

Boreholes at the Bátaapáti (Üveghuta) Site

LÁSZLÓ GYALOG¹ and ISTVÁN SZEGŐ²

¹Geological Institute of Hungary, H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

²Golder Ltd., H-1021 Budapest, Hívősvölgyi út 54.

Keywords: boreholes, drilling, Hungary, methods, Mórág Block, processes, quality control, South-eastern Transdanubia

Abstract

During the ground-based geological exploration in 2002–2003 some 23 boreholes were completed. Their penetration had several objectives including the enhancement of the accuracy of the fracture zone revealed formerly by the borehole Üh-2, enlargement of the Site, observation of groundwater level in boreholes on hilltop, investigation of subsurface zones below valleys and determination of transport parameters of the granite.

The fracture zone of the Borehole Üh-2 was studied by two boreholes (Üh-25 and Üh-36) inclined inversely to the estimated dip of the fault zone. Both boreholes penetrated the fracture zone proving it and really enhancing the accuracy of its position. Initially, the boreholes drilled for enlarging the Site (Üh-26, Üh-27 and Üh-28) provided information in three directions on the enlarged area. Borehole Üh-37 was completed for further extension of the Site and north of Borehole Üh-27 furnishing the most promising data by penetrating a monzonite rock sequence of harder mechanical properties. Of the 6 boreholes on hilltop some four ones were supplemented by groundwater observation wells (Üh-25A, Üh-26A, Üh-28A and Üh-36A). Concerning the investigation of subsurface zones below valleys 2 boreholes (Üh-29 and Üh-30) were set up in the zone of upward flow near the valley floor. In order to determine transport parameters 3 borehole groups were completed with one central and 2–3 accessory boreholes by group (Üh-31A–C, Üh-32A–D, Mó-7A–D).

Of the 3298.72 running m drilling 424.7 m, 451.74 m and 2422.28 m were penetrated by noncoring, dry and flushed coring techniques, respectively. They drilled 533.0 m and 2765.7 m Quaternary overlying beds and basement rocks (granite complex), respectively. Core drilling proceeded in overlying beds by using traditional techniques with single-wall core pipe equipped by hard metallined crown, whereas traditional or wireline double-wall diamond bore technique was applied in the hard granite complex. Core recovery never remained below 90%, it was mainly 95%.

Drilling activities were supported by technical supervision with the registration of each event occurring during drilling. The technical supervisor was continuously available in the site where drilling activities proceeded adapting to the 24 hour working regime of the contractor. During drilling activities there was a need to rescue the objects left behind in the hole, exclude the zones loosened after penetration and ensure the possibility of detailed post-drilling study of the boreholes.

Both during and after penetration diverse geophysical, hydrogeological and geological-tectonic studies on drill cores were completed.

Introduction

During the ground-based geological exploration of the Bátaapáti (Üveghuta) Site in 2002–2003 some 23 boreholes were completed (BALLA et al. 2003) under the professional management of the Geological Institute of Hungary. Various geophysical, hydrogeological, geological and structural studies were carried out in the boreholes during drilling, partly after it.

The aim of the drilling

The boreholes were drilled in order to study the hydrogeological setting of the area as well as for gaining a better understanding of the geology of the Site. Based on the aim of the research four groups of borehole objectives were separated. These are as follows:

- to refine the position of the fracture zone explored by Borehole Üh-2;
- to enlarge the Site;
- groundwater observations in boreholes on hilltop,
- investigation of subsurface zones under valleys,

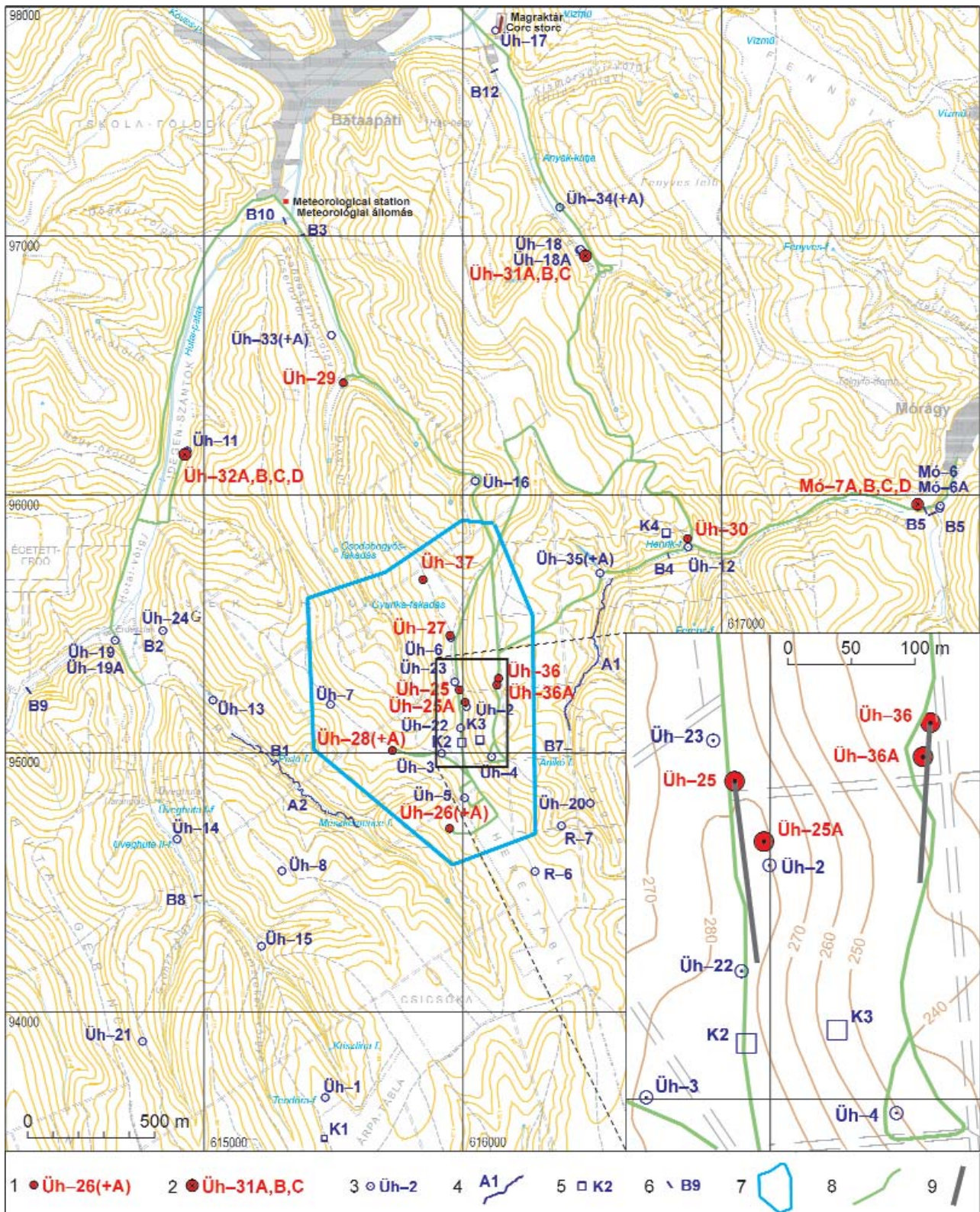


Figure 1. The plot of the boreholes drilled in 2002-2003 in the framework of the ground-based exploration

1 – borehole drilled in 2002-2003, pair of boreholes; 2 – borehole group drilled in 2002-2003; 3 – borehole drilled before 2002; 4 – trench; 5 – dug well; 6 – gauging station (overfall); 7 – boundary of the Site; 8 – improved road; 9 – surface projection of inclined borehole

1. ábra. A 2002-2003-ban a felszíni kutatás keretében mélyített fúrások helyszínrajza

1 – 2002-2003. évi fúrás, fúrás pár; 2 – 2002-2003. évi fúrás csoport; 3 – 2002 előtti fúrás; 4 – árok; 5 – ásott kút; 6 – vízhozammérő műtárgy (bukó); 7 – a telephely határa; 8 – javított út; 9 – ferdefúrás felszíni vetülete

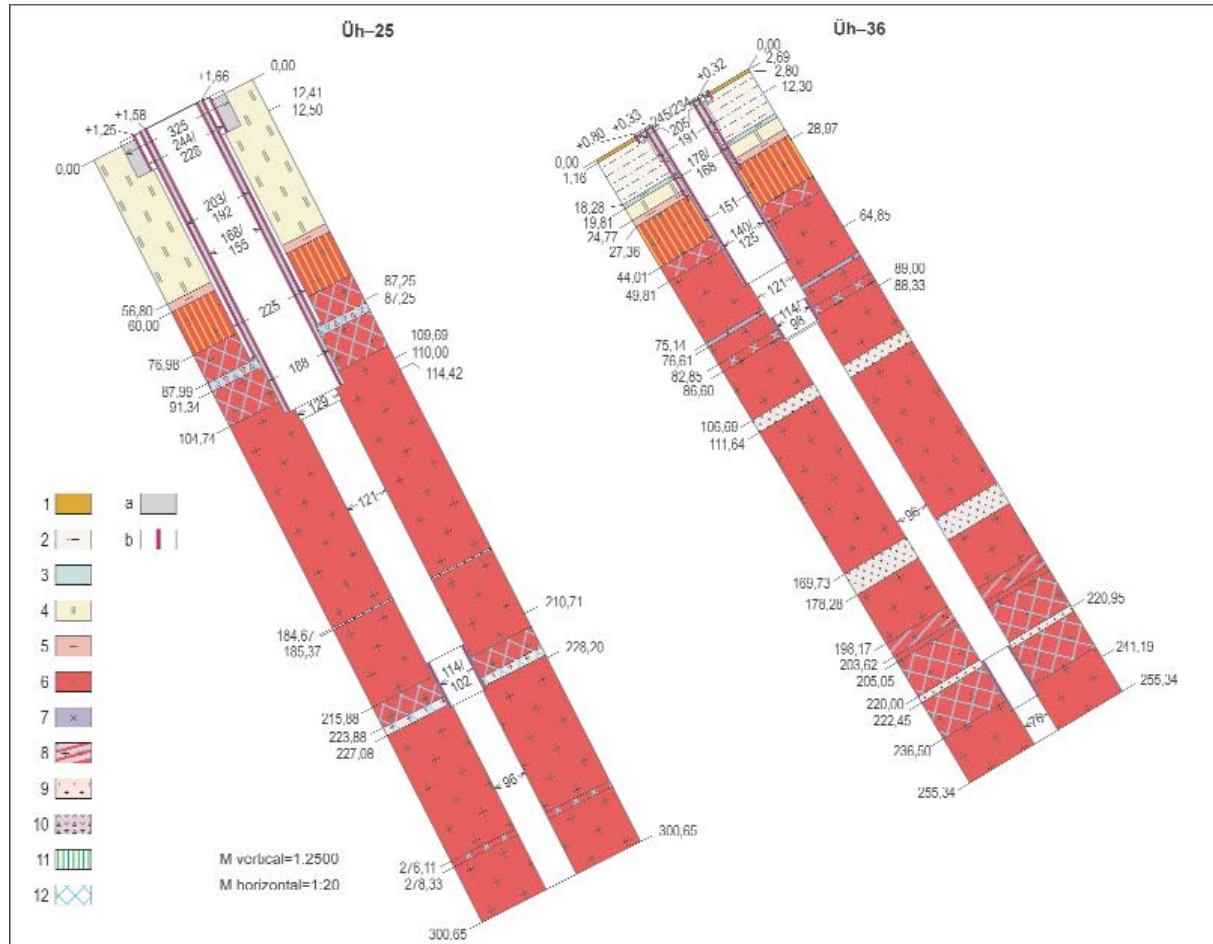


Figure 2. The structure and the penetrated formations in the inclined boreholes (Üh-25, Üh-36) drilled for the exploration of the fracture zone *Quaternary sediments*: 1 – soil; 2 – deluvial aleurite (silt); 3 – paludal peaty clay; 4 – loess series (Paks Loess Formation); 5 – red clay (Tengelic Red Clay Formation). *Mórággy Granite Formation*: 6 – monzogranite, 7 – monzonite; 8 – monzogranite with monzonite inclusions; 9 – microgranite dyke. *Others*: 10 – tectonic breccia; 11 – strongly weathered section; 12 – strongly disintegrated (collapsing) zone; a – cement filling; b – casing. Depth records of geology (left side) and hole structure (right side) from the 0 m of the borehole are given in m, diameters of the hole and external/internal casing (in the middle) are presented in mm

2. ábra. A törésvonal-kutató ferdefúrások (Üh-25, Üh-36) lyukszerkezete és harántolt képződményei

Negyedidőszaki üledékek: 1 – talaj; 2 – deluviális aleurit (kőzetliszt); 3 – mocsári tőzeges agyag; 4 – lösz-összlet (Paksi Lösz Formáció); 5 – vörösgyag (Tengelici Vörösgyag Formáció). *Mórággyi Gránit Formáció*: 6 – monzogranit; 7 – monzonit; 8 – monzogranit, monzonitzárványokkal; 9 – mikrogranititélér. *Egyéb*: 10 – tektonikus breccsa; 11 – erősen mállott szakasz; 12 – erősen bontott (omló) zóna; a – cementkitöltés; b – beléscső. A földtani (baloldalon) és a lyukszerkezeti (jobbaldalon) mélységadatok a fúrás 0 m-től m-ben, a fűrőlyuk és a (külső/belső) beléscsőátmérők (középen) mm-ben vannak megadva

The boreholes drilled for the observation of the ground-water level can be ranked into a separate group. These boreholes, drilled using a dry procedure, were deepened before the deep wells on the hilltops. Figure 1 shows the map of the boreholes, which were drilled in two phases.

The fracture zone of Borehole Üh-2

Borehole Üh-2 (drilled in 1997–1998) penetrated a large fracture zone beginning at about 341 m and it was stopped in this zone at 381.90 m (BALLA 2000; GYALOG, TUNGLI 2000). This zone was also found to bear a hydrodynamic head minimum. For the refinement of the position and the dip of the fracture zone and for studying its connection with the zone having the hydrodynamic head two inclined boreholes were drilled: first the Üh-25 and then the Üh-36 (Figures 1 and 2).

