

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# پروژه تونل انتقال آب کرمان

## تجربیات طرح و اجرای عملیات تزریق آب بندی

□ گروه پروژه های زیرزمینی

❖ حمیدرضا توکلی

❖ سعید عباسی

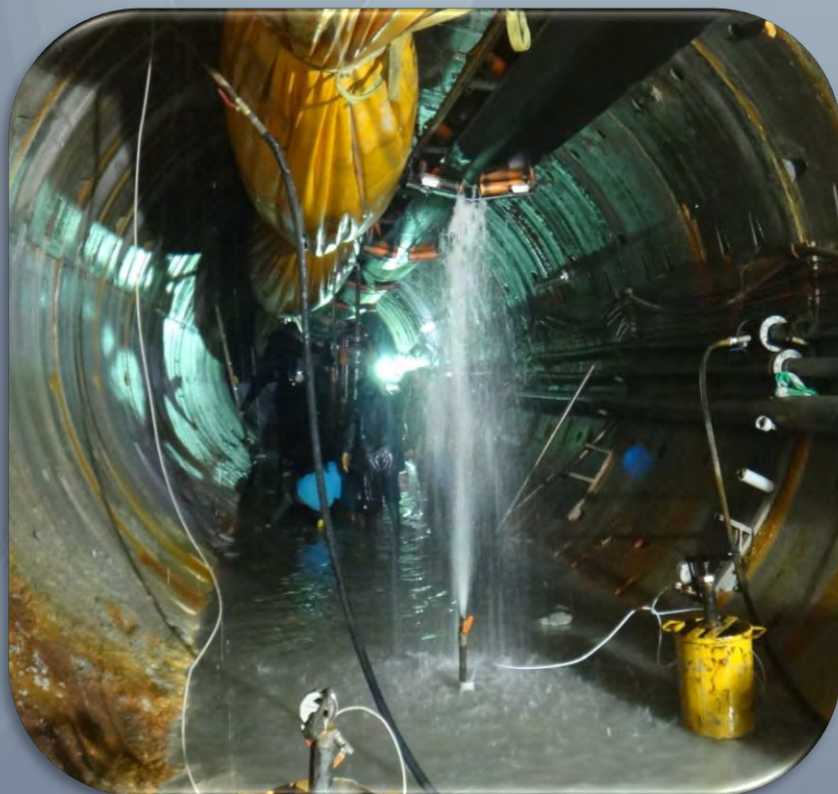
تاریخ ارائه: بهمن ۱۳۹۷



ساحل امید ارناغان  
مهندس مشاور



سازمان تحقیقات  
و توسعه منابع  
آب و فاضلاب  
قرارگاه سازندگان  
آب



- معرفی پروژه ✓
- مطالعات ✓
- طرح مشکل ✓
- طراحی پارامترهای تزریق ✓
- بررسی عملیات تزریق ✓

## ۱ سامانه انتقال آب کرمان

۱

۲

۳

۴

۵

❖ مطابق مطالعات مهندسی مشاور مهاب قدس بر روی مدل ریاضی آب زیر زمینی دشت های

کرمان، بردسیر، قریه العرب و بهرامجرد (۱۳۷۰-۱۳۶۹)، بیلان آب های زیر زمینی در مناطق مذکور منفی است.

❖ در حال حاضر تامین آب مورد نیاز شهر کرمان غالبا از منابع آب زیر زمینی (چاه ها و قنات) مشتمل بر ۴۲ حلقه چاه و تعدادی رشته قنات صورت می گیرد.

❖ با روند فعلی رشد جمعیت تا سال ۱۴۰۰ جمعیت شهر کرمان از یک میلیون نفر گذشته و آب مورد نیاز سالانه به حدود بیش از ۱۰۰ میلیون متر مکعب خواهد رسید.

# معرفی پروژه

## سامانه انتقال آب کرمان

۱

❖ سد سرمشک

۲

❖ سد صفا رود

۳

❖ ایستگاه پمپاژ و خط لوله

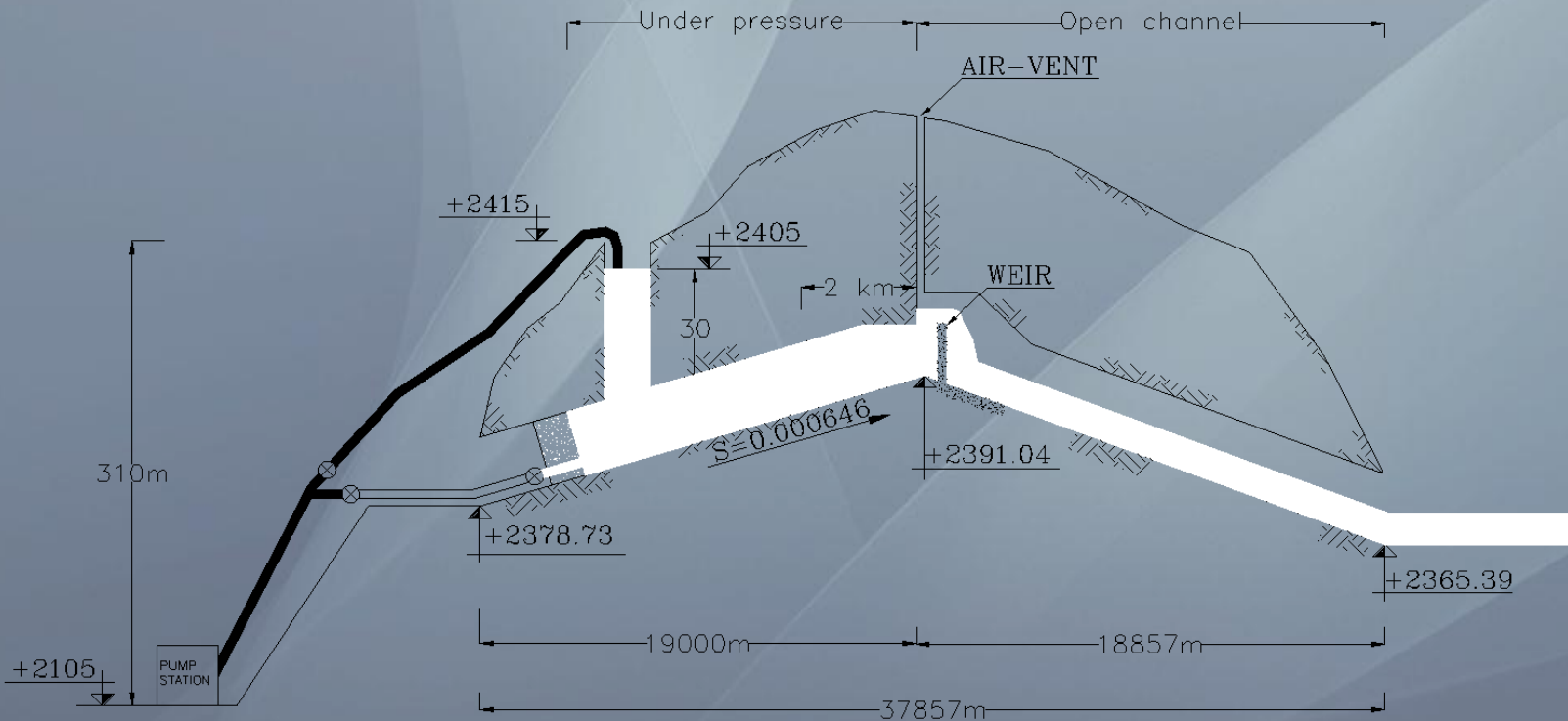
۴

❖ تونل انتقال آب

۵

❖ خط لوله با جریان ثقلی

❖ تصفیه خانه



## پروژه تونل انتقال آب کرمان

۱

۲

۳

۴

۵

❖ هدف از احداث تونل انتقال آب کرمان ظرفیت سازی جهت انتقال آب با دبی ۲۲ متر مکعب بر ثانیه به منظور

تأمین بخشی از نیاز آب شهر کرمان از منابع آبی مطمئن است.

❖ تونل انتقال آب کرمان در راستای شمالی جنوبی و در دل سلسله کوه های هزار و لاله زار به طول ۳۸ کیلومتر

طراحی شده است.

❖ ورودی تونل در نزدیکی روستای گنجان (از توابع شهرستان رابر) و خروجی آن در فاصله ۳ کیلومتری روستای

گلزار (از توابع شهرستان بردسیر) قرار دارد.

❖ تونل اصلی توسط یک رشته تونل دسترسی به طول ۲۶۱۲ متر در منطقه شیرینک به دو قطعه جنوبی و شمالی

هر یک به طول ۱۹ کیلومتر تقسیم می شود.

## موقعیت جغرافیایی پروژه

۱

۲

۳

۴

۵



# معرفی پروژه

۱ اجزای پروژه

۲

۳

۴

۵



تراز ورودی تونل: ۲۳۷۸

۲/۶۱ کیلومتر با شیب  
-۱۱/۴ درصد

تراز خروجی تونل: ۲۳۶۵

۱۹ کیلومتر با شیب  
۰/۰۶۴۶ درصد

تراز قله مسیر تونل:  
۲۳۹۱

۱۹ کیلومتر با شیب  
-۰/۱۳۶ درصد

## ۱ ویژگی‌های پروژه

- ❖ ۲ طولی‌ترین تونل انتقال آب خاورمیانه
- ❖ ۳ تحت فشار بودن قطعه جنوبی تونل
- ❖ ۴ حفاری در سنگ‌های سخت و ساینده
- ❖ ۵ حفاری در زون‌های گسله و خرد شده
- ❖ احتمال مچاله شونده‌گی و انفجار سنگ در مناطق با روباره بالا
- ❖ احتمال برخورد با سفره‌های آرتزین
- ❖ احتمال مواجهه با آب‌های گرم و شور و همچنین زون‌های گازدار



## شناسنامه پروژه

| شرح  | عنوان                    |
|--|--------------------------|
| شرکت آب منطقه ای استان کرمان                             | کارفرما:                 |
| مهندسين مشاور ری آب                                      | مشاور کارفرما:           |
| قرارگاه سازندگی خاتم الانبياء- گروه تخصصی نوح- موسسه حرا | پیمانکار:                |
| مهندسين مشاور ساحل امید ایرانیان - زیستاب                | مشاور پیمانکار:          |
| طرح و ساخت (EPC) صنعتی                                   | نوع قرارداد:             |
| ۶۰۱۰۵،۰۵۱،۹۲۳،۹۴۳ ریال                                   | مبلغ اولیه پیمان (ریال): |
| سه ماهه سوم سال ۱۳۹۳                                     | دوره مبنای پیمان:        |
| ۱۳۹۴/۰۳/۰۶   | تاریخ ابلاغ قرارداد:     |
| ۶۰ ماه   | مدت اولیه پیمان:         |
| ۱۳۹۴/۰۳/۰۹   | شروع پروژه:              |
| ۱۳۹۹/۰۳/۰۷   | پایان پروژه:             |

۱

۲

۳

۴

۵

## ۱ کلیات روش اجرای پروژه

- ❖ ۲ حفاری از دو جبهه کاری شمالی و جنوبی با استفاده از دو دستگاه حفاری مکانیزه (TBM)
- ❖ ۳ احداث کارخانه تولید قطعات پیش ساخته بتنی
- ❖ ۴ حفاری تونل دسترسی
- ❖ ۵ احداث مغار دمونتاز در محل تقاطع تونل اصلی و تونل دسترسی
- ❖ ۵ دمونتاز دستگاه های حفاری در محل مغار و خروج دستگاه ها

## مشخصات فنی دستگاه TBM تونل شمالی

❖ ماشین حفاری از نوع TBM-Hard Rock با نام S323، طراحی و ساخت شرکت هرکنشت آلمان



❖ قطر حفاری ۴/۶۶۵ متر و قطر تمام شده ۳/۹۰ متر

❖ پوشش نهایی سگمنت تتراگونال یونیورسال (۱+۵)

❖ المان آب بندی تونل: سگمنت بتنی و نوار آب بند

❖ ضخامت لاینینگ: ۲۵ سانتی متر

❖ ضخامت پی گراول و تزریق تماسی: ۱۳/۲۵ سانتی متر

❖ عرض سگمنت: ۱/۳ متر

❖ اتصالات سگمنت: بولت خمیده

❖ کیلومتر فعلی جبهه کار: ۱۰۳۱۷ متر

## مشخصات فنی دستگاه TBM تونل جنوبی

۱

❖ ماشین حفاری از نوع TBM-Hard Rock با نام S357، طراحی و ساخت شرکت هرکنشت آلمان

۲

❖ قطر حفاری ۵/۲۷۵ متر و قطر تمام شده ۴/۵۰ متر

۳

❖ پوشش نهایی سگمنت تتراگونال کف ثابت (۱+۵)

۴

❖ آلمان آب بندی تونل: سگمنت بتنی و نوار آب بند

۵

❖ ضخامت لاینینگ: ۲۴ سانتی متر

❖ ضخامت پی گراول و تزریق تماسی: ۱۴/۷۵ سانتی متر

❖ عرض سگمنت: ۱/۵ متر

❖ اتصالات سگمنت: بولت مستقیم

❖ کیلومتر فعلی جبهه کار: ۵۳۰۴ متر



## مشخصات کارخانه سگمت

۱

❖ کارخانه با زیربنای ۴۲۳۰ متر مربع در زمینی به مساحت ۶ هکتار واقع شده است.

۲

❖ تولید سگمت های بتنی کارگاه تونل جنوبی با استفاده از ۴۲ قالب (۷ ست)، توان تولید میانگین ماهیانه ۴۲۰

۳

رینگ معادل ۶۳۰ متر طول تونل

۴

❖ تولید سگمت های بتنی کارگاه تونل شمالی با استفاده از ۴۸ قالب (۸ ست)، توان تولید میانگین ماهیانه ۴۸۰

۵

رینگ معادل ۶۲۴ متر طول تونل

❖ تعداد رینگ تولید شده فعلی: ۱۵۹۵۴ رینگ معادل ۲۱۸۹۵ متر



## مشخصات تونل دسترسی

۱

❖ تونل D شکل با طول تقریبی ۲/۶۱۲ کیلومتر و شیب ۱۱/۴-

۲

درصد

۳

❖ جهت هوادهی به تونل اصلی به منظور تغییر رژیم هیدرولیکی

۴

تحت فشار به سطح آزاد

۵

❖ پشتیبانی عملیات دمونتاژ دستگاه های حفاری مکانیزه و امور

مربوط به دوره بهره برداری

❖ متراژ فعلی جبهه کار: ۱۲۳۷ متر



# مطالعات پروژه

## عملیات ژئوتکنیک

۱

۲

۳

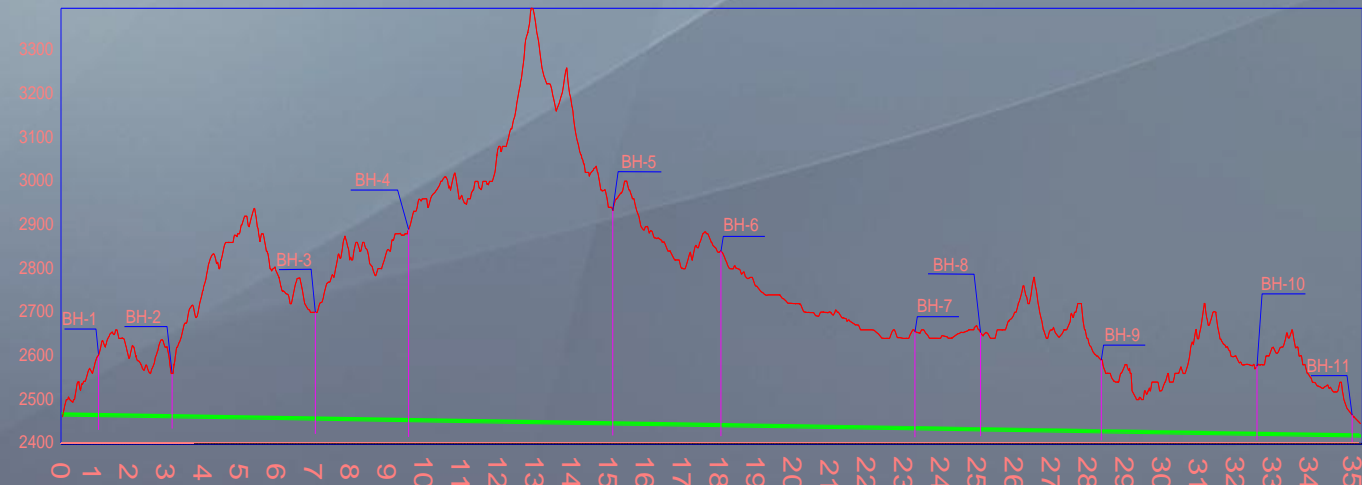
۴

۵

❖ پیشنهاد حفر ۱۴ گمانه به طول مجموع بیش از ۳۷۰۰ متر

❖ حداقل عمق ۵۰ و حداکثر ۵۰۰ متر

❖ دستورات عمل آزمایشهای آزمایشگاهی و صحرایی



## شرایط کلی زمین در مسیر تونل

۱

۲

۳

۴

۵

| شرایط سنگ   | کیلومتر    | قطعه |
|---|------------|------|
| ماسه سنگ های ضعیف و خرده سنگهای حاصل از هوازدگی سنگها. کیفیت سنگ های این منطقه متوسط و در مناطقی پائین و بسیار پائین است. | ۰ تا ۹     | ۱    |
| سنگ مقاوم تا بسیار مقاوم  | ۹ تا ۵۰۰+  | ۴    |
| توده سنگ های مقاوم تا بسیار مقاوم   | ۱۰ تا ۵۰۰+ | ۵    |
| توده سنگ مقاوم و سنگ های آذرین  | ۱۱ تا ۵۰۰+ | ۶    |
| توده سنگ آتشفشانی مقاوم تا بسیار مقاوم  | ۱۳ تا ۵۰۰+ | ۷    |
| گرانودیوریت خیلی مقاوم  | ۱۳ تا ۵۰۰+ | ۸    |
| سنگ های آندزیتی و بازالتی با روباره زیاد  | ۱۶ تا ۵۰۰+ | ۹    |
| گرانودیوریت خیلی مقاوم  | ۱۹ تا ۲۱   | ۱۰   |
| سنگ های آذرین مقاوم   | ۲۴ تا ۲۱   | ۱۱   |



## شرایط کلی زمین در مسیر تونل (ادامه)

۱

۲

۳

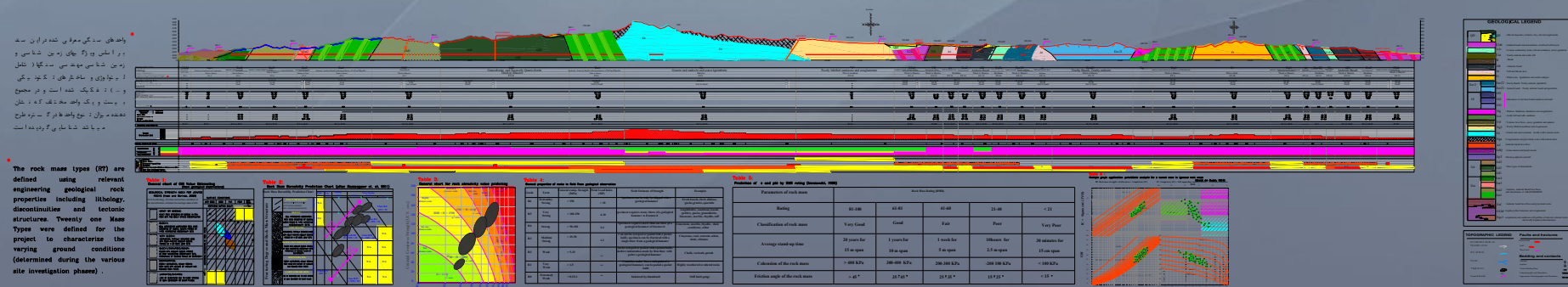
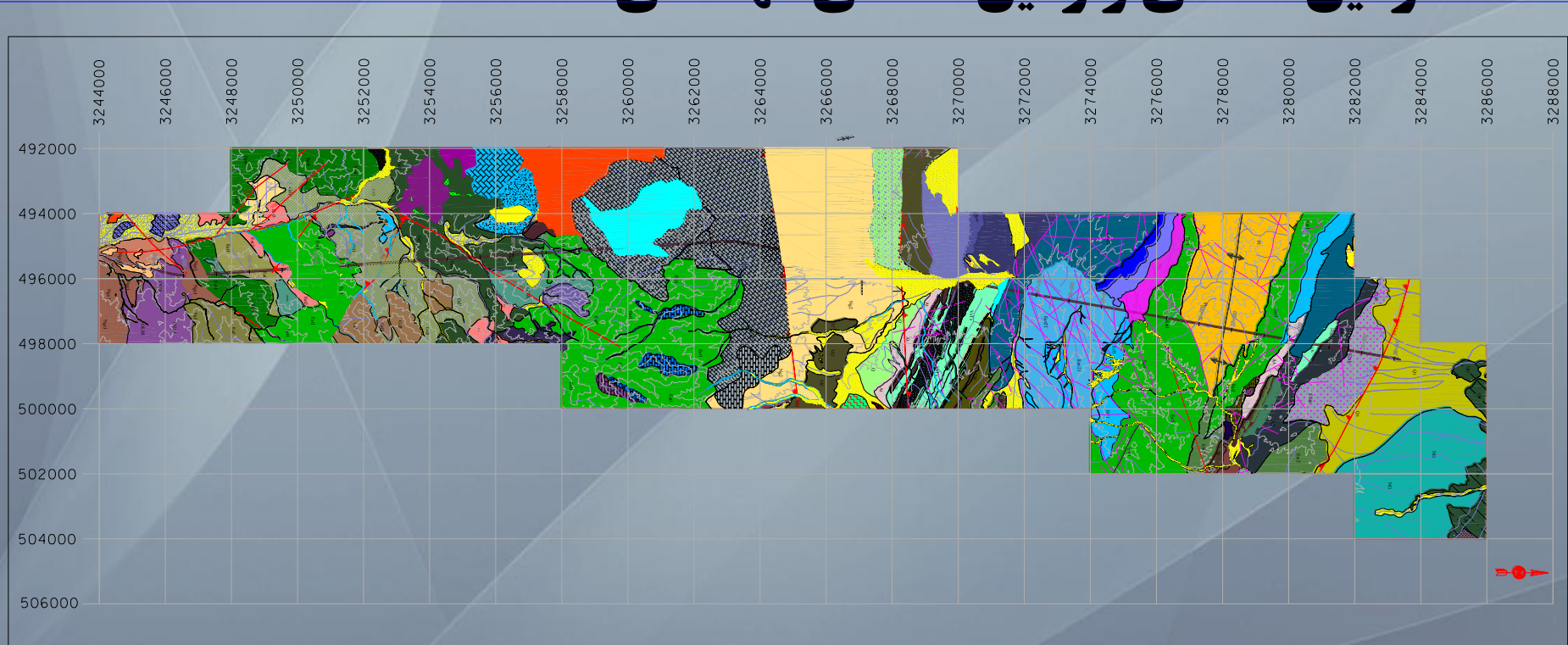
۴

۵

| شرایط سنگ  | کیلومتر      | قطعه |
|--|--------------|------|
| گرانودیوریت خیلی مقاوم                                   | ۲۴ تا ۲۵     | ۱۲   |
| کنگومرای نئوژن، آندزیت، بازالت مقاوم                     | ۲۵ تا ۲۵+۵۰۰ | ۱۳   |
| گدازه های آتشفشانی - وجود دو گسل اصلی                    | ۲۵+۵۰۰ تا ۲۷ | ۱۴   |
| کنگومرای نئوژن، آندزیت، بازالت مقاوم                     | ۲۷ تا ۳۵     | ۱۵   |
| توده سنگ های مقاوم تا بسیار مقاوم                        |              | ۱۶   |
| ساختار های رسوبی   |              | ۱۷   |
| مجموعه های رسوبی-ولکانی-شدیدا چین خورده و گسلی           |              | ۱۸   |
| ماسه سنگ های کنگومرا با لایه هایی از گل سنگ-مقاومت پائین |              | ۱۹   |
| دانه های شنی فشرده همراه با قلوه و بولدر                 |              | ۲۰   |
| سازند نئوژن  |              | ۲۱   |
| واحد های آبرفتی  |              | ۲۲   |

## مطالعات زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی

- ۱
- ۲
- ۳
- ۴
- ۵



واحد های سنگی معرفی شده در این سند بر اساس دوره های زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی سنگها شکل گرفته و با توجه به شرایط زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی در این منطقه و بر اساس نتایج حاصل از مطالعات زمین شناسی مهندسی در این منطقه تعیین شده است.

The rock mass types (RT) are defined using relevant engineering geological rock properties including lithology, discontinuities and tectonic structures. Twenty one Mass Types were defined for the project to characterize the varying ground conditions (determined during the various site investigation phases).

