینچی نیز در پشت لوله جهت تزریق دوغاب سیمان (با هدف آببند نمودن محیط اطراف جدار چاه) در نظر گرفته شد. اما اتمام عملیات حفاری چاه و نتایج نهایی این اقدام نشان داد که تزریقات منجر به آببندی محیط اطراف جدار چاه نشده است.

ایدهٔ اجرای این چاه به دلیل عدم بررسی دقیق خصوصیات سازندهای زمین‌شناسی منطقه، در یکی از نامساعدترین نقاط ممکن (به لحاظ وجود تشکیلات تراوای کواترنری در ترازهای بالای محور تونل) انجام گرفت. در این مقطع تونل نیز سطح ایستابی بالاتر از تراز اجرای تونل قرار گرفته بود و تشکیلات کواترنری نیز ذخیره آب داشته است (شکل ۹). در نتیجه حفاری چاه و اتصال آن به دیواره تونل، موجب هجوم ناگهانی آب از مجرای چاه به داخل تونل شد. جریان پُرفشارِ دائمی از یک آبخوان در این چاه، موجب عدم کاربری آن برای هدف مذکور شد. در این مقطع زمانی، آب‌های هجومی به تونل، دستگاه حفار TBM را غرقآب نمود و عملیات حفاری با توقفی نسبتاً طولانی مدت (۷٦ روز) مواجه شد.

لذا حفاری چاه مذکور به دلیل ایجاد یک مخروطِ اُفت در سطح آب زیرزمینی منطقه (با گسترش ناگهانی شعاع تأثیر مخروط)، موجب تشدید تغییرات رژیم هیدروژئولوژی منطقه (در محدوده اراضی روستاهای مغانک سفلی و شهریار) و البته موجب توقف طولانی‌مدت دستگاه حفاری شد.

از طرفی مهمترین الویتِ اجرایی در این طرح، تسریع در پیشروی عملیات حفاری مکانیزه بود که این نوعِ تفکر، هرگونه تأخیرات طولانی‌مدت در عملیات اجرا (برای اندیشیدن تمهیدات لازم جهت جلوگیری از ورود آب: اجرای گمانه‌های پیشرو و تزریق دوغاب در زمین‌های آبدار قبل از هر گامِ حفاری) را برنمی‌تابید.

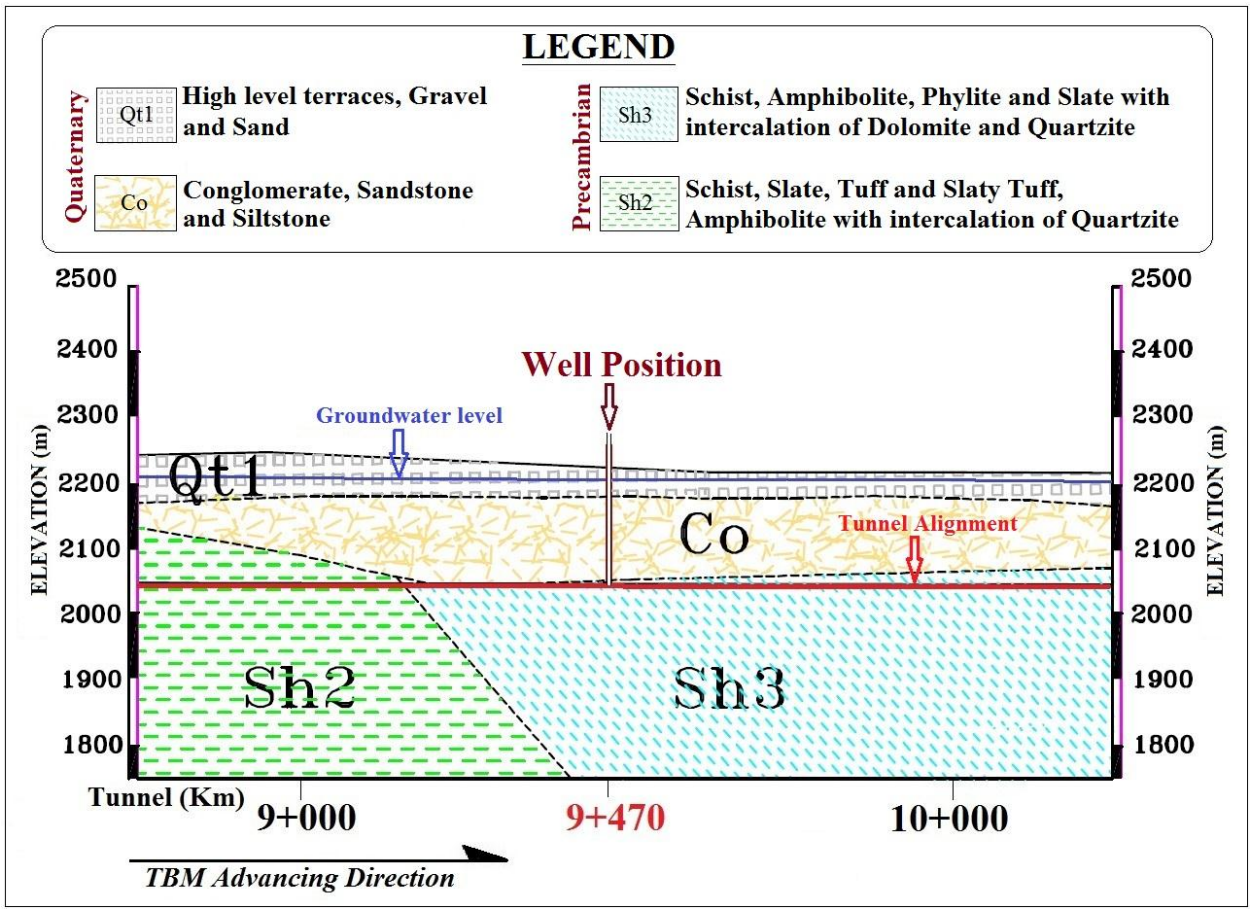
پیشبرد حفاری از چنان الویتی برخوردار بود که حتی در مقاطعی بر روند تعمیر و نگهداری تجهیزات دستگاه حفار (که زمان‌های خاص خود و توقف عملیات حفاری را می‌طلبید) نیز تأثیرات منفی داشت، در نتیجه با بُروز مشکلات مکانیکی دستگاه در کیلومترهای پایانی قطعه ۱، چالش‌های اجرایی (در زمینه کنترل هجوم آب از سینه‌کار حفاری) تشدید شد.