The *inclined Borehole Üh-25* is directed to the south; its dip differs about 30° from the vertical (173/63°) down to 300.69 m. Based on the previous data it was expected that Borehole Üh-25 would penetrate the fracture zone at around 200–250 m. Actually the borehole penetrated a fracture zone between 216 and 227 m. The head minimum was also present in the borehole, but it did not fall into the fracture zone. About 550 m ESE from Boreholes Üh-2 and Üh-25 a 750 m long trench was excavated (Trench A1) in the Éva Valley. This exposed the granitic body at the bottom of the valley. An about 8 m thick fracture zone was penetrated in the middle part of the trench and exposed at 3 different points. Its strike was the same as that of the anticipated fracture zone. Although the 3 fracture zones exposed at 3 different points could have been compiled into one plane, it was not unambiguously shown that they really belong to the same fracture zone. For the veri-

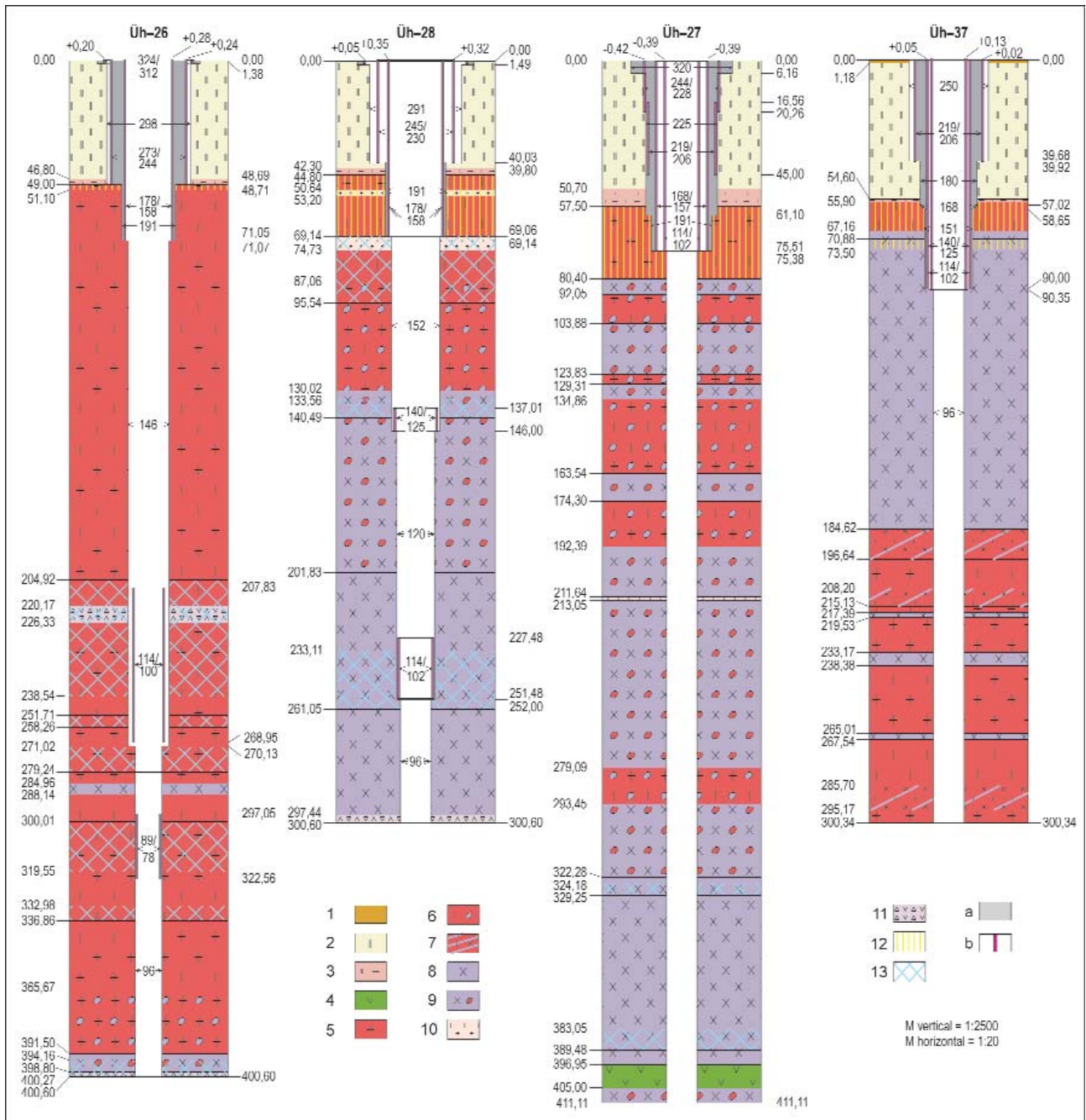


Figure 3. The structure of the boreholes penetrated for the enlargement of the Site (Boreholes Üh-26, Üh-27, Üh-28 and Üh-37) and the formations crossed therein

Quaternary sediments: 1 – soil; 2 – loess series (Paks Loess Formation); 3 – variegated clay (Tengelic Red Clay Formation). *Rozsdásserpenyő Formation:* 4 – trachyandesite dyke. *Mórággyi Granite Formation:* 5 – monzogranite, 6 – contaminated monzogranite; 7 – monzogranite with monzonite inclusions 8 – monzonite; 9 – contaminated monzonite; 10 – microgranite dyke. *Others:* 11 – tectonic breccia; 12 – strongly weathered section; 13 – strongly disintegrated (collapsing) zone; a – cement filling; b – casing. Depth records of geology (left side) and hole structure (right side) from the 0 m of the borehole are given in m, diameters of the hole and external/internal casing (in the middle) are presented in mm

3. ábra. A telephelybővítő fúrások (Üh-26, Üh-27, Üh-28 és Üh-37) lyukszerkezete és harántolt képződményei

Negyedidőszaki üledékek: 1 – talaj; 2 – lösz-összet (Paksi Lösz Formáció); 3 – tarkaagyag (Tengelici Vörösayag Formáció). *Rozsdásserpenyői Formáció:* 4 – trachiandezit-telér. *Mórággyi Granit Formáció:* 5 – monzogránit, 6 – kontaminált monzogránit; 7 – monzogránit, monzonitzárványokkal; 8 – monzonit; 9 – kontaminált monzonit; 10 – mikrogránittelér. *Egyéb:* 11 – tektonikus breccsa; 12 – erősen mállott szakasz; 13 – erősen bontott (omló) zóna; a – cementkitöltés; b – bélelőcső. A földtani (baloldalon) és a lyukszerkezeti (jobboldalon) mélységadatok a fúrási 0 m-től m-ben, a fűrőlyuk és a (külső/belső) bélelőcsőátmérők (középen) mm-ben vannak megadva

fication of this assumption it was found necessary to drill an additional borehole between the previous three points. For this purpose a new inclined borehole (Üh-36) was sited.

Inclined Borehole Üh-36 was drilled after the first phase of exploration. Its direction tends near to the south; the dip differs about 30° from the vertical (183/59°) and the borehole was stopped at 255.34 m. The main aim of drilling this borehole was to provide further information on the position of the fracture zone, and to better understand the geologic relationships of the mentioned hydrodynamic minimum. Based on this information the opportunity was provided to size up the probable effect of this phenomena on the safety of the waste repository. The borehole really penetrated a fractured zone, but not exactly to the expected depth (from about 150 m), but about 70 m deeper, between 223.9 and 235.1 m. The depth differences found in Borehole Üh-36 mean that the fracture zone of the two boreholes cannot be traced directly to the largest fracture zone of Trench A1.

Expansion of the Site

The originally proposed 300×600 m large rectangle taken as the basis of the Site (BALLA 2000) proved to be too small in the light of the new conceptions. Therefore an enlargement of the exploration area became necessary. For this purpose three vertical boreholes were drilled in the first phase. Based on previous observations these should have been completed with a fourth one (Figures 1 and 3), the Üh-37. The site, the reason for drilling and the depth of the boreholes were as follows:

Borehole Üh-26 was drilled 150 m south of Borehole Üh-5, in about the central part of the velocity maximum demonstrated by the refraction tomographic section in 1997. The purpose was to expand our knowledge on the southern continuation of the Site. The depth of the borehole is 400.60 m.

— *Borehole Üh-27* was drilled 150 m north of Borehole Üh-23, near to Borehole Üh-6. The latter was drilled in 1997 during the site selection; it reached the granite and stopped at 80 m. The purpose of this borehole was to expand our knowledge on the northern continuation of the Site. The depth of Borehole Üh-27 is 411.11 m.

— *Borehole Üh-28* was drilled 200 m west of Borehole Üh-3, basically to get better knowledge on the western continuation of the Site. The depth of this borehole is 300.60 m.

— *Borehole Üh-37* was drilled 250 m NNW of the Üh-27, in order to gain better understanding of the extent of the monzonitic body and its hydrogeologic characteristics. This is a vertical borehole, and its depth is 300.34 m.

Borehole Üh-27 penetrated different rocks (which are called granitoids, but based on thin section observations can be called monzogranite) from those found in other boreholes of the area. The dominantly melanocratic rocks, which are referred to as diorite, showed less pronounced schistosity and fracturing compared to the monzonitic rocks of the other boreholes, based on thin section analyses. The rock-mechanical studies carried out in 1997–98 suggested that the

mechanical parameters of these rocks are better than those of the other rocks. These rocks were usually penetrated only in a small thickness in the other boreholes, and they occur only in a few longer sections (Üh-3, Üh-22).

Based on the dataset of Borehole Üh-27, the stratigraphic columns of the previous boreholes were revised. With this revision it became clear that the melanocratic rocks are situated north, northwest and west of the previously explored area. The contour of the rock body is ambiguous, but it forms an approximately 1.2 km² large body. This body was also crossed by Trench A2 of the Mészkeny Valley. The melanocratic body is in a deeper position compared to the previously explored Site. The hydrogeological properties of this body did not seem to be better than those of the monzogranitic rocks, but their properties remained unclear and further study is required to gain more information.

Borehole Üh-37 was drilled after the previously mentioned ones and after the 3D seismic tomography survey in 2002. The aim of this borehole was to clarify the possibilities of the northward extension of the Site based on the new recognitions and suggestions of outside experts.

Groundwater observation wells of boreholes on hilltop

The boreholes studying the fracture zone of borehole Üh-2 as well as those supporting Site enlargement were penetrated on hilltop. In these sites determination of groundwater table and continuous recording of its variation are important pieces of information. Therefore 4 of them were accompanied by dry groundwater observation wells 5–10 m away (Üh-25A, Üh-26A, Üh-28A és Üh-36A), drilled down to 10–15 m below groundwater table (Figures 1 and 4).

Exploration of the areas beneath valleys

Two boreholes were planned for the areas beneath valleys. Both of them were sited based on the results of previous research (MEZŐ et al. 1998, 1999). This research delineated the NNW- and NE-directed main underground flow paths in the area of the Site. A major consideration was that the boreholes should be planted on zones with an upward flow. These were expected 1–1.5 km from the Site. Two boreholes were drilled.

Borehole Üh-29 was drilled (down to 300.38 m) NNW of the Site, in the vicinity of the junction of two valleys. Here the closest upstream zone was expected in this direction (most of the streamlines at greater depth have not turned towards the surface).

Borehole Üh-30 was drilled NE of the Site (down to 300.33 m), close to the shallow Borehole Üh-12. At this site the datasets of Henrik Spring and Overfall B4 provided the possibility to characterise the near-surface and subsurface water budget. The water quality of Borehole Üh-12 suggested that water of deeper origin also occurs in this well, so that the area can be interpreted as featuring an upward flow (Figures 1 and 5).

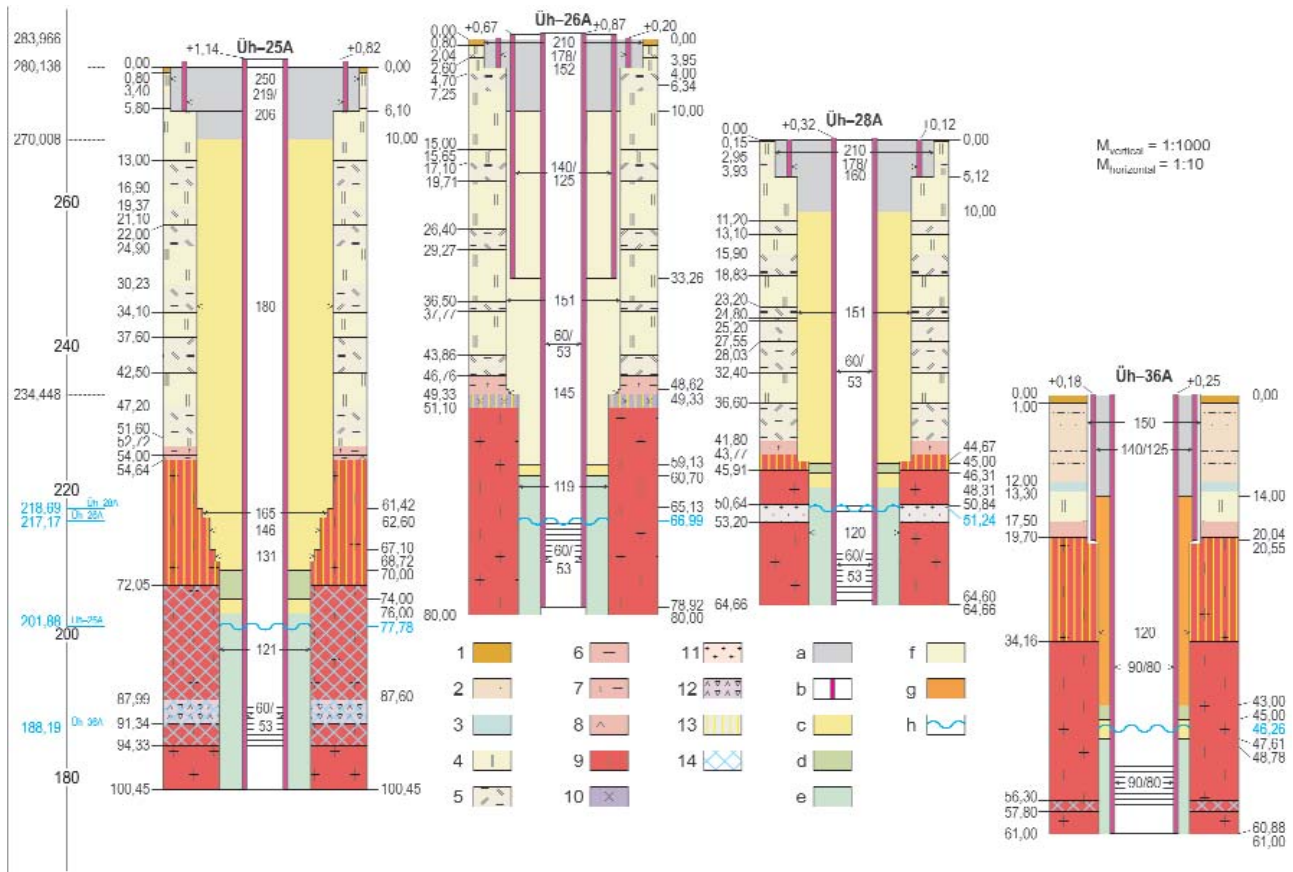


Figure 4. The structure of the boreholes and the penetrated formations in the hydrogeological observation wells (Üh-25A, Üh-26A, Üh-28A, Üh-36A)

Quaternary sediments: 1 – soil; 2 – deluvial aleurite; 3 – paludal peaty clay. *Paks Loess Formation:* 4 – loess-horizon; 5 – palaeosol horizon. *Tengelic Red Clay Formation:* 6 – red clay; 7 – variegated clay; 8 – clastic clay with rubble. *Mórággy Gránit Formáció:* 9 – monzogranite, 10 – monzonite; 11 – microgranite dyke. *Others:* 12 – tectonic breccia; 13 – strongly weathered section with rubble; 14 – strongly disintegrated (collapsing) zone; a – cement filling; b – casing; c – sand filling; d – clay granulate filling; e – gravel filling; f – loess filling; g – granite rubble filling; h – groundwater table. Depth records of geology (left side) and hole structure (right side) from the 0 m of the borehole are given in m, diameters of the hole and external/internal casing (in the middle) are presented in mm, their altitude above Baltic Sea level is displayed on the left in separate scale