## مطالعات زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی (ادامه)

۱

۲

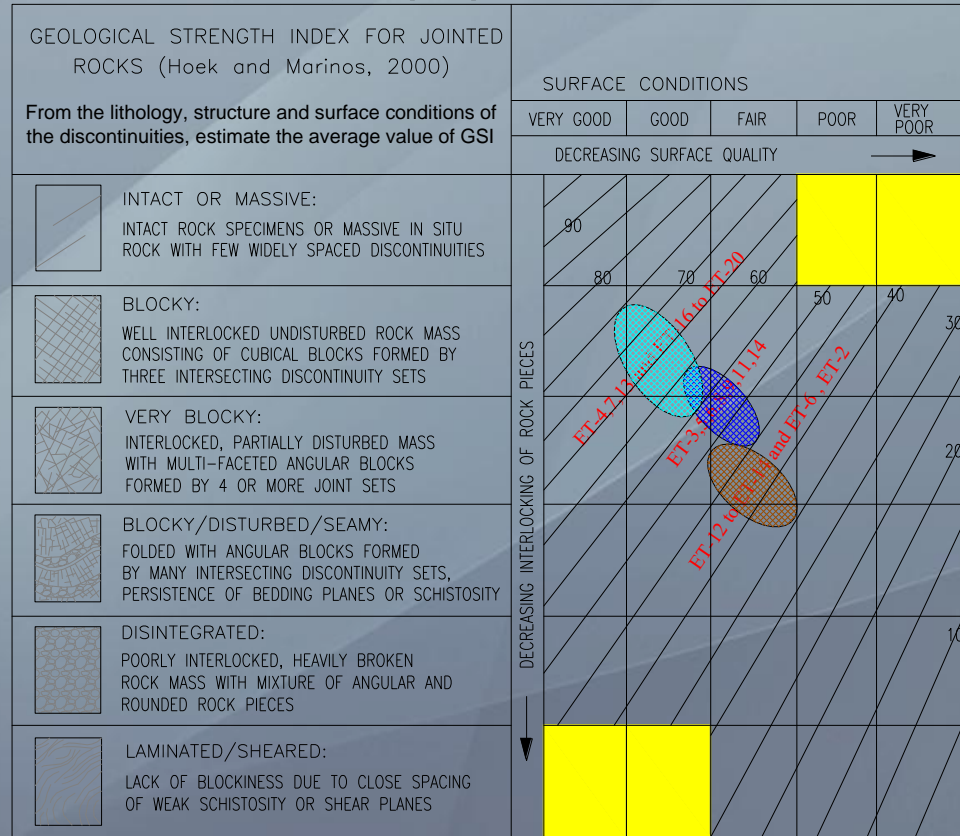
۳

۴

۵

| GEOLOGICAL LEGEND |  |
|-------------------|--|
| QD                | QD : Alluvial deposits, inclusive clay, silt and conglomerate  |
| E2ab              | E2ab : Andesit basalt and intercalations of tuff and tuff breccia  |
| VsTs              | VsTs : Volcano sedimentary rocks, tuff and sandstone, scarce ignimbrite                                      |
| TAt               | TAt : Trachy andesite and acidic tuff  |
| B                 | B : Basalt   |
| AB                | AB : Andesitic basalt  |
| At                | At : Tuff and Dacitic lava   |
| Ft                | Ft : Flush rocks, Ignimbrites and acidit rocktypes   |
| Eav2              | Eav2 : Trachy Basalt, Trachy andesite, Ignimbrite  |
| Eav21             | Eav21 : Andesit basalt, Trachy andesite basalt and ignimbrite  |
| OI3               | OI3  |
| OI2               | OI2 : Alternation of red thick beded sandstone and marl  |
| OI1               | OI1  |
| Ng                | Ng : Siltstone, Mudstone, Sandstone and conglomerate   |
| Ers2              | Ers2 : Acidic tuff and tuffo sandstone   |
| Vlf               | Vlf : Volcanic lava flows, scarce ignimbrite and andesite  |
| Ng2               | Ng2 : Poorly lithified sandstone and conglomerate  |
| Gr                | Gr : Granite and scarce andesite locally with volcanics rocks  |
| Nga               | Nga : Conglomerate and pyroclastic rocks with andesite lava  |
| Af                | Af : Andesite-basalt lava flows  |
| GdQ               | GdQ : Grano-diorite and Quartz diorite   |
| DpT               | DpT : Diorite-porphyrte and tuff   |
| Gd3               | Gd3  |
| Gd                | Gd : Three types of Granodiorite   |
| Gd2               | Gd2  |
| Gd1               | Gd1  |
| Eat4              | Eat4   |
| Eat3              | Eat3   |
| Eat2              | Eat2 : Andesite, Andesite Basalt lava flows, and intercalations of GRANODIORITE                              |
| Eat1              | Eat1   |
| Eaf               | Eaf : Andesite basalt lava flows and pyroclastic rocks   |
| OLM               | OLM : Lepidocyclina Limestone and conglomerate   |
| Ngc1              | Ngc1 : conglomerate and sandstone with pebbles of miocene volcanic rocks and locally Lepidocyclina limestone |

General chart of GSI Value Estimating  
(from geological observations)



## مطالعات زمین شناسی و زمین شناسی مهندسی (ادامه)

۱

۲

۳

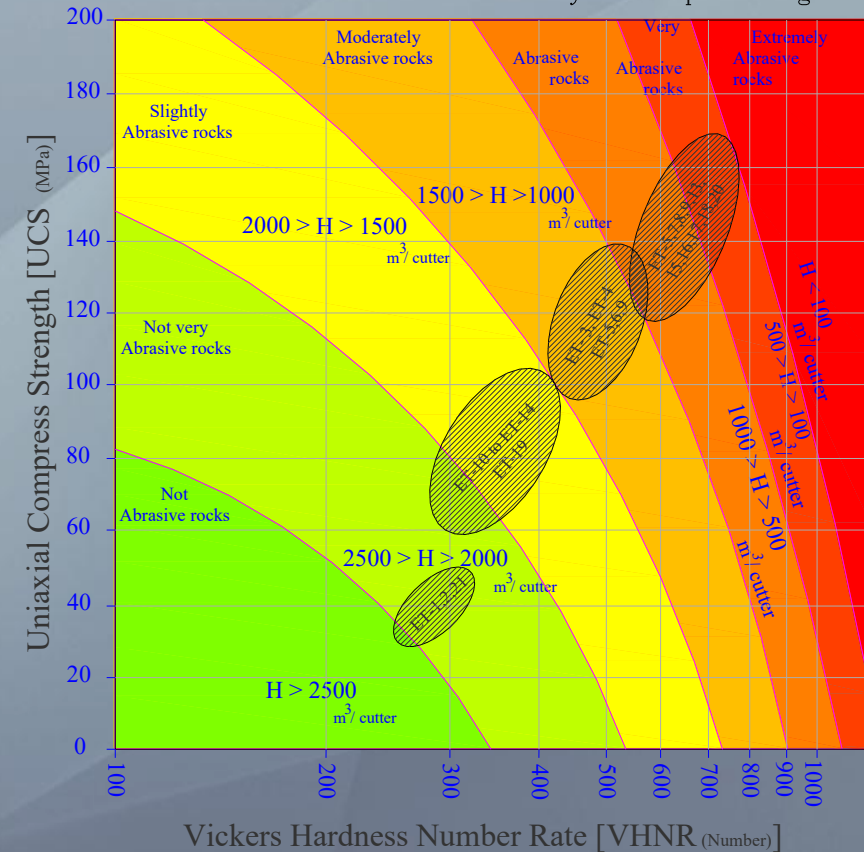
۴

۵

Rock Mass Boreability Prediction Chart (after Hassanpour et. al, 2011)

| Rock Mass Boreability Prediction Chart    |   | Intact Rock Strength (MPa) |                            |                  |                        |                        |                              |
|---|---|----------------------------|----------------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
|   |   | Weak<br>< 25               | Moderately Strong<br>25-50 | Strong<br>50-100 | Very Strong<br>100-150 | Very Strong<br>150-200 | > 200                        |
| Fracturing Degree and Rock Mass Structure | <b>INTACT OR MASSIVE:</b><br>INTACT ROCK SPECIMENS OR MASSIVE IN SITU ROCK WITH FEW WIDELY SPACED DISCONTINUITIES   | RQD > 90                   | N/A                        |                  |                        |                        | Class B-0<br>FPI > 70        |
|   | <b>BLOCKY:</b><br>WELL INTERLOCKED UNDISTURBED ROCK MASS CONSISTING OF CUBICAL BLOCKS FORMED BY THREE INTERSECTING DISCONTINUITY SETS                     | 75 < RQD < 90              | N/A                        |                  |                        |                        | Class B-I<br>40 < FPI < 70   |
|   | <b>VERY BLOCKY:</b><br>INTERLOCKED, PARTIALLY DISTURBED MASS WITH MULTI-FACETED ANGULAR BLOCKS FORMED BY 4 OR MORE JOINT SETS                             | 50 < RQD < 75              |                            |                  |                        |                        | Class B-III<br>15 < FPI < 25 |
|   | <b>BLOCKY/DISTURBED/SEAMY:</b><br>FOLDED WITH ANGULAR BLOCKS FORMED BY MANY INTERSECTING DISCONTINUITY SETS, PERSISTENCE OF BEDDING PLANES OR SCHISTOSITY | 25 < RQD < 50              |                            |                  |                        |                        | Class B-II<br>25 < FPI < 40  |
|   | <b>DISINTEGRATED:</b><br>POORLY INTERLOCKED, HEAVILY BROKEN ROCK MASS WITH MIXTURE OF ANGULAR AND ROUNDED ROCK PIECES                                     | RQD < 25                   |                            |                  |                        |                        | N/A                          |
|   | <b>LAMINATED/SHEARED:</b><br>LACK OF BLOCKINESS DUE TO CLOSE SPACING OF WEAK SCHISTOSITY OR SHEAR PLANES  | RQD < 25                   | Class B-V<br>FPI < 7       |                  |                        |                        | Class B-IV<br>7 < FPI < 15   |

General chart for rock abrasivity value predicting



## مطالعات هیدروژئولوژی

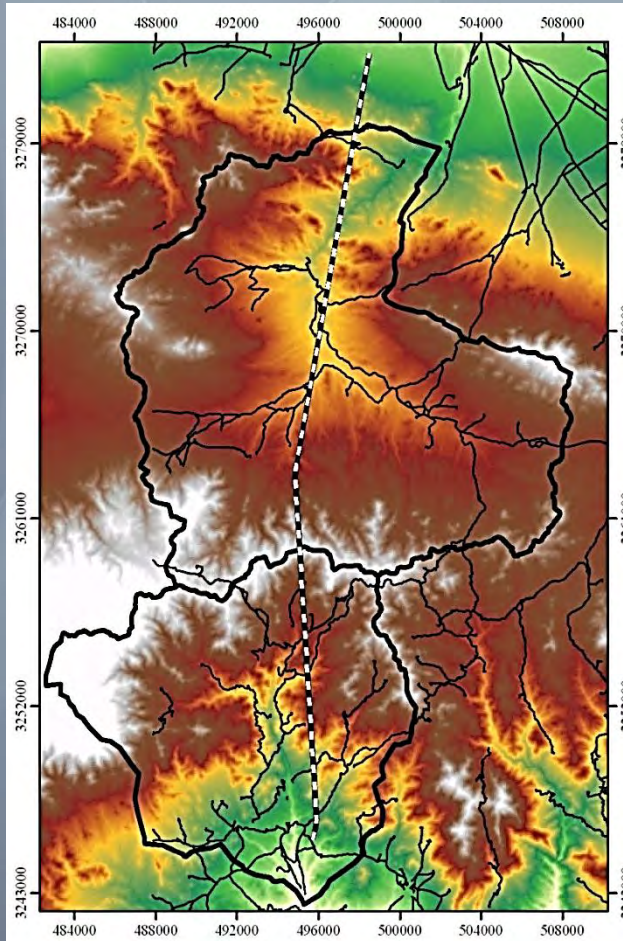
۱

۲

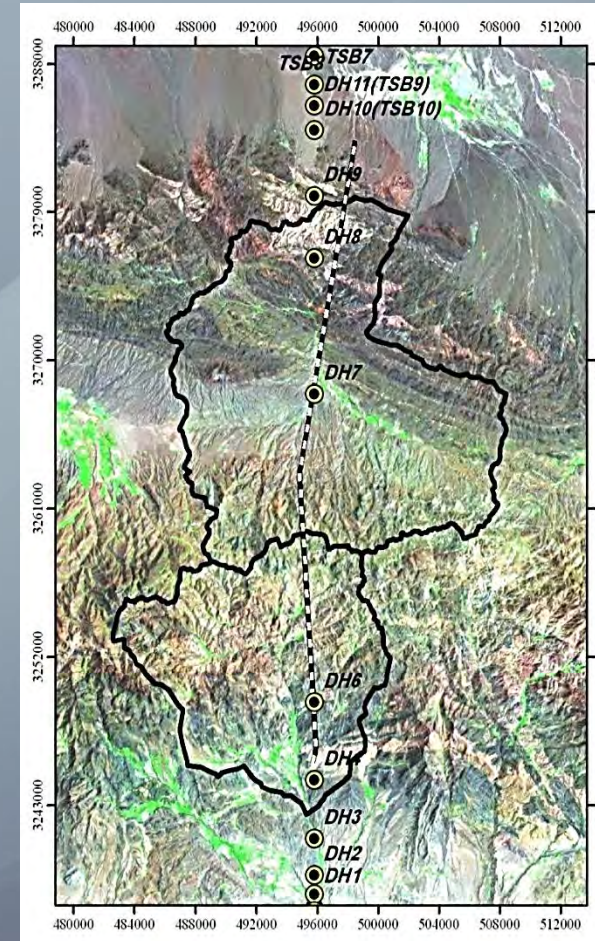
۳

۴

۵



موقعیت حوزه های آبریز



موقعیت گمانه های پیشین نسبت به مسیر تونل

## مطالعات هیدروژئولوژی (ادامه)

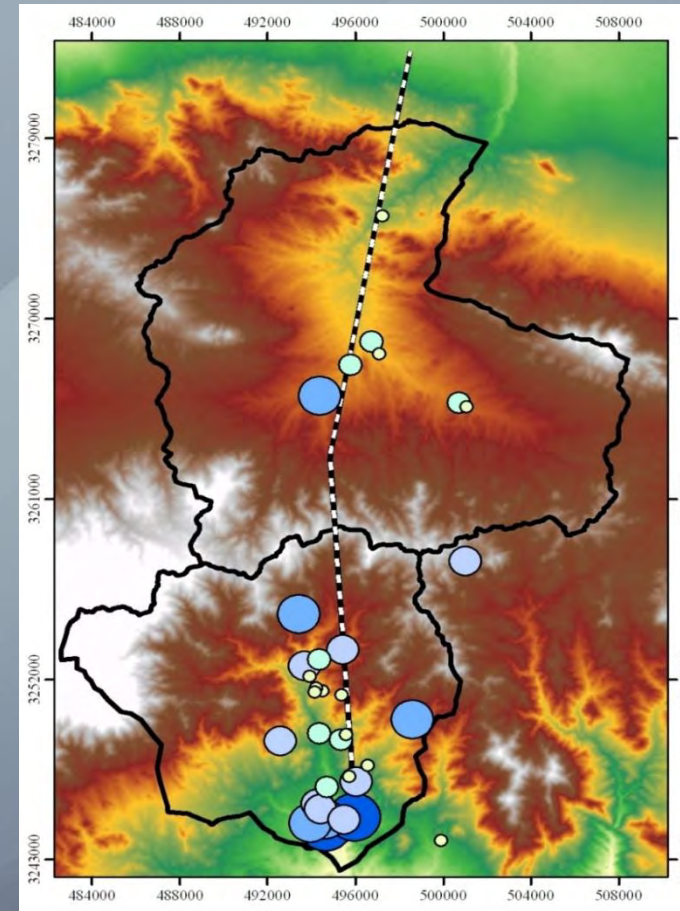
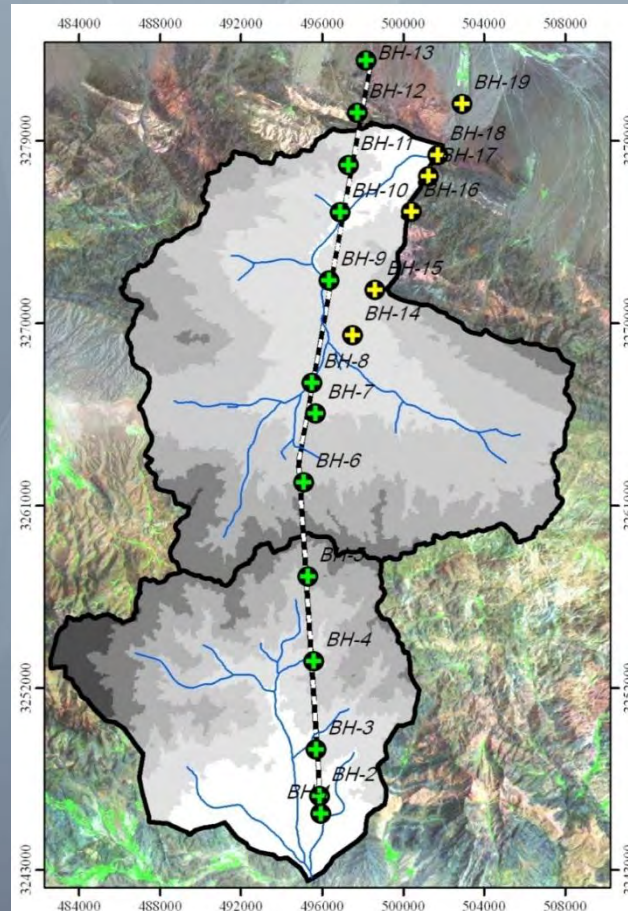
۱

۲

۳

۴

۵



موقعیت گمانه های پیشنهادی

موقعیت چشمه های شناسایی شده مسیر تونل

## مطالعات هیدروژئولوژی (ادامه)

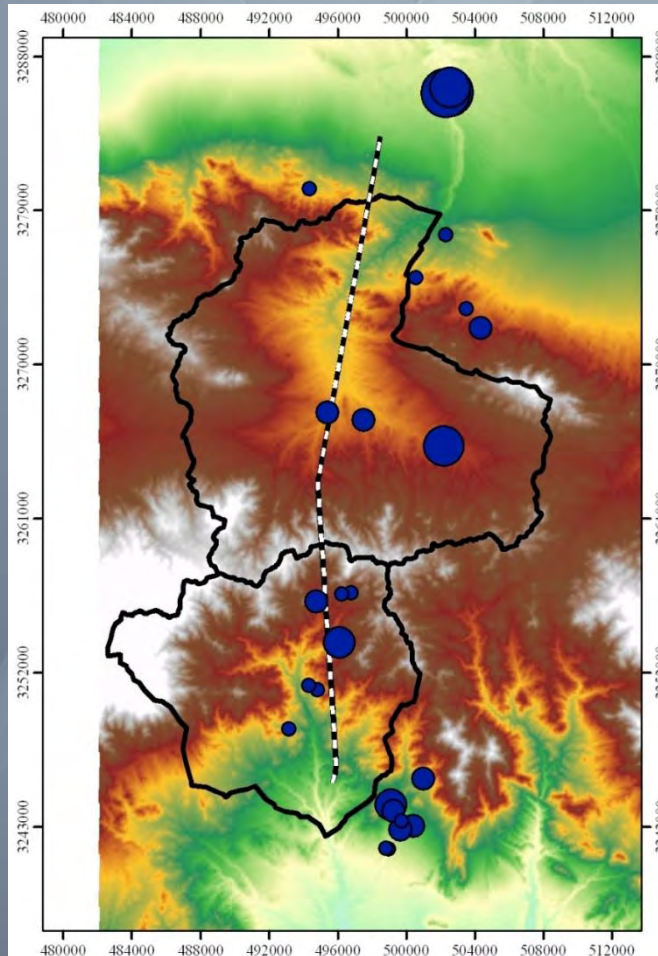
۱

۲

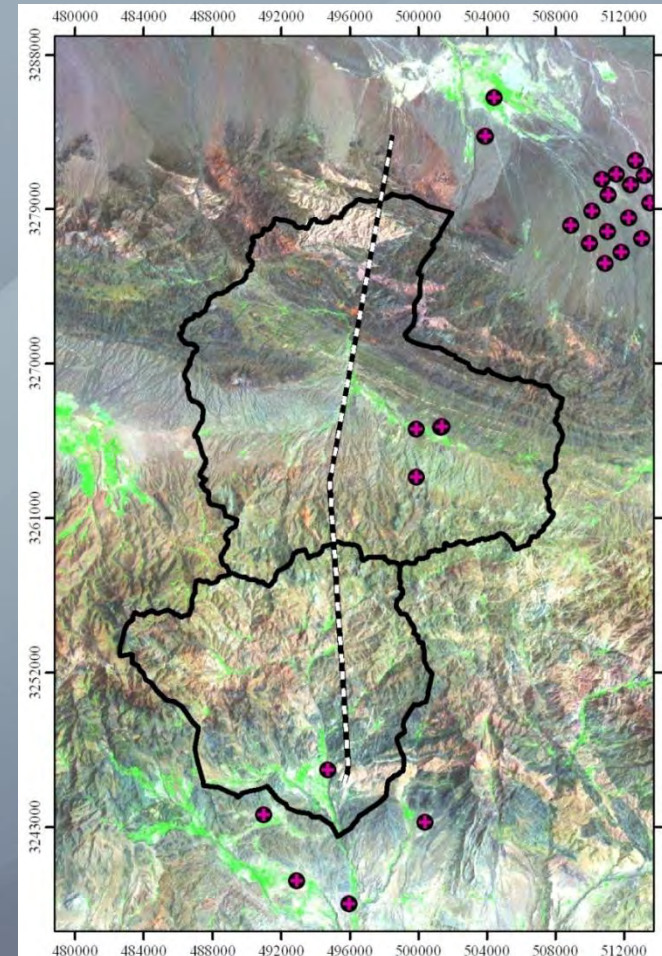
۳

۴

۵



موقعیت قنوات مسیر تونل



موقعیت چاههای بهره برداری

## مطالعات هیدروژئولوژی (ادامه)

۱

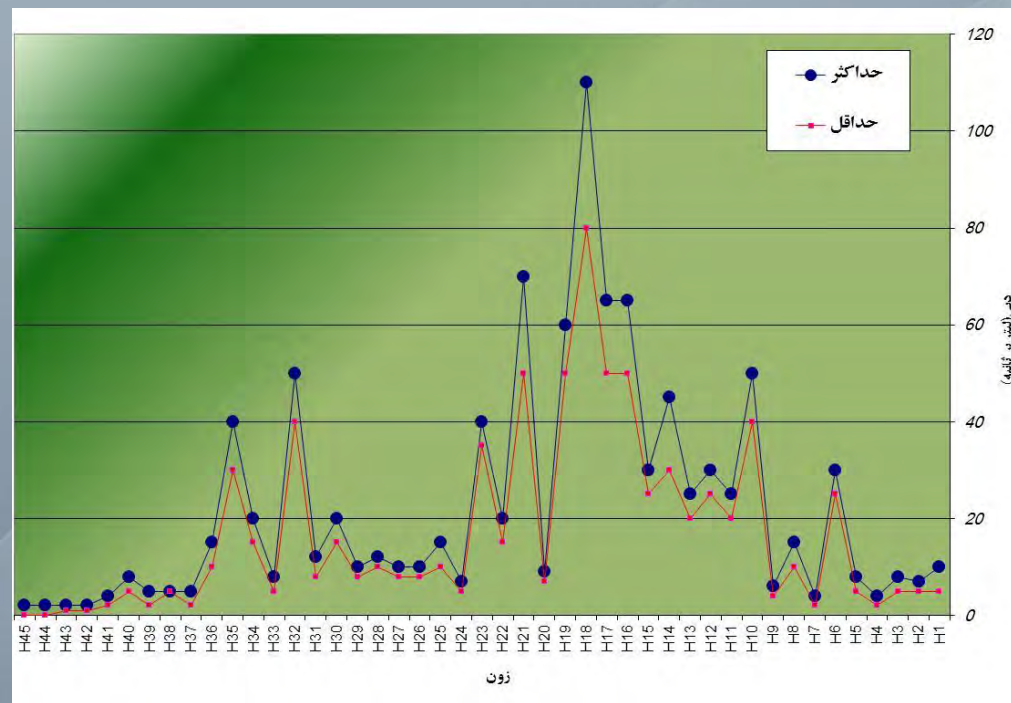
۲

۳

۴

۵

| پیشنهادی<br>حداکثر | پیشنهادی<br>حداقل | زون   | پیشنهادی<br>حداکثر | پیشنهادی<br>حداقل | زون |
|--------------------|-------------------|-------|--------------------|-------------------|-----|
| 7                  | 5                 | H24   | 10                 | 5                 | H1  |
| 15                 | 10                | H25   | 7                  | 5                 | H2  |
| 10                 | 8                 | H26   | 8                  | 5                 | H3  |
| 10                 | 8                 | H27   | 4                  | 2                 | H4  |
| 12                 | 10                | H28   | 8                  | 5                 | H5  |
| 10                 | 8                 | H29   | 30                 | 25                | H6  |
| 20                 | 15                | H30   | 4                  | 2                 | H7  |
| 12                 | 8                 | H31   | 15                 | 10                | H8  |
| 50                 | 40                | H32   | 6                  | 4                 | H9  |
| 8                  | 5                 | H33   | 50                 | 40                | H10 |
| 20                 | 15                | H34   | 25                 | 20                | H11 |
| 40                 | 30                | H35   | 30                 | 25                | H12 |
| 15                 | 10                | H36   | 25                 | 20                | H13 |
| 5                  | 2                 | H37   | 45                 | 30                | H14 |
| 5                  | 5                 | H38   | 30                 | 25                | H15 |
| 5                  | 2                 | H39   | 65                 | 50                | H16 |
| 8                  | 5                 | H40   | 65                 | 50                | H17 |
| 4                  | 2                 | H41   | 110                | 80                | H18 |
| 2                  | 1                 | H42   | 60                 | 50                | H19 |
| 2                  | 1                 | H43   | 9                  | 7                 | H20 |
| 2                  | 0                 | H44   | 70                 | 50                | H21 |
| 2                  | 0                 | H45   | 20                 | 15                | H22 |
| 1000               | 750               | مجموع | 40                 | 35                | H23 |



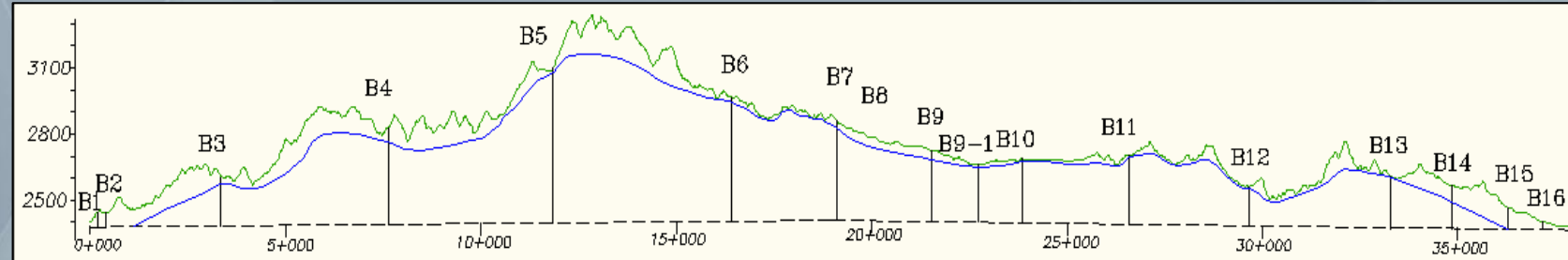
برآورد آب ورودی به تونل در زونهای مختلف



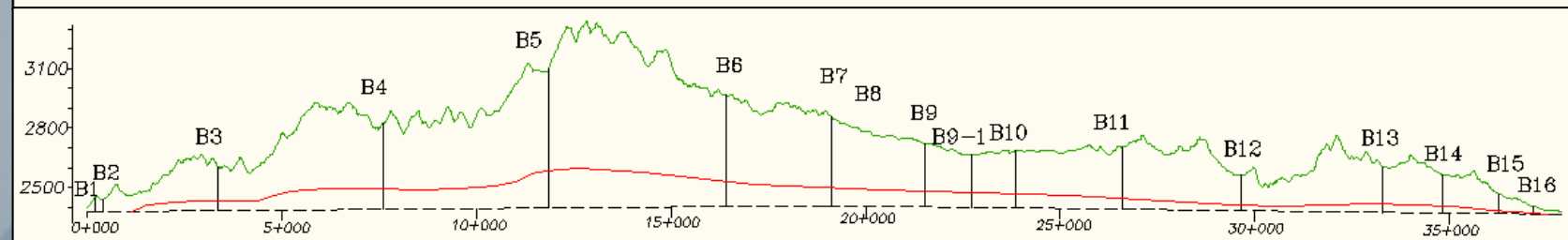
## مطالعات هیدروژئولوژی (ادامه)

- ۱
- ۲
- ۳
- ۴
- ۵

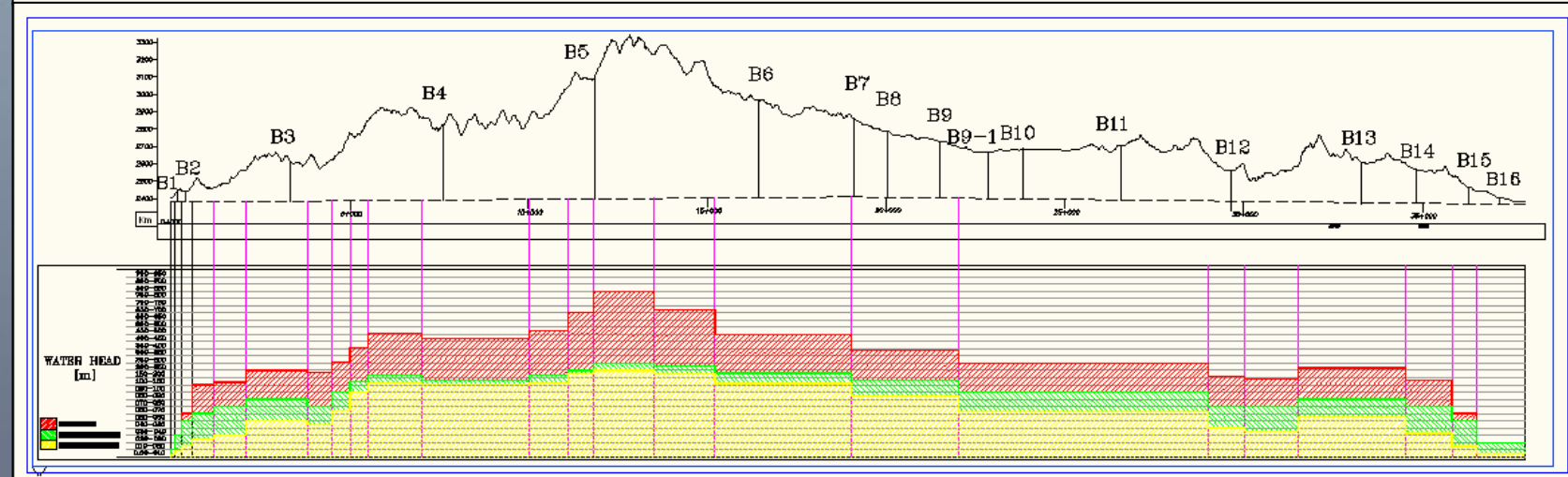
پروفیل سطح آب اندازه  
گیری شده در گمانه ها