شکل ۸. A- عملیات حفاری چاه در موقعیت کیلومتراژ ۹+٤۷۰ بر روی محور تونل. B- لوله جدار چاه.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹. شرایط سازندهای زمین‌شناسی در موقعیت حفر چاه بر فراز محور تونل.

تفکر اخلاقی نسبت به حیات وحش و حفاظت تنوع گونه‌ای، نیز از حوزه‌های مهم دیگر در مبانی اخلاق زمین و اخلاق محیط زیست است به نحوی که بر اساس این مبانی، حمایت از گونه‌های گیاهی و جانوری برای تداوم سلامت زمین ضروری است (ملکیان و همکاران، ۱۳۸٤). تونل قمرود بر اکوسیستم گونه‌های گیاهی و جانوری منطقه نیز آسیب‌هایی وارد کرده است. شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی منطقه موجب شده در محدودهٔ بندهای انحرافی و سایت‌های تونل‌های قمرود (قطعه ۵ تا ۸) حدود ۱۰۰ گونه گیاهی (در مواردی با خواص دارویی و درمانی) پدید آیند. از میان این گونه‌ها، عناصری از جمله Amygdalus-lycioides, Amygdalus-eburnea, Acer-monospessulanum, Smyrinum-cordifolium, Cerasus-mahaleb, Astragalus-brachy, Astragalus-squarrosus، دارای ارزش حفاظت ملی می‌باشند و در فهرست گونه‌های در خطر تهدید کشور قرار دارند که عملیات اجرایی طرح، گاه موجب آسیب به رویشگاه این گونه‌ها (در بخش‌های کوچکی از محدوده پروژه) شده است. همچنین این محدوده، زیستگاه حدود ۹۰ گونه جانوری می‌باشد. زیستگاه بسیاری از خزندگان منطقه، از جمله گونهٔ آگامای چابک (Trapelus agilis) در محدوده اراضی کشاورزی است، در نتیجه با توجه به کاهش سطح اراضی زیر کِشت در مسیر طرح (به دلیل کاهش منابع آب)، این گونه‌ها نیز تحت تأثیر قرار خواهند گرفت. از جمله پستانداران مهم در منطقه مورد مطالعه، گونه‌ای به نام سمور سنگی (Martesfoina) است. این گونه که یکی از زیستگاه‌های اصلی آن در منطقه دره‌دایی (منطبق بر محل اجرای بند انحرافی و پرتال تونل) قرار دارد، نسبت به آلودگی‌های صوتی بسیار

www.SID.ir

Archive of SID

تأثیر پذیر است. بر اساس نتایج بازدیدهای میدانی و نیز مشاهدات بومیان منطقه، عملیات اجرایی بند انحرافی و تونل (و نیز آلودگی‌های صوتی ناشی از فعالیت‌ها) بر روی تراکم این گونه اثر منفی داشته است. از میان پرندگان، یک گونه کمیاب قرقی (Accipiter nisus) از جمله مواردی است که در کشور به دلیل خطراتی که آن را تهدید می‌کند، شامل معیارهای داخلی و ملی حمایت اعلام شده و لازم است تحت مراقبت قرار گیرد.

با توجه به تعداد کارگاه‌های حفاری تونل و حجم بالای فعالیت‌های دیگر اجرایی در این طرح، آلودگی‌های صوتی در زمان عملیات اجرایی (به‌خصوص انجام عملیاتهای متعدد انفجاری در تونل‌های سنتی طرح، فعالیت ماشین‌آلات سنگین و غیره) می‌توانسته موجب جابجایی‌ها و مهاجرت‌های بی‌موقع در حیات وحش و در نهایت تأثیرات منفی بر تراکم گونه‌های منطقه شود. این در حالی است که در کشورهای توسعه‌یافته جهت تعدیل آلودگی‌های صوتی حاصل از فعالیت‌های تونل‌سازی، استانداردهایی در نظر گرفته شده است. حتی در برخی کشورهای در حال توسعه (نظیر ترکیه) نیز در زمینه کنترل ارتعاشات زمین حین روش‌های سنتی حفاری تونل‌ها، تحقیقاتی با نگرش بر پارامترهای زمین‌شناسی مهندسی توده‌سنگ‌ها، انجام شده است (Kuzu, 2008; Ozer, 2008) که می‌توان این مطالعات را نیز همسو با اهداف مبانی نظریهٔ اخلاق زمین تلقی نمود.