4. ábra. A talajvízszint-megfigyelő fúrások (Üh-25A, Üh-26A, Üh-28A, Üh-36A) lyukszerkezete és harántolt képződményei

Negyvedődőszakú üledékek: 1 – talaj; 2 – deluviális aleurit; 3 – mocsári tözeges agyag. *Paksi Löss Formáció:* 4 – lösz-szint; 5 – paleotalajszint. *Tengelici Vörösgyag Formáció:* 6 – vörösgyag; 7 – tarkagyag; 8 – törmelékes (murvás) agyag. *Mórággy Gránit Formáció:* 9 – monzogranit, 10 – monzonit; 11 – mikrogranitételér. *Egyéb:* 12 – tektonikus breccsa; 13 – erősen mállott (murvásodott) szakasz; 14 – erősen bontott (omló) zóna; a – cementkittöltés; b – beléscső; c – homokfeltöltés; d – agyaggranulátum-feltöltés; e – kavicsfeltöltés; f – löszfeltöltés; g – gránittörmelék-feltöltés; h – talajvízszint. A földtani (baloldalon) és a lyukszerkezeti (jobboldalon) mélységadatok a fúrás 0 m-től m-ben, a fúróluk és a (külső/belső) beléscsőátmérők (középen) mm-ben vannak megadva, a Balti magassághoz viszonyított helyzetük baloldalt, külön skálán látható

Determination of transport parameters

Two boreholes were planned for the areas beneath valleys where on the basis of previous results (MEZŐ et al. 1998, 1999) major flow paths were anticipated *i.e.* towards NNW and NE. Each borehole group was composed of 3 or 4 shallow boreholes. The groups were composed of one central borehole (indicated by “A”) drilled down to 36–50 m, and two or three boreholes (indicated by “B”, “C” and “D”) sited around the central one and drilled down to 30–43 m (Figure 1 and 6). These borehole groups were located in the vicinity of earlier shallow boreholes. The aim of this type of layout was to encompass the Site more or less uniformly. The borehole groups and the aspects of their allocation were as follows:

— *Borehole Group Üh-31A–C* was allocated NNE of

the Site, in the main branch of the Nagymórággy Valley, close to Borehole Üh-18 drilled in 1997. The Üh-18 was the only well with mixed water (as seen from the isotopic analyses) so most of the water came from a greater depth.

— *Borehole Group Üh-32A–D* was drilled close to Borehole Üh-11 (drilled in 1997) in the Huta Valley, NW of the Site. Detailed analyses showed that the probability of upward flow reaching the surface was the highest at that place. This provided a good opportunity to study not only the water cycle in the granite, but also the end of the flow paths.

— *Borehole Group M6-7A–D* was sited ENE of the Site, in the Mórággy Valley, close to Village of Mórággy and to the Borehole Pair M6-6 – M6-6A drilled in 1997. Well M6-6 was the only one in which the water could have originated from greater depth, as seen from the isotopic studies.

During the siting of the borehole groups first the central well (indicated by A) was drilled. The optimal distance of the accessory boreholes (indicated by B–D) were determined

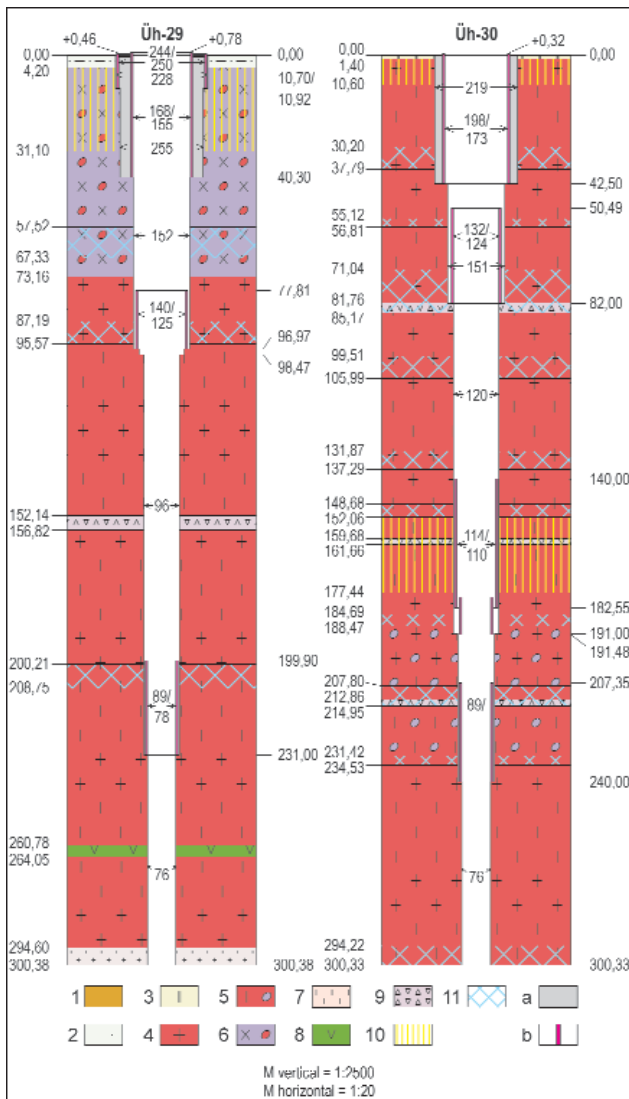


Figure 5. The structure of the boreholes and the penetrated formations in boreholes (Üh-29, Üh-30) drilled for the exploration of the areas beneath valleys

Quaternary sediments: 1 – soil; 2 – fluvial clayey aleurite with gravel (silt); 3 – deluvial aleurite (slope loess). *Rozsdásserpenyő Formation:* 4 – trachyandesite dyke. *Mórággy Granite Formation:* 5 – monzogranite; 6 – contaminated monzogranite; 7 – contaminated monzonite; 8 – microgranite. *Other:* 9 – tectonic breccia; 10 – strongly weathered section; 11 – strongly disintegrated (falling) zone; a – cement filling; b – casing. Depth records of geology (left side) and hole structure (right side) from the 0 m of the borehole are given in m, diameters of the hole and external/internal casing (in the middle) are presented in mm

5. ábra. A völgyek alatti térrészeket kutató fúrások (Üh-29, Üh-30) lyukszerkezete és harántolt képződményei

Negyedidőszakú üledékek: 1 – talaj; 2 – folyóvízi agyagos, kavicsos aleurit (közvetliszt); 3 – deluviális aleurit (lejtőlész). *Rozsdásserpenyői Formáció:* 4 – trachandezit-telér. *Mórággyi Gránit Formáció:* 5 – monzogranit, 6 – kontaminált monzogranit; 7 – kontaminált monzonit; 8 – mikrogranit. *Egyéb:* 9 – tektonikus breccsa; 10 – erősen mállott szakasz; 11 – erősen bontott (omló) zóna; a – cementkötés; b – bélés. A földtani (baloldalon) és a lyukszerkezeti (jobb oldalon) mélységadatok a fúrás 0 m-től m-ben, a fűrőlyuk és a (külső/belső) bélésőtmérők (középen) mm-ben vannak megadva

based on the study of these central wells. Following the construction of well groups, tracer tests were carried out to clarify the local connections between different streams. Following drilling of the boreholes and the construction of the wells different tracers were added into the different accessory wells. The amount of the tracers was always 5–6 times higher than their detection limits. These tracers were observed in the central wells. Based on these data (taking into account the stream parameters determined during the study of the borehole groups), the effective porosity was calculated. The latter is one of the most important parameters in the hydrogeological modelling of the Site.

The drilling of boreholes

For the drilling of the boreholes, following the acquisition of the appropriate permission, first the exact site of the borehole was prepared, then drilling with continuous technological control was carried out. During the drilling, analyses were also carried out in the borehole. At the same time the drill cores were continuously documented. Finally, analyses were also carried out after the drilling.

Preparation and mobilisation

During the planning of the drilling activity the aim and function of the single boreholes were determined, then their implementation with respect to these results was adjusted. Parallel to this, analyses which should be carried out in the borehole were planned.

During the planning, first the owner's permission for the drilling as well as the permission for the usage of the roads were acquired. Furthermore, the water licence permission from the Central Transdanubian Hydrographic Directorate for the establishment of observation wells was also necessary, along with permission for the usage of roads of the Bátaszék Forestry of Gemenc Forest and Game Co. Furthermore, the redemption of the forest areas in the site of the boreholes was arranged. Dirt roads led to the boreholes. These roads were improved, and the earlier roads became reconstructed to ensure unhindered supply for the drilling works. During the preparatory stages ground work in the redeemed forest areas was carried out. The workplace at the drilling points (in the case of deep boreholes in a maximum area of 30×20 m; in the case of shallow boreholes this area was a maximum of 15×15 m) was developed, and the area was covered with rubble or with concrete slabs and the basement for the boreholes was developed.

Drilling process

Two drilling companies drilled the boreholes, with each carrying out about one half of the work. Rotaqua Ltd. from Kővágószőlős drilled 47.7% of the boreholes whereas Geoprosper Ltd. from Balatonalmádi made 52.3% of them.

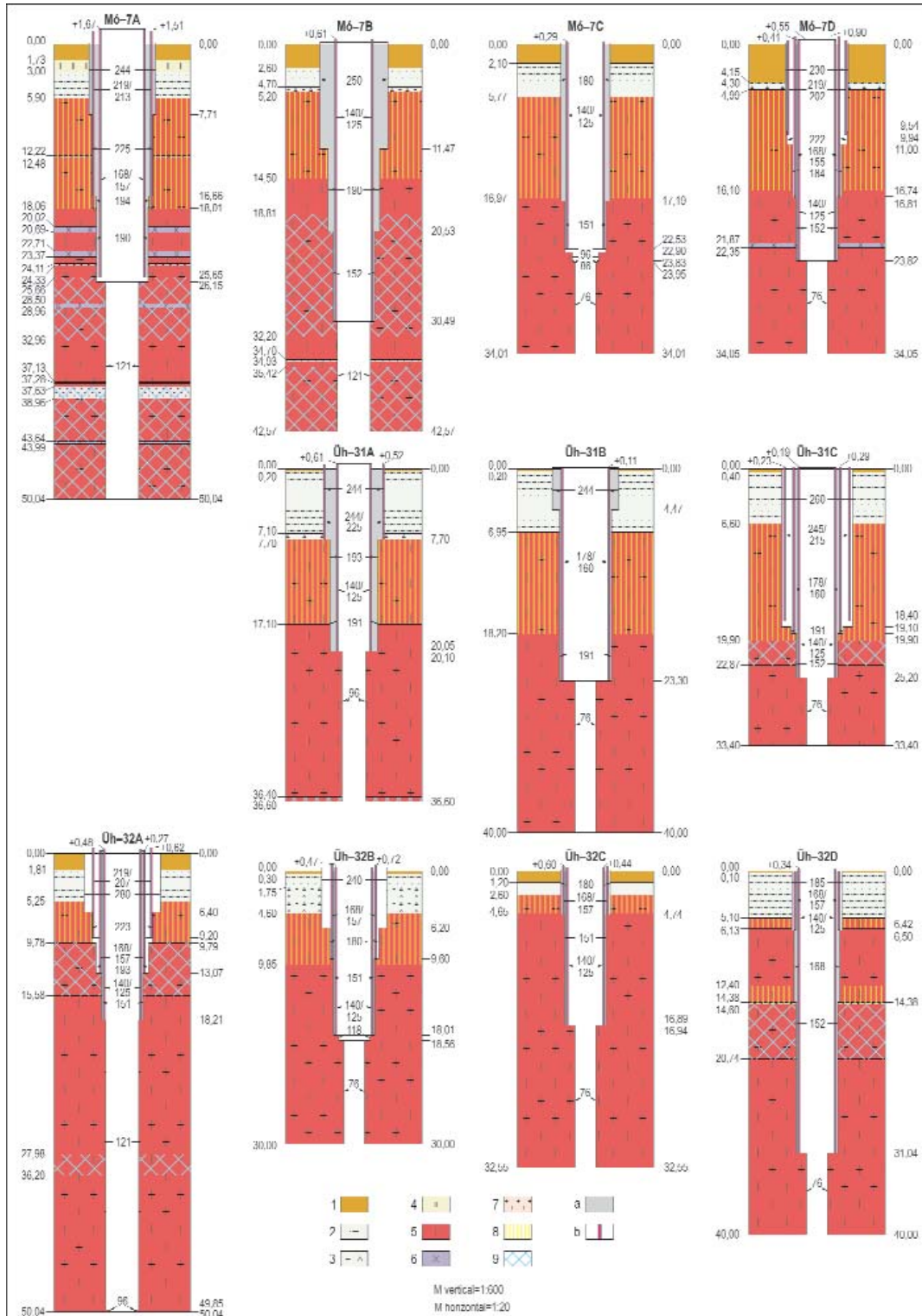


Figure 6. The structure of the boreholes and the penetrated formations in Borehole Groups Üh-31, Üh-32 and M6-7
Quaternary sediments: 1 – soil; 2 – fine-grained fluvial sediment (clay, aleurite, sand); 3 – coarse-grained fluvial sediment (sandy, gravel-bearing clastic aleurite); 4 – deluvial aleurite (slope loess). *Mórógyi Granite Formation:* 5 – monzogranite, 6 – monzonite; 7 – microgranite dyke. *Others:* 8 – strongly weathered section; 9 – strongly disintegrated (collapsing) zone; a – cement filling; b – casing. Depth records of geology (left side) and hole structure (right side) from the 0 m of the borehole are given in m, diameters of the hole and external/internal casing (in the middle) are presented in mm

6. ábra. Az Üh-31, Üh-32 és M6-7 fúrás csoport fúrásainak lyukszerkezete és harántolt képződményei

Negyedidőszaki üledékek: 1 – talaj; 2 – finomszemű folyóvízi üledék (agyag, aleurit, homok); 3 – durvaszemű folyóvízi üledék (homokos, kavicsos, törmelékes aleurit); 4 – deluviális aleurit (lejtőlöss). *Mórógyi Granit Formáció:* 5 – monzogranit, 6 – monzonit; 7 – mikrogranit. *Egyéb:* 8 – erősen mállott szakasz; 9 – erősen bontott (omló) zóna; a – cementkitöltés; b – beléscső. A földtani (baloldalon) és a lyukszerkezeti (jobboldalon) mélységadatok a fúrás 0 m-től m-ben, a fűrőlyuk és a (külső/belső) beléscsőátmérők (középen) mm-ben vannak megadva

Rotaqua completed Boreholes Üh-26, Üh-28, Üh-30, Üh-36 and Borehole Group Üh-31 in a 1572.53 running m length, whereas Geoprosper Ltd. carried out Boreholes Üh-25, Üh-27, Üh-29, Üh-37 and Borehole Groups Üh-32 and Mó-7 in a 1723.64 running m length. Geoprosper Ltd. used Wirth B0/B1A, B1A and B1A/B2A drilling rigs whereas Rotaqua Ltd. drilled with Wirth B1E, B2A, Ingersoll Rand T4W, URB-2A and SKB-4 drilling rigs. In shallower depths the drilling technology was conventional, but in deeper boreholes wireline core drilling technology was used.