پروفیل فشار آب موثر بر  
پوشش تونل



مقایسه فشار آب موثر و  
سطح آب گمانه ها



## مطالعات هیدروژئولوژی (ادامه)

۱

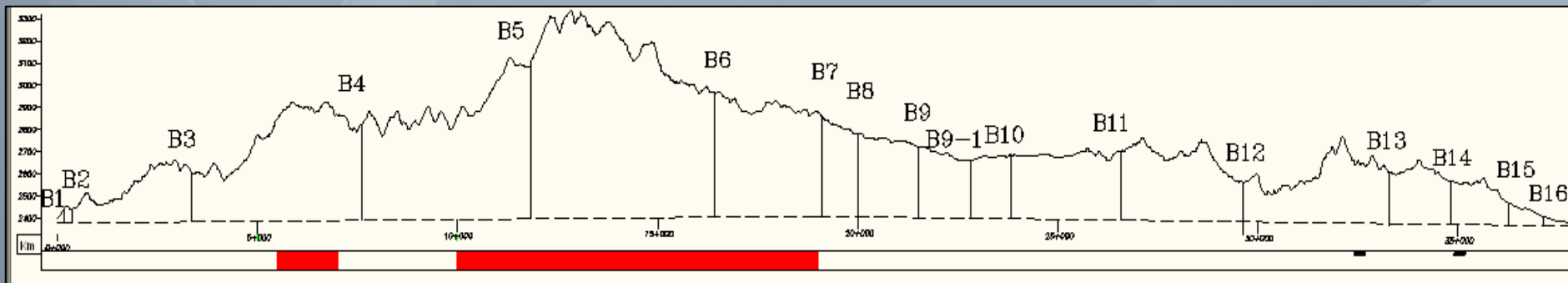
۲

۳

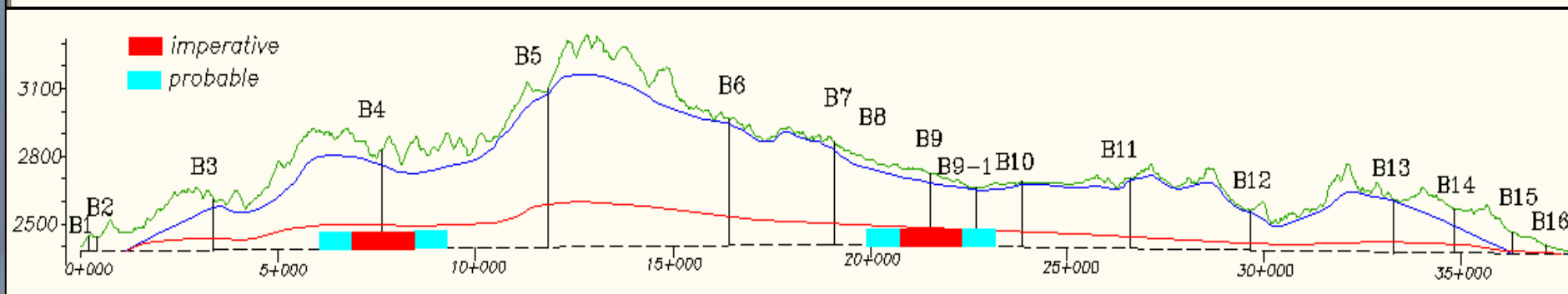
۴

۵

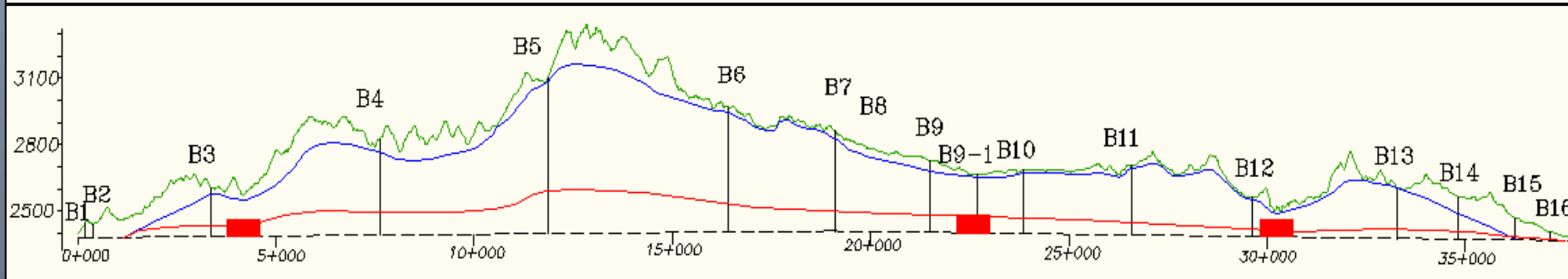
موقعیت مکانی  
فشار آب موثر  
بیش از ۱۵۰ متر



موقعیت مکانی  
برخورد به آبهای  
آرتزین



موقعیت مکانی  
تبادل با آبهای  
سطحی







## مطالعات هیدروژئولوژی (ادامه)

۱

۲

۳

۴

۵

| از    | تا    | زون زمین شناسی | بار آبی | زون هیدروژئولوژی | مقطع تونل |
|-------|-------|----------------|---------|------------------|-----------|
| 0     | 274   | 1              |         | HG0              | جنوبی     |
| 274   | 621   | 2              |         | HG0              |           |
| 621   | 1405  | 3              |         | HG0              |           |
| 1405  | 1825  | 4              | 50      | HG1              |           |
| 1825  | 2091  | 5              |         | HG1              |           |
| 2091  | 2743  | 6              |         | HG2              |           |
| 2743  | 2900  | 5              | 150     | HG2              |           |
| 2900  | 6713  | 6              |         | HG2              |           |
| 6713  | 8198  | 7              | 300     | HG3              |           |
| 8198  | 9769  | 7La            | 250     | HG4              |           |
| 9769  | 11338 | 7Ha            | 400     | HG5              |           |
| 11338 | 14877 | 8              | 500     | HG6              |           |
| 14877 | 16559 | 9A             | 450     | HG7              |           |
| 16559 | 18279 | 9              | 375     | HG8              |           |
| 18279 | 19000 | 10             | 350     | HG9              |           |

| از    | تا    | زون زمین شناسی | بار آبی | زون هیدروژئولوژی | از    | تا    | زون زمین شناسی | بار آبی | زون هیدروژئولوژی |
|-------|-------|----------------|---------|------------------|-------|-------|----------------|---------|------------------|
| 19000 | 19800 | 16             |         | HG10             | 30424 | 30691 | 1              | 140     | HG19             |
| 19800 | 20237 | 17             | 300     | HG10             | 30691 | 31543 | 3              |         |                  |
| 20237 | 20870 | 16             |         | HG10             | 31543 | 33140 | 6              | 200     | HG20             |
| 20870 | 23122 | 15             | 250     | HG11             | 33140 | 33502 | 1              |         |                  |
| 23122 | 24147 | 14             |         | HG12             | 33502 | 33683 | 3              |         |                  |
| 24147 | 24852 | 13             | 230     | HG12             | 33683 | 33956 | 1              |         |                  |
| 24852 | 25241 | 12             |         | HG13             | 33956 | 34074 | 3              |         |                  |
| 25241 | 25901 | 11             | 210     | HG13             | 34074 | 34173 | 4              |         |                  |
| 25901 | 26364 | 10             |         | HG14             | 34173 | 34256 | 1              |         |                  |
| 26364 | 26702 | 3              |         | HG14             | 34256 | 34328 | 6              |         |                  |
| 26702 | 26839 | 4              |         | HG14             | 34328 | 34463 | 1              |         |                  |
| 26839 | 26934 | 1              | 220     | HG14             | 34463 | 34651 | 3              |         |                  |
| 26934 | 27083 | 3              |         | HG14             | 34651 | 34750 | 4              |         |                  |
| 27083 | 27343 | 7              |         | HG14             | 34750 | 35248 | 3              |         |                  |
| 27343 | 27734 | 3              |         | HG15             | 35248 | 35358 | 4              |         |                  |
| 27734 | 27857 | 8              | 220     | HG15             | 35358 | 35577 | 1              | 150     | HG21             |
| 27857 | 27951 | 9              |         | HG15             | 35577 | 35705 | 2              |         |                  |
| 27951 | 28110 | 4              |         | HG16             | 35705 | 35859 | 3              |         |                  |
| 28110 | 28225 | 9              | 220     | HG16             | 35859 | 35952 | 4              |         |                  |
| 28225 | 28336 | 4              |         | HG16             | 35952 | 35978 | 3              |         |                  |
| 28336 | 28451 | 8              |         | HG16             | 35978 | 36122 | 5              |         |                  |
| 28451 | 28835 | 3              |         | GH17             | 36122 | 36178 | 1              |         |                  |
| 28835 | 29344 | 7              | 150     | GH17             | 36178 | 36330 | 3              |         |                  |
| 29344 | 29575 | 3              |         | GH17             | 36330 | 36410 | 2              |         |                  |
| 29575 | 29746 | 1              |         | GH17             | 36410 | 36572 | 4              |         |                  |
| 29746 | 29866 | 3              |         | GH17             | 36572 | 36684 | 3              |         |                  |
| 29866 | 29978 | 1              |         | GH17             | 36684 | 36918 | 2              |         |                  |
| 29978 | 30097 | 7              | 140     | HG18             | 36918 | 37838 | 1              |         |                  |
| 30097 | 30424 | 3              |         | HG18             |       |       |                |         |                  |

تقسیم بندی  
زونهای  
هیدروژئولوژیکی  
مسیر تونل

## مطالعات هیدروژئولوژی (ادامه)

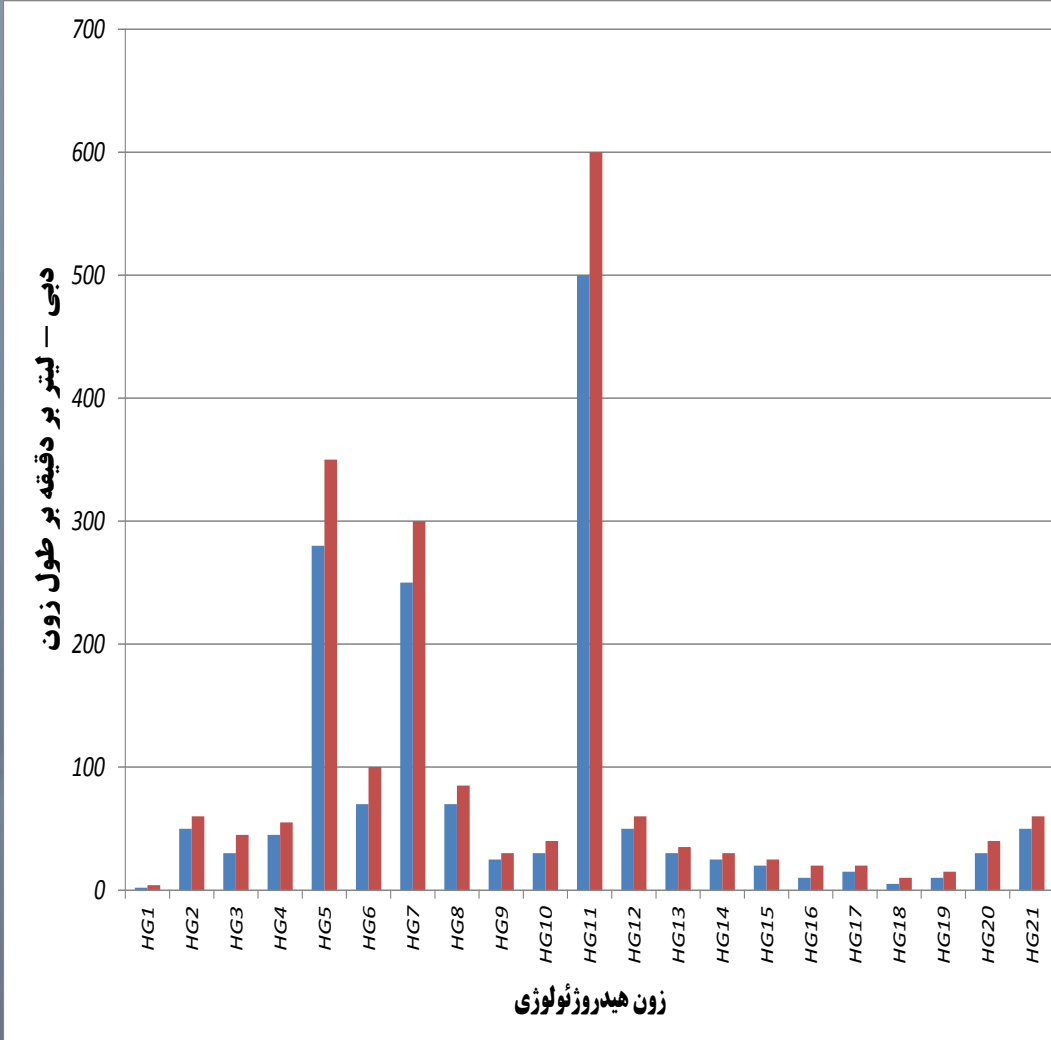
۱

۲

۳

۴

۵



| Zone | qs/h   | Q (lit/min/m) | Q (lit/sec/m) | Q (lit/sec/zone) | Q (lit/sec/zone)*8 |
|------|--------|---------------|---------------|------------------|--------------------|
| HG1  | 0.0004 | 0.02          | 0.0003        | 0.23             | 2                  |
| HG2  | 0.0005 | 0.075         | 0.0012        | 5.78             | 46                 |
| HG3  | 0.0006 | 0.18          | 0.0030        | 4.45             | 36                 |
| HG4  | 0.0009 | 0.225         | 0.0037        | 5.89             | 47                 |
| HG5  | 0.0025 | 1             | 0.0167        | 26.15            | 209                |
| HG6  | 0.0003 | 0.15          | 0.0025        | 8.85             | 71                 |
| HG7  | 0.0020 | 0.9           | 0.0150        | 25.23            | 202                |
| HG8  | 0.0009 | 0.3375        | 0.0056        | 9.67             | 77                 |
| HG9  | 0.0008 | 0.28          | 0.0047        | 3.36             | 27                 |
| HG10 | 0.0008 | 0.255         | 0.0042        | 4.12             | 33                 |
| HG11 | 0.0035 | 0.875         | 0.0146        | 33.12            | 265                |
| HG12 | 0.0009 | 0.207         | 0.0034        | 5.90             | 47                 |
| HG13 | 0.0007 | 0.147         | 0.0024        | 3.75             | 30                 |
| HG14 | 0.0006 | 0.132         | 0.0022        | 3.01             | 24                 |
| HG15 | 0.0025 | 0.55          | 0.0092        | 2.01             | 16                 |
| HG16 | 0.0009 | 0.198         | 0.0033        | 1.65             | 13                 |
| HG17 | 0.0006 | 0.09          | 0.0015        | 2.29             | 18                 |
| HG18 | 0.0007 | 0.098         | 0.0016        | 0.73             | 6                  |
| HG19 | 0.0006 | 0.084         | 0.0014        | 1.57             | 13                 |
| HG20 | 0.0008 | 0.16          | 0.0027        | 4.26             | 34                 |
| HG21 | 0.0005 | 0.075         | 0.0012        | 5.85             | 47                 |

تخمین مقدار آب ورودی به تونل در اثر عملیات حفاری تونل

## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

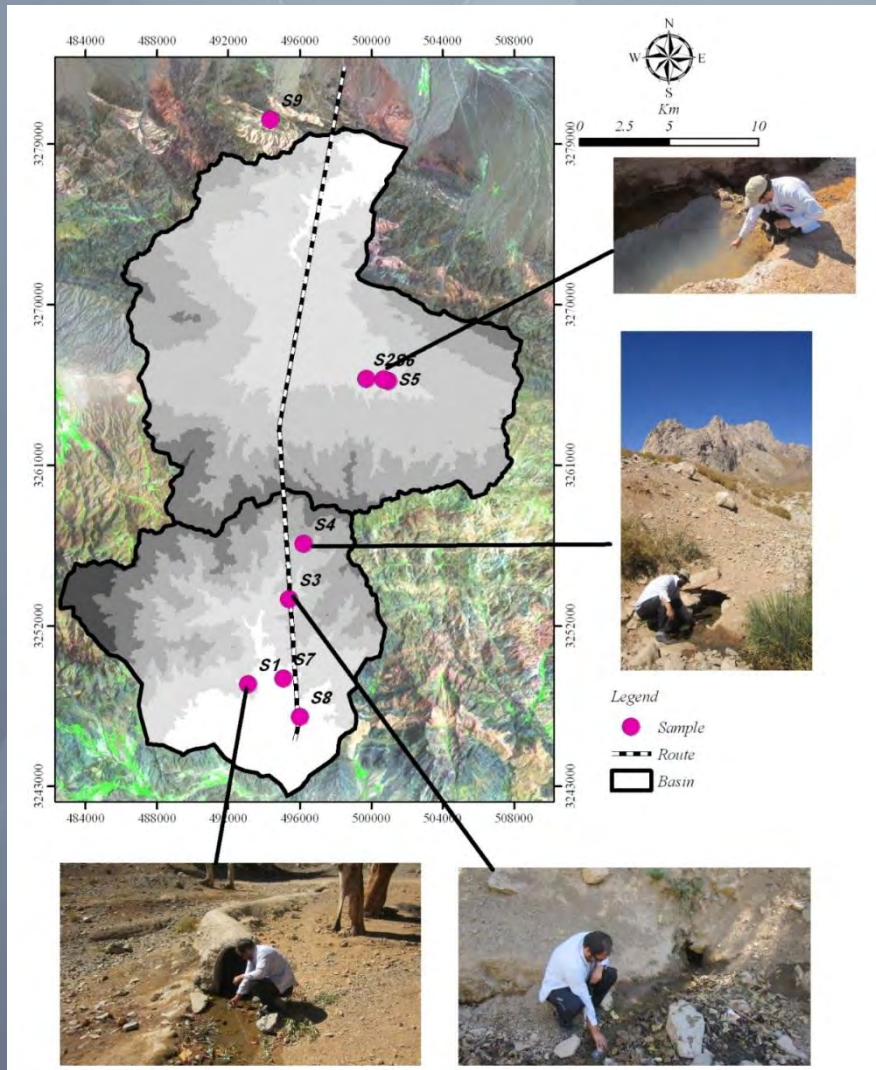
۱

۲

۳

۴

۵



موقعیت نقاط نمونه گیری آب زیرزمینی

## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

۱

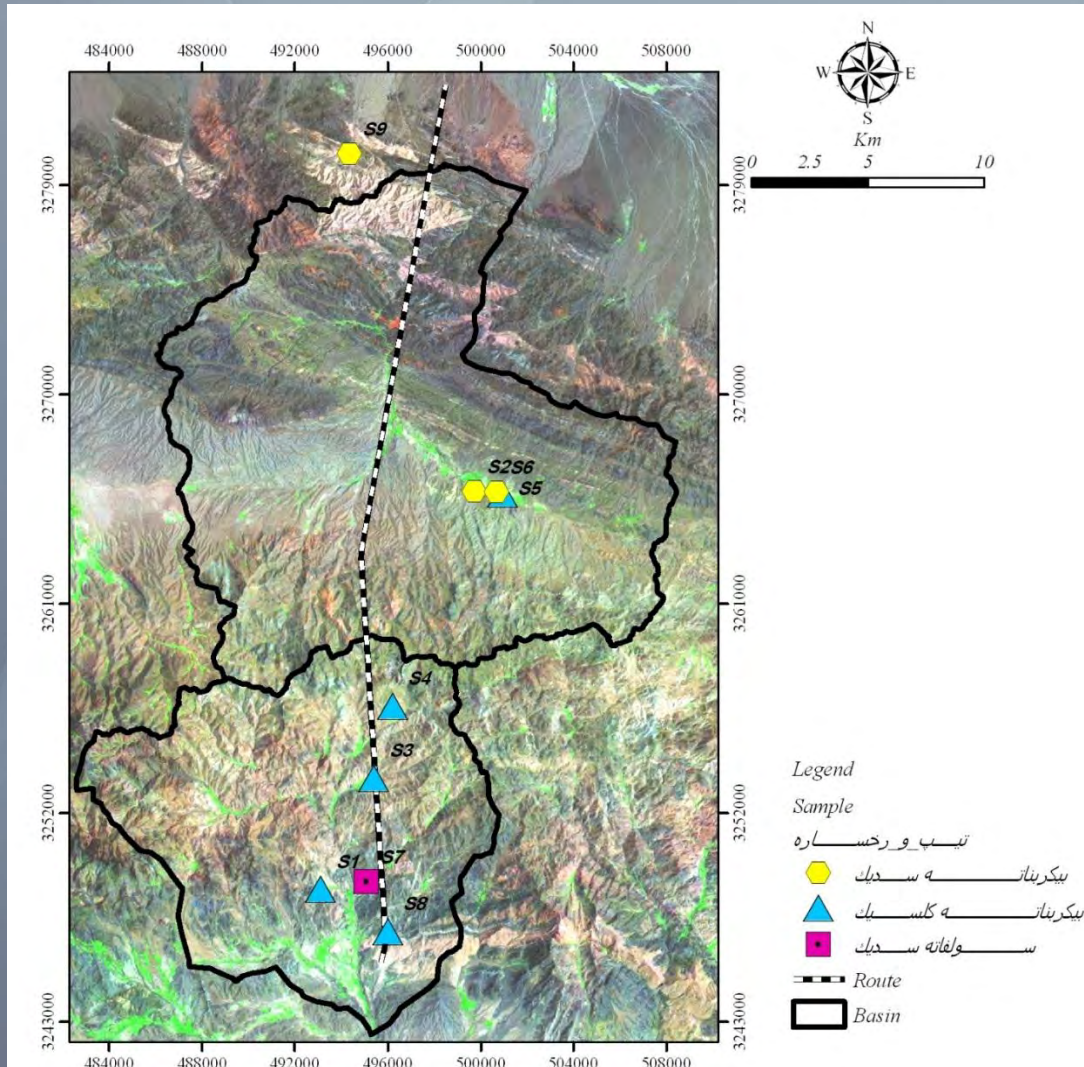
۲

۳

۴

۵

تعیین آنیون ها و کاتیون ها





## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

۱

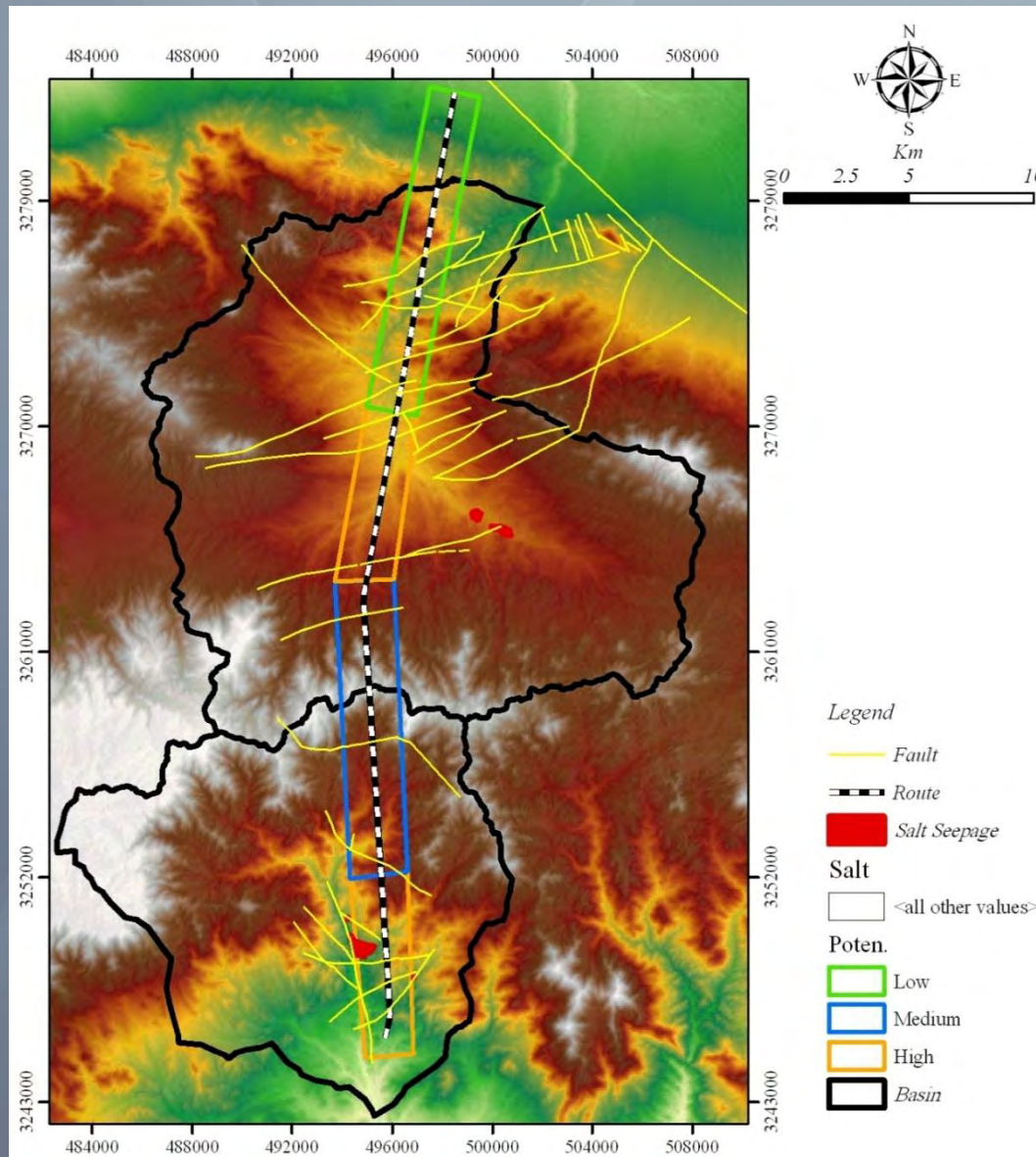
۲

۳

۴

۵

موقعیت گسل های مسیر تونل و احتمال  
نشست گاز



## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

۱

۲

۳

۴

۵

| کیفیت آب برای کشاورزی                  | کلاس آب      | EC          | SAR          | محل نمونه برداری   |
|--|--------------|-------------|--------------|--------------------|
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 456         | 1.2          | BH3 (100)          |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 444         | 1.16         | BH3 (200)          |
| <b>خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب</b> | <b>C4-S1</b> | <b>3500</b> | <b>0.68</b>  | <b>BH4 (220)</b>   |
| <b>خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب</b> | <b>C4-S1</b> | <b>3400</b> | <b>0.35</b>  | <b>BH4.S1</b>      |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 380         | 0.15         | BH5 (130)          |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 1475        | 0.19         | BH5 (300)          |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 1140        | 1.15         | BH5 (475)          |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 557         | 4.5          | BH6 (80)           |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 615         | 5.78         | BH6 (224)          |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 675         | 4.88         | BH6 (332)          |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 660         | 5.97         | BH6 (428)          |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S2        | 1450        | 9.48         | BH7 (185)          |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 845         | 2.81         | BH8 (140)          |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 1090        | 4.6          | BH8 (260)          |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S2        | 1850        | 6.71         | BH8 (380)          |
| <b>خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب</b> | <b>C4-S4</b> | <b>5610</b> | <b>13.37</b> | <b>BH9</b>         |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 810         | 3.29         | BH9-1 (144)        |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S2        | 1505        | 5.21         | BH9-1 (242)        |
| <b>خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب</b> | <b>C4-S3</b> | <b>4450</b> | <b>8.14</b>  | <b>BH9-1 (273)</b> |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 827         | 2.21         | BH-10 (114)        |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 832         | 2.23         | BH-10 (213)        |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 838         | 2.25         | BH-10 (290)        |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 1105        | 4.48         | BH-11 (104)        |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 1100        | 4.97         | BH-11 (187)        |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S2        | 1365        | 6.36         | BH-11 (314)        |
| <b>خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب</b> | <b>C4-S2</b> | <b>2590</b> | <b>7.91</b>  | <b>BH-12 (88)</b>  |
| <b>خیلی شور - برای کشاورزی نامناسب</b> | <b>C4-S3</b> | <b>2895</b> | <b>8.4</b>   | <b>BH-12 (182)</b> |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 770         | 2.71         | BH-13 (88)         |
| شور - قابل استفاده برای کشاورزی        | C3-S1        | 940         | 1.85         | BH-13 (170)        |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 532         | 3.06         | BH-14 (117)        |
| کمی شور - مناسب برای کشاورزی           | C2-S1        | 545         | 3            | BH-14 (182)        |

## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

۱

۲

۳

۴

۵

| Sample ID        | Na      | HCO3        | Cl           | TDS           | EC             | pH        | Fe     | As       | B            | Li       | Mo        |
|------------------|---------|-------------|--------------|---------------|----------------|-----------|--------|----------|--------------|----------|-----------|
| استاندارد آبیاری | 70 mg/l | 90-500 mg/l | 140-350 mg/l | 450-2000 mg/l | 700-3000 mS/cm | 8.4 - 6.5 | 5 mg/l | 0.1 mg/l | 0.7 - 3 mg/l | 2.5 mg/l | 0.01 mg/l |
| BH3 (100)        | 50.1    | 168         | 11.9         | 353           | 456            | 7.84      | 0.51   | 0.00375  | 0.28         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH3 (200)        | 49.2    | 152         | 16.9         | 340           | 444            | 8.02      | 0.93   | 0.00375  | 0.22         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH4 (220)        | 98.1    | 130         | 288.1        | 2325          | 3500           | 7.41      | 0.056  | 0.13     | 0.85         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH4.S1           | 52      | 149         | 13.82        | 2330          | 3400           | 7.08      | 0.065  | 0.00375  | 0.22         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH5 (130)        | 7.6     | 120         | 14.5         | 285           | 380            | 7.62      | 0.38   | 0.00375  | 0.075        | 0.0375   | 0.0375    |
| BH5 (300)        | 16      | 89          | 95.5         | 1010          | 1475           | 7.74      | 1.23   | 0.00375  | 0.45         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH5 (475)        | 84.5    | 99          | 58.2         | 775           | 1140           | 7.83      | 0.43   | 0.00375  | 0.41         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH6 (80)         | 110     | 194         | 21           | 430           | 557            | 9         | 2.23   | 0.00375  | 1.22         | 0.1      | 0.0375    |
| BH6 (224)        | 125     | 230         | 23           | 480           | 615            | 8.95      | 0.96   | 0.00375  | 1.26         | 0.1      | 0.0375    |
| BH6 (332)        | 130     | 218         | 37           | 510           | 675            | 9.13      | 3.23   | 0.00375  | 1.43         | 0.1      | 0.0375    |
| BH6 (428)        | 133     | 220         | 33.1         | 510           | 660            | 9.12      | 3.26   | 0.00375  | 1.29         | 0.1      | 0.0375    |
| BH7 (185)        | 300     | 510         | 81           | 1135          | 1450           | 7.87      | 0.41   | 0.18     | 2.21         | 0.21     | 0.0375    |
| BH8 (140)        | 102     | 240         | 37.1         | 510           | 845            | 8.19      | 0.0225 | 0.14     | 1.38         | 0.19     | 0.0375    |
| BH8 (260)        | 190     | 390         | 74.8         | 845           | 1090           | 7.31      | 0.095  | 0.37     | 5.03         | 0.41     | 0.0375    |
| BH8 (380)        | 330     | 625         | 154.1        | 1425          | 1850           | 7.02      | 0.09   | 1.72     | 6.86         | 0.73     | 0.0375    |
| BH9              | 1050    | 1675        | 607.7        | 4195          | 5610           | 6.69      | 0.08   | 19.48    | 27.83        | 2.65     | 0.0375    |
| BH9-1 (144)      | 136     | 286         | 48.1         | 620           | 810            | 7.82      | 2.42   | 0.27     | 1.22         | 0.07     | 0.0375    |
| BH9-1 (242)      | 265     | 455         | 161.5        | 1120          | 1505           | 7.45      | 2.67   | 1.29     | 10.25        | 0.23     | 0.0375    |
| BH9-1 (273)      | 761.5   | 1350        | 540.6        | 3270          | 4450           | 6.95      | 2.92   | 1.74     | 35.69        | 0.79     | 0.0375    |
| BH-10 (114)      | 113     | 170         | 53.3         | 595           | 827            | 8.07      | 0.05   | 0.00375  | 0.84         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH-10 (213)      | 114     | 170         | 53.3         | 600           | 832            | 5.05      | 0.14   | 0.00375  | 0.83         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH-10 (290)      | 115     | 175         | 53.3         | 605           | 838            | 8         | 0.0225 | 0.00375  | 0.84         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH-11 (104)      | 193     | 182         | 94.1         | 790           | 1105           | 8.15      | 3.01   | 0.00375  | 0.24         | 0.27     | 0.0375    |
| BH-11 (187)      | 195     | 180         | 103          | 790           | 1100           | 8.2       | 7.23   | 0.00375  | 2.28         | 0.26     | 0.0375    |
| BH-11 (314)      | 250     | 112         | 123          | 950           | 1365           | 8.91      | 42.234 | 0.00375  | 1.82         | 0.19     | 0.2       |
| BH-12 (88)       | 480     | 483         | 166.4        | 1875          | 2590           | 7.43      | 0.04   | 0.32     | 5.13         | 0.0375   | 0.07      |
| BH-12 (182)      | 550     | 515         | 221.9        | 2090          | 2895           | 7.34      | 0.0225 | 0.51     | 6.44         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH-13 (88)       | 125     | 160         | 42.9         | 550           | 770            | 9.18      | 0.38   | 0.00375  | 0.45         | 0.07     | 0.0375    |
| BH-13 (170)      | 116     | 252         | 48           | 685           | 940            | 8.2       | 0.39   | 0.00375  | 0.51         | 0.07     | 0.0375    |
| BH-14 (117)      | 90      | 130         | 36.1         | 400           | 532            | 8.29      | 0.79   | 0.00375  | 0.24         | 0.0375   | 0.0375    |
| BH-14 (182)      | 90      | 130         | 53.3         | 410           | 545            | 8.26      | 1.04   | 0.00375  | 0.14         | 0.0375   | 0.0375    |

## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

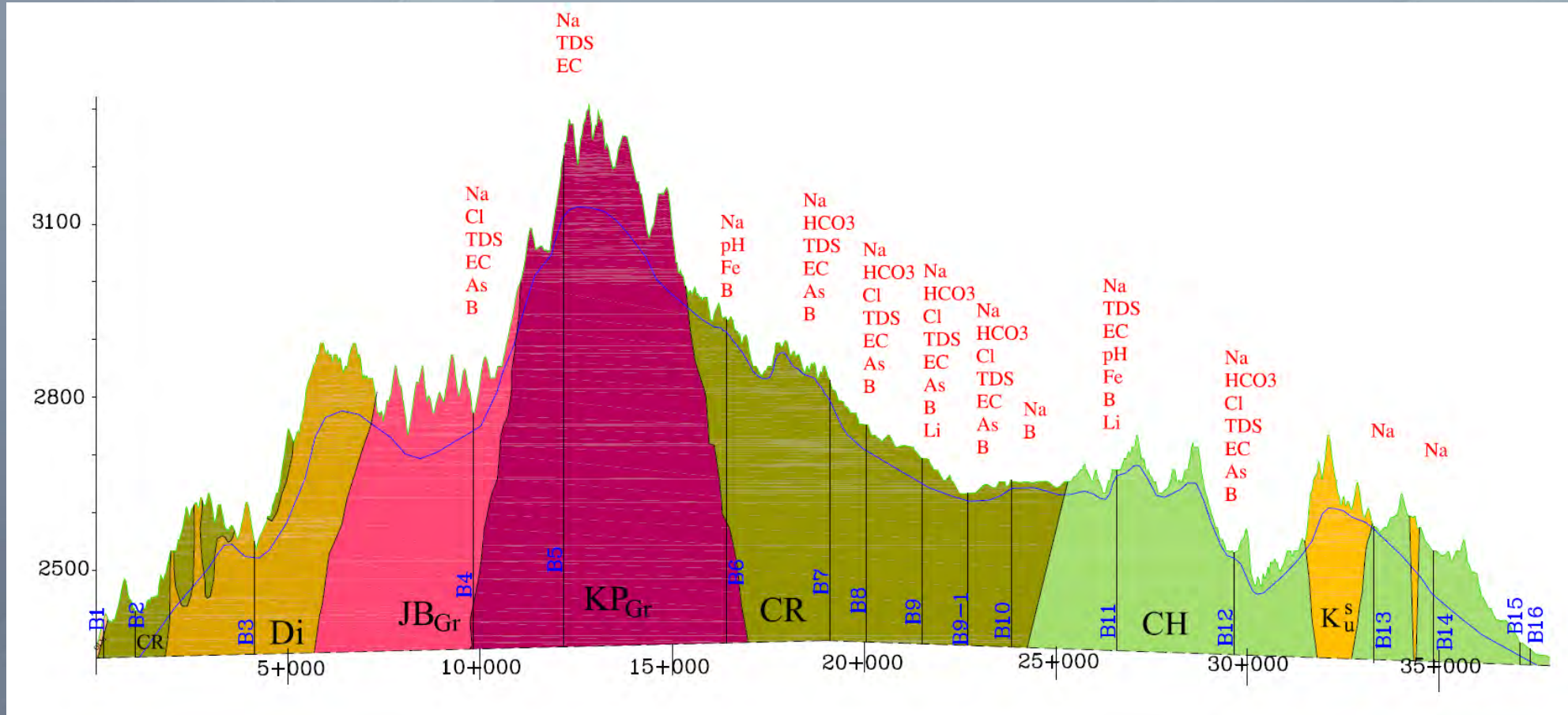
۱

۲

۳

۴

۵



## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

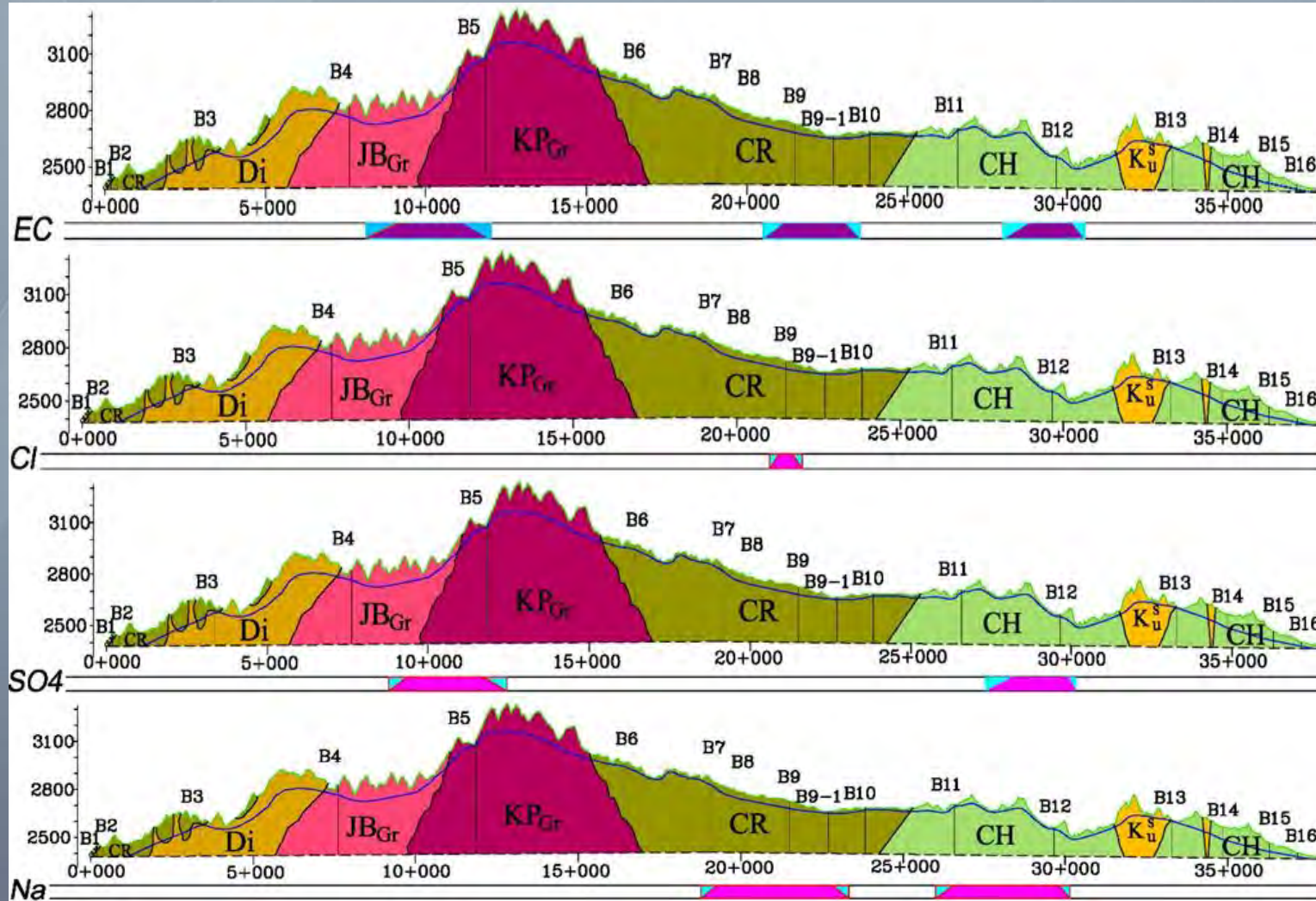
۱

۲

۳

۴

۵



## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

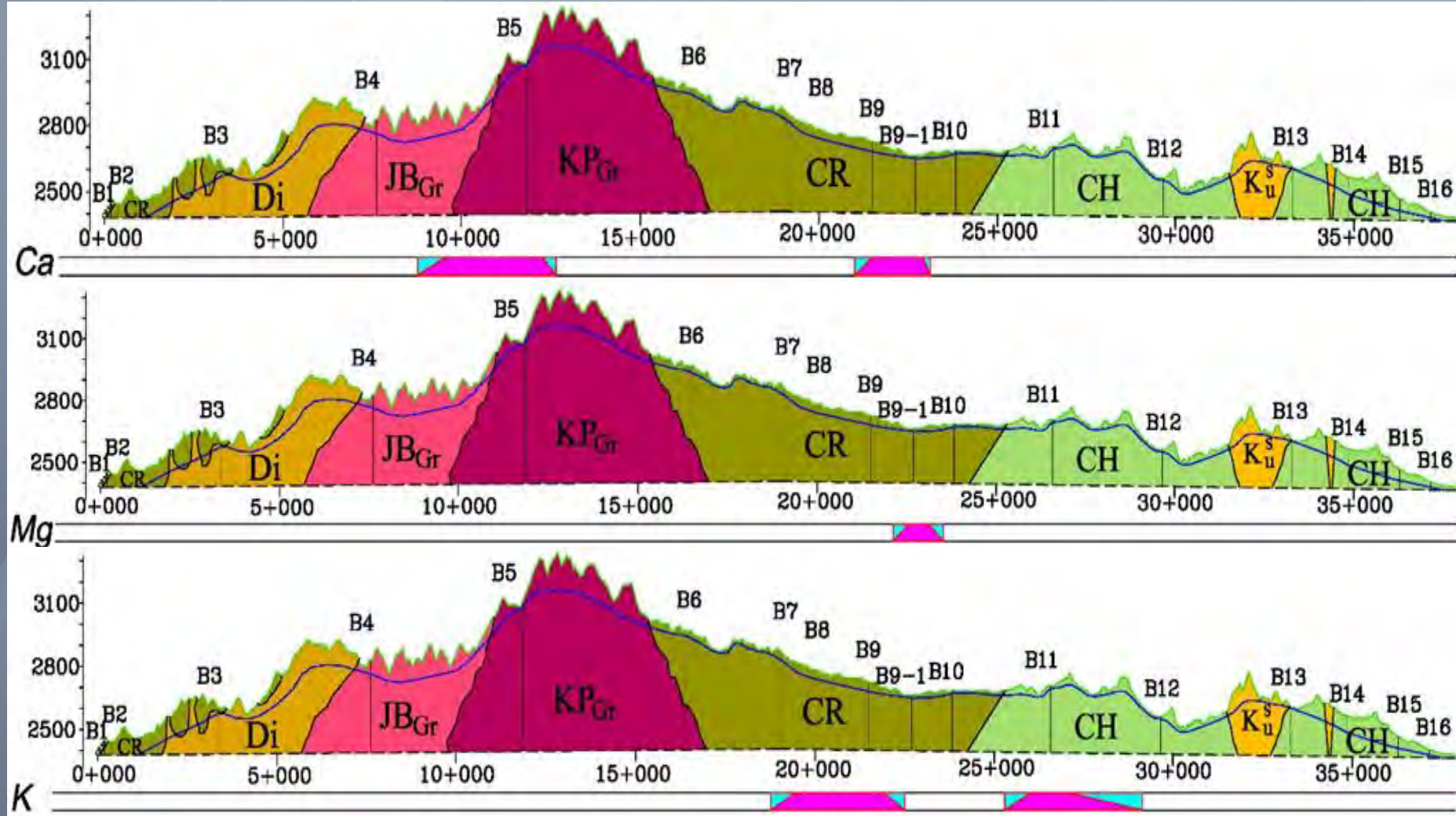
۱

۲

۳

۴

۵



## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

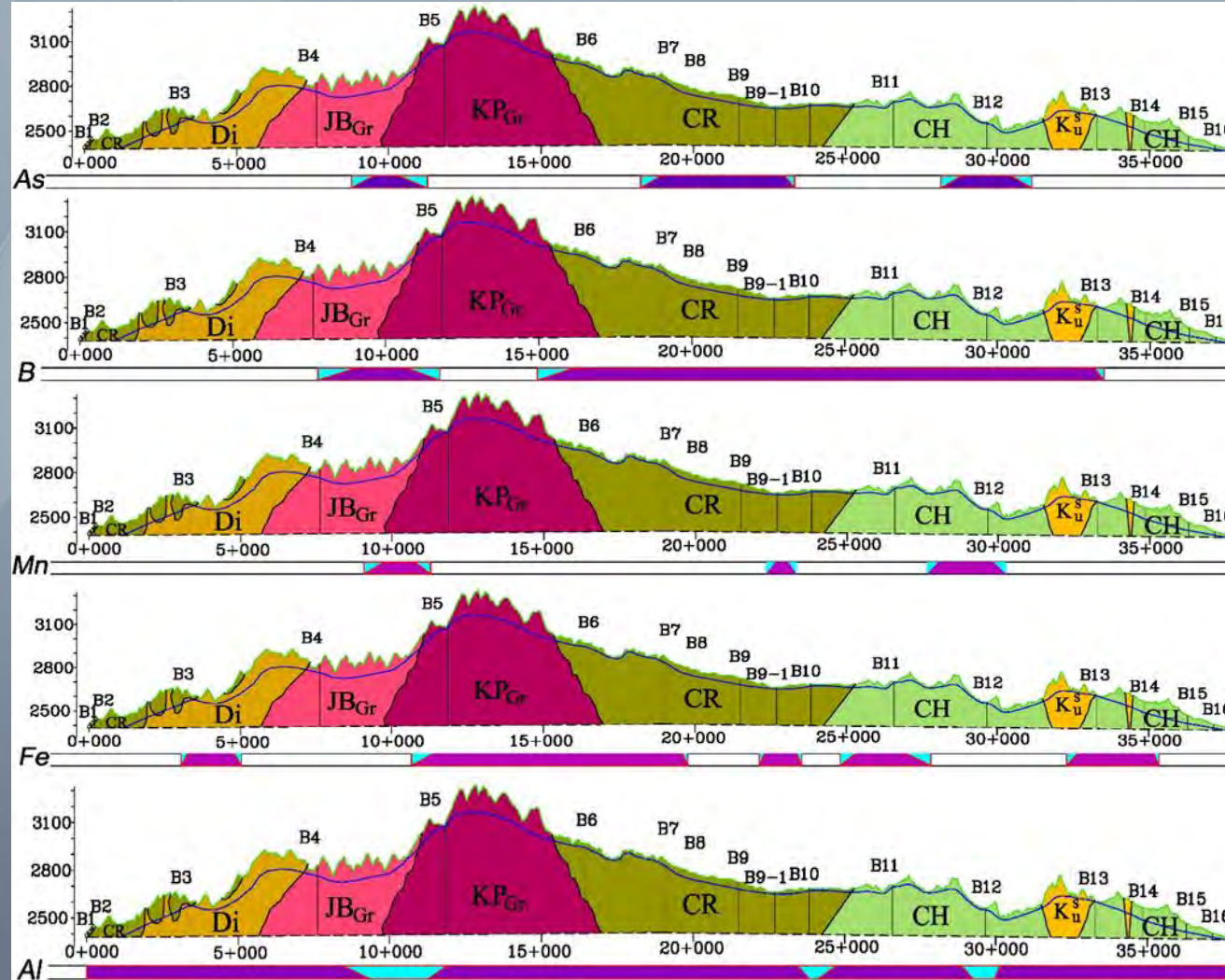
۱

۲

۳

۴

۵



## مطالعات هیدروژئوشیمی (ادامه)

۱

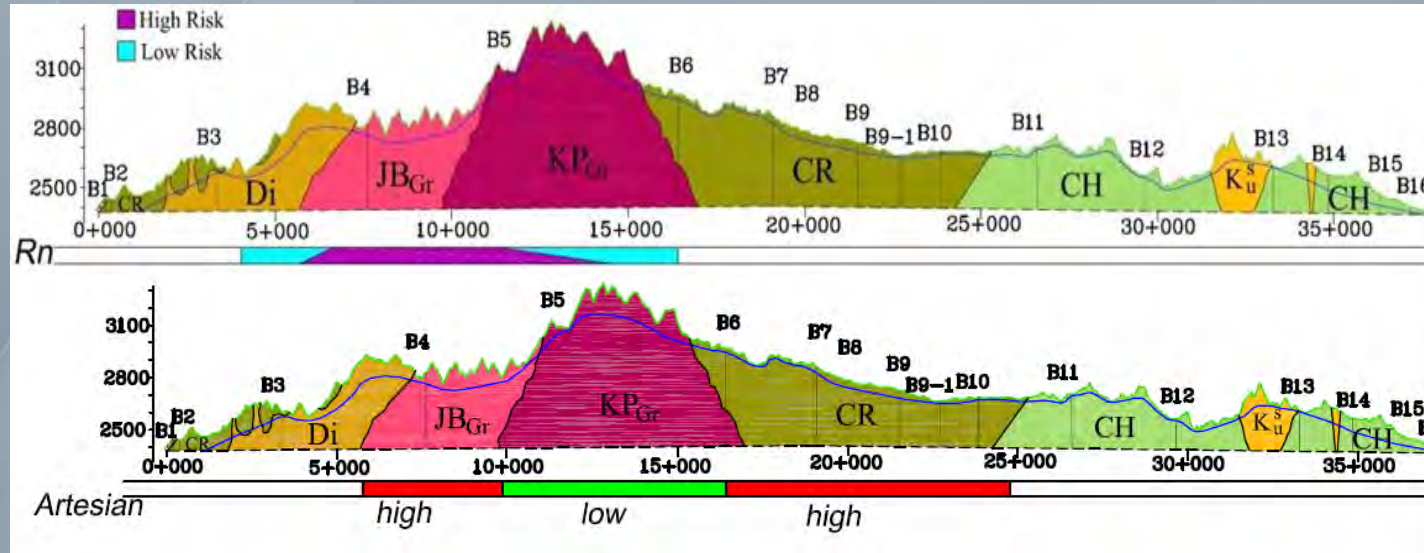
۲

۳

۴

۵

گاز رادون



برخورد با آبهای  
آرتزین

چشمه های آب گرم  
پیرامون تونل در منطقه  
شیرینک





# مطالعات پروژه

## منابع آبی اطراف پروژه

۱

۲

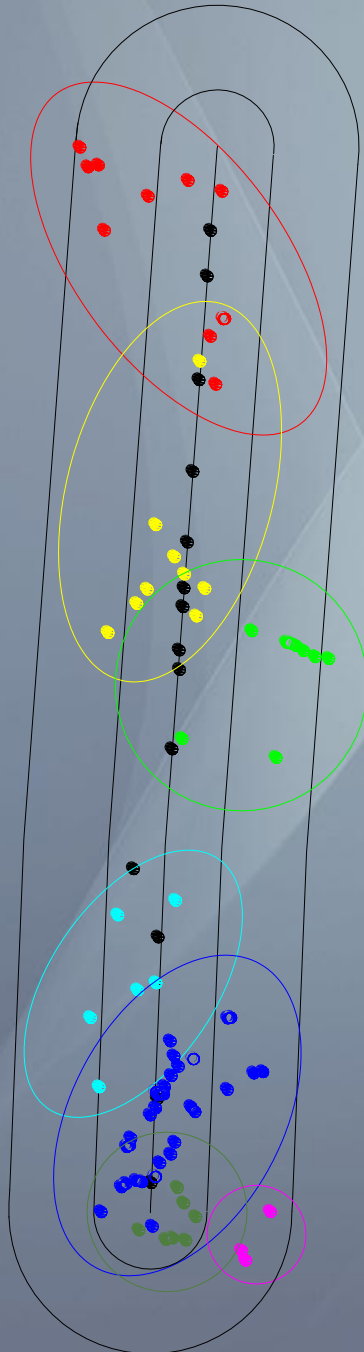
۳

۴

۵

❖ در مجموع میزان آبدهی بیش از ۱۲۰ منبع آبی در هفت منطقه جغرافیایی و سطح آب ۱۴ گمانه در طول پروژه اندازه گیری شده است.

❖ پیرو جلساتی که با مالکین و ساکنین منطقه برگزار گردید، تعدادی منبع آبی جدید در منطقه گنجان و تعدادی در منطقه سیه بنوئیه و اشکان جهت برداشت های آتی پیشنهاد گردید.