از طرفی نتایج بازدیدها در منطقه نشان می‌داد که در طی دوره عملیات اجرایی پروژه، گونه‌های آبزی رودخانه‌ها نیز، به علت گل‌آلودگی رودها ناشی از عملیات عمرانی (احداث بندهای انحرافی و حفاری تونل‌ها)، در معرض آسیب قرار گرفته‌اند. حتی در واحدهای پرورش ماهی منطقه که در مسیر رودخانه‌ها قرار داشته‌اند نیز برخی گونه‌ها نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان (Oncorhynchus mykiss) به شدت نسبت به آلودگی و کدورت آب آسیب‌پذیر بوده است و توان سازگاری با این شرایط را نداشته است. در اثر اجرای پروژه و گل‌آلودگی رودخانه‌ها، واحد پرورش ماهی سرابِ دورَک بیشترین خسارت را متحمل شده است.

پس از اتمام عمیات اجرایی طرح نیز با انحراف شریان آب رودخانه‌ها به داخل تونل‌ها، در مناطق پایین دست رودخانه‌ها با وجود تخصیص حق‌آبه زیست محیطی، گونه‌های آبزی و گیاهی در معرض تأثیرات کاهش حجم شریان آب قرار گرفته‌اند. پیامدهای ناشی از اجرای این طرح می‌تواند بر پتانسیل صنعت ژئوتوریسم نیز تاثیراتی داشته باشد؛ چرا که یکی از جاذبه‌های گردشگری منطقهٔ مطالعاتی، وجودِ همین گونه‌های گیاهی–جانوری و طبیعت بکر اطراف رودخانه‌هایی است که آب آنها انتقال داده شده است (شکل ۱۰).

شکل ۱۰. پتانسیل ژئوتوریسم: چشم‌اندازهای بکر محدوده رودخانه دره‌دایی (منطقه بالا دست تونل قطعهٔ ۵).

۵. بحث

www.SID.ir

Archive of SID

مشکلات زیست محیطی، عواملی هنجاری و ریشه در تفکر اخلاقی انسان‌ها نسبت به محیط زیست دارد (Axelord and Lehman, 1993). مسائل اخلاقی در فعالیت‌های مهندسی نیز تنها انتخاب‌های ساده، مابین درست و نادرست نیست، بلکه رقابت‌های پیچیده‌ای است که به منظور برقراری توازن بین منافع اقتصادی و تعهدات اجتماعی به‌ویژه ملاحظات زیست محیطی صورت می‌گیرد (صادقی، ۱۳۹۳). پژوهشگران در حوزه اخلاق زمین و اخلاق زیست محیطی نیز به دنبال دستیابی به سازو کارهایی هستند که قادر به ارائه راه‌کارهای اخلاقی برای حل معضلات زیست محیطی زمین باشند (Dallmeyer, 2006). از این‌رو نتایج این تحقیق را نیز می‌توان همسو با دیدگاه نویسندگانی دانست که به ضرورت ترویج مبانی نظریهٔ اخلاق زمین پرداخته‌اند (Lien et al, 2017).

اهداف این تحقیق را می‌توان همسو با گزارشات نویسندگانی دانست که نسبت به پیامدهای زیست محیطی حفاری تونل‌های قمرود هشدار داده و نسبت به ضرورت جبران خسارات ناشی از اجرای طرح، تأکید داشته‌اند (باقریان، ۱۳۸۵؛ جودکی و اجل‌لوئیان، ۱۳۹۰؛ جودکی و همکاران، ۱۳۹۰؛ فرخیان و همکاران، ۱۳۹۱؛ سرلک، ۱۳۹۵؛ سرلک و سرلک، ۱۳۹۵). نتایج در این پژوهش حاکی از آن است که پیامدهای اکوهیدرولوژیکیِ پروژه، محدود به منطقه الیگودرز نخواهد بود و در صورت عدم اِعمال یک برنامه محافظه‌کارانه (در خصوص میزان تخصیص حق‌آبه زیست محیطی رودخانه‌ها) در آینده حوزه پایین دست طرح را نیز تحت تأثیر قرار خواهد داد. فرخیان و همکاران (۱۳۹۱) نیز در مقاله خود معتقدند انتقال سرشاخه‌های رود دز در قالب طرح قمرود می‌تواند موجب بُروز پیامدهای زیست محیطی در استان خوزستان (کاهش منابع آب در: رود دز، چاه‌های کشاورزی و آب شرب شهرها، تالاب بامدژ، ذخیره نیروگاه‌های برق‌آبی و غیره) شود.

با وجود تمامی چالش‌های مذکور، می‌توان با نگرشی حرفه‌ای از منظر مبانی نظریه اخلاق زمین، راه‌کارهایی مسئله‌گشا جهت ایجاد سازگاری طرح با محیط زیست ارائه کرد:

۱- ضرورت آموزش مبانی نظریهٔ اخلاق زمین: در پژوهشی که توسط جودکی و اجل‌لوئیان (۱۳۹۵) انجام شده است یافته‌ها نشان می‌دهد سطح آگاهی جامعه مهندسین کشور از مفاد آیین‌نامه‌های اخلاق مهندسی در سطوح پایینی قرار دارد. مباحث اخلاق زمین و اخلاق محیط زیست نیز از مهمترین سرفصل‌های مبانی اخلاق مهندسی است که ترویج و نهادینه ساختن آن می‌تواند فضای ذهنی و تفکر تصمیم‌گیرندگان عمده (در پروژه‌هایی نظیر قمرود) را به سوی ملاحظات زیست محیطی، سوق دهد. به نحوی که طراحان، خود را ملزم بدانند علاوه بر ملاحظات زمانبندی و برآورد هزینه‌ها، فاکتورهای زیست‌محیطی را نیز در تصمیمات اجرایی (متناسب با شرایط زمین‌شناسی مناطق) لحاظ نمایند. ضرورت چنین آموزش‌هایی از این جهت است که تصمیمات اجرایی در بسیاری از پروژه‌ها از جمله قمرود (به‌طور مثال پیامدهای چاهِ حفاری شده در کیلومتراژ ۹+۴۷۰: شکل‌های ۸ و ۹) تأثیر بسزایی در وقوع پیامدهای نامطلوب زیست محیطی داشته است. در پروژه قمرود، تونل دسترسی عسگران به همراه یک مغار زیرزمینی اجرا شد تا محلی برای مونتاژ ماشین حفار (EPB TBM ساخت شرکت هرنکنشت آلمان برای قطعه ۱ و ۲) و شروع حفاری در شیب مثبت باشد. همچنین مقرر شده بود که مغار این تونل محل دمونتاژ و خروج ماشین حفار دیگر (DS TBM ساخت شرکت ویرث آلمان برای قطعه ۳ و٤) نیز باشد. در صورتی که به دلیل تصمیمات مدیریتی (متأثر از ملاحظات و سلایق اجرایی، محدودیت‌های زمانبندی طرح و غیره) سرانجام برای هیچکدام از موارد استفاده نشد و حفاری آن به شیوهٔ سنتی در شرایط نامساعد زمین‌شناسی (هجوم شدید آب در کیلومتراژ ۰+۸۰۰ تونل دسترسی عسگران) تنها عاملی برای تشدید آسیب‌ها به منطقه عسگران شد. در مراحل آخر اجرای پروژه، در شرایطی که حفاری تمام قطعه‌ها پایان یافته بود، هجوم آب در زون‌های خردشده و برخی عوامل اجرایی (مشکلات مکانیکی دستگاه حفار و...)، موجب تأخیر در حفاری کیلومتراژهای پایانی (در قطعه ۱) شده بود. لذا در سال ۱۳۸۹