The basic dataset of the completed boreholes is shown in Table 1 whereas Table 2 shows the sections of boreholes, the top of the bedrock and the data on groundwater table.

The depth of the bottom of boreholes always reached and sometimes passed the planned depths. In the 6 of the 8 deep boreholes (Üh-25–30 and 36–37) the overstep was less than 1 m. In case of Borehole Üh-27, in which volcanic dyke rocks were reached 1 m above the planned bottom, the borehole was drilled down to 411.1 m instead of 400 m. In the case of Borehole Üh-36 the aim of the deeper drilling was to intersect the fracture zone, so the borehole became 5.34 m deeper. With the accessory wells drilled for hydrogeological observation the depth of the borehole was dependent on the depth of the water table. The depths of these wells were as anticipated. The depth of the central boreholes in the borehole groups was 50 m, in accordance with the plans (the Üh-31A was only 36.60 m deep). With the borehole groups the accessory boreholes became deeper than that had been

planned. Instead of 20 m these latter became 30–43 m deep. Instead of 330 m the total length of the borehole groups became 420.71 m.

The boreholes were geodetically surveyed just after the beginning of their drilling. At the given moment the top of the pipe was measured; its relation to the borehole 0 m was determined based upon the results of technical supervision documentation.

The boreholes were drilled dry in the uppermost section where the sediment was loose and in those sections of the granite body where it was completely fractured, whereas in the weathered and fresh granite body (*i.e.* in the hard rocks) fluid flushing was used. The dry-drilled boreholes were drilled with a simple core barrel, whereas the flushing ones with a double-wall core barrel.

4 boreholes (Üh-25A, Üh-26A, Üh-28A and Üh-36A — Figures 1 and 4) were completed in the vicinity of 4 boreholes in hilltop and hillside positions (Üh-25, Üh-26, Üh-28 and Üh-36); they were also completed vertically at the inclined boreholes Üh-25 and Üh-36) for reliable groundwater observation. Down to the hard granite the borehole was penetrated with coring then by noncoring technique. In the main boreholes the cored section of the accessory borehole proceeded with noncoring technique in compliance with the planned diameter of casing. In the case of Üh-27 this borehole was substituted with Üh-6, drilled in 1997. In the cases of two boreholes drilled at the bottom of the valley the groundwater table was close to the

Table 1. Basic dataset on the boreholes drilled during near-surface exploration

Borehole		EÖV coordinates		Z (m asl)		Bottom depth (m)	Firm	Date of the beginning of drilling	Date of reaching the bottom depth	Date of the end of exploration
code	type	Y (m)	X (m)	mouth altitude	borehole 0					
Üh 25	inclined 173/63°	615,986.44	95,244.61	278.086	278.012	300.65	G	05/07/2002	26/10/2002	06/11/2002
Üh 25A	hydr. monit.	616,008.78	95,197.60	280.138	279.662	100.45	G	16/06/2002	02/07/2002	06/07/2002
Üh-26	vertical	615,948.11	94,710.39	284.137	284.307	400.60	R	17/06/2002	12/08/2002	12/09/2002
Üh-26A	hydr. monit.	615,941.98	94,717.38	283.966	284.062	80.00	R	10/06/2002	17/06/2002	18/06/2002
Üh-27	vertical	615,950.57	95,456.28	276.345	276.052	411.11	G	19/06/2002	21/08/2002	21/08/2002
Üh 28	vertical	615,727.32	95,011.43	270.084	269.666	300.60	R	17/07/2002	24/10/2002	29/10/2002
Üh 28A	hydr. monit.	615,719.27	95,017.29	270.008	269.931	64.66	R	18/07/2002	24/07/2002	27/07/2002
Üh 29	vertical	615,537.34	96,431.21	160.576	160.566	300.38	G	20/08/2002	23/10/2002	27/11/2002
Üh 30	vertical	616,867.35	95,830.39	166.755	166.497	300.33	R	03/08/2002	22/10/2002	22/11/2002
Üh-31A	shallow	616,473.03	96,921.85	157.142	157.226	36.60	R	10/06/2002	20/06/2002	23/06/2002
Üh-31B		616,482.10	96,925.79	157.259	157.356	40.00	R	27/06/2002	07/07/2002	11/07/2002
Üh-31C		616,474.69	96,911.76	157.285	157.356	33.40	R	12/07/2002	23/07/2002	25/07/2002
Üh 32A	shallow	614,925.39	96,154.20	157.609	157.648	50.04	G	11/06/2002	26/06/2002	19/07/2002
Üh 32B		614,918.65	96,141.84	157.786	157.718	30.00	G	20/07/2002	27/07/2002	29/07/2002
Üh-32C		614,936.80	96,159.10	157.676	157.638	32.55	G-R	29/07/2002	10/09/2002	22/09/2002
Üh-32D		614,922.39	96,166.19	157.405	157.228	40.00	G	08/08/2002	19/08/2002	20/08/2002
Üh-36	inclined 183/59°	616,137.67	95,289.73	238.006	238.006	255.34	R	30/11/2002	18/01/2003	30/01/2003
Üh-36A	hydr. monit.	616,131.86	95,263.26	234.448	234.448	61.00	R	25/11/2002	28/11/2002	29/11/2002
Üh 37	vertical	615,845.28	95,670.71	269.620	269.497	300.34	G	25/11/2002	13/01/2003	20/01/2003
Mó 7A	shallow	617,757.35	95,962.13	144.023	143.390	50.04	G	01/07/2002	14/07/2002	20/07/2002
Mó 7B		617,776.53	95,957.10	141.902	141.911	42.57	G	05/09/2002	17/09/2002	22/09/2002
Mó-7C		617,784.26	95,970.49	142.366	142.360	34.01	G	23/09/2002	03/10/2002	05/10/2002
Mó-7D		617,791.67	95,958.79	141.143	141.090	34.05	G	06/10/2002	14/10/2002	16/10/2002

G = Geoprosper Ltd.; R = Rotaqua Ltd.; hydr. monit. = hydrogeological monitoring well; vertical = vertical borehole.

Table 2. Sections of the boreholes, and data on the top of the bedrock and water levels

Group	Borehole code	Type	Bottom depth (m)	Drilling method			Top of bedrock depth	m asl	Groundwater table depth	m asl
				noncoring	dry	with flushing				
Boreholes on the Site	Üh-25	inclined	300.65	87.25	–	213.40	61.0	217.0		
	Üh-25A	hydr. monit.	100.45	28.16	72.29	–	54.7	225.0	77.78	201.88
	Üh-36	inclined	255.34	29.06	–	226.28	27.6	210.4		
	Üh 36A	hydr. monit.	61.00	61.00			19.3	215.1	46.26	188.19
Boreholes in the surrounding of the Site	Üh-26	vertical	400.60	36.04	–	364.56	51.1	233.2		
	Üh-26A	hydr. monit.	80.00	30.67	49.33	–	49.3	234.8	66.99	217.07
	Üh 27	vertical	411.11	75.38		335.73	57.5	218.6		
	Üh 28	vertical	300.60	39.80		260.80	45.0	224.7		
	Üh-28A	hydr. monit.	64.66	18.75	45.91	–	43.8	226.1	51.24	218.69
Boreholes in valleys	Üh-37	vertical	300.34	–	90.00	210.34	55.8	213.7	79.82	189.68
	Üh 29	vertical	300.38	0.13	31.88	268.37	4.2	156.4	0.33	160.24
	Üh 30	vertical	300.33		7.15	293.18	1.4	165.1	5.81	160.69
Borehole groups	Üh-31A	shallow	36.60	8.05	9.85	18.70	8.2	149.0	1.29	155.94
	Üh-31B		40.00	–	18.20	21.80	6.9	150.5	1.63	155.73
	Üh 31C		33.40		19.90	13.50	7.2	150.2	1.23	156.13
	Üh 32A	shallow	50.04		13.07	36.97	5.2	152.4	0.77	156.88
	Üh-32B		30.00	0.04	11.88	18.08	4.6	153.1	1.02	156.70
	Üh-32C		32.55	0.37	5.05	27.13	2.6	155.0	0.77	156.87
	Üh 32D		40.00		14.38	25.62	5.1	152.1	0.36	156.87
	Mó 7A	shallow	50.04		18.06	31.98	6.4	137.0	3.53	139.86
	Mó-7B		42.57	6.00	14.53	22.04	5.3	136.6	2.10	139.81
	Mó-7C		34.01	3.06	14.39	16.56	5.8	136.6	3.06	139.30
Mó 7D	34.05		0.94	15.87	17.24	5.0	136.1	1.98	139.11	
Total			3,298.72	424.70	451.74	2,422.28	533.0			

Depth of the top of the granite and groundwater table measured from the borehole 0 m; hydr. monit. = hydrogeological monitoring well; vertical = vertical well. The groundwater table of the single borehole groups was measured on the same day.

surface, so a separate borehole was not necessary. In the case of Borehole Üh-36A the uppermost loose beds were drilled dry by spiral drill technology, instead of core drilling; this provided possibilities for approximate evaluation. In the case of Borehole Üh-37, a borehole with an “A” sign was not drilled (because of the short time available), but the deep borehole itself was penetrated dry down until 10 m below the anticipated groundwater table even in the granite body.

The sections of the cored boreholes in the hard granite body were drilled with a conventional or wireline diamond drilling technique with a double wall. The final diameter of Boreholes Üh-25 – Üh-28 and Üh-37 was 96 mm (HQ), and 76 mm (NQ) for Boreholes Üh-29, Üh-30 and Üh-36. In the case of the latter a hole enlargement close to the bottom was saved due to the drilling with a narrower diameter in the fractured zone after the casing.

The planned core recovery was 95% for the total length of all boreholes and at least 70% by trippings. The exceptions were the loose sections for which the core recovery was at least 50%. The previously described instruction was complied with almost perfectly (Table 3). This instruction was observed in all important boreholes drilled in the granite body with the exception of the strongly fractured, several m thick sections of Boreholes Üh-31A, Mó-7B and Mó-7D. The core recovery of Borehole Üh-37 was also low in the sections drilled dry and this was due to two factors. First, compaction and welding caused by the technology was ob-

served in several sections of the uppermost sediments so that the core material became pressed and shorter. On the other hand, in the section between 62.06 and 90.00 m the granite was drilled dry with air flushing for sampling the undisturbed water. This particular technique also produced a worse core recovery at the beginning of the section, but at its end almost 100% of core recovery was reached.

The boreholes were basically drilled with water flushing. For this purpose the water of a previously appointed well was used. It was Well No. 4 of the Bátaszék Waterworks (the Borehole Bátaszék K-43) which was also used for the 1998–1999 explorations. The water of this well originates from old, Upper Pannonian sediments, and its composition is similar to the ground water of the Site, so it does not shift the results. During the penetration of the loose zone a special flushing fluid was used (with a stabilising additive). This material was, similarly to the previous exploration, the rhodopol (xanthan) which was developed by the plant of the Hungarian Oil Co., Szolnok. This material decays due to bacterial activity. After the loose zones water was used again. Tracer material was added to the water continuously (in the deep wells and shallow borehole groups uranine, and sodium-bromide, respectively). Its purpose was to be able to determine the ratio of the flushing fluid during water sampling.

The loose overlying beds and the collapsing zones were secured by telescopic casing. Where possible, the casing sections above the collapsing zones were rescued (with twisting or cutting) after finishing drilling.

Table 3. The core recovery of the boreholes of near-surface exploration

Borehole		Sections with different technologies					Collapsing zones		Sections without collapsing zones			Total core drilling
		full section	dry core drilling		flushed core drilling				flushed core drilling		total core drilling	
code	bottom depth (m)	length (m)	length (m)	core recovery (%)	length (m)	core recovery (%)	length (m)	core recovery (%)	length (m)	core recovery (%)	core recovery (%)	core recovery (%)
Üh-25	300.65	87.25	–	–	213.40	98.75	25.40	92.56	188.00	99.59	99.59	98.75
Üh 25A	100.45	28.16	72.29	95.99							95.99	95.99
Üh 26	400.60	36.04			364.56	95.76	91.36	90.73	273.20	97.44	97.44	95.76
Üh-26A	80.00	30.67	49.33	100.0	–	–	–	–	–	–	100.0	100.0
Üh-27	411.11	75.38	0.00	–	335.73	99.28	14.62	96.37	321.11	99.41	99.28	99.28
Üh 28	300.60	39.80			260.80	97.27	57.70	91.84	203.10	98.82	98.82	97.27
Üh 28A	64.66	18.75	45.91	98.56							98.56	98.56
Üh-29	300.38	0.13	31.88	85.92	268.37	98.51	25.17	100.0	243.20	98.36	96.91	97.17
Üh-30	300.33	–	7.15	100.0	293.18	97.06	40.91	88.85	252.27	98.39	98.44	97.13
Üh 31A	36.60	8.05	9.85	100.0	18.70	93.16	1.70	42.35	17.00	98.24	98.88	95.52
Üh 31B	40.00		18.20	100.0	21.80	98.49	5.10	95.69	16.70	99.34	99.68	99.18
Üh-31C	33.40	–	19.90	100.0	13.50	98.59	5.30	97.92	8.20	99.02	99.72	99.43
Üh-32A	50.04	–	18.21	86.71	31.83	97.64	–	–	31.83	97.64	93.67	93.67
Üh 32B	30.00	0.39	17.68	90.33	11.93	100.00			11.93	100.00	94.22	94.22
Üh 32C	32.55	0.37	5.05	78.02	27.13	95.25			27.13	95.25	92.54	92.54
Üh-32D	40.00	–	14.38	100.0	25.62	96.02	–	–	25.62	96.02	97.45	97.45
Üh-36	255.34	29.06	–	–	226.28	98.71	19.72	85.34	206.56	99.98	99.98	98.71
Üh 36A	61.00	61.00										
Üh 37	300.34		90.00	72.32	210.34	99.75			210.34	99.75	91.53	91.53
Mó-7A	50.04	–	22.15	93.05	27.89	98.67	3.28	91.46	24.61	99.63	96.51	96.18
Mó-7B	42.57	6.00	14.53	99.04	22.04	87.25	3.02	54.30	19.02	92.48	95.32	91.93
Mó 7C	34.01	3.06	14.39	90.27	16.56	98.49			16.56	98.49	94.67	94.67
Mó 7D	34.05	0.94	15.87	96.50	17.24	92.90			17.24	92.90	94.60	94.60
<i>Total</i>	<i>3,298.72</i>	<i>425.05</i>	<i>466.77</i>		<i>2,406.90</i>		<i>293.28</i>		<i>2,113.62</i>			

After the drilling was finished all the boreholes were completed to groundwater observation wells. In the case of deep boreholes a concrete shaft was built onto the mouth of the well. The concrete shaft was closed by a cover with a special lock. The major pipe, until the installation of the multi-packer system, was equipped with a closing cap. During construction of the shallow and the hydrogeological observation wells, protecting pipes and closing cups were put in place and protecting barriers were built. They were established for all boreholes (for the wells used in tracer experiments they were mounted after the tests). Afterwards a permanent point (usually hilti nail) was established in the concrete shaft or fixed in the concrete surrounding shallow boreholes in order to perform their geodetic survey. In the frame of monitoring continuous instrumental water level recording was performed in each well that was completed of boreholes.