## منابع آبی اطراف پروژه

۱

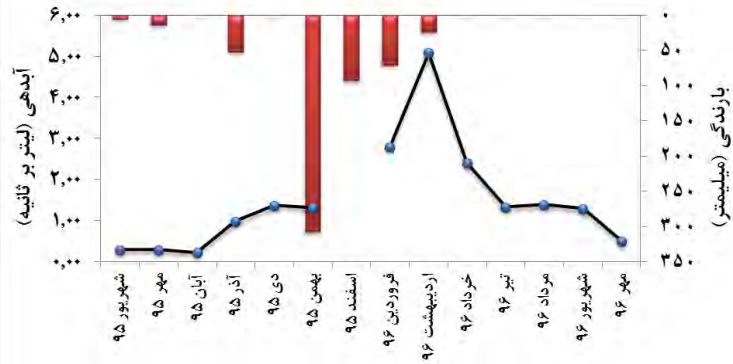
۲

۳

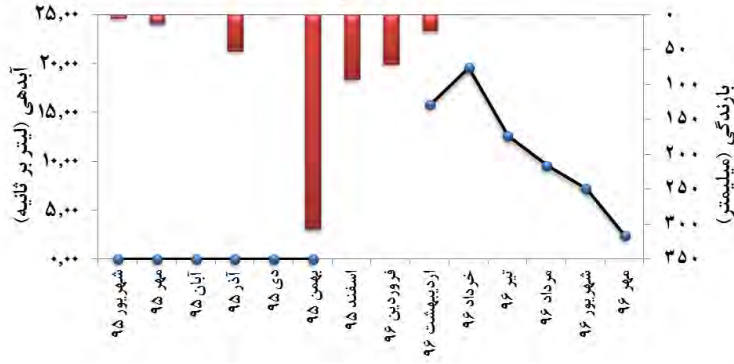
۴

۵

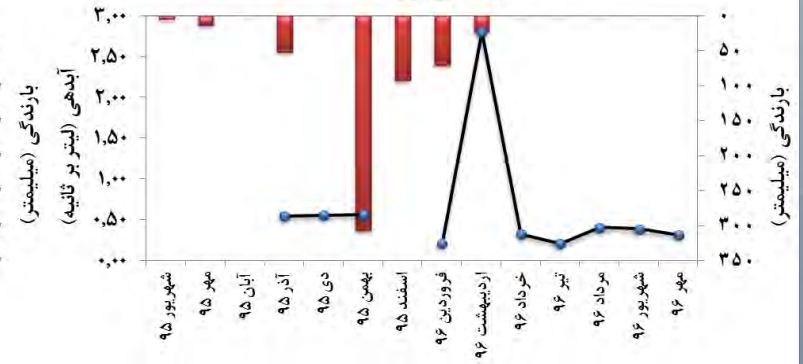
چشمه اشکان ۱



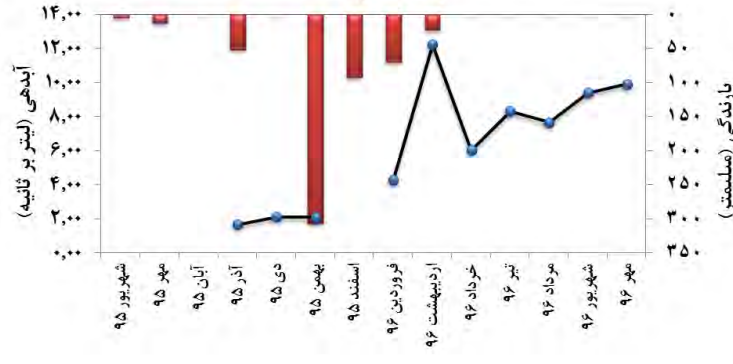
چشمه آبدر



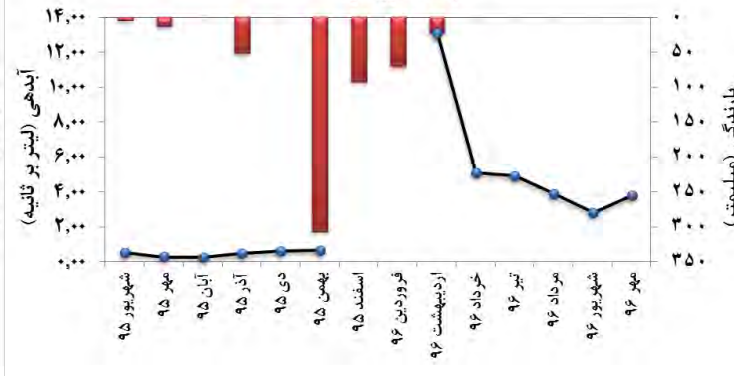
چشمه بی سویی



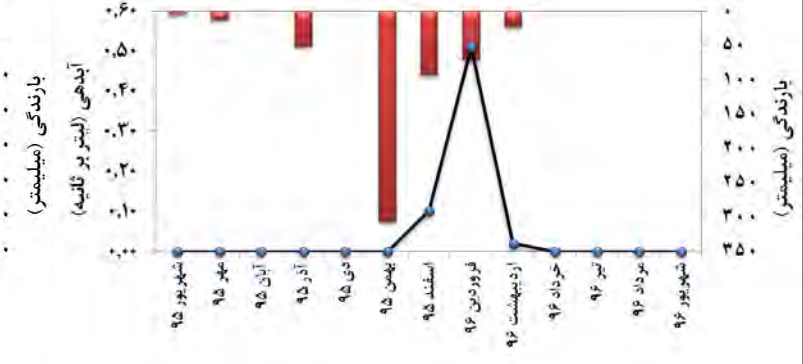
چشمه اشکان ۲



چشمه کاروانسرا



چشمه کندرگما مبارک شاه



## منابع آبی اطراف پروژه

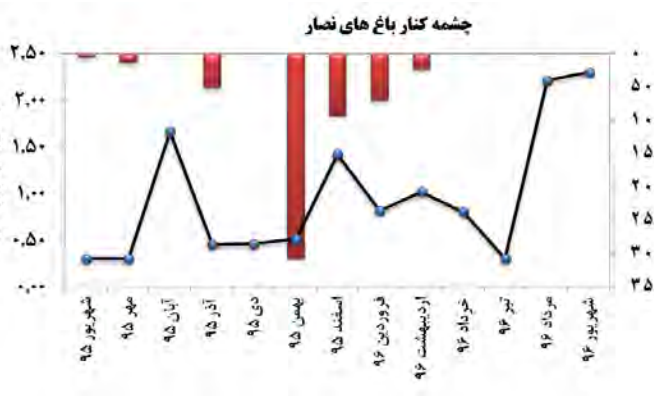
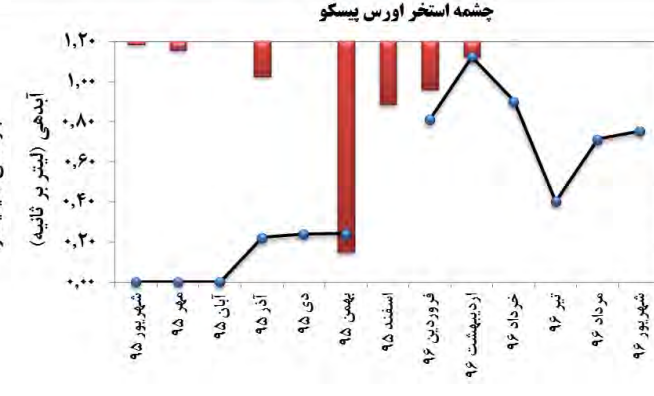
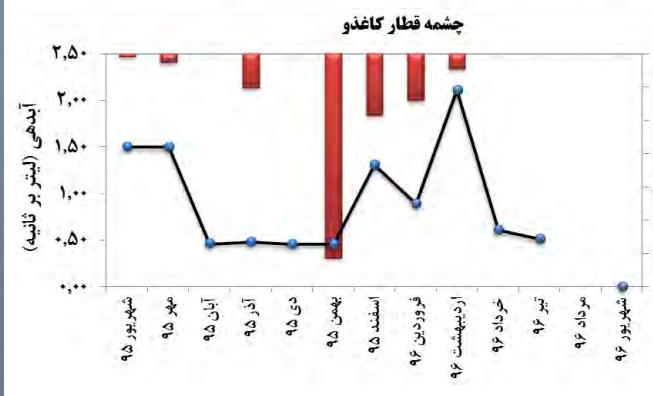
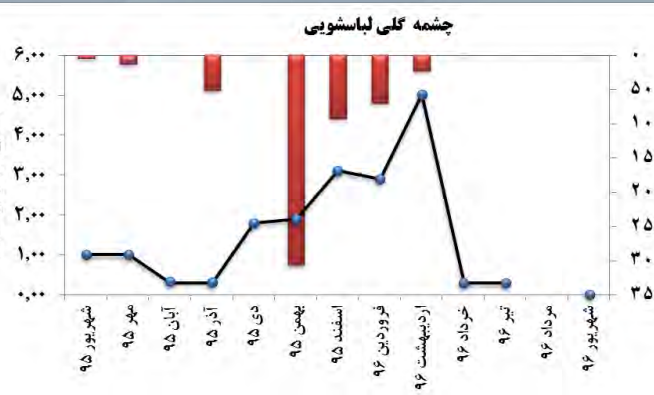
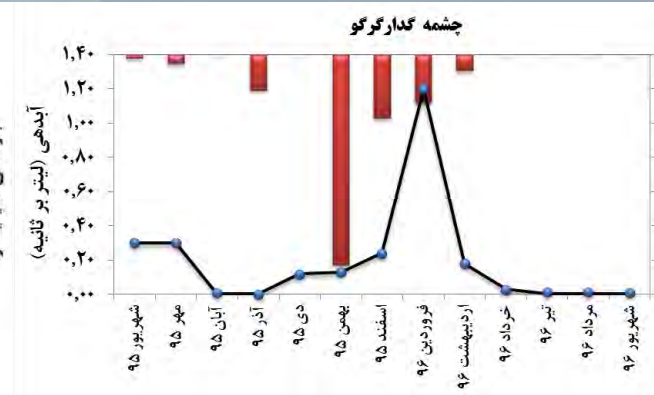
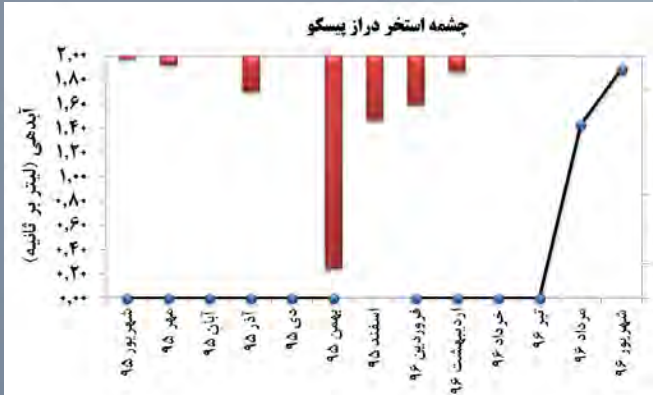
۱

۲

۳

۴

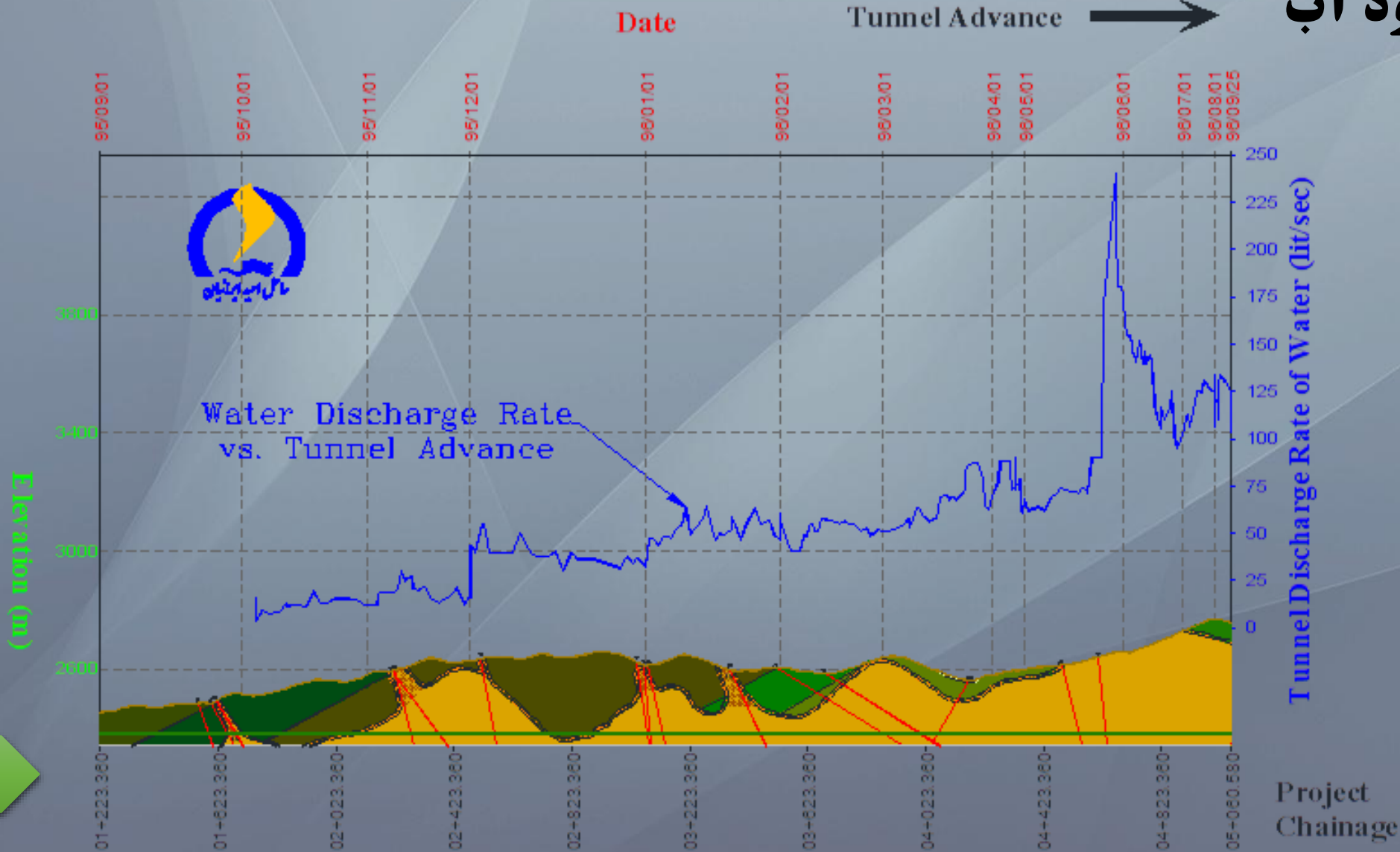
۵





سابقه نفوذ آب

- ۱
- ۲
- ۳
- ۴
- ۵



## ۱ معضلات ایجاد شده در اثر نشت آب به تونل

❖ ورود گاز و عناصر خطرناک به همراه آب نشتی به تونل و

در نتیجه تهدید سلامت و ایمنی پرسنل

❖ کاهش کیفیت سگمنت گذاری و تزریق پر کننده

❖ مشکلات سیستم ترابری و راهبری ماشین

❖ انحرافات دستگاه حفاری

❖ کاهش سرعت حفاری



## معضلات اجتماعی ایجاد شده

۱

۲

۳

۴

۵

❖ خشک شدن چشمه ها و منابع آبی سطحی

❖ وارد شدن خسارت به باغات و کشت اهالی منطقه

❖ پیدا شدن معارض و مشکلات پیرو آن

❖ مشکلات زیست محیطی

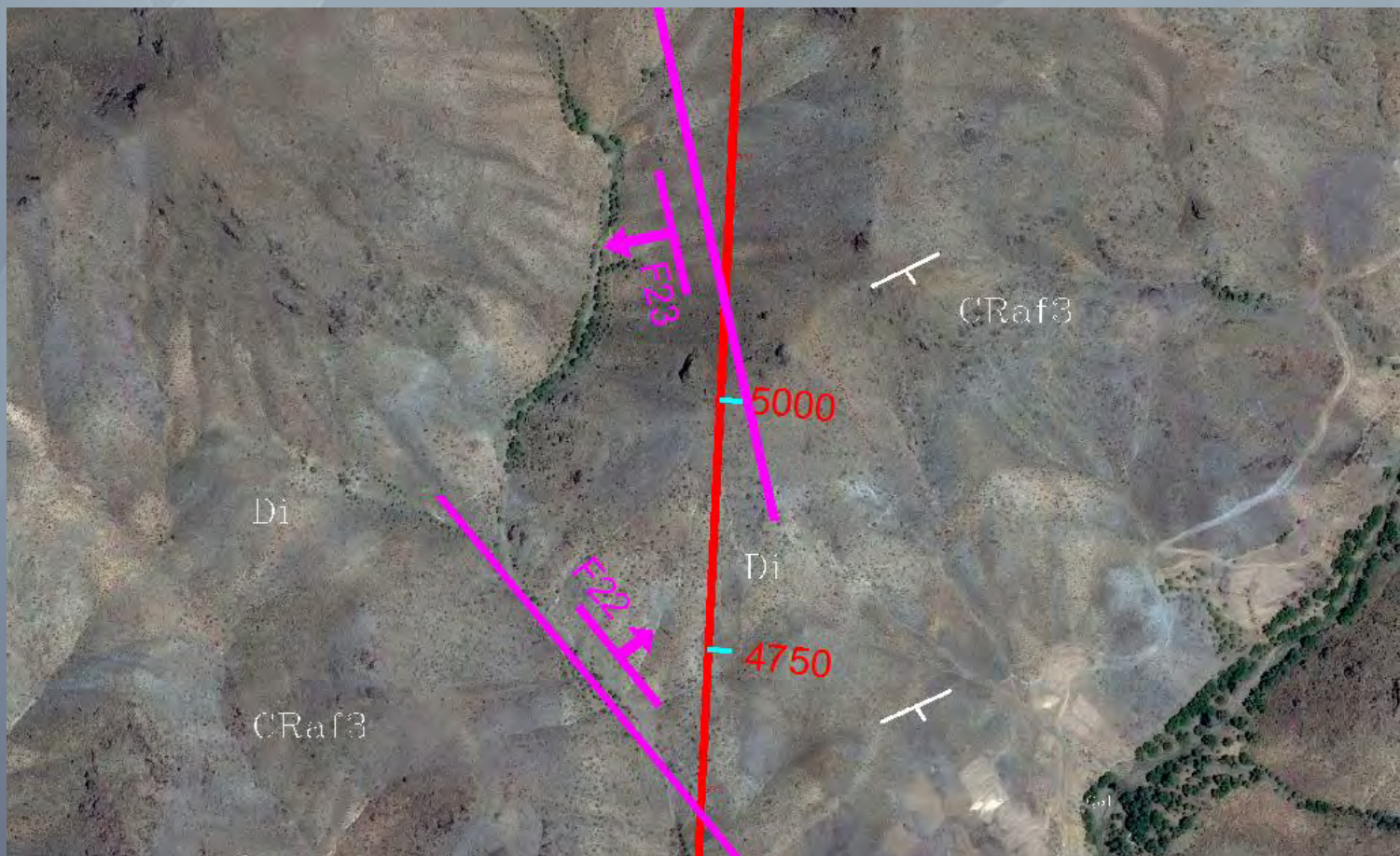
❖ بازخورد بد پروژه در رسانه ها و در بین اهالی منطقه و

همچنین مشکلات امنیتی در نتیجه عوامل فوق



## ۱ اقدامات صورت گرفته پس از هجوم اولیه آب

۲ عبور کامل دستگاه از منطقه مشکل دار و ورود کامل به زون خشک



۱

۲

۳

۴

۵



## اقدامات صورت گرفته پس از هجوم اولیه آب

❖ ارائه طرح آبرسانی به چشمه های آسیب دیده در اثر نشت آب به تونل در منطقه کوشکین و مبارک شاه



۱

۲

۳

۴

۵

## اقدامات صورت گرفته پس از هجوم اولیه آب

❖ ایجاد سامپ آبکشی در متراژ ۴+۵۰۰ تونل

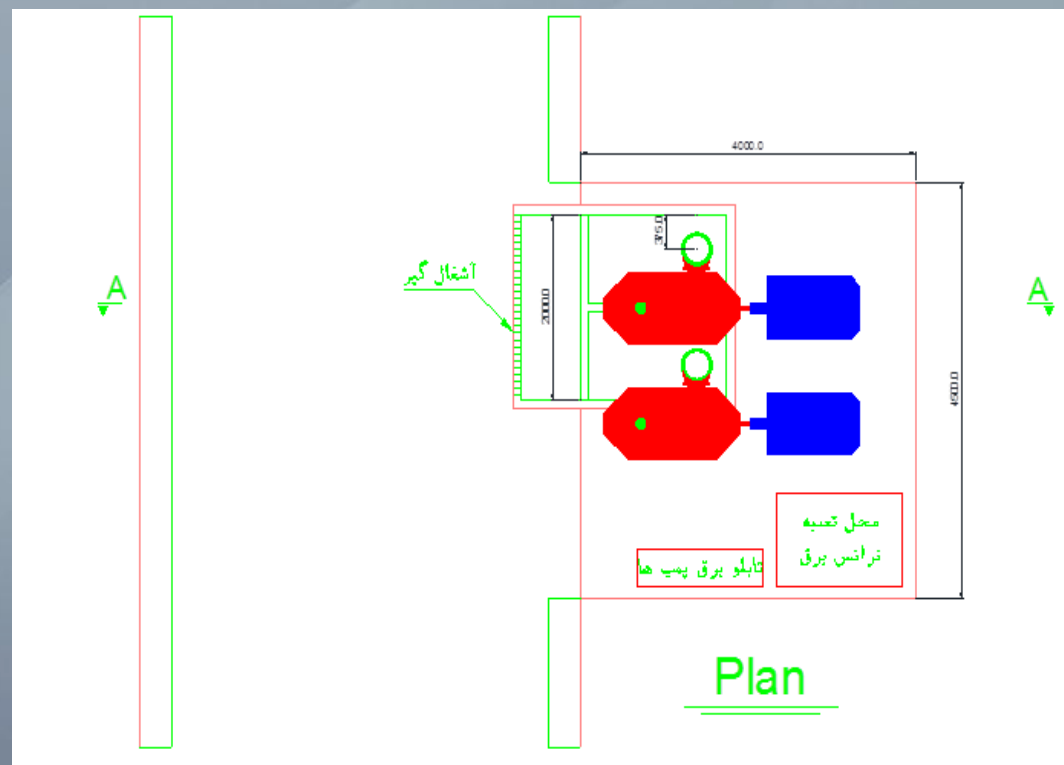
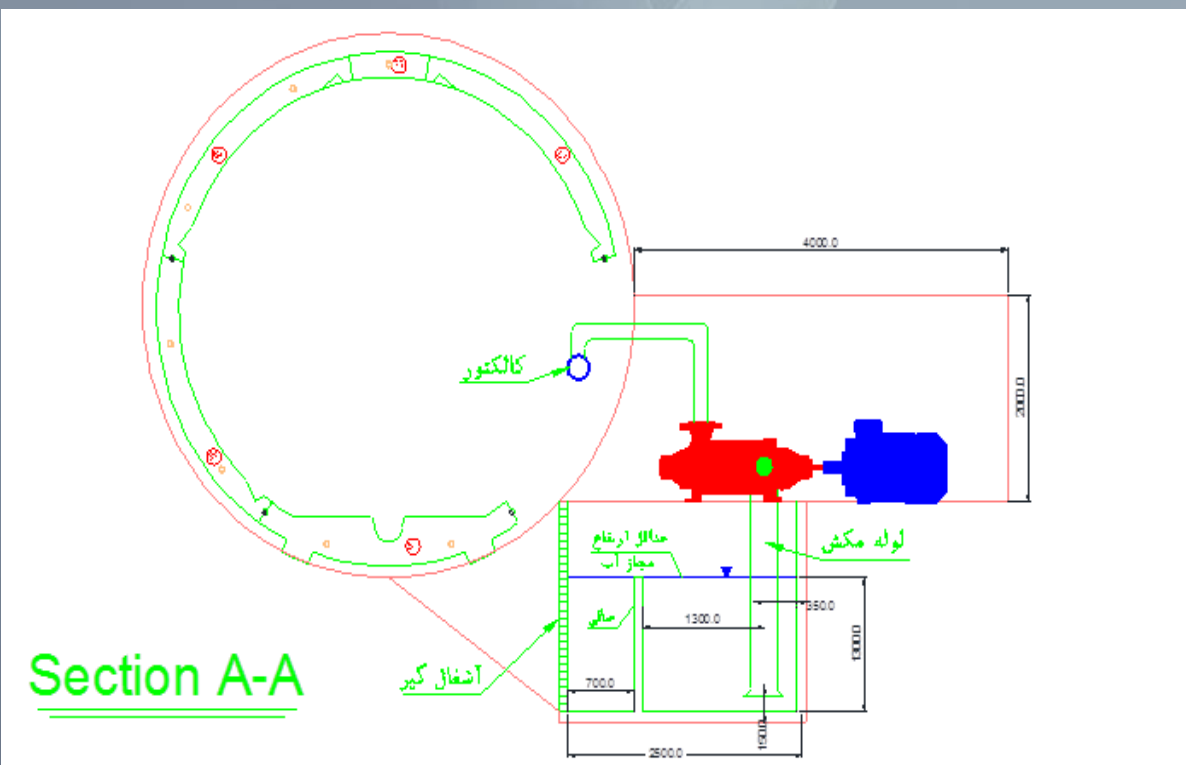
۱

۲

۳

۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

## فاز اول تزریقات آب بندی

- ❖ همزمان با اجرای تمهیدات اتخاذ شده جهت کاهش اثرات هجوم آب به تونل همچون آبرسانی به منابع آبی بالا دست و اجرای سامپ آبکشی، در یک شیفت کاری، عملیات تزریقات آب بندی پشت سر دستگاه همراه با پیشروی دستگاه تا ورود به زون خشک از آذر ماه ۹۶ آغاز گردید.