www.SID.ir

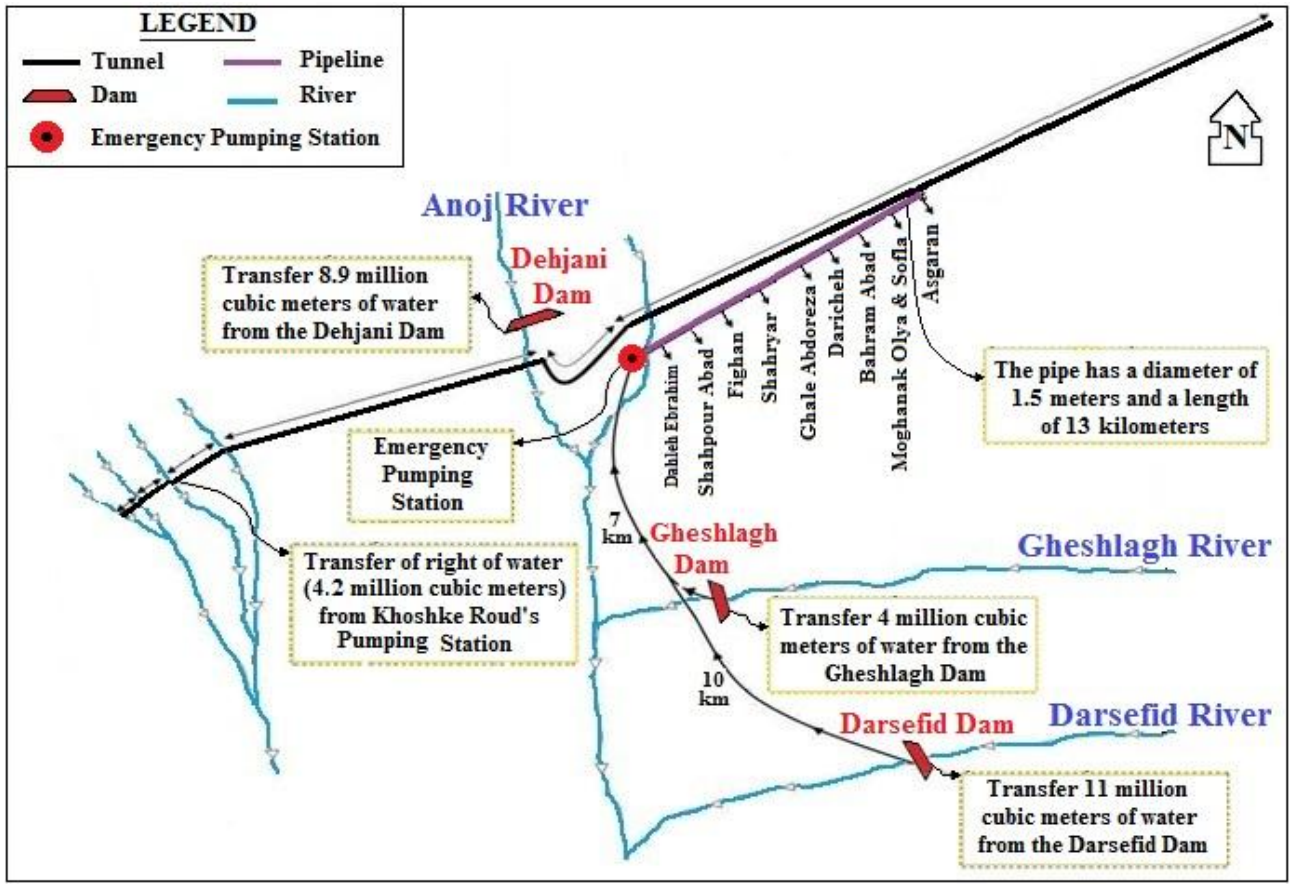
Archive of SID

با احداث یک ایستگاه پمپاژ اضطراری، آب رودخانه‌ها از ابتدای تونل اصلی (انوج به قمرود) بر روی سطح زمین به وسیله خط لوله‌ای ۱۳ کیلومتری به یک مخزن بزرگ بتنی و از آنجا با خط لوله دیگری در مسیر تونل دسترسی مغانک شریان یافت و از آنجا با ورود به تونل اصلی در مسیر انتقال به شهرهای ایران مرکزی قرار گرفت. در سال ۱۳۹۱ پس از اتمام حفاری تونل (خروج دومین دستگاه حفار از تونلِ دسترسی مغانک) و بهره‌برداری نهایی، مقرر بود که تجهیزات ایستگاه پمپاژ اضطراری طرح قمرود (که در نزدیکی ابتدای تونل انوج به قمرود و با صرف هزینه سنگینی اجرا شده بود) برچیده شود. در حالی که این ایستگاه می‌تواند در آینده برای احیای اراضیِ آسیب‌دیده، نقش سرنوشت سازی را ایفا نماید. سرانجام با پیگیری‌های برخی مقامات، در این مورد تجدید نظر صورت گرفت و مقرر شد که تجهیزات ایستگاه پمپاژ اضطراری به منظور برنامه‌ریزی‌های آتی (تأمین منابع آب روستاهای آسیب دیده) در محل باقی بماند. بی‌شک اقدامات این مدیران نشأت گرفته از نوع تفکر اخلاقی ایشان و احساس رسالت در قبال کنترل پیامدهای طرح بوده است که می‌توان آن را تلاشی در چارچوب مفاهیم نظریهٔ اخلاق زمین نیز قلمداد نمود. از این‌رو چنین تجاربی موجب می‌شود که ضرورت ترویج مبانی نظریهٔ اخلاق زمین در جامعه مهندسین کشور (تدوین سرفصل‌های آموزشی و آیین‌نامه‌های حرفه‌ای در حوزه‌های دانشگاهی و صنایع)، بیش از پیش احساس شود.

۲- استفاده از ایستگاه‌های پمپاژ در مسیر تونل و احداث سد: تخصیص بخشی از جریان آب انتقالی به اراضی مسیر تونل (به‌وسیله پمپاژ از طریق تونل‌های دسترسی عسگران و مغانک) می‌توانست ضمن احیای مناطق آسیب‌دیده، به تثبیت جوامع روستایی و جلوگیری از افزایش روند مهاجرت‌ها کمک نماید. اما در پروژه قمرود تخصیص آب انتقالی جهت تأمین نیاز در مناطق ایران مرکزی بوده است و قوانین موجود امکان اخذ چنین مجوزی (برای نیاز بخش کشاورزی در مناطق روستایی الیگودرز) را دشوار کرده است. با وجود این محدودیت، در پی شکایات روستاییان و در ادامه با پیگیری مقامات محلی، یک طرح پیشنهادی دیگر بر اساس ایدهٔ استفاده از ایستگاه پمپاژ اضطراری تونل قمرود جهت بهره‌برداری از سایر منابع آبی شهرستان (رودخانه‌های دارسفید، قشلاق، انوج) ارائه شده است. این طرح پس از بررسی و مطالعات تکمیلی توسط یک شرکت مشاور ذیصلاح، در دست پیگیری است. بر اساس این طرح در آینده با تخصیص بودجه، بر روی تعدادی از رودخانه‌های اطراف ایستگاه پمپاژ (خارج از حوزه رودخانه‌های انتقالی طرح قمرود) سدهایی (سد دارسفید، قشلاق، ده‌جانی) احداث می‌شود. مطالعات مقدماتی زمین‌شناسی سدهای مخزنی و نحوه توزیع منابع آب به انجام رسیده است. با استفاده از ایستگاه پمپاژ اضطراری و خطوط انتقال، ذخیرهٔ آب این سدهای مخزنی (و نیز بخشی از شریان حقآبه خشکه رود)، جهت سیراب کردن اراضی آسیب‌دیده در مسیر تونل استفاده خواهد شد. سیمای طرح مذکور در شکل ۱۱ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۱. سیمای پروژه جبران خسارات تونل قمرود، جهت تأمین منابع آب و احیای مجدد اراضی کشاورزی (با اقتباس از منبعِ شرکت مهندسین مشاور آب و انرژی اروند، ۱۳۹۲).

۳- اسکان مجدد اهالی روستای عسگران و سایر مهاجرین مناطق: با توجه به بازدیدهای میدانی در منطقه و مصاحبه با روستاییان، در صورت فراهم شدنِ بسترهای لازم (تأمین منابع آب) پتانسیل ایجاد شرایط مذکور، در آینده وجود خواهد داشت.

٤- پایش دقیق منابع آب و زیستگاه‌های گیاهی-جانوری: از منظر مبانی نظریه اخلاق زمین، ضروری است که برنامه‌ریزان، بستری را فراهم نمایند تا اندازه‌گیری دقیق شاخص‌های کمی و کیفی منابع آب (سطحی و زیرزمینی) و نیز کنترل وضعیت زیستگاه‌ها (گیاهی-جانوری) در حوضه‌های تحت تأثیر (به‌ویژه مناطق پایین دست طرح در استان خوزستان) در سال‌های آتی نیز به‌طور مستمر انجام گیرد؛ به نحوی که قبل از ایجاد پیامدهای زیست‌محیطیِ جدید، تدابیر لازم اندیشیده شود و در صورت لزوم میزان تخصیص حق‌آبه‌های زیست محیطی رودخانه‌ها مورد بازبینی قرار گیرد. به همین دلیل تهیه یک برنامه مدون (توسط ارگان‌های نظارتی و متولیان محیط زیست کشور) جهت کنترل حجم آب انتقالی (با لحاظ کردن احتمال وقوع دوره‌های خشک‌سالی) و مدیریت مصرف در حوضه مقصد (مناطق ایران مرکزی)، امری ضروری است.