Technical supervision of the boreholes

The drilling of the boreholes was supported by the technical supervision of Golder Associates (Hungary) Ltd. during the whole exploration by recording all the events which occurred during drilling. Its results are shown in the drilling-technological documentation which was carried out for every single borehole.

The aim of technical supervision is to guarantee that the drilling of boreholes and the studies therein reach the re-

quired quality. Its general role is to control and assure the quality of the drilling and the works associated with to the drilling, to guarantee the level of research carried out in different periods of the work, to ensure the appropriate order and duration, and to oversee the exact and reliable completion of the tasks according to the plans. This function claimed continuous technical supervision. The technical supervisor was on site in the case of every operation carried out during drilling and was familiar with the round-the-clock work routine.

During earlier investigations (between 1996 and 1999) the technical and documentation procedures adopted were developed by the Golder Associates GmbH (Germany) for the Morsleben geological exploration (carried out for the repository of low- and intermediate-level radioactive waste). They were adapted for Hungarian needs (TUNGLI, GYALOG 1997). At that time the aim was to achieve a supervision and documentation system during drilling which would correspond to international norms. This routine became well-known through the project organisation American Quality Assurance/Quality Control (QA/QC).

This principle was also used during this exploration. The task of the quality control of the Golder Associates was as follows: to organise, control and harmonise the work of the personnel, participating in the implementation and the research, so as to achieve appropriate quality and quality control; to collect and arrange all the data and information detected during

the exploration which could be of significance later; and to record all the phases of the work in detail for complete reconstruction of all phases subsequently, if necessary.

The technical supervision was carried out by an independent team composed of technicians and engineers. Compared to previous phases the exploration of 2002–2003 was much more significant. The high amount of boreholes, the large dataset and the short time available required the modification of technical supervision and its system. A new organisational conformation was carried out. In this frame a management body called Technical Control Supervision (TCS) which included several highly-qualified engineers was appointed; of the most senior among its members was the chief of technical supervision). The major tasks of the TCS were:

- to organise and supervise the work of technical supervisors;
- to prepare reports and different statements;
- to secure mutual data exchange among the different working groups;
- to compile and make the final documentation;
- to confirm the execution of research tasks and the amount of material used;
- to keep continuous contact with the contractors and the heads of the exploration;
- to take part in the co-ordination of the fieldwork and in scheduling the daily research activities.

The documentation made by the technical supervisor was composed of daily reports and other general documents which contained:

- continuous documentation of all events at the borehole in chronological order;
- technical data related to the drilling;
- preliminary documentation of the drilling core and the experience gained during core treatment;
- first geotechnical qualification of the drilling core (by RQD and Kiruna methods);
- changes in the basic parameters of drilling;
- lists of planting the casing and other tools;
- amount, composition and circulation of the flushing fluid used for the drilling;
- control of competence of other different activities;
- completed work and the amount of used materials;
- documentation of the well completion, the construction of well head and well head secure cellar;
- report of landscaping.

Solving specific technical problems

During the drilling of the boreholes the objects remaining in the hole had to be saved and the loose zones, after penetrating, had to be closed out.

Rescue plans were needed to deal with the technical accidents which occurred during the exploration. Four well-defined groups of the rescue can be distinguished.

The first group involved the break of HQ drive-pipes during flushed core drilling (*e.g.* in case of Borehole Üh–26). The rescue attempts associated with these acci-

dents were carried out successfully over several hours by fishing tap, or by an HQ conical rotating joint.

The second type of accident is associated with the dry core drilling of the uppermost, loose sedimentary cover (*e.g.* in the case of Borehole Üh–32D). Usually smaller units, mainly tungsten-carbide insert crowns or its pieces, remained in the hole. In these cases the hole was broadened by a larger driller, then the pieces of the tool which remained on the bottom of the hole were drilled. By this method the metal pieces to be rescued and the debris were also brought to the surface. These attempts required a longer time but in all cases could be finished in one shift.

The third type of accident happened during the dry enlargement of the diameter of the holes in the loose overlying beds (*e.g.* in case of Borehole M6–7A). In shallow depths the enlargement of the diameter was carried out by a spiral bit/rotary drill with a large diameter. In several cases the pinching was followed by the breakage the tool. The broken spiral bit was drilled around by a toothed casing shoe using flushing. Then the pieces were brought out with the help of a boot-jack in order to protect the pipe. After this the casing equipped by the toothed drive shoe was recovered. This attempt lasted one or two days.

Only one event belongs to the fourth group. During HQ core drilling the tool jammed and the driller could not pull it out (in case of Borehole Üh–32D). The salvage of the tool could only be carried out by hydraulic elevator, which caused two days of delay.

For *penetrating the collapsing zones* of the boreholes the tamping method used earlier (*i.e.* for stabilisation of the wall of the hole by laitance) was not applied in this phase of the exploration. For the penetration of those zones which caused technological difficulties the previously mentioned flushing fluid with a biopolymer basis was used. The exclusion of the collapsing zones and of the zones above and below them was assured by the fixture of a slitted technical device. Following the construction of the wells the technical devices were unscrewed or cut at the previously allocated points, and the sections above the cut were brought to the surface; only the slitted devices remained in the hole (Table 4).

The *slitted technical casing* was equipped by a releaser (a spacer with a large lead/pitch) which later allowed the unscrewing of the pipe at a certain point and the raising of its upper parts. The technical casing was unscrewed once in Borehole Üh–25 and twice in Boreholes Üh–29 and Üh–30. In the case of Borehole Üh–25 the technical casing (the size of which was 114/102 mm) was left in the borehole in the section between 210.71 and 228.20 m. In Borehole Üh–29 the 89/78 and 140/125 mm technical pipes were left between 200.20 and 231.30 m and 77.81 and 96.97 m, respectively. In the case of Borehole Üh–30 the 89/78 mm and 132/124 mm technical pipes remained in the hole between 207.35 and 240.00 m and 49.96 and 82.00 m, respectively.

Pipe-cutting was carried out with the same purpose when it was impossible to unscrew the pipes at the releaser. The pipe was cut once in Borehole Üh–26, twice in Üh–28, once in Üh–30 and twice in Üh–36. In Borehole Üh–26 the section

Table 4. Completion of the boreholes to wells

Borehole code	Pipe diameter (mm)	Length of slitted pipe (m)	Procedure for the exclusion of the section	Excluded section (from to)
Üh-25	114/102	17.49	unscrewing	210.71–228.20
Üh 26	114/100	61.12	pipe cutting	207.83–268.95
		8.36	inlay	180.54–188.90
Üh 28	89/78	25.51	inlay	297.05–322.56
	114/102	24.00	pipe cutting	227.48–251.48
Üh-29	140/125	9.00	pipe cutting	137.01–146.01
	89/78	31.10	unscrewing	200.20–231.30
Üh 30	140/125	19.16	unscrewing	77.81–96.97
		12.55	fixture by springs	178.93–191.48
	89/78	32.65	unscrewing	207.35–240.00
	132/124	32.04	unscrewing	49.96–82.00
Üh-36	114/100	42.58	pipe cutting	140.00–182.58
	89/78	20.24	pipe cutting	220.95–241.19
	114/98	9.00	pipe cutting	79.33–88.33

of the 114/100 mm pipe between 207.83 and 268.95 m remained in the hole after cutting. In Borehole Üh–28 the section between 227.48 and 251.48 m remained in the hole from the lower, 114/102 mm technical pipe, whereas with the one from the upper 140/125 mm this was the case in the section between 137.01 and 146.01 m. In Borehole Üh–30 the section between 140.00 and 182.58 m was left in the hole from the lower, 114/100 mm technical pipe. In Borehole Üh–36 the section between 220.95 and 241.19 m remained in the hole from the lower, 89/78 mm technical pipe, whereas with the one from the upper 114/98 mm this was the case in the section between 79.33 and 88.33 m.

The *posteriorly developed liners* (slitted casing fixed specially) were applied for the close out of the collapsing zones during the final completion of the hole structure, using the following two methods:

The slitted casing was fixed by a spring centring machine in Borehole Üh–30. It was necessary because the 114/100 mm slitted technical casing got jammed at 182.58 m, so almost 9 m remained opened from the section which should have been excluded. A 12.55 m long 89/78 mm slitted casing was installed between 178.39 and 191.48 m. The centring machine was pressed to the wall of the 96 mm wide hole and fixed the casing at the exact point. The overlap between the two pipes secured the penetrability of the hole.

In Borehole Üh–26 a completely new casing inlay technique was applied. Essentially an approximately 10 cm wide and several mm deep cutting was made in the sidewall of the borehole with a special side-cutting tool. A coupling equipped by a spreader and three cocks were fixed to the end of the slitted casing. The head pushed the cocks into the cuts with the spreader at the given section. Then the head was de-coupled and brought to the surface (the casing can be brought to the surface with an appropriate tool later if it is necessary). A 25.51 m long, 89/78 mm slitted casing was installed into the borehole at the lower part, between 297.05 and 322.56 m, where the hole diameter was 96 mm, whereas in the upper part, between 180.54 and 188.90 m, a 8.36 m long 114/100 mm slitted casing was installed.

This technique worked well in practice. However, it cannot be applied securely if another drilling tool is used in the borehole after the installation, *e.g.* for cleaning the hole. Due to shaking and beating (which are caused by the tools) the casing could move. This happened even in case of this borehole, but fortunately the measurements could be carried out in it, and the multi-packer survey system could also be installed.

Examination of boreholes

Well-logging, hydrodynamic testing and water sampling were carried out in the boreholes. After finishing drilling, tracer and interference studies alongside additional down-hole geophysical measurements, and also cross-hole seismic measurements were carried out. Geological and tectonic logging, core scanning and — partly — geotechnical documentation of the cores were completed.

Well-logging and hydrodynamic scan tests were always carried out in the sections which were then open, when the drilling was interrupted for different reasons or when the drilling was completed. Complex geophysical well-logging was carried out along the whole section of the borehole, whereas acoustic well-logging was performed in the bedrock. The heat-pulse flowmetry (HPF) was made only in the vertical boreholes, mainly in the bedrock (SZONGOTH *et al.* 2004). Among the hydrodynamic tests carried out by Golder Ltd. scan tests were also made in the deep boreholes and the borehole groups. Detailed tests and water sampling were carried out based on the results of scan tests and HPF-measurements (BALLA, MOLNÁR 2004). In the shallow boreholes absorption testing and water sampling were carried out.

After finishing the drilling, multi-packer hydrodynamic interference tests were carried out between the boreholes in the Site with three different marker boreholes (Üh–5, Üh–2 and Üh–27). In the case of the borehole groups, tracer test were carried out by tracers (Borehole Groups Üh–31, Üh–32 and Mó–7 — BALLA, MOLNÁR 2004).

There were complementary geophysical survey in the boreholes and cross-hole seismic tomography. Of them ELGI (Geophysical Institute of Hungary) conducted seismic (PSQ/PQ) and radar measurements in the borehole and cross-hole velocity and absorption tomography (TÖRÖS et al. 2004).

In situ fragmentation measurements (RQD and Kiruna measurements) were carried out on the drill core material, as part of the technical supervision. During the processing of the drilling core the Geological Institute of Hungary (MÁFI) carried out detailed geological logging along the whole profile, tectonic logging of the bedrock, and core scanning in sections that had not been completely destroyed (GYALOG et al. 2004). Following these analyses MÁFI carried out systematic hydrogeological measurements in all boreholes which were transformed into wells, in the framework of long-term monitoring (ROTÁR-SZALKAI et al. 2004).

Summary

During the ground-based geological exploration in 2002–2003 some 23 boreholes were completed. Their penetration had several objectives including the enhancement of the accuracy of the fracture zone revealed formerly by the borehole Üh–2, enlargement of the Site, observation of groundwater level in boreholes on hilltop, investigation of subsurface zones below valleys and determination of transport parameters of the granite.

The fracture zone of the Borehole Üh–2 was studied by two boreholes (Üh–25 and Üh–36) inclined inversely to the estimated dip of the fault zone. Both boreholes penetrated the fracture zone proving it and really enhancing the accuracy of its position. Initially, the boreholes drilled for enlarging the Site (Üh–26, Üh–27 and Üh–28) provided informa-

tion in three directions on the enlarged area. Borehole Üh–37 was completed for further extension of the Site and north of Borehole Üh–27 furnishing the most promising data by penetrating a monzonite rock sequence of harder mechanical properties. Of the 6 boreholes on hilltop some four ones were supplemented by groundwater observation wells (Üh–25A, Üh–26A, Üh–28A and Üh–36A). Concerning the investigation of subsurface zones below valleys 2 boreholes (Üh–29 and Üh–30) were set up in the zone of upward flow near the valley floor. In order to determine transport parameters 3 borehole groups were completed with one central and 2–3 accessory boreholes by group (Üh–31A–C, Üh–32A–D, M6–7A–D).

Of the 3298.72 running m drilling 424.7 m, 451.74 m and 2422.28 m were penetrated by noncoring, dry and flushed coring techniques, respectively. They drilled 533.0 m and 2765.7 m Quaternary overlying beds and basement rocks (granite complex), respectively. Core drilling proceeded in overlying beds by using traditional techniques with single-wall core pipe equipped by hard metallined crown, whereas traditional or wireline double-wall diamond bore technique was applied in the hard granite complex. Core recovery never remained below 90%, it was mainly 95%.

Drilling activities were supported by technical supervision with the registration of each event occurring during drilling. The technical supervisor was continuously available in the site where drilling activities proceeded adapting to the 24 hour working regime of the contractor. During drilling activities there was a need to rescue the objects left behind in the hole, exclude the zones loosened after penetration and ensure the possibility of detailed post-drilling study of the boreholes.

Both during and after penetration diverse geophysical, hydrogeological and geological-tectonic studies on drill cores were completed.