۱

۲

۳

۴

۵

# طراحی پارامترهای تزریق

## فاز اول تزریقات آب بندی

۱

بازه تحت تاثیر گسل: متر ۴+۵۷۰ تا ۴+۷۲۱

۲

طول چال های تزریق: ۷ متر (تزریق ۴ متر انتهایی و سپس تزریق ۳ متر

۳

ابتدای چال)

۴

فشار تزریق: ۳۰ بار

۵

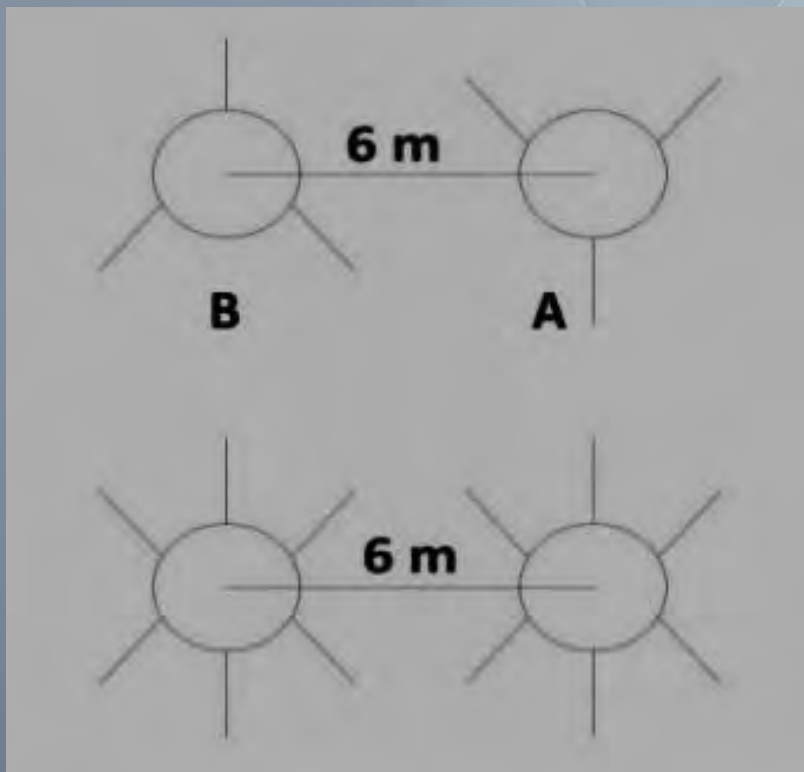
چالزنی صرفاً از محل اینزرت های سگمنت های بتنی با قطر ۵۶ و ۵۱

تجهیزات حفاری: دو دستگاه حفاری دورانی و یک دستگاه میکروجامبو

تجهیزات تزریق: دو ست تزریق ساخت شرکت ITP

دوغاب تزریق: آغاز تزریق با نسبت آب به سیمان ۲ و غلیظ کردن دوغاب تا

نسبت ۱



# طراحی پارامترهای تزریق

## فاز اول تزریقات آب بندی (تزریق پذیری توده سنگ)

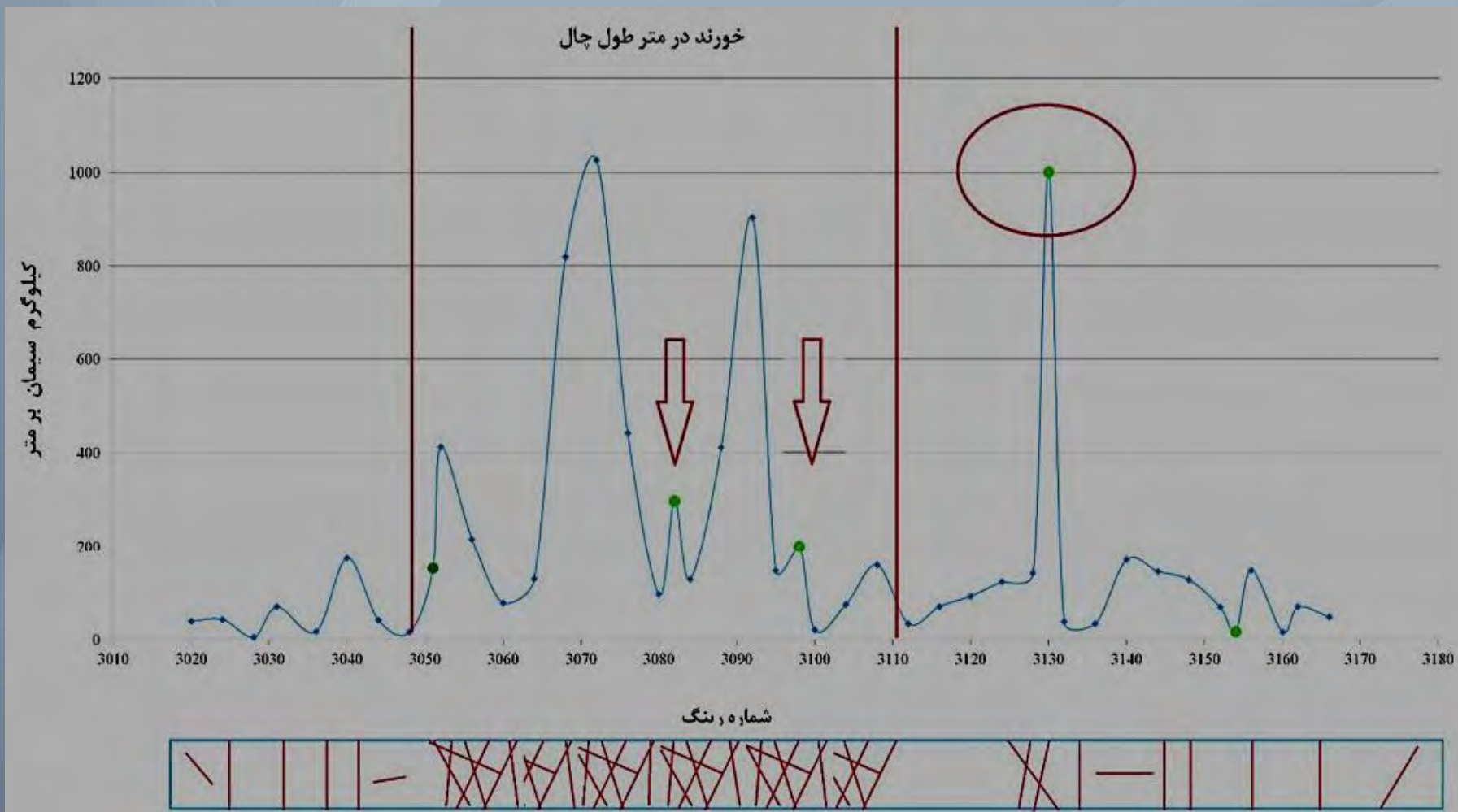
۱

۲

۳

۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

## فاز اول تزریقات آب بندی (دبی آب خروجی از تونل)

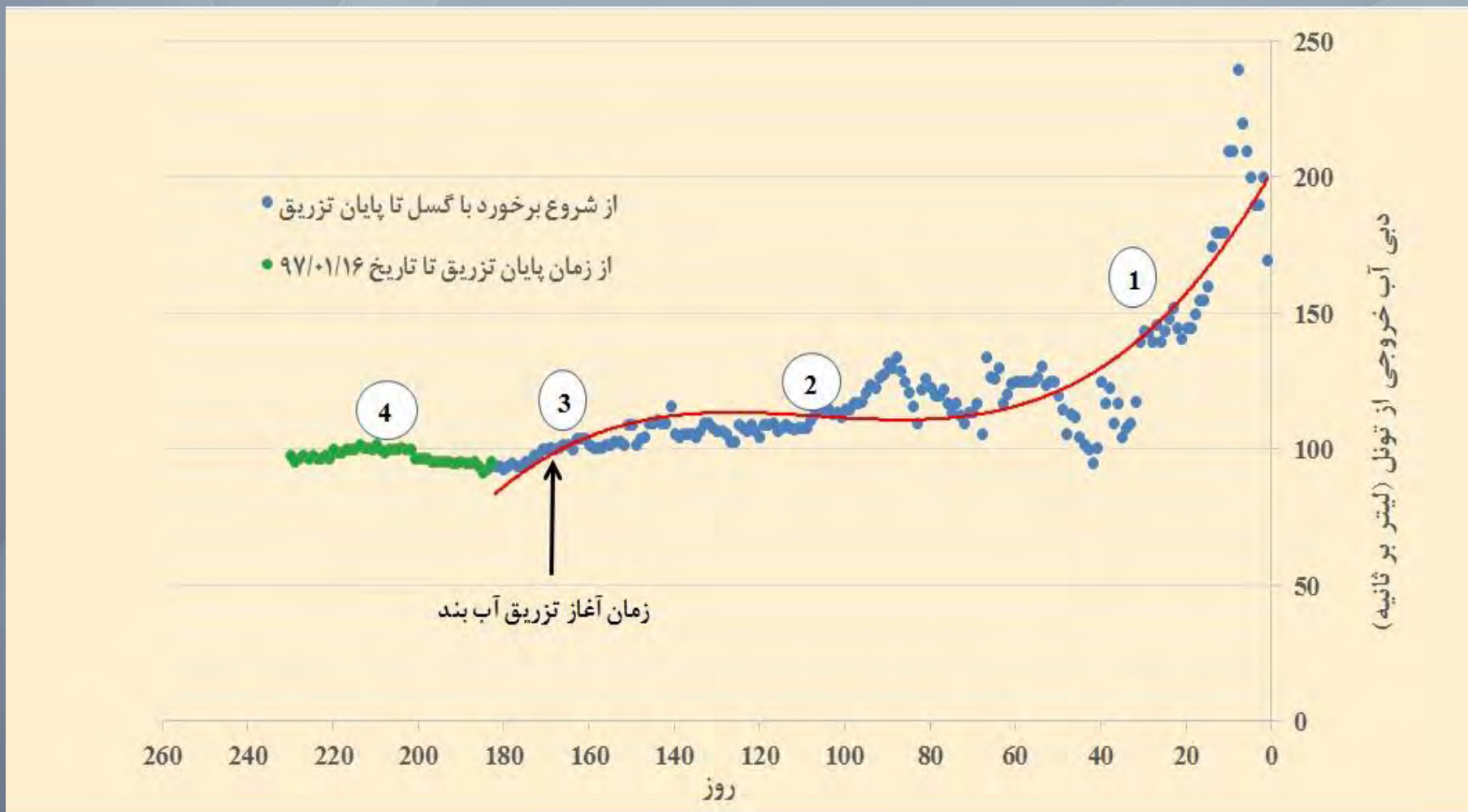
۱

۲

۳

۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

## فاز اول تزریقات آب بندی (پارامترهای حفاری و تزریق)

| مولفه                           | آذر ۹۶ | دی ۹۶ | بهمن ۹۶ | تمام دوره‌ها |
|---------------------------------|--------|-------|---------|--------------|
| میزان حفاری شده                 | ۱۴۱/۴  | ۲۹۸   | ۱۷۵/۲۶  | ۶۱۴/۶۶       |
| درصد پیشروی نسبت به طرح (%)     | ۹/۰۸   | ۱۹/۱۳ | ۱۱/۲۵   | ۳۹/۴۵        |
| مقدار سیمان تزریق شده (کیلوگرم) | ۴۴۰۱   | ۱۵۷۹۰ | ۵۳۰۹۰   | ۷۳۲۸۱        |
| تعداد گمانه‌های حفاری شده       | ۱۹     | ۴۴    | ۶۱      | ۱۲۴          |
| تعداد گمانه‌های تزریق شده       | ۱۳     | ۳۵    | ۵۴      | ۱۰۲          |
| مقدار خورد (کیلوگرم / متر)      | ۵۴     | ۸۸    | ۲۹۷     | ۱۴۶          |
| بازگشایی گمانه ریزشی (متر)      | ۰      | ۴۳/۴  | ۳       | ۴۶/۴         |

۱

۲

۳

۴

۵

# طراحی پارامترهای تزریق

## فاز اول تزریقات آب بندی (کاستی های عملیات اجرایی)

- ❖ ۱. عدم تمرکز چال های حفر شده و تزریق صورت گرفته در ابتدای عملیات اجرایی در زون خرد شده گسل و تمرکز در محدوده های خارج از آن بمنظور ایجاد پرده آب بند که نتیجه چندان مطلوبی را در پی نداشته و موجب از دست رفتن زمان و هزینه شد.
- ❖ ۲. نبود برخی امکانات در ابتدای عملیات اجرایی که موجب عدم هماهنگی نحوه اجرا با طرح اولیه در نظر گرفته شده بود. همانند عدم امکان حفر چال در موقعیت ساعت ۱۲، نبود پکر مکانیکی بمنظور تزریق مقطع اول (۳ متر ابتدایی) چال ها و نبود ست کافی تزریق بمنظور پیشرفت موازی عملیات حفر چال و تزریق، این مورد در دی ماه ۹۶ به دلیل استفاده از جامبو و سرعت بالای چالزنی آن و نبود ست کافی بمنظور انجام تزریق، در مقادیر دبی آب خروجی از تونل دارای تاثیر کاملا محسوسی بود.



# طراحی پارامترهای تزریق

## ۱ فاز اول تزریقات آب بندی (کاستی های عملیات اجرایی)

❖ برخی محدودیت ها همچون تداخل عملیات اجرایی تزریق با مسائل مربوط به حفر تونل.

❖ در ارتباط با استفاده از جامبو می توان به مواردی همچون: کم فشار گرفتن پکر قبل از تزریق بدلیل قطر کم

سرمرته، اعوجاج دیواره چال و ریزش چال های حفر شده با آن اشاره کرد.

❖ استفاده از سیمان پرتلند معمولی



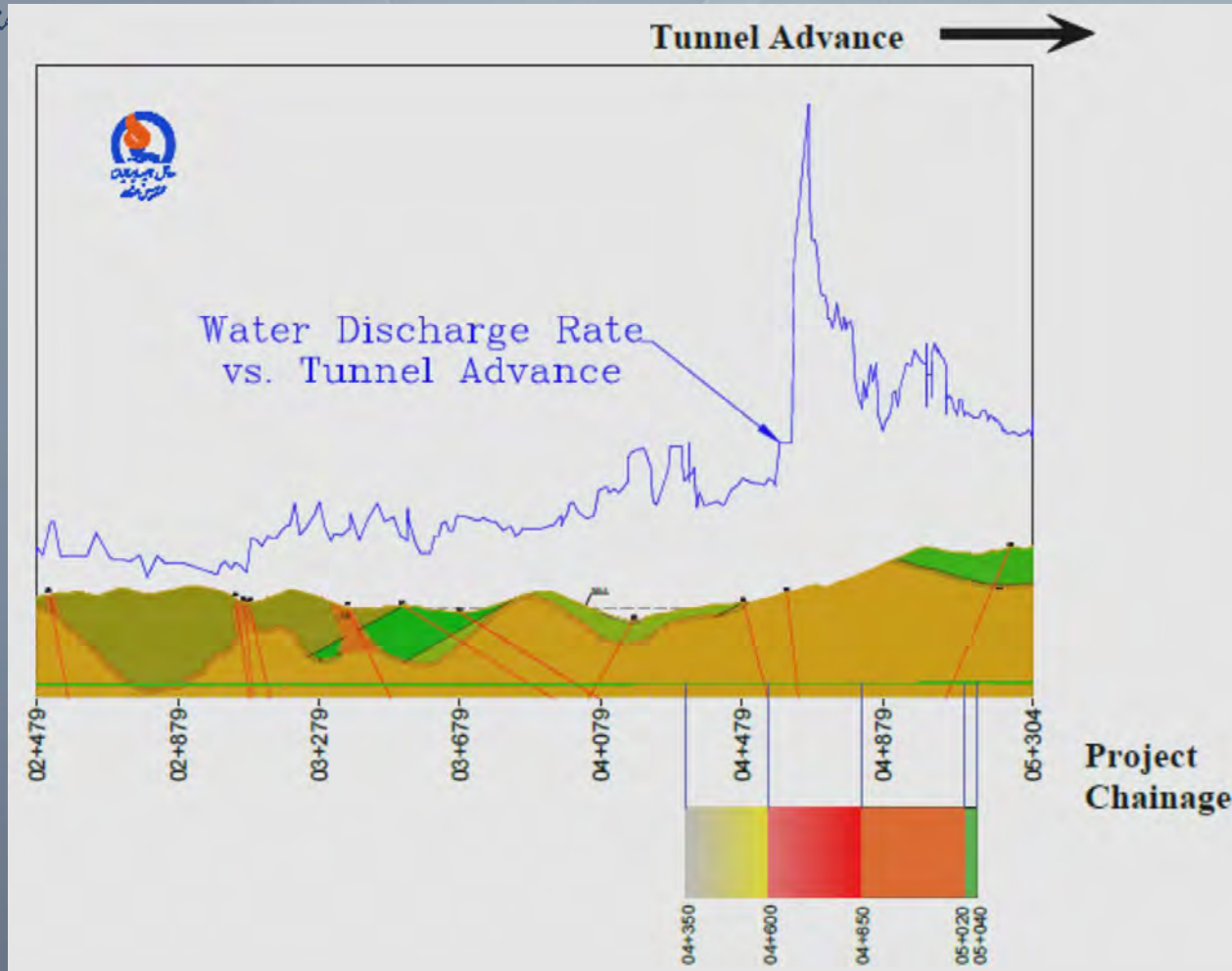
# طراحی پارامترهای تزریق

## فاز نهائی تزریقات آب بندی

❖ فاز نهائی تزریقات از اواسط فروردین

۹۷ و با تعیین ضرب العجل (پایان

خرداد ماه ۹۷) آغاز گردید.



۱

۲

۳

۴

۵

# طراحی پارامترهای تزریق

## دبی آب خروجی از تونل پیش از آغاز فاز نهائی تزریقات آب بندی

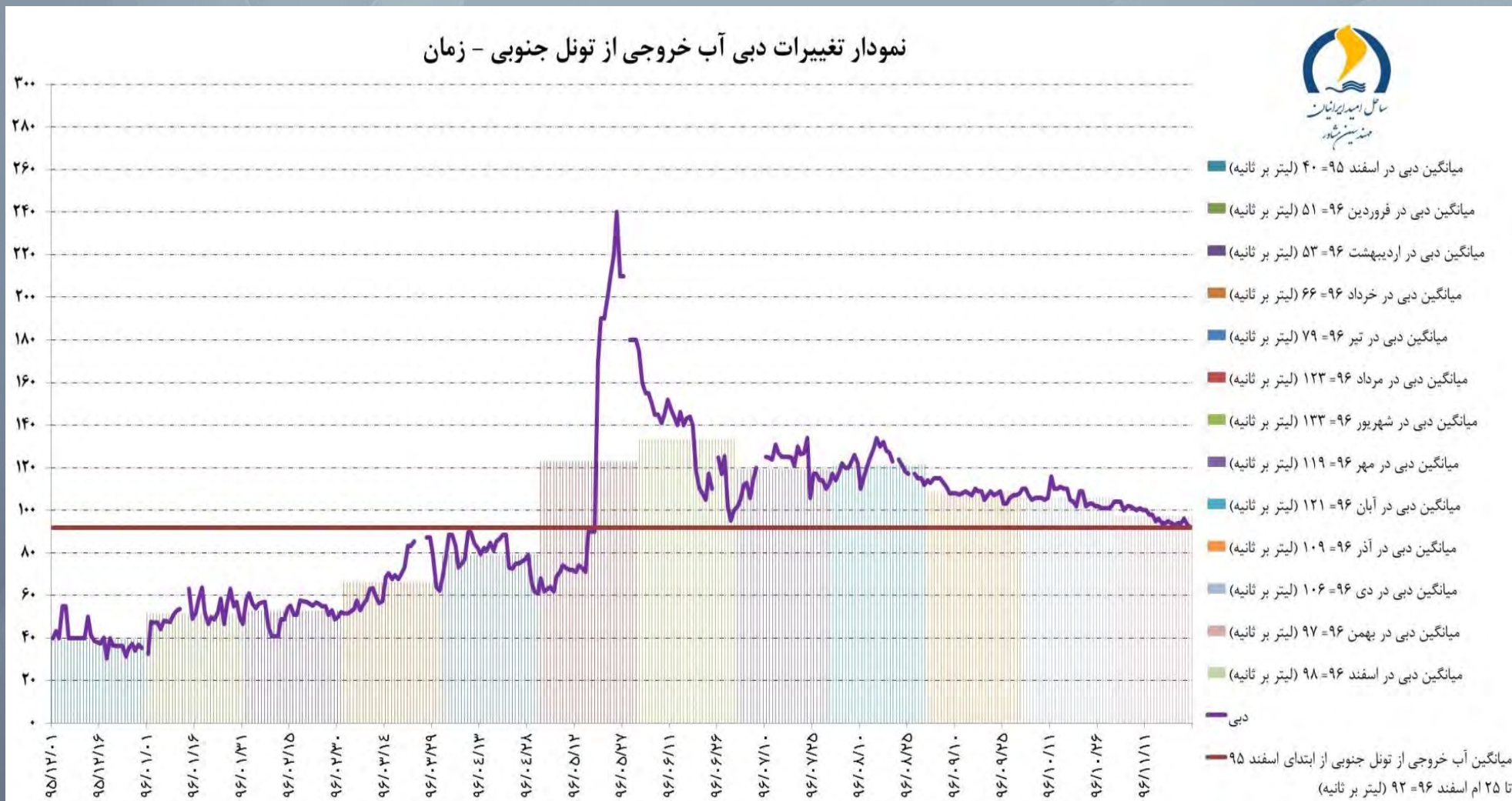
۱

۲

۳

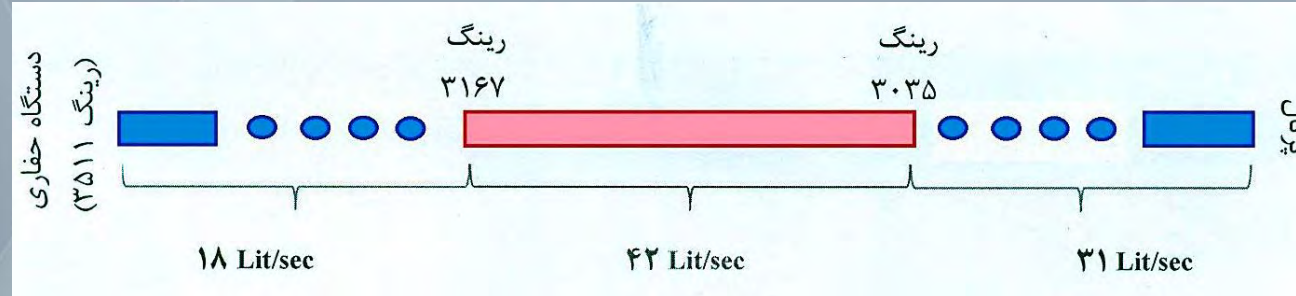
۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

## اندازه گیری دبی در محدوده غسل پیش از آغاز تزریقات



- ۱
- ۲
- ۳
- ۴
- ۵

# طراحی پارامترهای تزریق

## طرح تزریق شیمیایی در فضای پشت رینگ

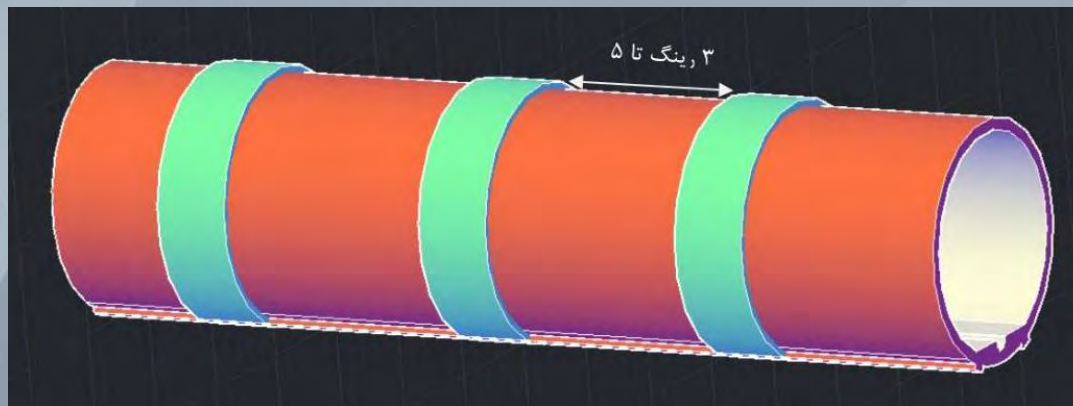
۱

۲

۳

۴

۵



## تجهیزات و فوم پیشنهادی جهت تزریق شیمیایی در فضای پشت رینگ

۱

۲

۳

۴

۵

Technical Data Sheet  
Issue: 12-11-2015

**TPH.**

**PUR-O-STOP FS**

CE-marking in accordance with EN 1504-5

|  |
|--|
| <b>CE</b>  |
| TPH Bauverfahren GmbH<br>D-22848 Norderstedt<br>12<br>GER0813/10<br>EN 1504-5:2004<br><small>Essential characteristics:<br/>See declaration of performance</small> |

**Properties:**

*PUR-O-STOP FS* is a fast reacting, rigid, two-component injection resin based on polyurethane for water proofing and stabilisation of water bearing structures.

*PUR-O-STOP FS* is an injection resin with variable reaction time which can be adjusted by adding the catalyst (see pot-life table).

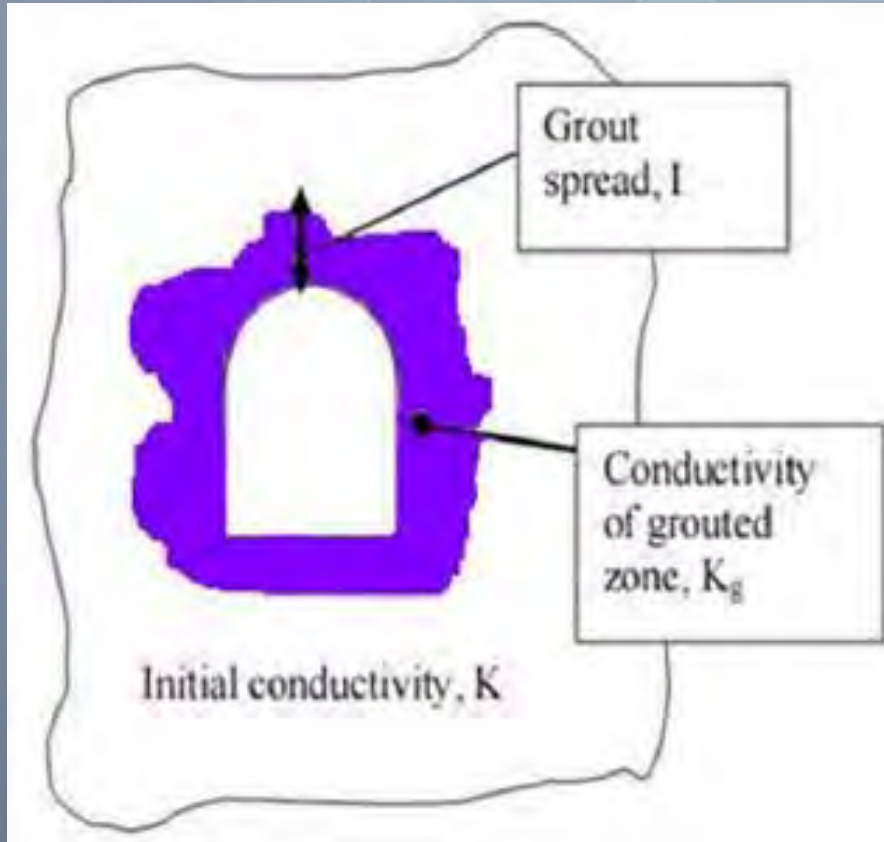
*PUR-O-STOP FS* penetrates well into structures to be sealed. Upcoming water gets mostly forced out due to the viscous and hydrophobic mixture. At borders of resin/water the mixture develops stable and solid foam.

*PUR-O-STOP FS* is used for stabilisation and solidification of water bearing rocks, ground, sand as well as for stopping in rushing water in tunnels, shafts, dams and other building structures made from concrete or brickwork and as a concrete injection product for force transmitting filling of cracks.