۵- جلب رضایت روستاییان با پرداخت غرامت: در اجرای سازه‌های بزرگی مانند تونل‌های قمرود، اگرچه نمی‌توان به‌طور کامل پیامدهای زیست محیطی را کنترل کرد؛ ولی می‌توان با پرداخت غرامت‌های منصفانه به اشخاصی که بیشترین آسیب را دیده‌اند (کشاورزان، دامداران و غیره)؛ آنها را به ذینفع تبدیل کرد. توجه به عدالت اجتماعی و اقتصادی از مهم‌ترین مفاهیم در مبانی اخلاق زمین است. از این‌رو به لحاظ اخلاقی، جلب رضایت خاطر روستاییان نباید تنها به

www.SID.ir

Archive of SID

جبران ارزش چاه، خانه و زمین‌هایی که از دست داده‌اند محدود شود. بلکه می‌بایست در برآورد غرامت‌ها، کلیه جنبه‌ها و هزینه‌هایی که متحمل شده‌اند به حساب آورده شود.

٦- توسعه دامنه مطالعات زمین‌شناسی در مرحله کاوش‌های ساختگاهی طرح‌ها: بر اساس مشاهدات میدانی، عمدهٔ پیامدهای زیست‌محیطی تونل قمرود به‌طور مستقیم به مباحث زمین‌شناسی مربوط می‌شود. از این‌رو توسعه مطالعات زمین‌شناسی در چنین طرح‌هایی، می‌تواند در تعدیل پیامدهای زیست محیطی مفید واقع شود. در صورت انجام چنین مطالعاتی می‌توان با اندیشیدن تمهیدات و انتخاب روش تونل‌سازی مناسب (انتخاب دستگاه حفار متناسب با شرایط زمین‌شناسی جهت کنترل آب هجومی) و با اقدامات پیشگیرانه حین حفاری (استفاده از روش‌های پیش‌بینی نظیر: "حفاری گمانه پیشرو، اجرای روش ژئوفیزیکی لرزه‌ایِ TSP، استفاده از تجهیزات ژئوالکتریکِ Beam بر روی دستگاه حفار"؛ استفاده از روش‌های نوین آببند کردن زمین نظیر: "تزریق فوم و مواد شیمیایی") تا حد زیادی از تغییرات رژیم هیدروژئولوژی مناطق جلوگیری کرد. از این‌رو در پروژه‌های عمرانی، برنامه‌ریزی کارفرمایان جهت توسعهٔ دامنه مطالعات زمین‌شناسی، می‌تواند به عنوان اصلی‌ترین سیاست در چارچوب مبانی نظریهٔ اخلاق زمین قابلیت اجرایی داشته باشد.

٦. نتیجه‌گیری

نتایج مطالعات میدانی بیانگر این حقیقت است که عملیات احداث تونل قمرود ضمن تغییر رژیم هیدروژئولوژی، تأثیراتی نیز بر جوامع انسانی و اکوسیستم‌های منطقه الیگودرز داشته است. از منظر مبانی نظریهٔ اخلاق زمین، پیگیری راه‌کارهای اصلاحی جهت جبران تأثیرات طرح، ضرورتی اجتناب ناپذیر است؛ چرا که یکی از فاکتورهای مهم در توسعه پایدار کشور، حفاظت از اکوسیستم‌ها و توجه به ظرفیت‌های زیست‌محیطی (ژئوتوریسم و اکوتوریسم) است. همگی پیامدهای طرح به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم متأثر از شرایط زمین‌شناسی ساختگاه (توسعه آبخوان‌ها در زون‌های گسلی، شیب لایه‌بندی‌ها، تغییرات لیتولوژیکی و غیره) طرح بوده است. در این راستا پیگیری برخی پیشنهادات از جمله؛ آموزش مبانی نظریهٔ اخلاق زمین، توسعه مطالعات زمین‌شناسی در مرحله کاوش‌های ساختگاهی طرح‌ها، پرداخت غرامت‌های عادلانه و اسکان مجدد مهاجرین روستایی در زادگاهشان، استفاده از ایستگاه پمپاژ اضطراری قمرود و احداث سه سد جدید (بر روی رودخانه‌های قشلاق، دار سفید و انوج) برای احیای مجدد کشاورزی منطقه، پایش دقیق منابع آب، بازبینی تخصیص حق‌آبه‌های زیست محیطی رودخانه‌ها و... می‌تواند در چارچوب مبانی نظریهٔ اخلاق زمین قابلیت اجرایی داشته باشند و گام‌های تأثیرگذاری در جهت ایجاد سازگاری طرح با محیط زیست منطقه محسوب شوند.

تشکر و قدردانی

در پایان از برادران عزیز آقایان مهندس ظریفی، آسترکی، رستمی، سرلک، سرداری، ابراهیمی، محمودی، پورفرزاد، گودرزی و گائینی به دلیل همکاری در مراحل مختلف پژوهش (بازدیدهای صحرایی و جمع‌آوری اطلاعات)، قدردانی می‌گردد.

منابع

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول، ٥٨٦ صفحه.