References — Irodalom

- BALLA, Z. 2000: Exploration and characteristics of the Üveghuta site. (Az üveghutai telephely kutatása és összesítő ismertetése). — *Annual report of the Geological Institute of Hungary, 1999*, pp. 59–89.
- BALLA, Z., MOLNÁR, P. 2004: Hydrodynamic testing at the Bataapáti (Üveghuta) Site (South-western Hungary) [Kútvizsgálatok a Bataapáti (Üveghutai)-telephelyen]. — *Annual Report of the Geological Institute of Hungary, 2003* (this volume).
- BALLA Z., ALBERT G., CHIKÁN G., DUDKO A., FODOR L., FORIÁN-SZABÓ M., FÖLDVÁRI M., GYALOG L., HAVAS G., HORVÁTH I., JÁMBOR Á., KAISER M., KOLOSZÁR L., KOROKNAI B., KOVÁCS-PÁLFFY P., MAROS GY., MARS I., PALOTÁS K., PEREGI ZS., RÁLISCH L.-NÉ, ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZŐCS T., TÓTH GY., TURCZI G., PRÓNAY ZS., VÉRTESY L., ZILAHÍ-SEBESS L., GALSA A., SZONGOTH G., MEZŐ GY., MOLNÁR P., SZÉKELY F., HÁMOS G., SZÜCS I., TURGER Z., BALOGH J., JAKAB G., SZALAI Z. 2003: Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló program. A felszíni földtani kutatás zárójelentése, Bataapáti (Üveghuta), 2002–2003 [in Hungarian: Programme for the final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from the nuclear power plant. Final report of the geological exploration from the ground surface, Bataapáti (Üveghuta), 2002–2003]. — *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- GYALOG, L., TUNGLI, GY. 2000: Exploration drilling at the Üveghuta site – problems and experience. (Kutatófúrások mélyítése az üveghutai telephelyen – problémák és tapasztalatok.) — *Annual report of the Geological Institute of Hungary, 1999*, pp. 90–116.
- GYALOG, L., HAVAS, G., MAROS, GY., TURCZI, G., SZEBÉNYI, G. 2004: Geological-tectonic documentation in the Bataapáti (Üveghuta) site [A földtani dokumentálás rendszere a Bataapáti (Üveghutai)-telephelyen]. — *Annual Report of the Geological Institute of Hungary, 2003* (this volume).
- MEZŐ GY., SZILÁGYI G., KOVÁCS L. 1998: Az üveghutai kutatási terület hidraulikai és transzportmodelljének folyamata és eredményei. Kutatási jelentés (BKMI) (in Hungarian: The process and results of the hydraulic and transport modelling ex-

- periments at Üveghuta Site). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- MEZŐ GY., SZILÁGYI G., KOVÁCS L. 1999: Az üveghutai kutatási terület hidrodinamikai modellezésének kiegészítése az új mélyfúrások és az interferencia vizsgálatok eredményei alapján (in Hungarian: Complementation of hydrodynamic modelling based on the results of new drill boreholes and interference analyses). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- ROTÁR-SZALKAI Á., HORVÁTH I., MARSÓ K., NAGY P., Ó. KOVÁCS L., SZÓCS T., TÓTH GY. 2004: Hydrogeological monitoring system at the Bátaapáti (Üveghuta) Site [Vízföldtani megfigyelőhálózat a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen]. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary, 2003* (this volume).
- SZONGOTH, G., ZILAHÍ-SEBESS, L., SZÜCSI, P. 2004: Well logging at the Bátaapáti (Üveghuta) Site [Mélyfúrás-geofizikai mérések a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen]. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary, 2003* (this volume).
- TÖRÖS, E., PRÓNAY, Z., NEDUCZA, B., HERMANN, L., ZILAHÍ-SEBESS, L., SZÜCS, I., MENYHEI, L., GACSÁLYI, M. 2004: Complementary ground-based and borehole seismic and radar survey at the Bátaapáti (Üveghuta) Site [Kiegészítő felszíni és lyukbeli szeizmikus és radarmérések a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen]. – *Annual Report of the Geological Institute of Hungary, 2003* (this volume).
- TUNGLI, GY., GYALOG, L. 1997: Drilling of the Üveghuta, Udvari and Diósberény boreholes, technical control and quality assurance. (Az üveghutai, udvari és diósberényi fúrások mélyítése, műszaki ellenőrzés és minőség-biztosítás.) – *Annual report of the Geological Institute of Hungary, 1996 (II)*, pp. 317–332.

Fúrások mélyítése a Bátaapáti (Üveghutai)-telephelyen

GYALOG LÁSZLÓ¹, SZEGŐ ISTVÁN²

¹Magyar Állami Földtani Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

²Golder Associates (Magyarország) Kft., 1021 Budapest, Hűvösvölgyi út 54.



T á r g y s z a v a k : Délkelet-Dunántúl, folyamatok, fúrások, fúrás mélyítés, Magyarország, minőségellenőrzés, módszerek, Mórággyi-rög

Összefoglalás

A 2002–2003. évi felszíni földtani kutatás során 23 fúrás mélyült. Mélyítésük több, különböző cél elérése érdekében történt (az Üh-2 fúrással korábban feltárt töréses öv helyzetének pontosítása, a telephely bővítése, a dombtetőn mélyült fúrások talajvízszintjeinek megfigyelése, a völgyek alatti térrészek kutatása, a gránit transzportparamétereinek meghatározása).

Az Üh-2 fúrás töréses övét két, a töréses öv várható dőlésével ellentett dőlésű ferdefúrással (Üh-25 és Üh-36) kutattuk meg. Mindkét fúrás harántolta a töréses övet, ezáltal igazolta azt és pontosította helyzetét. A telephely bővítésére mélyült fúrások (Üh-26, Üh-27, Üh-28) először 3 irányban adtak megnagyobbított területről adatokat, a legígéretesebb (a kőzetmechanikailag jobb monzonitos kőzetcsoportot harántolt) Üh-27 fúrástól É-ra a terület további kiterjesztése céljából mélyült az Üh-37 fúrás. A 6 dombtetői helyzetben mélyült fúrásból 4 mellett külön talajvíz-megfigyelő fúrás is mélyült (Üh-25A, Üh-26A, Üh-28A, Üh-36A). A völgyek alatti térrészek kutatására két fúrást (Üh-29 és Üh-30) mélyítettünk a feláramlási zónában, völgytalpához közeli helyzetben. A transzportparaméterek meghatározására völgyekben 3 fúrás csoportot mélyítettünk, csoportonként egy központi és 2–3 mellékfúrással (Üh-31A–C, Üh-32A–D, Mó-7A–D).

A 3298,72 m fúrásból 424,70 m teljes szelvényvel, 451,74 m száraz, 2422,28 m öblítéses magfúrással mélyült. Ebből 533,0 m negyedidőszaki fedőüledéket, 2765,7 m alaphegységi kőzetet (gránitot) harántolt. A magfúráásokat a fedőüledékben hagyományos technológiával, szimplafalú magcsővel, keményfémbetűtes koronával, a kemény gránittestben hagyományos vagy gyorsmagszedős (wireline), duplafalú gyémántfúrási technológiával mélyítettük. A magkihozatal a 90%-ot minden esetben, a 95%-ot a fúrások többségében meghaladta.

A fúrások kivitelezését műszaki ellenőrzés segítette, a fúrásoknál történt valamennyi esemény rögzítésével. A műszaki ellenőr minden fúrási tevékenységgel járó munka esetén a fúrási vállalkozó 24 órás munkarendjéhez alkalmazkodva folyamatosan a helyszínen tartózkodott. A fúrások mélyítése során meg kellett oldanunk egyes, lyukban maradt tárgyak kimentését, valamint az omló zónáknak a harántolás utáni kizárását, egyúttal a lehetőségekhez képest minél részletesebb utólagos vizsgálatukat.

A fúrásokban részben mélyítésük során, részben befejezésük után, valamint a fúrómagokon sokrétű geofizikai, vízföldtani és földtani-tektonikai vizsgálat történt.



Bevezetés

A Bátaapáti (Üveghutai)-telephely 2002–2003. évi felszíni földtani kutatása során összesen 23 fúrás mélyült (BALLA et al. 2003) a Magyar Állami Földtani Intézet szakmai irányításával. A fúrásokban — mélyítésük során és részben ez után — változatos geofizikai, hidrogeológiai, földtani és szerkezeti vizsgálatokat folytattunk le.

A fúrások mélyítésének célja

A fúrások mélyítése és vizsgálata a vízföldtani kép kutatása, valamint a telephely körzetének jobb földtani megismerése céljából történt. A kutatás célja szerint négy fúrás csoportot különíthetünk el, ezek céljai az alábbiak:

- az Üh-2 fúrással feltárt töréses öv helyzetének pontosítása,
- a telephely bővítése,
- völgyek alatti térrészek kutatása,
- transzportparaméterek meghatározása.

Ezen kívül külön fúrás csoportként is értelmezhetjük a dombtetőn mélyült fúrások talajvízszintjeinek megfigyelé-

sére, a nagy fúrások mélyítése előtt, szárazon lemélyített talajvíz-megfigyelő fúrásokat. A két ütemben megvalósult fúrások helyszínrajzát az 1. ábra mutatja be.

Az Űh-2 fúrás töréses öve

Az Űh-2 fúrás 1997–98-ban egy nagy töréses zónát harántolt kb. 341 m-től, és abban is állt le 381,90 m-ben (BALLA 2000; GYALOG, TUNGLI 2000). Ez a zóna egyúttal hidrodinamikai potenciálmínimumként is jelentkezett. A töréses öv helyzetének pontosítására, dőlésszögének meghatározására és kapcsolatának tisztázására a hidrodinamikai minimummal két ferdefúrás mélyítettünk: az első ütemben az Űh-25, a másodikban az Űh-36 jelűt (1. és 2. ábra).

Az Űh-25 ferdefúrás közel D felé irányuló, függőlegestől közel 30°-kal eltérő dőléssel (173/63°) 300,69 m-ig mélyítettük. Az előzetes adatok szerint az volt várható, hogy az Űh-25 fúrás a kérdéses töréses övet 200–250 m-ben harántolja. Ténylegesen a fúrás 216–227 m-ben harántolt egy töréses övet. A fúrásban potenciálmínimum is jelentkezett, igaz, nem esett pontosan a töréses övre. Az Űh-2 és Űh-25 jelű fúrásoktól kb. 550 m-re KÉK-re, az Éva-völgyében 750 m hosszú kutatóárokot (A1 árok) mélyítettünk, amely a völgytalpon tárta fel a gránittestet. A kutatóárok középső szakaszán egy 8 m széles töréses övet harántolt, amelynek csapása szintén egybeesik a feltételezett töréses zóna csapásával. A három, különböző ponton feltárt töredett közettest ugyan összeszerkeszthető egy síkba, az azonban nem igazolható, hogy ugyanahhoz a töréses zónához tartoznak. Ennek igazolására a kapott három harántolási pont közé még egy negyediket tartottunk szükségesnek, ezért egy újabb ferdefúrás (Űh-36) telepítettünk.

Az Űh-36 ferdefúrás az első ütemben mélyített fúrások befejezése után, közel D felé irányuló, függőlegestől közel 30°-kal eltérő dőléssel (183/59°) 255,34 m-ig mélyítettük. A fúrás feladatát elsősorban abban láttuk, hogy a töréses öv térbeli elhelyezkedésének megismeréséhez adjon információt, valamint a már megismert hidrodinamikai minimum földtani kapcsolatát jobban megismerjük, s ezáltal képet alkothassunk a jelenség valószínű hatásáról a tároló biztonságára. A fúrás valóban harántolt egy töréses övet, ha nem is pontosan az előzetesen várt mélységben (kb. 150 m-től), hanem mintegy 70 m-rel mélyebben, 223,9–235,1 m között. Az Űh-36 fúrásban tapasztalt mélységeltérés egyúttal azt jelentette, hogy a két fúrással feltárt töréses öv nem csatlakoztatható közvetlenül az A1 árok legnagyobb töréses övére.

A telephely bővítése

A telephely alakjához és méretéhez eredetileg alapul vett 300×600 m-es téglalap (BALLA 2000) az újabb telepítési koncepciók fényében kicsinek bizonyult, ezért szükséges volt a kutatási terület bővítése. Ezen célból az első ütemben három függőleges fúrás mélyítettünk, amelyet ezek tapasztalatai alapján a negyedik, az Űh-37 egészített ki (1. és 3. ábra). A fúrások helye, telepítésének oka és mélysége az alábbiak voltak:

— az Űh-26 fúrás az Űh-5 fúrástól 150 m-re D-re, az 1997. évi refrakciós tomográf szelvényben mutatkozó sebességmaximum közepe tájára, a telephely D-i irányú távolabbi megismerése céljából, 400,60 m mélységig,

— az Űh-27 fúrás az Űh-23 fúrástól 150 m-re É-ra lévő, 1997-ben a telephely-kijelölési munkálatok során, a gránit elérésére 80 m-es talpmélységig mélyített Űh-6 fúrás mellé, a telephely É-i irányú távolabbi megismerése céljából, 411,11 m mélységig,

— az Űh-28 fúrás az Űh-3 fúrástól 200 m-re Ny-ra, alapvetően a terület Ny-i irányú jobb megismerése céljából, 300,60 m mélységig,

— az Űh-37 fúrás az Űh-27 fúrástól 250 m-re ÉÉNy-ra, a monzonitos kőzetcsoport elterjedésének és vízföldtani tulajdonságainak jobb megismerése céljából, függőlegesen, 300,34 m mélységig mélyítettük.

A fúrások közül az Űh-27 a területen mélyült fúrások többségétől (a granitoidnak, majd a vékonycsiszolatos vizsgálatok alapján összefoglalóan monzogránitosnak nevezett kőzetcsoporttól) eltérő kőzeteket harántolt. Az uralkodóan melanokrata (dioritoidnak, majd a vékonycsiszolatos vizsgálatok alapján összefoglalóan monzonitosnak nevezett) kőzetcsoportból álló rétegsor palássága és repedezettsége a többi fúrásban megfigyelhetőnél kisebb volt. Az 1997–98. évi vizsgálataink eredményei azt mutatták, hogy a melanokrata kőzetek kőzetmechanikai paraméterei jobbak, mint a többi kőzeté. Ezek azonban a korábbi fúrásokban többnyire viszonylag kis vastagságban, csak néhány hosszabb harántolással (Űh-3, Űh-22) fordultak elő.

Az Űh-27 fúrás adata alapján újra átvizsgáltuk valamennyi korábbi fúrásunk rétegsorát, s ezen munka nyomán kitértünk, hogy a melanokrata kőzetek az eddig kutatott területtől É-ra, ÉNy-ra és Ny-ra egy bizonytalan körvonalú, de legalább 1,2 km²-nyi testet alkotnak. Ezt a kőzettestet harántolta a Mészkemence-völgyben az A2 árok is. A melanokrata kőzettest nagy része az eddig kutatott telephelyhez képest mélyebb helyzetben van. Vízföldtani jellege nem látszott kedvezőbbnek, mint a monzogránitos kőzetcsoporté, de a kérdés további kutatás nélkül nem volt megítélhető.

Az Űh-37 fúrás a fenti fúrások befejezése után, a fúrások és a 2002-ben lefolytatott 3D szeizmikus tomográfia eredményeinek ismeretében mélyítettük. A fúrás feladata az volt, hogy az új felismerések és a külső javaslatok nyomán tisztázza a telephely É-i irányú bővítésének lehetőségeit és kilátásait.

A dombtetőn mélyült fúrások melletti talajvízszint-megfigyelő fúrások

Mind az Űh-2 fúrás töréses övét kutató, mind a telephely bővítését szolgáló mélyfúrások dombtetőn mélyültek. Ezek a helyeken a talajvízszint megállapítása és változásainak folyamatos mérése fontos vízföldtani információ. Ezért a fúrások közül 4 mellett — tőlük 5–10 m-re — szárazon fúrt kiegészítő, talajvízszint-megfigyelő fúrások mélyültek (Űh-25A, Űh-26A, Űh-28A és Űh-36A), a talajvízszint alatt 10–15 m-ig (1. és 4. ábra).