# طراحی پارامترهای تزریق

## تعیین ضخامت زون تزریق (طول چال ها)



$$Q = \frac{2\pi KH}{\ln\left(\frac{2H}{r}\right) + \xi}$$

$$Q_g = \frac{2\pi K_g H}{\ln\left(\frac{r+I}{r}\right) + \frac{K_g}{K}\xi + \frac{K_g}{K}\ln\left(\frac{2H}{r+I}\right)}$$

Q: نشت آب به تونل (متر مکعب بر ثانیه بر متر طول تونل)

K: هدایت هیدرولیکی اولیه (متر بر ثانیه)

H: بار آبی (متر)

r: شعاع حفاری (متر)

ξ: ضریب پوسته (عددی بین ۳ تا ۷)

Q<sub>g</sub>: نشت آب به تونل ثانویه پس از تزریق (متر مکعب بر ثانیه بر متر طول تونل)

I: ضخامت زون تزریق شده (متر)

K<sub>g</sub>: هدایت هیدرولیکی زون تزریق شده (متر بر ثانیه)

۱

۲

۳

۴

۵

# طراحی پارامترهای تزریق

## تعیین ضخامت زون تزریق (طول چال ها)

۱

۲

۳

۴

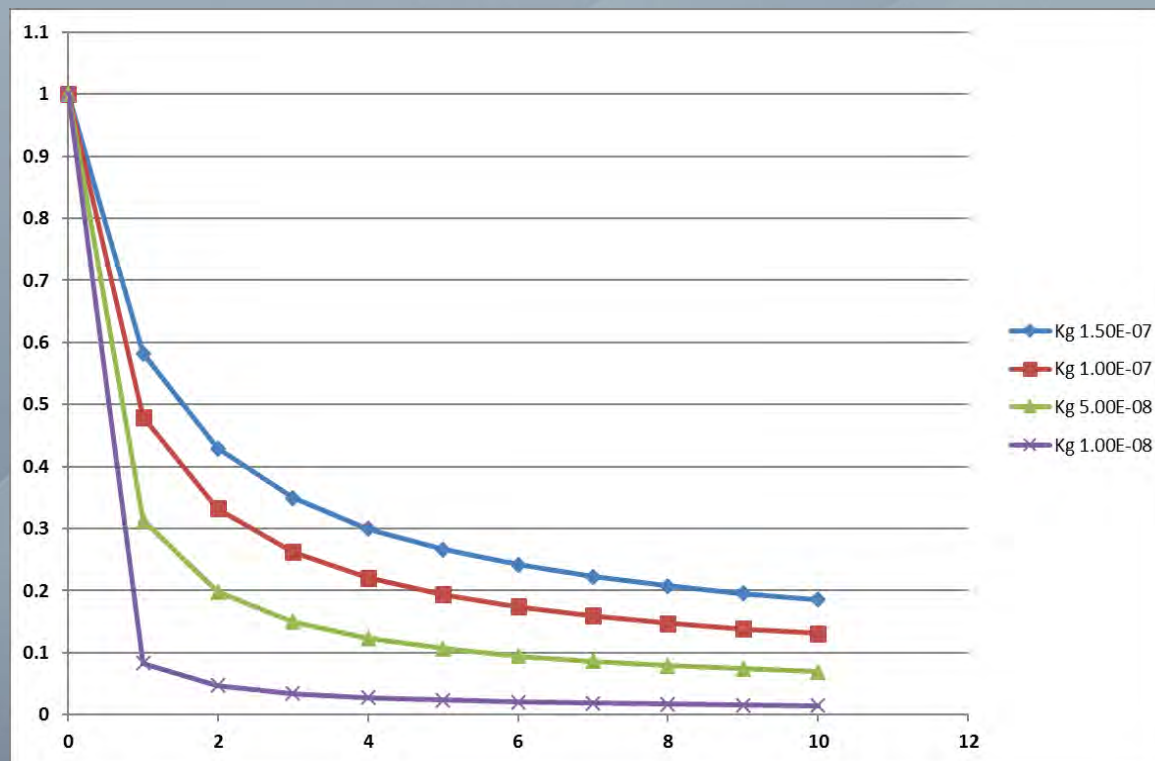
۵

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| $K_{in}$ | 6.08076E-06 |             |
| $K_g$    | 1.50E-07    |             |
| t        | 0           | 1           |
|          | 1           | 0.581874085 |
|          | 2           | 0.429058433 |
|          | 3           | 0.349183446 |
|          | 4           | 0.299754216 |
|          | 5           | 0.265963934 |
|          | 6           | 0.241292074 |
|          | 7           | 0.222414435 |
|          | 8           | 0.207455835 |
|          | 9           | 0.195276694 |
|          | 10          | 0.185143671 |

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| $K_{in}$ | 6.08076E-06 |             |
| $K_g$    | 1.00E-07    |             |
| t        | 0           | 1           |
|          | 1           | 0.479164837 |
|          | 2           | 0.331911086 |
|          | 3           | 0.261827665 |
|          | 4           | 0.220573241 |
|          | 5           | 0.193245525 |
|          | 6           | 0.173722833 |
|          | 7           | 0.159023514 |
|          | 8           | 0.147519476 |
|          | 9           | 0.138245254 |
|          | 10          | 0.130591373 |

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| $K_{in}$ | 6.08076E-06 |             |
| $K_g$    | 5.00E-08    |             |
| t        | 0           | 1           |
|          | 1           | 0.313273065 |
|          | 2           | 0.197653236 |
|          | 3           | 0.14957181  |
|          | 4           | 0.123056226 |
|          | 5           | 0.106164647 |
|          | 6           | 0.094409823 |
|          | 7           | 0.085725212 |
|          | 8           | 0.079025429 |
|          | 9           | 0.073685077 |
|          | 10          | 0.069318024 |

|          |             |             |
|----------|-------------|-------------|
| $K_{in}$ | 6.08076E-06 |             |
| $K_g$    | 1.00E-08    |             |
| t        | 0           | 1           |
|          | 1           | 0.083103316 |
|          | 2           | 0.046660398 |
|          | 3           | 0.03376403  |
|          | 4           | 0.02712367  |
|          | 5           | 0.023054292 |
|          | 6           | 0.020292744 |
|          | 7           | 0.018288359 |
|          | 8           | 0.016762418 |
|          | 9           | 0.015558572 |
|          | 10          | 0.01458224  |





# طراحی پارامترهای تزریق

تعیین شعاع نفوذ دوغاب (فاصله داری چال ها)

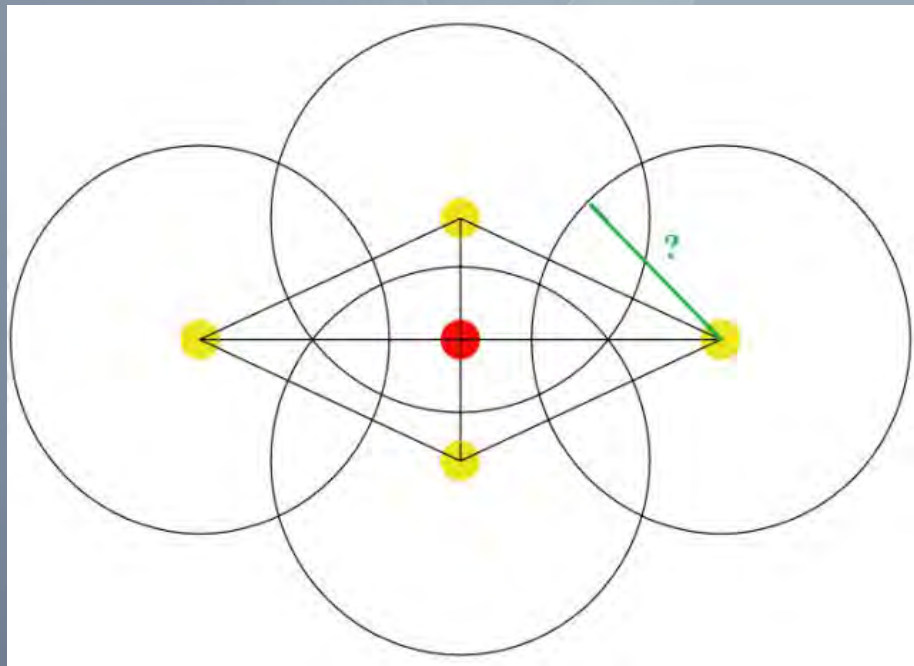
۱

۲

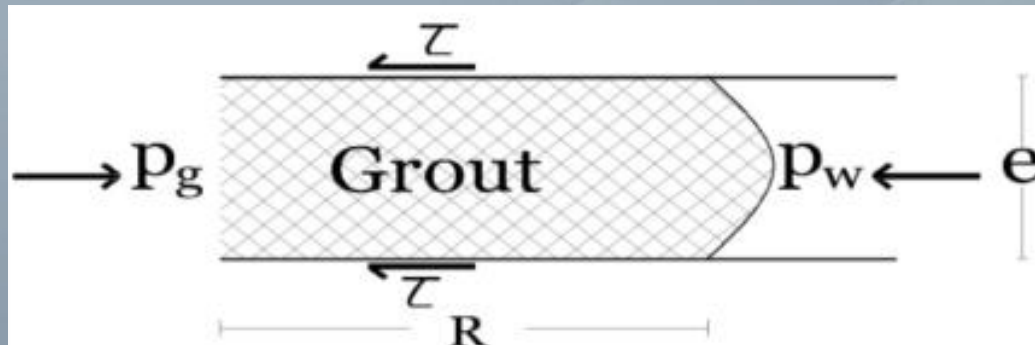
۳

۴

۵



$$s = \sqrt{3}r_g$$



$$r_g = \frac{\Delta p \cdot e}{2 \cdot \tau \cdot \lambda}$$

$r_g$ : شعاع نفوذ دوغاب

$\Delta P$ : اختلاف فشار تزریق و فشار آب زیرزمینی

$e$ : بازشدگی درزه

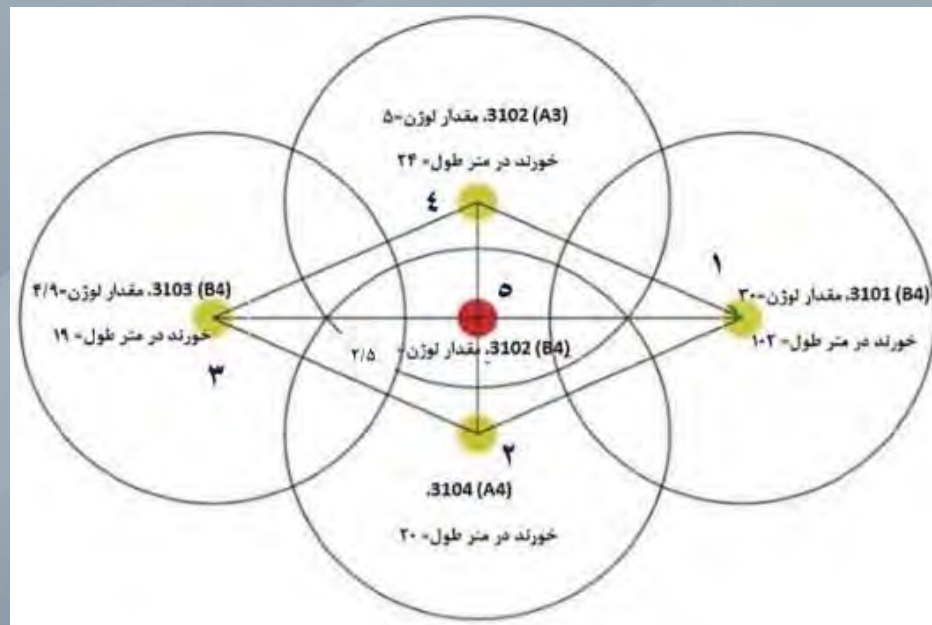
$\tau$ : چسبندگی دوغاب

$\lambda$ : ضریب تصحیح (عددی بین ۱/۲ تا ۲/۷)

$s$ : فاصله بهینه دو گمانه مجاور

# طراحی پارامترهای تزریق

## تعیین شعاع نفوذ دوغاب (فاصله داری چال ها)



۱

۲

۳

۴

۵

# طراحی پارامترهای تزریق

## آرایش چال های تزریق

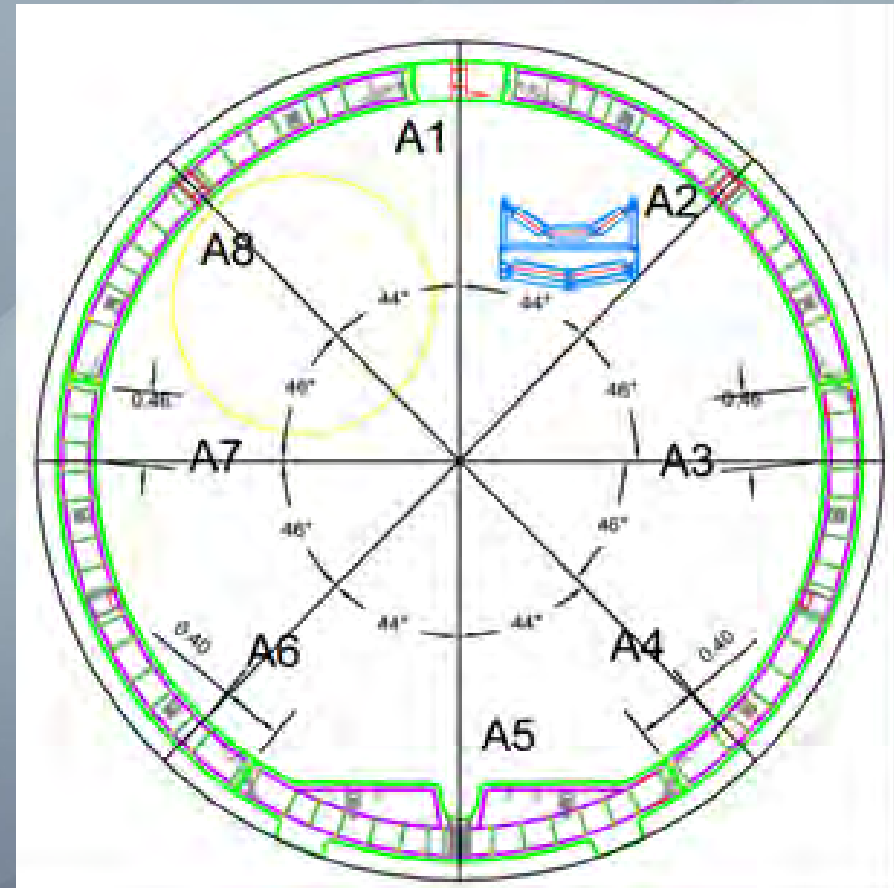
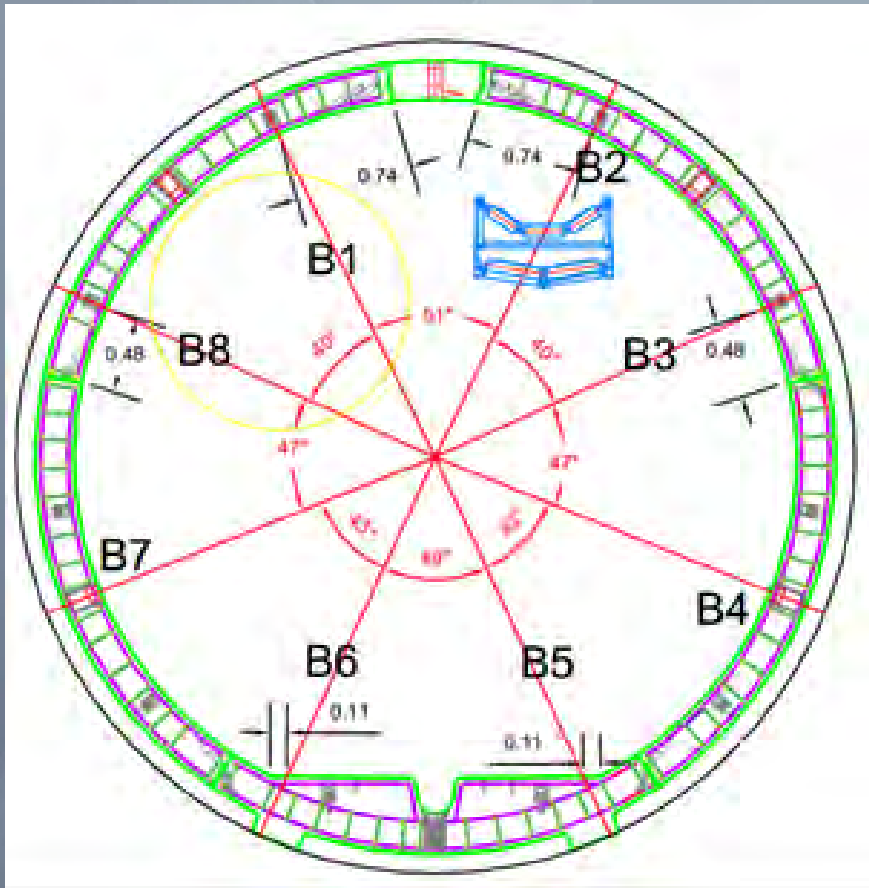
۱

۲

۳

۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

## چیدمان ست‌های حفاری و تزریق

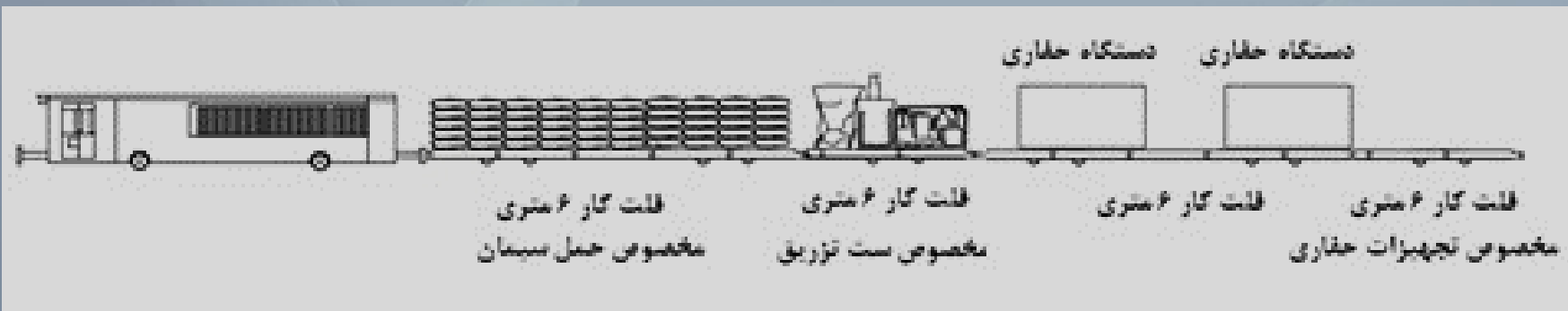
۱

۲

۳

۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

ترتیب و توالی تزریق

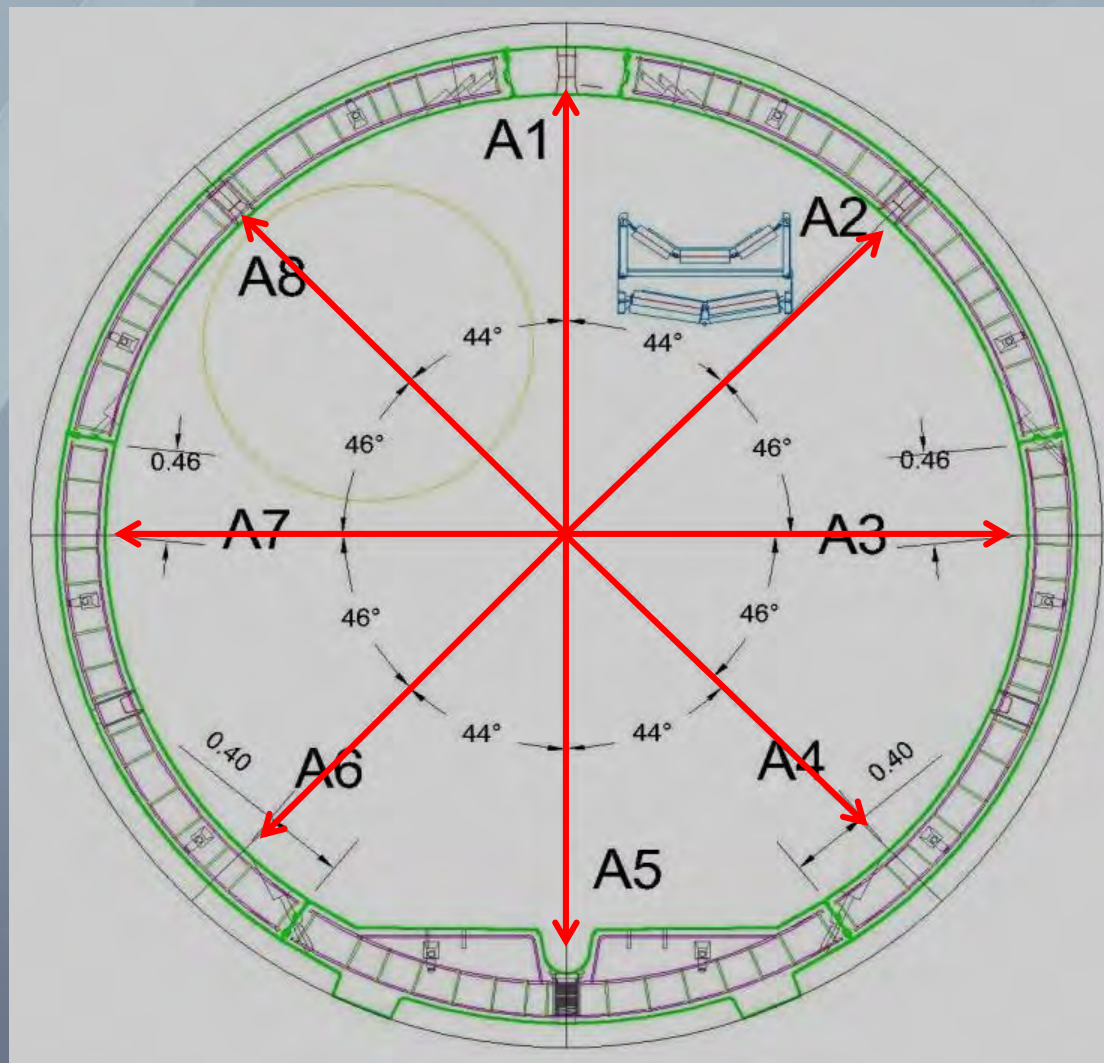
۱

۲

۳

۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

فشار تزریق

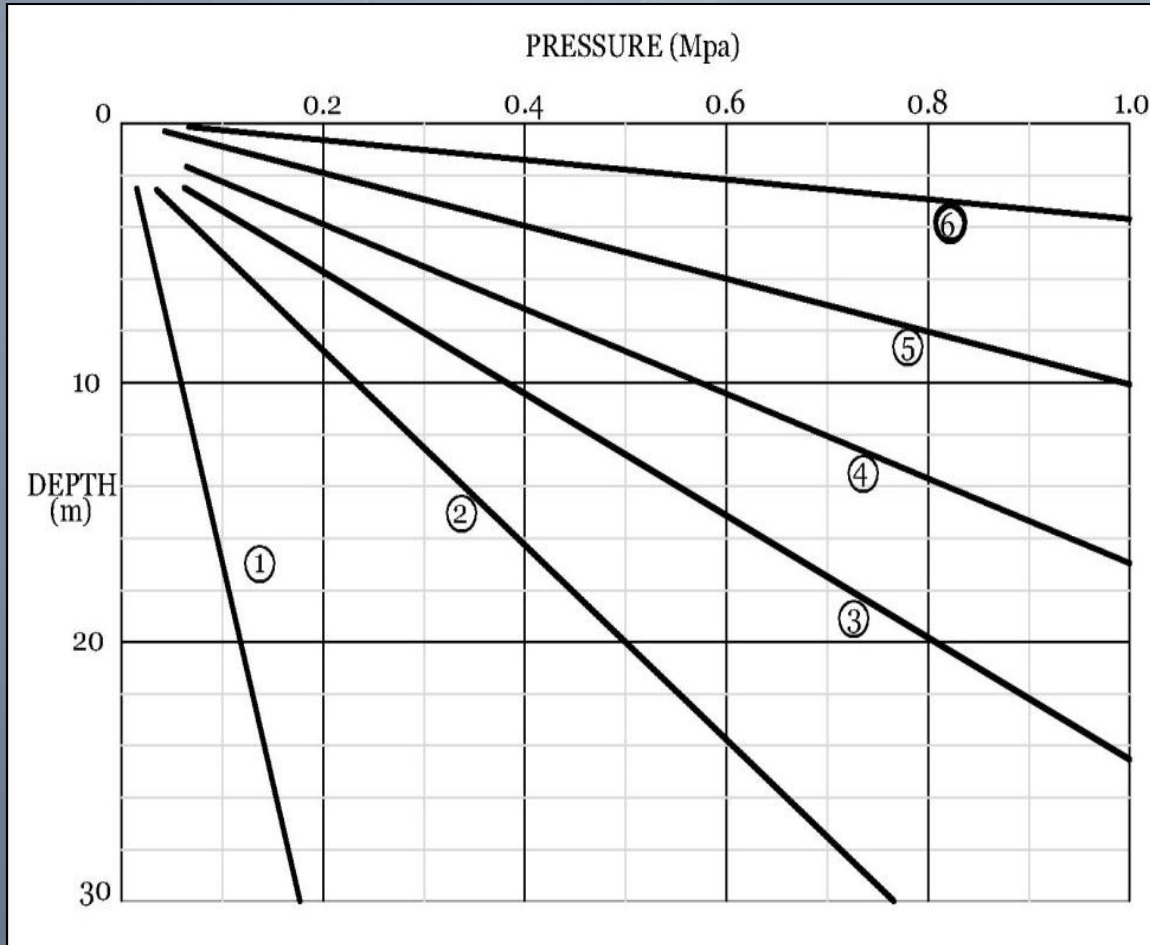
۱

۲

۳

۴

۵



# طراحی پارامترهای تزریق

## طرح اختلاط دوغاب



۱

۲

۳

۴

۵

| آزمایش فیزیکی سیمان                 |                                     |                     |                |                        |
|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|----------------|------------------------|
| مطابق استاندارد ملی ایران شماره ۳۸۹ |                                     |                     |                |                        |
| نوع سیمان: سیمان بلین یا لا اردستان |                                     | محل تخلیه:          |                | دپو کارگاه دهانه ورودی |
| تاریخ ورود به کارگاه:               |                                     | تاریخ آزمایش:       |                | ۱۳۹۷/۰۲/۰۷             |
| شماره نمونه:                        |                                     | شماره نمونه:        |                | ۱۳۹۷/۰۲/۰۵             |
| CM-۲۰۰                              |                                     |                     |                |                        |
| ردیف                                | شرح آزمون                           | واحد                | حدود قابل قبول | نتایج آزمون            |
| ۱                                   | تعیین نرمی سیمان - بلین (سطح مخصوص) | cm <sup>2</sup> /gr | حداقل 2800     | ۴۳۵۰                   |
| ۲                                   | آب غلظت نرمال                       | percent %           | -              | ۲۵                     |
| ۳                                   | زمان گیرش - ویکات                   | ابتدایی             | حداقل 45       | ۸۵                     |
|                                     |                                     | انتهای              | حداکثر 360     | ۱۴۵                    |
| ۴                                   | وزن مخصوص                           |                     |                | ۳.۲                    |
| ۵                                   | مانده روی الک ۲۰۰                   |                     |                | ۰.۵۰٪                  |
| ۴                                   | مقاومت فشاری                        | ۳روزه               | حداقل 100      |                        |
|                                     |                                     | ۷روزه               | حداقل 175      |                        |
|                                     |                                     | ۲۸روزه              | حداقل ۳۱۵      | ۳۸۷                    |

| شماره طرح | نسبت آب به سیمان (W:C) | روان کننده (درصد وزن سیمان) | زودگیر (درصد وزنی سیمان) |
|-----------|------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ۱         | ۱:۱                    | ۲                           | ۰                        |
| ۲         | ۱:۱/۵                  | ۲                           | ۰                        |
| ۳         | ۱:۲                    | ۲                           | ۰                        |
| ۴         | ۱:۲                    | ۰                           | ۰/۲، ۰/۳ و ...           |

# طراحی پارامترهای تزریق

## فلوجارت تزریق

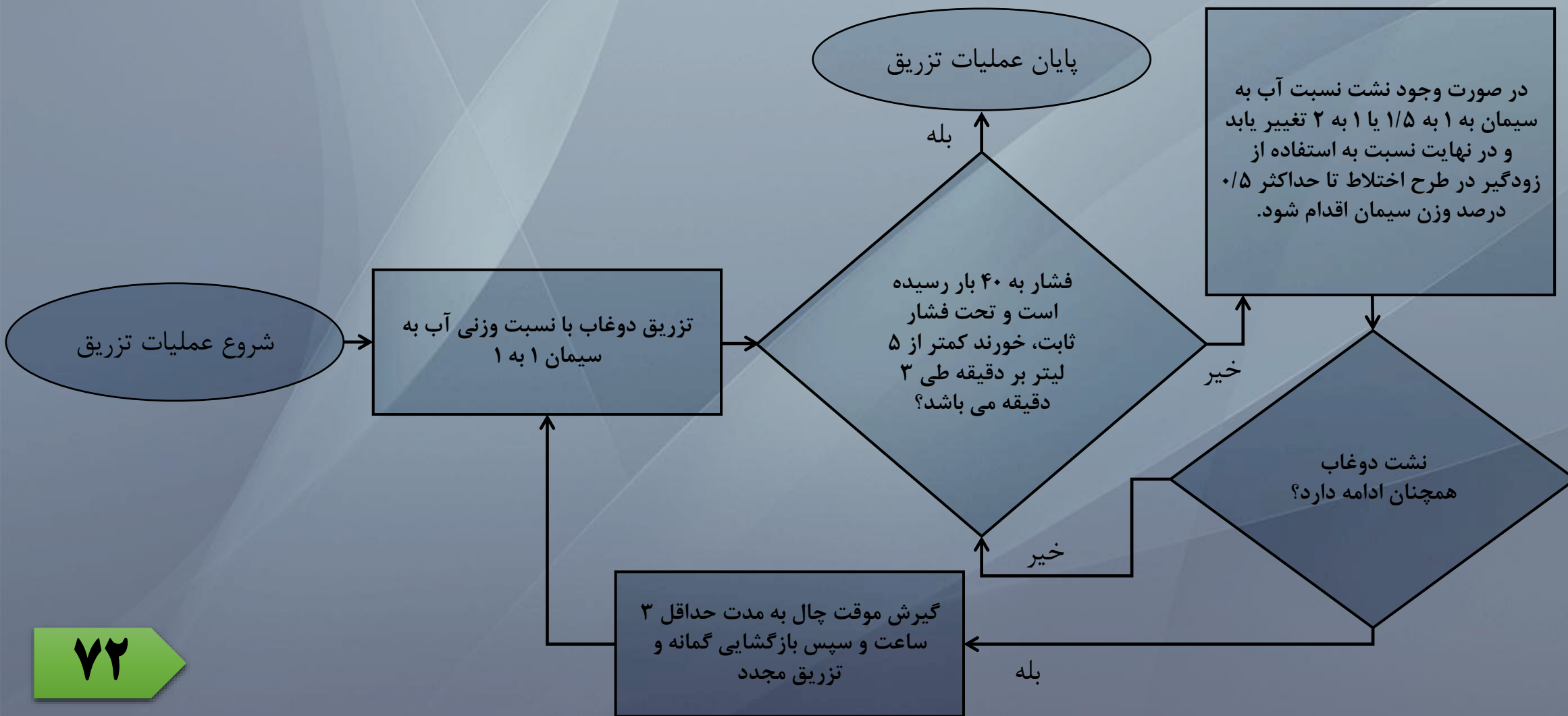
۱

۲

۳

۴

۵





# طراحی پارامترهای تزریق

## روش اجرای مراحل تزریق

۱

۲

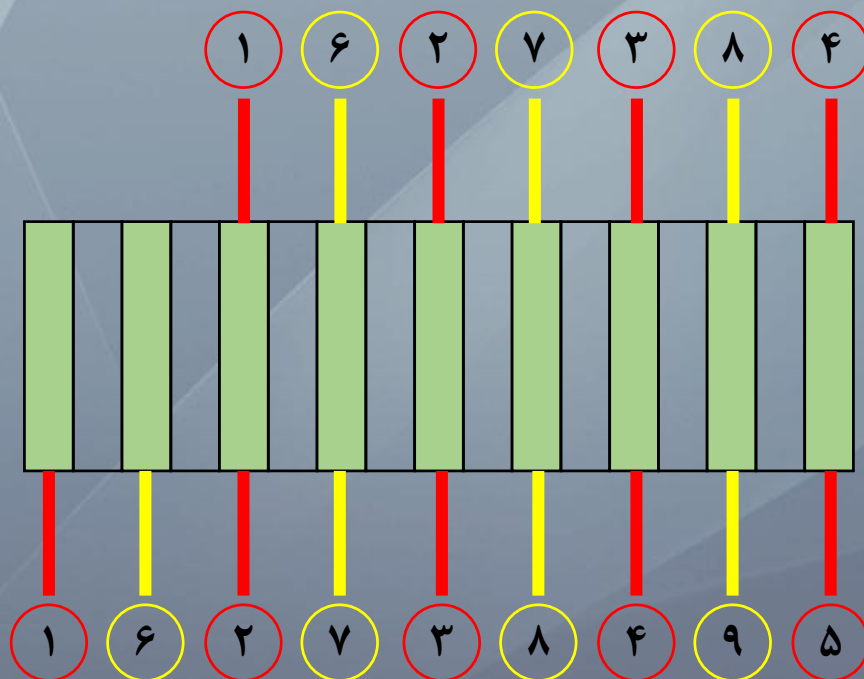
۳

۴

۵

❖ محدوده به دو قسمت ۶۰ رینگی تقسیم شد.