احمدی، م. و دودانگه، د.، ۱۳۸۸. گذر از مسیر سنگی، آبرفتی و آبدار با EPB TBM در قطعه ۱ تونل بلند قمرود، هشتمین کنفرانس ملی تونل ایران، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

باقریان، س.، ۱۳۸۵. بازنگری در مدیریت توزیع انتقال آب طرح قمرود جهت رفع نیازهای شهرستان الیگودرز، نخستین همایش منطقه‌ای آب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان.

www.SID.ir

Archive of SID

جودکی، و. و اجل‌لوئیان، ر.، ۱۳۹۵. اخلاق مهندسی در پروژه‌های عمرانی، فصلنامه علمی پژوهشی اخلاق در علوم و فناوری، سال ۱۱، شماره ۳، صفحات ۳۸-۲۹.

جودکی، و. و اجل‌لوئیان، ر.، ۱۳۹۰. بازنگری پروژه تونل انتقال آب قمرود از منظر دیدگاه جامع‌گرایانه (Holistic Approach)، اولین همایش منطقه‌ای توسعه منابع آب، ابرکوه یزد.

جودکی، و.، اجل‌لوئیان، ر. و سهرابی‌بیدار، ع.، ۱۳۹۰. شرایط پیچیده زمین‌شناسی و مسائل زیست محیطی در مسیر احداث تونل قمرود، هفتمین کنفرانس ملی زمین‌شناسی مهندسی و محیط زیست ایران، دانشگاه صنعتی شاهرود.

جودکی، و. و اجل‌لوئیان، ر. ۱۳۹٤. نقش شرایط زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی سازندها در رخداد مخاطرات حفاری (مطالعه موردی تونل قمرود)، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، سال ۲۵، شماره ۹۷، صفحات ۱٦۲-۱۵۱.

جودکی، و. اجل‌لوئیان، ر. و یزدخواستی، ن.، ۱۳۹۷. مقایسهٔ نتایج برگردان دوبُعدی داده‌های مقاومت‌سنجی با شرایط زمین‌شناسی در مسیر حفاری قطعه ۳ و ٤ تونل قمرود، مجله علمی پژوهشی انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، جلد یازدهم، شماره ۱، صفحات ٦٤-٤۹.

جودکی، و. کوهیان‌افضل، ف. عالی‌انوری، ع. اجل‌لوئیان، ر. و سهرابی‌بیدار، ع.، ۱۳۹٦. بررسی اشکال انحلالی سطحی و میزان توسعه آب زیرزمینی در ساختگاه قطعه ٤ تونل قمرود، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، سال ۲٦، شماره ۱۰۳، صفحات ٤۰-۲۹.

حسن‌پور، ج. و ذوالفقاری، م.، ۱۳۸۸، تحلیل عملکرد واقعی TBM با سپر تلسکوپی در ۲٤/۵ کیلومتر تونل قمرود، سمینار علمی کاربردی، انجمن تونل ایران.

سرلک، ح.، ۱۳۹۵. ارائه طرح نهایی سامانه جبران اثرات طرح قمرود بر منابع آبی الیگودرز، اولین همایش ملی علوم کاربردی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد الیگودرز.

سرلک، ا. و سرلک، ح.، ۱۳۹۵. مدیریت منابع آب و حفظ محیط زیست کشور در جهت توسعه پایدار با مطالعه موردی پروژه انتقال آب بین حوضه‌ای قمرود، چهارمین کنگرهٔ بین‌المللی مهندسی عمران معماری و توسعه شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران.

شرکت مهندسین مشاور آب و انرژی اروند، ۱۳۹۲. گزارش استفاده از ایستگاه پمپاژ اضطراری جهت آبیاری اراضی آسیب دیده از طرح انتقال آب قمرود.

صادقی، ه.، ۱۳۹۳. فلسفهٔ اخلاق، ترجمه کتاب "Ethics" نوشته Frankena, W.K., 1973، انتشارات طه قم، چاپ اول، ۲۷۲ صفحه.

فرخیان، ف.، ابراهیم‌زاده، س.م.ا. و مفاخر، م.، ۱۳۹۱، بررسی زیست محیطی و مدیریتی انتقال آب بین حوضه‌ای: مطالعه موردی حوضه کارون بزرگ طرح قمرود، اولین کنفرانس ملی راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار در بخش‌های کشاورزی منابع طبیعی و محیط زیست، وزارت کشور، تهران.

ملکیان، م.، دقیقی، م.، مخبر، ع.، ثلاثی، م.، قائد، م.، شجاعی، م. و غبرایی، ه. ۱۳۸٤. اخلاق زیست محیطی، ترجمه کتاب :Environmental Ethics "Readings in Theory and Application" نوشته Pojman L.P., 2001، انتشارات توسعه، چاپ اول، ٤۳٦ صفحه.

ASCE. 1997.Code of Ethics. American Society of Civil Engineering.

Attanayake, P.M. and Waterman MK. 2006. Identifying environmental impacts of underground construction, Hydrogeology Journal; 14(7): 1160-1170.

Axelord, L.J. and Lehman D.R. 1993. Responding to environmental concern: what factor rude individual action?, Journal of Environmental Psychology; 13: 149-159.

Barla, G. and Pelizza, S. 2000. TBM tunneling in difficult ground conditions, Proceedings of GeoEng 2000, Proceedings of the International Conference on Geotechnical & Geological Engineering, Melbourne, November 19–24, 2000, Technomic Publishing Company, Lancaster:329–354.

Borca, T. 2007. Hallandsa°s—Sweden's most environmentally controlled Construction Project. Aufbereitungs-Technik (Mineral Processing); 48(6): 26–36.

Brans, J.P. 2002. OR, Ethics and Decisions: the OATH of PROMETHEUS. European Journal of Operational Research; 140: 191-196.