Völgyek alatti térrészek kutatása

A völgyek alatti térrészek kutatására két függőleges fúrást terveztünk, olyan helyre, ahol a korábbi modellezési eredmények (MEZŐ et al. 1998, 1999) alapján a telephelyen áthaladó fő áramlási pályák várhatóak voltak, azaz ÉÉNy és ÉK felé. A telepítésnél fontos szempont volt, hogy a fúrások feláramlási zónában mélyüljenek. Ilyen zóna a telephelytől 1-1,5 km-re volt várható. Két ilyen fúrást mélyítettünk:

— Az Űh-29 fúrást a telephelytől ÉÉNy-ra, két mély völgy találkozási pontja közelében mélyítettük (300,38 m-ig), ahol ebben az irányban itt volt várható a feláramlás legközelebbi jelentkezése (a modellezésben a mélyebben lévő áramvonalak nagy része itt még nem fordul a felszín irányába).

— Az Űh-30 fúrást a telephelytől ÉK-re, az Űh-12 sekélyfúrás közelében mélyítettük (300,33 m-ig), ahol a közeli Henrik-forrás és a B4 bukó adatai álltak rendelkezésre a felszíni és felszín közeli vízforgalom jellemzésére. Az Űh-12 vízminősége arra engedett következtetni, hogy itt nyomokban mélyebb eredetű víz is megjelenik, ami feláramlási öv jeleként értelmezhető (1. és 5. ábra).

Transzportparaméterek meghatározása

A transzportparaméterek, köztük elsősorban az effektív porozitás meghatározására 3 fúrás csoportot terveztünk. A mélyítendő fúrás csoportok mindegyike 3 vagy 4 db — egy központi 36–50 m-es (A jelű) és 2 vagy 3, körülötte telepített 30–43 m-es (B, C és D jelű) — sekélyfúrásból állt (1. és 6. ábra). E fúrás csoportokat korábbi sekélyfúrások környezetében telepítettük oly módon, hogy a telephelyet többekévvé egyenletesen vegyék körül. A fúrás csoportok és telepítési szempontjaik a következők voltak:

— Az Űh-31 fúrás csoportot (az Űh-31A–C fúrásokkal) a telephelytől ÉÉK-re, a Nagymórági-völgy fő elágazásában, az 1997. évi Űh-18 fúrás közelében telepítettük. Az Űh-18 volt az egyetlen olyan kút, amelynek vize az izotópvizsgálatok alapján kevertnek minősült, azaz annak egy része a mélyből származott.

— Az Űh-32 fúrás csoportot (az Űh-32A–D fúrásokkal) a telephelytől ÉNy-ra, a Hutai-völgyben az 1997. évben mélyült Űh-11 fúrás közelében mélyítettük. A részletes elemzés alapján a telephelyről jövő lehetséges áramlási pályák felszínre jutásának itt nagyobb volt az esélye, így itt jó lehetőségünk nyílt arra, hogy a gránittesten belüli áramlások mellett egyúttal az áramlási pályák végeit is jellemezzük.

— A M6-7 fúrás csoportot (a M6-7A–D fúrásokkal) a telephelytől KÉK-re, a Mórági-völgyben, Mórágó falu szélén, az 1997. évi M6-6 – M6-6A fúrás pár közelében telepítettük. A M6-6 fúrás volt az egyetlen olyan kút, amelynek vize az izotópvizsgálatok alapján a mélyből származtatható.

A csoportfúrások mélyítése során a központi (A jelű) fúrást mélyítettük le először, és ennek egyedi kútvizsgálata alapján állapítottuk meg a (B–D jelű) mellékfúrások optimális távolságát. A kútcsoport kialakítását követően nyomjelzéses egymásrahatás-vizsgálatot végeztünk a helyi áram-

lási kapcsolatok megismerése céljából. A fúrások lemélyítése és belőlük kutak kiképzése után a mellékfúrásokból kiképzett kutakból — kutanként különböző — nyomjelző anyagot juttattunk be a kimutathatósági határnál 5-6 nagyságrenddel nagyobb mennyiségben, amelyeket a központi kútban észleltünk. Az így kapott adatokból számítottuk ki (figyelembe véve a csoportos kútvizsgálat során meghatározott áramlási paramétereket is) az effektív porozitást, amely a telephely vízföldtani modellezésének egyik fontos bemereti paramétere.

A fúrások mélyítése

A fúrások mélyítéséhez az engedélyek beszerzése után a fúrópontot előkészítettük, ezután következett maga a fúrási tevékenység, folyamatos műszaki ellenőrzéssel, mélyítés közbeni vizsgálatokkal, ezzel párhuzamosan fúrómagdokumentálással, végül a mélyítés utáni vizsgálatokkal.

Előkészítés és felvonulás

A fúrási tevékenység során a tervezéskor meghatároztuk az egyes fúrások mélyítésének célját, feladatait, majd ezekhez igazítva terveztük meg azok kivitelezését, összekapcsolva a fúrólyukban elvégzendő vizsgálatokkal.

Az előkészítés során beszereztük a fúrási kutatás végzéséhez a tulajdonosi hozzájárulást, a szükséges úthasználati engedélyeket, a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság vízügyi létesítési engedélyét a vízmegfigyelő kutakra, a Gemenci Erdő- és Vadgazdaság Rt. Bátaszéki Erdészete engedélyét a megközelítési útvonalak használatára, valamint intéztük a fúrási alapok területén lévő erdőterület megváltását. A fúrásokhoz földutak vezetnek. Ezeket az utakat kiépítettük, illetve a korábban kiépítetteket feljavítottuk, hogy az utak minősége ne hátráltathassa a fúrási munkavégzést. Az előkészítő munkák során elvégeztük a megváltott erdőterületeken a földmunkát, a fúrási pontokon a fúrási munkahely (nagy fúrások esetén max. 30×20 m, sekélyfúrások esetén max. 15×15 m) kialakítását, közüzalékkal történő betetését vagy betonlapok lerakását, a fúrási alap elkészítését.

Előrehaladás

A fúrásokat két fúró cég mélyítette, a kővágószőlősi székhelyű Rotaqua Kft. és a balatonalmádi székhelyű Geoprosper Kft., közel fele-fele (47,7–52,3%) arányban: a Rotaqua az Űh-26, Űh-28, Űh-30, Űh-36 fúrásokat és az Űh-31 fúrás csoportot 1572,53, a Geoprosper az Űh-25, Űh-27, Űh-29, Űh-37 fúrásokat, valamint az Űh-32 és M6-7 kútcsoportokat 1723,64 folyóméter összhosszban. A Rotaqua Wirth B1E, B2A, Ingersoll Rand T4W, URB-2A és SZKB-4 típusú, a Geoprosper Wirth B0/B1A, B1A és B1A/B2A típusú fúrógépekkel mélyítette a fúrásokat, kisebb mélységben (kb. 100 m-ig) hagyományos, nagyobb mélységben gyorsmagszedős (wireline) magfúrási technológiával.

1. táblázat. A felszíni kutatás során lemélyített fúrások alapadatai

Fúrás jele	Fúrás típusa	EOV-koordináták		Z (m Bf)		Talpmélység (m)	Cég	Fúrás kezdete	Talpmélység elérése	Vizsgálatok befejezése
		Y (m)	X (m)	terepszint	fúrási 0 m					
Üh 25	ferde 173/63°	615 986,44	95 244,61	278,086	278,012	300,65	G	2002. 07. 05.	2002. 10. 26.	2002. 11. 06.
Üh 25A	vízmegefigyelő	616 008,78	95 197,60	280,138	279,662	100,45	G	2002. 06. 16.	2002. 07. 02.	2002. 07. 06.
Üh-26	függőleges	615 948,11	94 710,39	284,137	284,307	400,60	R	2002. 06. 17.	2002. 08. 12.	2002. 09. 12.
Üh-26A	vízmegefigyelő	615 941,98	94 717,38	283,966	284,062	80,00	R	2002. 06. 10.	2002. 06. 17.	2002. 06. 18.
Üh 27	függőleges	615 950,57	95 456,28	276,345	276,052	411,11	G	2002. 06. 19.	2002. 08. 21.	2002. 08. 21.
Üh 28	függőleges	615 727,32	95 011,43	270,084	269,666	300,60	R	2002. 07. 17.	2002. 10. 24.	2002. 10. 29.
Üh-28A	vízmegefigyelő	615 719,27	95 017,29	270,008	269,931	64,66	R	2002. 07. 18.	2002. 07. 24.	2002. 07. 27.
Üh-29	függőleges	615 537,34	96 431,21	160,576	160,566	300,38	G	2002. 08. 20.	2002. 10. 23.	2002. 11. 27.
Üh 30	függőleges	616 867,35	95 830,39	166,755	166,497	300,33	R	2002. 08. 03.	2002. 10. 22.	2002. 11. 22.
Üh 31A	sekély	616 473,03	96 921,85	157,142	157,226	36,60	R	2002. 06. 10.	2002. 06. 20.	2002. 06. 23.
Üh-31B		616 482,10	96 925,79	157,259	157,356	40,00	R	2002. 06. 27.	2002. 07. 07.	2002. 07. 11.
Üh-31C		616 474,69	96 911,76	157,285	157,356	33,40	R	2002. 07. 12.	2002. 07. 23.	2002. 07. 25.
Üh 32A	sekély	614 925,39	96 154,20	157,609	157,648	50,04	G	2002. 06. 11.	2002. 06. 26.	2002. 07. 19.
Üh 32B		614 918,65	96 141,84	157,786	157,718	30,00	G	2002. 07. 20.	2002. 07. 27.	2002. 07. 29.
Üh-32C		614 936,80	96 159,10	157,676	157,638	32,55	G-R	2002. 07. 29.	2002. 08. 07.	2002. 08. 08.
Üh 32D		614 922,39	96 166,19	157,405	157,228	40,00	G	2002. 08. 08.	2002. 08. 19.	2002. 08. 20.
Üh 36	ferde 183/59°	616 137,67	95 289,73	238,006	238,006	255,34	R	2002. 11. 30.	2003. 01. 18.	2003. 01. 30.
Üh 36A	vízmegefigyelő	616 131,86	95 263,26	234,448	234,448	61,00	R	2002. 11. 25.	2002. 11. 28.	2002. 11. 29.
Üh-37	függőleges	615 845,28	95 670,71	269,620	269,497	300,34	G	2002. 11. 25.	2003. 01. 13.	2003. 01. 20.
Mó 7A	sekély	617 757,35	95 962,13	144,023	143,390	50,04	G	2002. 07. 01.	2002. 07. 14.	2002. 07. 20.
Mó 7B		617 776,53	95 957,10	141,902	141,911	42,57	G	2002. 09. 05.	2002. 09. 17.	2002. 09. 22.
Mó 7C		617 784,26	95 970,49	142,366	142,360	34,01	G	2002. 09. 23.	2002. 10. 03.	2002. 10. 05.
Mó-7D		617 791,67	95 958,79	141,143	141,090	34,05	G	2002. 10. 06.	2002. 10. 14.	2002. 10. 16.

G = Geoprospert Kft.; R = Rotaqua Kft.; vízmegefigyelő = talajvízszint-megfigyelő.

2. táblázat. A fúrások szakaszai, az alaphegységítő és a talajvízszint adatai

Fúrásport	Fúrás jele	Típus	Talpmélység (m)	Fúrásmélyítés módja			Alaphegységítő		Talajvízszint	
				teljes szelvényrel	szárazon	öblítéssel	mélysége	m Bf	mélysége	m Bf
Telephelyi fúrások	Üh-25	ferde	300,65	87,25	-	213,40	61,0	217,0		
	Üh 25A	vízmegefigyelő	100,45	28,16	72,29		54,7	225,0	77,78	201,88
	Üh-36	ferde	255,34	29,06	-	226,28	27,6	210,4		
	Üh-36A	vízmegefigyelő	61,00	61,00	-	-	19,3	215,1	46,26	188,19
Telephely környéki fúrások	Üh-26	függőleges	400,60	36,04	-	364,56	51,1	233,2		
	Üh-26A	vízmegefigyelő	80,00	30,67	49,33	-	49,3	234,8	66,99	217,07
	Üh 27	függőleges	411,11	75,38		335,73	57,5	218,6		
	Üh 28	függőleges	300,60	39,80		260,80	45,0	224,7		
	Üh-28A	vízmegefigyelő	64,66	18,75	45,91	-	43,8	226,1	51,24	218,69
	Üh-37	függőleges	300,34	-	90,00	210,34	55,8	213,7	79,82	189,68
Völgyi fúrások	Üh-29	függőleges	300,38	0,13	31,88	268,37	4,2	156,4	0,33	160,24
	Üh 30	függőleges	300,33		7,15	293,18	1,4	165,1	5,81	160,69
Csoportfúrások	Üh-31A	sekély	36,60	8,05	9,85	18,70	8,2	149,0	1,29	155,94
	Üh 31B		40,00		18,20	21,80	6,9	150,5	1,63	155,73
	Üh 31C		33,40		19,90	13,50	7,2	150,2	1,23	156,13
	Üh-32A	sekély	50,04	-	13,07	36,97	5,2	152,4	0,77	156,88
	Üh-32B		30,00	0,04	11,88	18,08	4,6	153,1	1,02	156,70
	Üh 32C		32,55	0,37	5,05	27,13	2,6	155,0	0,77	156,87
	Üh 32D		40,00		14,38	25,62	5,1	152,1	0,36	156,87
	Mó-7A	sekély	50,04	-	18,06	31,98	6,4	137,0	3,53	139,86
	Mó-7B		42,57	6,00	14,53	22,04	5,3	136,6	2,10	139,81
	Mó 7C		34,01	3,06	14,39	16,56	5,8	136,6	3,06	139,30
Mó 7D	34,05		0,94	15,87	17,24	5,0	136,1	1,98	139,11	
Összesen			3 298,72	424,70	451,74	2 422,28	533,0			

Az alaphegységítő és a talajvízszint mélysége a fúrási 0 m-től mérve. A csoportfúrások talajvízszintjeit csoportonként azonos napon mértük. Vízmegefigyelő = talajvízszint-megfigyelő.

A lemélyített fúrások alapadatait az 1. táblázat, a fúrási szakaszokat, az alaphegységítő és a talajvízszint adatait a 2. táblázat mutatja be.

A fúrások talpmélysége mindig elérte, illetve néhány esetben meg is haladta a tervezettet. A 8 nagy fúrás (Üh-25 – 30 és Üh-36 – 37) közül 6 esetben a túllépés 1 m-en belül volt. A másik két eset közül az Üh-27 jelű fúrásban, ahol a tervezett talp fölött 1 m-rel vulkáni telérkőzetet értünk, a fúrást 400 m helyett 411,11 m-ig mélyítettük, az Üh-36-ban a töréses övből való kijutás igazolása végett fúrtunk a tervezettnél 5,34 m-rel mélyebbre. A vízmegfigyelő mellékfúrások esetében a mélység az elért talajvízszint mélységétől függött, kb. a tervezettnak megfelelő volt. A csoportfúrások központi fúrásai is a tervnek megfelelően 50 m-esek voltak (az Üh-31A csak 36,60 m-es), ezeknél a mellékfúrások esetében volt nagyobb túllépés. Ez utóbbiak a tervezett 20 m helyett 30–43 m mélyek lettek. A csoportfúrások összhossza a tervezett 330 m helyett 420,71 m volt.