❖ در هر مرحله استقرار تجهیزات حفاری یک جفت گمانه متقارن حفاری گردید.



# طراحی پارامترهای تزریق

## تجهیزات تزریق

۱

۲

۳

۴

۵



پمپ تزریق



پکرهای دستی و پنوماتیکی



سرسته‌های با قطر ۵۶ و ۷۶ میلیمتر



دستگاه حفاری Gz-200

# طراحی پارامترهای تزریق

## پایش حفاری گمانه ها

۱

❖ ثیت میانگین نرخ حفاری

۲

❖ نوع سنگ

۳

❖ وضعیت درزه داری (تعداد دسته درزه های موجود،

۴

جهت داری درزه ها نسبت به محور گمانه، فاصله

۵

داری درزه ها، وضعیت بازشدگی و نوع پرکننده)

❖ وضعیت آب برگشتی

❖ متراژ برخورد با آب در گمانه

❖ دبی آب خروجی از هر گمانه



# طراحی پارامترهای تزریق



## پایش تزریق گمانه ها

- ❖ ۱ مدت زمان تزریق
- ❖ ۲ طرح اختلاط دوغاب در هر مرحله
- ❖ ۳ مشخصات کیفی دوغاب شامل گرانیروی و آب اندازی
- ❖ ۴ میزان خوردند و فشار در پله های ۵ الی ۱۰ دقیقه ای
- ❖ ۵ ثبت محل نشست و تصمیم در مورد تغییر طرح اختلاط دوغاب تزریقی

# بررسی عملیات تزریق

میزان خورندگی گمانه ها

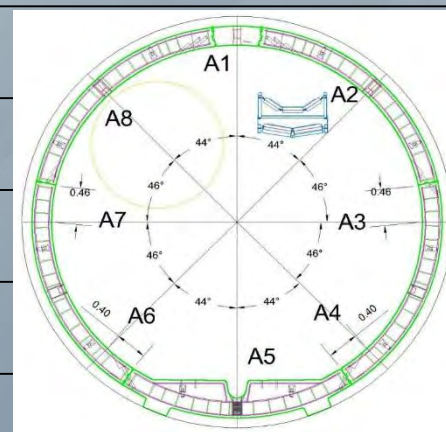
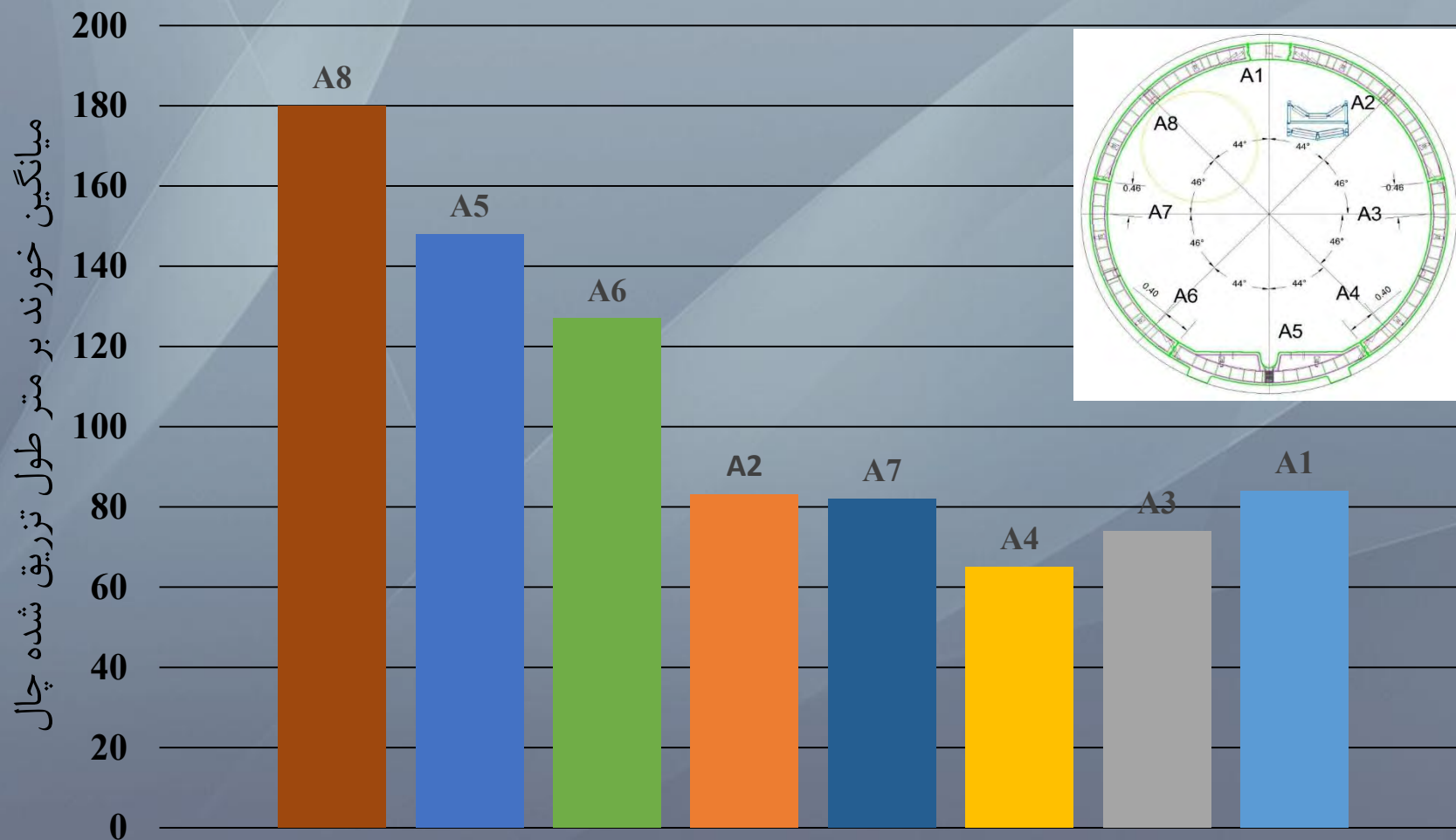
۱

۲

۳

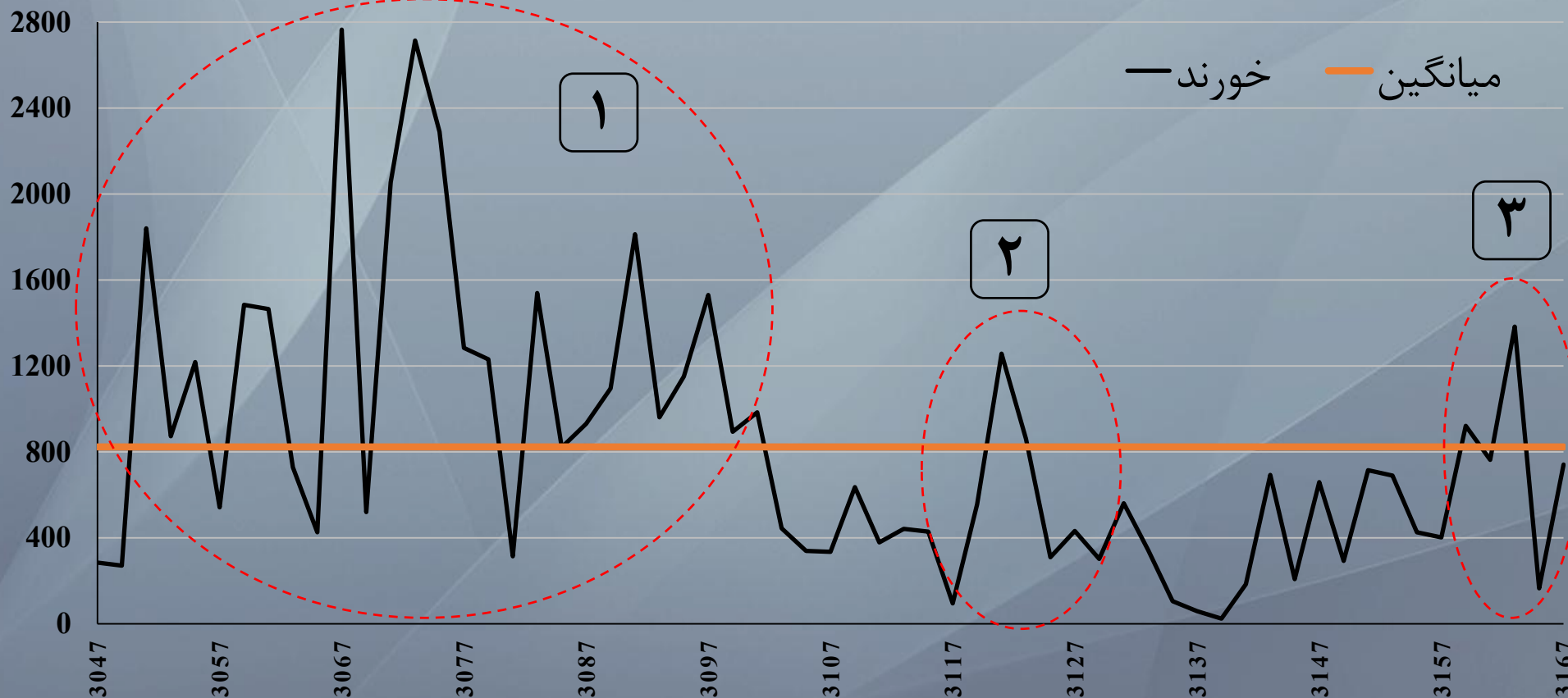
۴

۵



# بررسی عملیات تزریق

میزان خوردن سیمان بر متر بخش تزریق شده در هر رینگ

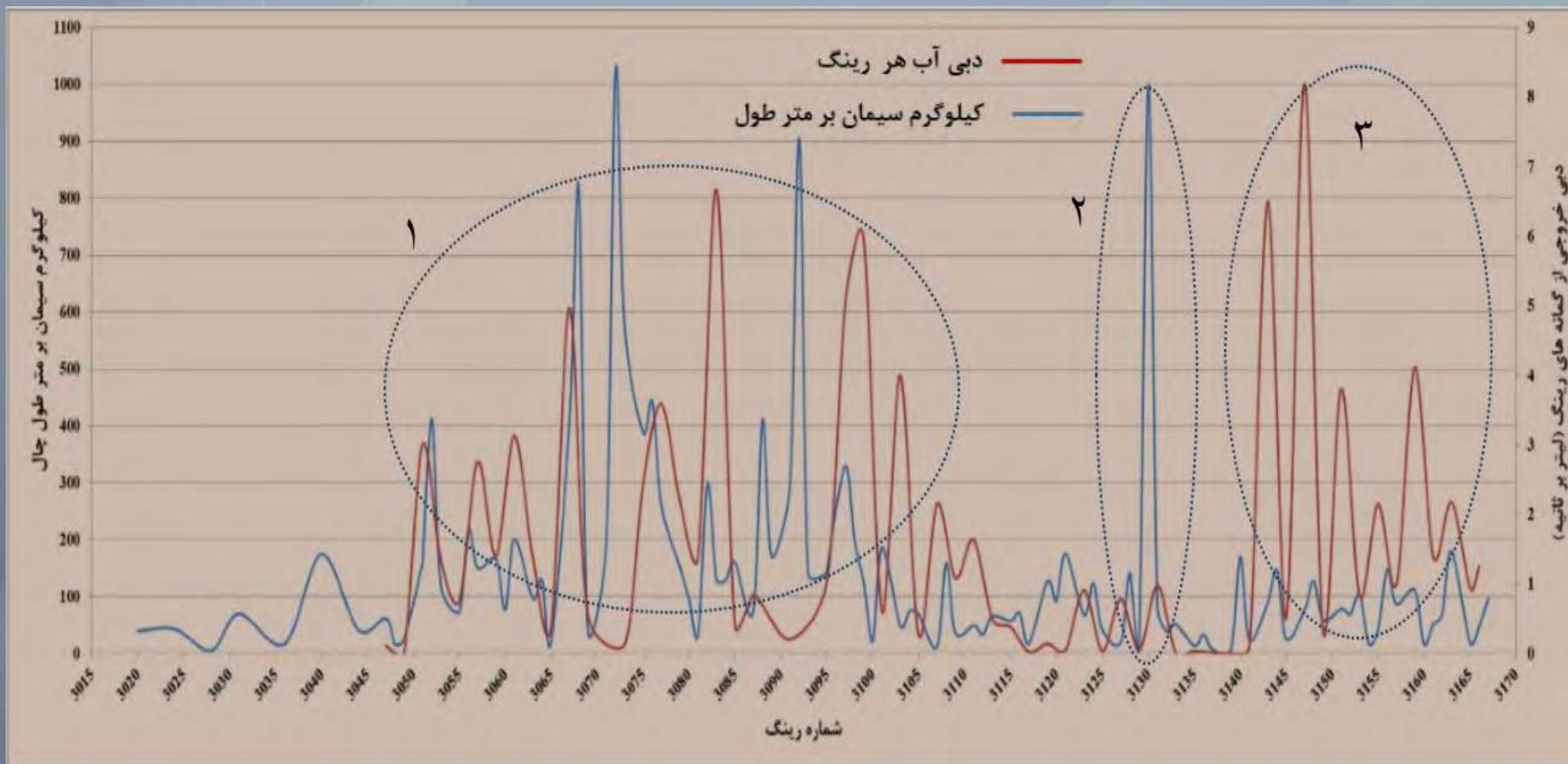


- ۱
- ۲
- ۳
- ۴
- ۵

# بررسی عملیات تزریق

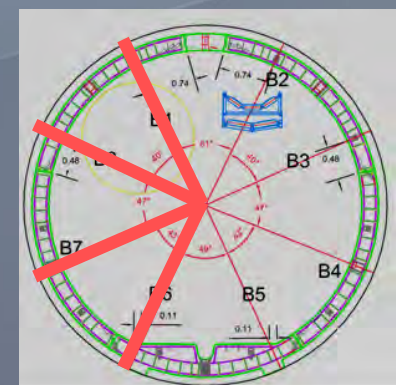
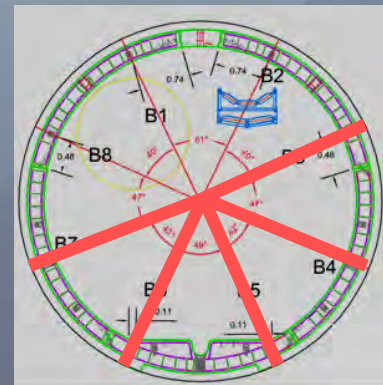
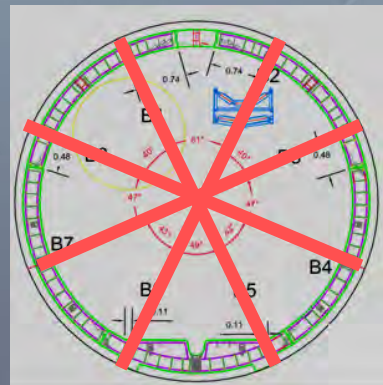
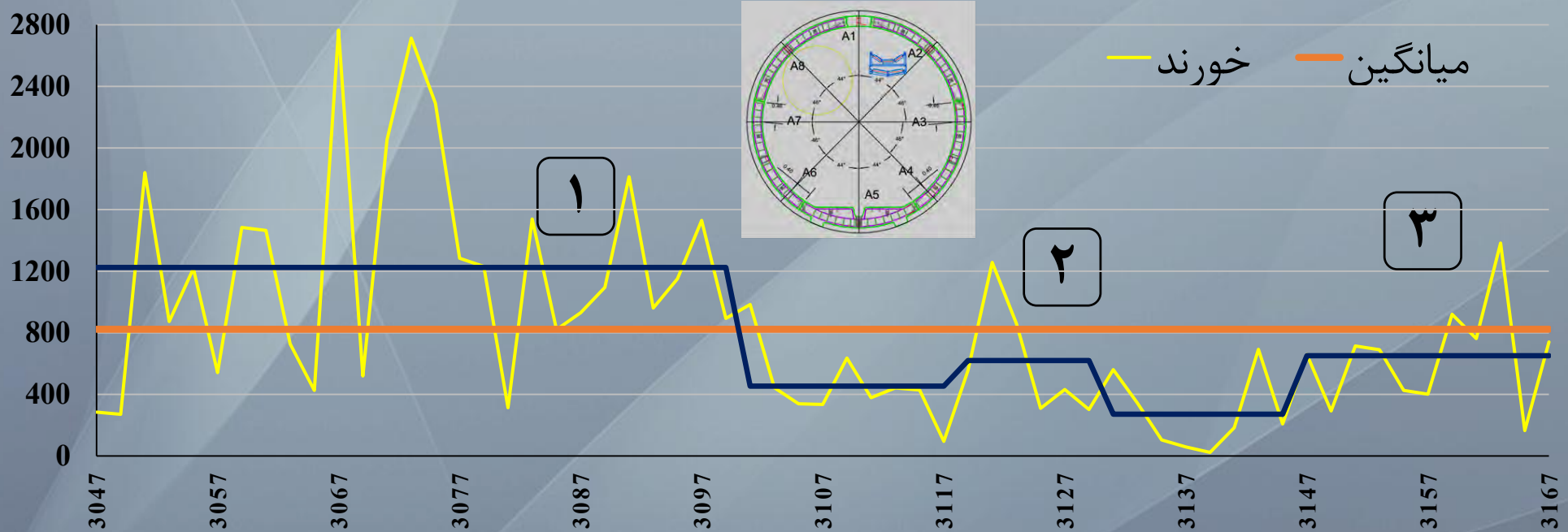
## میزان خورند سیمان بر متر بخش تزریق شده در هر رینگ

- ۱
- ۲
- ۳
- ۴
- ۵



# بررسی عملیات تزریق

## تعیین محل حفر و تزریق گمانه های سری B



- ۱
- ۲
- ۳
- ۴
- ۵



# بررسی عملیات تزریق

## اقدامات انجام شده از ابتدای فروردین ۱۳۹۷ تا کنون

- ❖ ۱ اقدامات انجام شده از ابتدای فروردین ۱۳۹۷ تا کنون
- ❖ ۲ تزریق سیستماتیک گمانه ها در بازه رینگ های ۳۰۴۷ تا ۳۱۶۷
- ❖ ۳ تزریق سیستماتیک گمانه ها در بازه رینگ های ۳۱۶۸ تا ۳۲۲۶
- ❖ ۴ تکمیل تزریقات تماسی پشت دستگاه به جهت ممانعت از حرکت آب از فضای پشت رینگ به سمت بک آپ در بازه رینگ های ۳۳۲۶ تا ۳۳۳۰
- ❖ ۵ حفاری تعداد گمانه شناسایی جهت ارزیابی وضعیت توده سنگ در بازه رینگ های ۳۲۲۶ تا ۳۳۲۶
- ❖ ایجاد پرده های آب بند در فضای پشت رینگ با استفاده از تزریق شیمیایی (هر ۱۲ تا ۱۵ رینگ) در بازه رینگ های ۳۲۲۶ تا ۳۳۲۶
- ❖ تزریق بخش های خرد شده توده سنگ در بازه رینگ های ۳۲۲۶ تا ۳۳۲۶
- ❖ تکمیل تزریقات تماسی در بازه رینگ های ۳۰۴۷ تا ۳۳۲۶

# بررسی عملیات تزریق

## احجام تزریق

۱

۲

۳

۴

۵

| کل سیمان مصرفی (کیلوگرم) |    |        |    |
|--------------------------|----|--------|----|
| ۴۰۶۱۸۶                   |    |        |    |
| سری B                    |    | سری A  |    |
| ۶۳۱۵۹                    |    | ۳۴۳۰۲۷ |    |
| ۰                        | B1 | ۴۹۹۳۱  | A1 |
| ۰                        | B2 | ۳۹۵۰۴  | A2 |
| ۵۸۳۲                     | B3 | ۲۳۰۹۳  | A3 |
| ۱۳۳۲۰                    | B4 | ۲۱۰۰۷  | A4 |
| ۷۳۲۱                     | B5 | ۴۷۶۳۵  | A5 |
| ۸۸۸۵                     | B6 | ۳۷۲۴۷  | A6 |
| ۱۷۹۹۷                    | B7 | ۲۳۷۶۳  | A7 |
| ۹۸۰۴                     | B8 | ۱۰۰۸۴۹ | A8 |

| مجموع حفاری (متر) |    |       |    |
|-------------------|----|-------|----|
| ۵۰۴۹              |    |       |    |
| سری B             |    | سری A |    |
| ۱۳۹۳              |    | ۳۶۵۶  |    |
| ۰                 | B1 | ۴۸۸   | A1 |
| ۰                 | B2 | ۴۸۲   | A2 |
| ۱۴۷               | B3 | ۳۷۸   | A3 |
| ۲۹۷               | B4 | ۳۹۴   | A4 |
| ۲۱۲               | B5 | ۵۰۵   | A5 |
| ۲۲۳               | B6 | ۴۱۳   | A6 |
| ۲۹۲               | B7 | ۴۴۵   | A7 |
| ۲۲۲               | B8 | ۵۵۱   | A8 |

# بررسی عملیات تزریق

## دبی آب خروجی از تونل

۱

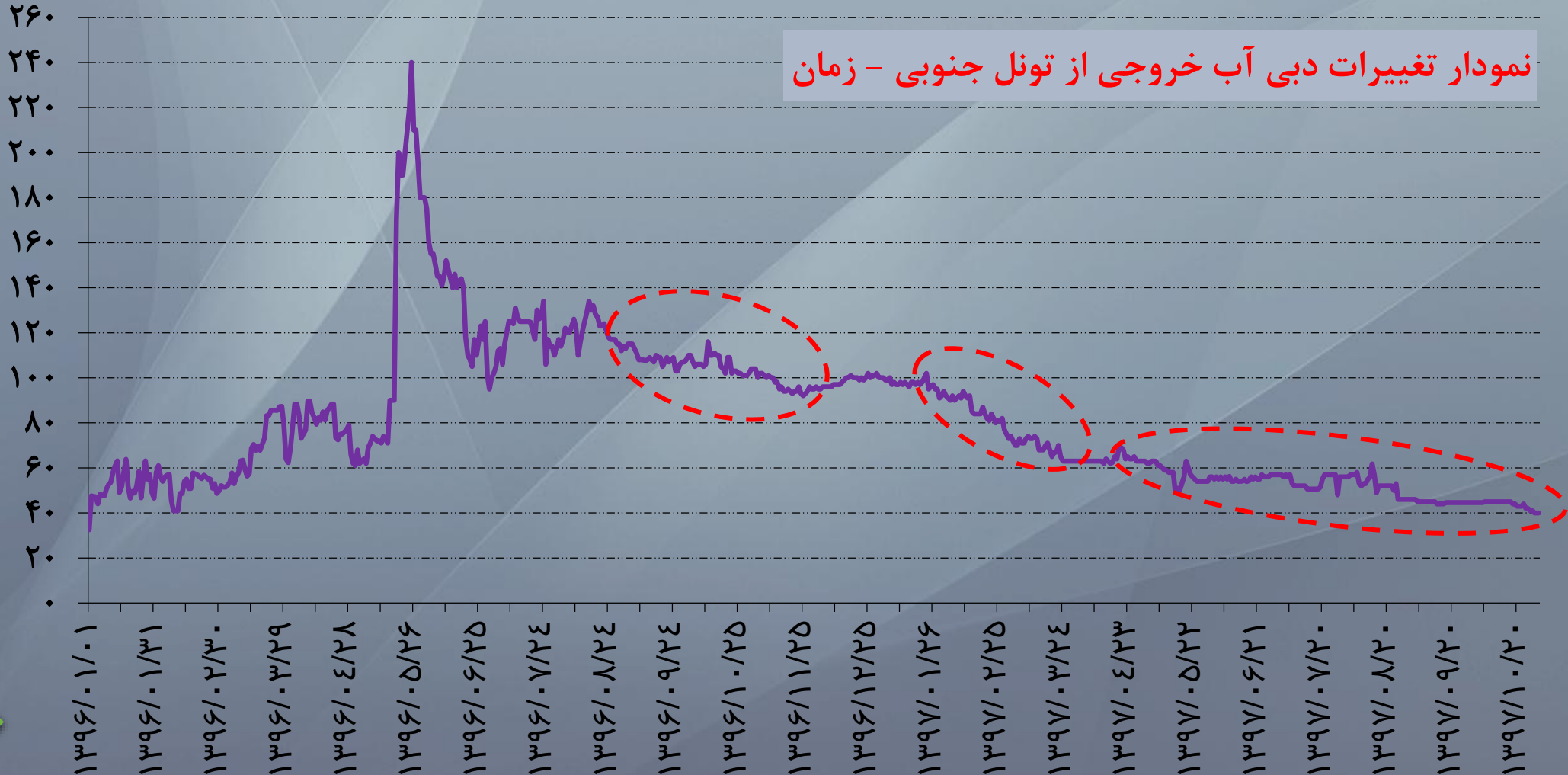
۲

۳

۴

۵

نمودار تغییرات دبی آب خروجی از تونل جنوبی - زمان



# بررسی عملیات تزریق



۱

۲

۳

۴

۵



قرارگاہ سازندہ حاتم البانی کے عظیم منصوبہ



ساحل امید اراکان  
مهندسین مشاور

با سپاس از توجه شما