Brans. J.P. 2004. The management of the future Ethics in OR: Respect, multicriteria management, happiness, European Journal of Operational Research; 153: 466-467.

www.SID.ir

Archive of SID

Dallmeyer, D.G. 2006. Incorporating environmental ethics into ecosystem-based management. Presented in: 6th Marine Law Symposium. Roger Williams University School of Law, Bristol, Rhode Island; October,19-20.

Gisbert, J., Vallejos, A., Gonz´alez, A. and Pulido-Bosch, A. 2009. Environmental and hydrogeological problems in karstic terrains crossed by tunnels: a case study, Environmental Geology; 58(2): 347–357.

Golian, M., Teshnizi, E.S. and Nakhaei, M. 2018. Prediction of water inflow to mechanized tunnels during tunnel-boring-machine advance using numerical simulation. Hydrogeol J. doi: 10.1007/s10040-018-1835-x.

Golian, M., Katibeh, H., Singh, V.P., Ostad-Ali-Askari, K. and Tavasoli Rostami, H. 2019. Prediction of tunneling impact on flow rates of adjacent extraction water wells. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. DOI: https://doi.org/10.1144/qjegh2019-055.

Hatcher, T. 2004. Environmental ethics as an alternative for evaluation theory in for-profit business contexts. Evaluation and Program Planning, 27: 357-363.

Johnson, D.G. and Wetmore, JM. 2008. STS and Ethics: Implications for Engineering Ethics. The Handbook of Science and Technology Studies, Third Edition, The MIT Press. Pp.567-581.

Kortenkamp, K.V. and Moore, C.F. 2001. Ecocentrism and anthropocentrism: Moral reasoning about ecological commons dilemmas. Journal of Environmental Psychology; 21: 261-272.

Kuzu, C. 2008. The mitigation of the vibration effects caused by tunnel blasts in urban areas a case study in Istanbul. Environmental Geology; 54: 1075–1080.

Kværner, J. and Snilsberg P. 2013. Hydrogeological impacts of a railway tunnel in fractured Precambrian gneiss rocks (south-eastern Norway), Journal of Hydrology; 21(7): 1633-1653.

Kværner, J. and Snilsberg P. 2008. The Romeriksporten railway tunnel — Drainage effects on peatlands in the lake Northern Puttjern area, Engineering Geology; 101: 75–88.

Leopold, A. 1949. The Land Ethics: A Sand County Almanac. Oxford University Press, New York. Pp. 224.

Lien, A.M., Svancara, C., Vanasco, W., Ruyle, G.B. and Hoffman, L.L. 2017. The Land Ethic of Ranchers: A Core Value Despite Divergent Views of Government. Rangeland Ecology & Management; 70(6): 787-793.

Li, H. and Kagami, H. 1997. Groundwater level and chemistry changes resulting from tunnel construction near Matsumoto City, Japan. Environ Geol; 31(1–2):76–84.

Ii, H. and Misawa, S. 1994. The groundwater chemistry within a plateau neighboring Matsumoto city, Jap J Environ Geol; .24(3): 166–175.

Liu, J., Liu, J. and Song, K. 2015. Evaluation of the Influence Caused by Tunnel Construction on Groundwater Environment: A Case Study of Tongluoshan Tunnel, China, Advances in Materials Science and Engineering, Article ID 149265; Pp.14.

Minteer, B.A., Corley, E.A. and Manning, R.E. 2003. Environmental ethics beyond principle? The case for a pragmatic contextualism. Journal of Agricultural and Environmental Ethics; 17: 131-156.

Mossmark, F., Annertz, K.K., Ericsson, L.O. and Norin, M. 2017. Hydrochemical impact of construction of the western section of the Hallandsa°s rail tunnel in Sweden, Bull Eng Geol Environ; 76:751–769.

O'neill, O. 2002. Autonomy and Trust in Bio ethics. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 228.

Ozer, U. 2008. Environmental impacts of ground vibration induced by blasting at different rock units on the Kadikoy–Kartal metro tunnel, Engineering Geology; 100 (1,2):82-90.

Cheraghi Seifabad, M. 2013. Engineering geology of ghomroud tunnel with emphasis on water inflow-a case study, Journal of Geotechnical Engineering; 18:45-54.

Shafiei, A., Dusseault, M.B., Sani, F.F. and Sotoudeh, M. 2008. Engineering Geological Problems along the ghomroud Long Tunnel Lot No.1 in Iran. the 42nd US Rock Mechanics Symposium. American Rock Mechanics Association. San Francisco.

Stocklin, J. 1968. Structural history and tectonics of Iran : a review. American Association Petroleum Geologists, Bulletin; 52(7): 1229 – 1258.

Stocklin, J. 1977. Structural correlation of the Alpine range between Iran central Asia. Memoire Hors-Serve No.8 dela Societe Geologique de France, 8: 333-353.

Vincenzi, V., Gargini, A., Goldscheider, N. and Piccinini, L. 2014. Differential Hydrogeological Effects of Draining Tunnels Through the Northern Apennines, Italy. Journal of Rock Mechanics and Rock Engineering;47(3): 947–965.

www.SID.ir

Archive of SID

Vincenzi, V., Gargini, A. and Goldscheider, N. 2009. Using tracer tests and hydrological observations to evaluate effects of tunnel drainage on groundwater and surface waters in the Northern Apennines (Italy). Hydrogeology Journal; 17(1): 135–150.

Wang, G.F., Wu, Y.X., Lu, L., Li, G. and Shen, J.S. 2019,Investigation of the geological and hydrogeological environment with relation to metro system construction in Jinan, China. Bulletin of Engineering Geology and the Environment,Volume 78, Issue 2, pp 1005–1024.

White, L. 1967. The historical roots of our ecological crisis. Science; 155: 1203 - 1207.

www.SID.ir