A mélyítés megkezdése után elvégeztük a fúrások geodéziai bemértük. Az adott időpontban a fúrólyukban levő cső tetejét mértük be, ennek viszonyát a fúrási 0 m-hez a műszaki ellenőri dokumentáció alapján állapítottuk meg.

A fúrásokat a felső, laza üledékes szakaszon, illetve a teljesen murvásodott gránittesten belüli szakaszokon száraz, míg a mállott és üde gránittesten belüli szakaszokon (a kemény kőzetben) öblítéses magfúrással mélyítettük. A száraz fúrás szimplafalú, az öblítéses duplafalú magcsővel történt.

Négy, a dombtetőn, illetve domboldalban mélyült fúrás (Üh-25, Üh-26, Üh-28 és Üh-36) közvetlen közelében külön e célra mélyített fúrólyukokban (Üh-25A, Üh-26A, Üh-28A és Üh-36A — 1. és 4. ábra) száraz fúrást végeztünk (a ferde Üh-25-nél és Üh-36-nál függőlegesen), hogy ezekben a talajvíz szintjét megfelelően észlelhessük. A fúrást a kemény gránitfelszínig maggal, onnan teljes szelvényvel végeztük. A mellékfúrás maggal fúrt szakaszát a nagy fúrásokban teljes szelvényvel, a tervezett bélésű cső átmérőjének megfelelően mélyítettük le. Az Üh-27 esetében ezt a mellékfúrást az 1997-ben mélyített Üh-6 fúrás pótolta. A két, völgytalpon telepített fúrásnál a vízszint közel volt a felszínhez, itt külön fúrásra nem volt szükség. Az Üh-36A fúrásnál a felső, laza szakaszt nem magfúrással, hanem spirálfúrós technológiával, szárazon mélyítettük, ez is lehetőséget adott kisebb mértékű kiértékelésre. Az Üh-37 fúrásnál nem mélyült „A” jelű szárazfúrás (a mélyítésre rendelkezésre álló idő rövidege miatt), hanem a nagy fúrást mélyítettük a várható talajvízszint alatt több mint 10 m mélységig szárazon, még a gránittestben is.

A magfúrásoknak a kemény gránittestben fúrt szakaszait hagyományos vagy gyorsmagszedős (wireline), duplafalú gyémántfúrési technológiával mélyítettük. A befejező átmérő az Üh-25 – Üh-28 és Üh-37 mélyfúrásokban 96 mm (HQ), míg az Üh-29, Üh-30 és Üh-36 fúrásokban 76 mm (NQ) volt. Az utóbbiak esetében egy talphoz közeli zúzott zóna miatti bővítést takarítottunk meg a csővezés utáni kisebb átmérőjű fúrással.

A tervezett magkihozatal valamennyi fúrás teljes hosszára külön-külön 95%, kiéptésenként minimum 70% volt.

Ez alól kivételt képeztek az omló szakaszok, amelyekre a magkihozatali minimum 50% volt. A fenti előírást szinte teljes mértékben teljesítettük (3. táblázat). A kutatás szempontjából legfontosabb gránittestben a fenti előírás szinte mindenhol teljesült, csak az Üh-31A, M6-7B és M6-7D csoportfúrás erősen murvásodott gránitot harántolt néhány m-es szakaszán nem. Az Üh-37 fúrás magkihozatala is alacsony volt a szárazon fúrt szakaszon, ezt két tényező okozta. Egyrészt a fedőüledékben a technológia miatt tömörödés, összesülés volt a mag egy részén, vagyis a teljes maganyag kisebb hosszra nyomódott össze. Másrészt a 62,06–90,00 m közötti szakaszon a zavartalan vízmintavétel érdekében levegőöblítéssel fúrtunk a gránitban. Ez a különleges technológia a szakasz elején valamivel rosszabb magkihozattal járt, de a szakasz végén már közel 100%-os magkihozattal sikerült elérni.

A fúrásokat alapvetően tiszta vizes öblítéssel mélyítettük. Ehhez az előzetesen kijelölt kútból szállított vizet használtuk fel. Ez a víz, az 1998–99-es kutatáshoz hasonlóan, a Bátaszéki Vízmű 4. kútjából (a Bátaszék K-43 jelű fúrásból), idős (felső-pannoniai) üledékből származik, összetételében hasonló a telephelyi felszín alatti vizekhez, így nem torzíja el a vizsgálati eredményeket. Omló zóna harántolásakor speciális öblítőfolyadékot (stabilizáló adalékanyagot) alkalmaztunk — ehhez az előző kutatáshoz hasonlóan a Mol Rt. szolnoki üzemében kikísérletezett rhodopol (xanthán) nevű, baktériumok hatására lebomló adalékanyagot használtuk —, de utána ismét visszatértünk a tiszta vizes öblítéssel történő fúrássra. A vizet folyamatosan nyomjelző anyaggal jelöltük (a nagy fúrásokban uraninnal, a csoportfúrásokban nátrium-bromiddal), hogy a vízmintavételkor megállapítható legyen az öblítővíz aránya a mintában.

A laza fedőüledékeket és az omló zónákat teleszkópos szerkezetű bélésű csővel zártuk ki. Ahol lehetett, a fúrás befejezése után a bélésű csőveknek az omló zónák fölötti szakaszait (szétcsavarással vagy vágással) kimentettük a fúrólyukból.

A fúrások befejezése után valamennyi fúrást vízmegfigyelő kúttá képeztük ki. A nagy fúrásoknál (mélyfúrásoknál) a kútszájra betonaknát építettünk. A betonaknát speciális zárral ellátott tetővel zártuk le, a vezércsövet — a többpakkeres rendszer beépítéséig — zárósapkával láttuk el. A sekélyfúrások és a talajvízszint-megfigyelő fúrások kiképzése során a lyukra védőcsövet és zárósapkát helyeztünk, köré védőkört építettünk. Ez valamennyi fúráson (a nyomjelzéses vizsgálatok kútjai esetén csak a nyomjelzéses vizsgálatok befejezése után) elkészült. Ezután minden fúrásnál egy-egy állandósított pontot (általában hilti szög) létesítettünk a betonaknában, illetve a sekélyfúrások körüli betonba rögzítve, és ezeknek is elvégeztük a geodéziai bemérését. Valamennyi, fúrásból kialakított kúton monitoring keretében folyamatos, műszeres vízszintméréseket végeztünk.

A fúrások műszaki ellenőrzése

A fúrások kivitelezését valamennyi fúrási tevékenység alatt a Golder Associates (Magyarország) Kft. (Golder) által biztosított műszaki ellenőrzés segítette, a fúrásoknál történt valamennyi esemény rögzítésével. Ezt fúrásokról

3. táblázat. A felszíni kutatás fúrásainak magkihozatala

Fúrás		Technológiai szakaszok					Omló zónák		Omló zónák nélküli szakaszok			Teljes magfúrás
jele	talpmélysége (m)	teljes szelvényű	száraz magfúrási		öblítéses magfúrási		hossza (m)	magkihozatala (%)	öblítéses magfúrási		összes magfúrási	magkihozatala (%)
		hossza (m)	hossza (m)	magkihozatala (%)	hossza (m)	magkihozatala (%)			hossza (m)	magkihozatala (%)		
Üh 25	300,65	87,25			213,13	98,78	25,40	92,56	187,73	99,62	99,62	98,78
Üh-25A	100,45	28,16	72,29	95,99	–	–	–	–	–	–	95,99	95,99
Üh-26	400,60	36,04	–	–	364,56	95,76	91,36	90,73	273,20	97,44	97,44	95,76
Üh 26A	80,00	30,87	49,33	100,0							100,0	100,0
Üh 27	411,11	75,38	0,00		335,73	99,28	14,62	96,37	321,11	99,41	99,28	99,28
Üh-28	300,60	39,80	–	–	260,80	97,27	57,70	91,84	203,10	98,82	98,82	97,27
Üh 28A	64,66	18,75	45,91	98,56							98,56	98,56
Üh 29	300,38	0,13	31,88	85,92	268,37	98,51	25,17	100,0	243,20	98,36	96,91	97,17
Üh 30	300,33		7,15	100,0	293,18	97,06	40,91	88,85	252,27	98,39	98,44	97,13
Üh-31A	36,60	8,05	9,85	100,0	18,70	93,16	1,70	42,35	17,00	98,24	98,88	95,52
Üh 31B	40,00		18,20	100,0	21,80	98,49	5,10	95,69	16,70	99,34	99,68	99,18
Üh 31C	33,40		19,90	100,0	13,50	98,59	5,30	97,92	8,20	99,02	99,72	99,43
Üh 32A	50,04		18,21	86,71	31,83	97,64			31,83	97,64	93,67	93,67
Üh-32B	30,00	0,39	17,68	90,33	11,93	100,00	–	–	11,93	100,00	94,22	94,22
Üh 32C	32,55	0,37	5,05	78,02	27,13	95,25			27,13	95,25	92,54	92,54
Üh 32D	40,00		14,38	100,0	25,62	96,02			25,62	96,02	97,45	97,45
Üh-36	255,34	29,06	–	–	226,28	98,71	19,72	85,34	206,56	99,98	99,98	98,71
Üh-36A	61,00	61,00	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Üh 37	300,34		90,00	72,32	210,34	99,75			210,34	99,75	91,53	91,53
Mó 7A	50,04		22,15	93,05	27,89	98,67	3,28	91,46	24,61	99,63	96,51	96,18
Mó-7B	42,57	6,00	14,53	99,04	22,04	87,25	3,02	54,30	19,02	92,48	95,32	91,93
Mó-7C	34,01	3,06	14,39	90,27	16,56	98,49	–	–	16,56	98,49	94,67	94,67
Mó 7D	37,43	0,94	18,45	96,26	18,04	88,75			18,04	88,75	92,55	92,55
Összes	3 298,72	425,05	466,77		2 406,90		293,28		2 113,62			

külön-külön elkészített fúrásműszaki dokumentáció tartalmazza.

A fúrások műszaki ellenőrzésének célja, hogy a fúrások mélyítése és vizsgálatai megfelelő minőségűek legyenek, általános feladata, hogy felügyelje és szavatolja a fúrási tevékenység és a kapcsolódó munkálatok kivitelezésének gondosságát, a munkafázisok végrehajtásának színvonalát, azok megfelelő sorrendjét és időtartamát, a kutatási tervben megadott munkálatok pontos és megbízható elvégzését. Ez folyamatos műszaki ellenőrzést igényelt. A műszaki ellenőr minden, fúrási tevékenységgel járó munka esetén a fúrási vállalkozó 24 órás munkarendjéhez alkalmazkodva folyamatosan a helyszínen tartózkodott.

A korábbi kutatási fázisok során (1996–1999) a Golder Associates GmbH (Németország) által a morslebeni (kis és közepes radioaktivitású hulladékok telephelye térségét vizsgáló) földtani kutatás során alkalmazott műszaki ellenőrzési és dokumentációs rendszert adaptáltuk a magyarországi elvárásoknak megfelelően (TUNGLI, GYALOG 1997). Célunk akkor az volt, hogy a fúrásos kutatás során a nemzetközi gyakorlatnak megfelelő műszaki ellenőrzési és dokumentációs rendszert valósítsunk meg, amely rendszer az amerikai projektszervezésből Quality Assurance / Quality Control néven (rövidítve QA/QC) vált ismertté.

Ezt az alapelvet alkalmaztuk a mostani kutatásban is. A Golder műszaki ellenőrzésének a jelen kutatásban is az volt a feladata, hogy a kivitelezési és a vizsgálati tevékenységben

részt vevők terepi munkáját szervezze, összehangolja és felügyelje, megvalósítva a megfelelő minőségbiztosítást és minőségellenőrzést. Összegyűjtse és rendszerezze mindazon adatot, információt, amely a megvalósulás során észlelhető és a későbbiekben jelentőséggel bírhat, rögzítse olyan terjedelemben és részletességgel, hogy a dokumentációból a tevékenységet, munkafázist megbízhatóan és teljes körűen rekonstruálni lehessen.

A műszaki ellenőrzést mérnöki és technikus végzettségű, képzett munkatársakból álló önálló munkacsoport végezte. A korábbi kutatáshoz viszonyítva a 2002–2003. évi volumenében sokkal jelentősebb volt. A felszíni kutatófúrások nagy száma, a hatalmas adatmennyiség kezelése és feldolgozása, valamint a rendelkezésre álló idő rövidege szükségessé tette a műszaki ellenőrzés felépítésének, rendszerének módosítását. Új szervezeti felépítést alakítottunk ki, amelynek során a munkacsoport élére néhány tapasztalt mérnökből ügyvivő vezetőség, a Műszaki Ellenőri Felügyelet (MEF) került (ennek tagja volt a műszaki ellenőrzés vezetője is). A MEF fontosabb feladatai a következők voltak:

- a műszaki ellenőrök munkájának megszervezése, irányítása;
- jelentések és különböző kimutatások készítése;
- kölcsönös adatcsere-forgalom biztosítása a különböző munkacsoportok között;
- a műszaki záródokumentációk összeállítása és véglegesítése;

— a kutatási munkák teljesítésének és a felhasznált anyagok mennyiségének igazolása;

— folyamatos kapcsolattartás a kivitelezőkkel és a kutatás szakmai vezetésével;

— részvétel a terepi koordinációban, a kutatási tevékenység napi ütemezésében.

A műszaki ellenőr által készített dokumentáció napjelenlétekből és egyéb összefoglaló dokumentumokból állt, amely az alábbiakat tartalmazta:

— folyamatosan, időrendi sorrendben a fúrásnál történeteket (negyedórás pontossággal);

— a fúrási tevékenységgel kapcsolatos műszaki adatokat;

— a magkezelés során tapasztaltakat és a fúrómag elsődleges, vázlatos földtani leírását;

— a fúrómag első geotechnikai — RQD és Kiruna módszer szerinti — minősítését;

— a fúrás műszaki alapparamétereit;

— a béléscső- és szerszámbeépítési listákat;

— a fúrásához használt öblítőfolyadék mennyiségét, forgalmát és összetételét;

— mélyfúrás-geofizikai, geodéziai stb. méréseket;

— különböző egyéb tevékenységek szakszerűségének ellenőrzését;

— az elvégzett munkákat és a felhasznált anyagok mennyiségét;

— a kútkiképzés folyamatának, a kútfej, kútakna kialakításának dokumentációját;

— a tereprendezés jegyzőkönyveit.

Egyedi technikai problémák megoldása

A fúrások mélyítése során meg kellett oldanunk egyes, lyukban maradt tárgyak kimentését, valamint az omló zónáknak a harántolás utáni kizárását, egyúttal a lehetőségekhez képest minél részletesebb utólagos vizsgálatukat.

Mentés a kutatás során bekövetkezett műszaki balesetek esetén történt, ezek négy jól elkülöníthető csoportba sorolhatók.

Az elsőbe tartoztak az öblítéses magfúrás alatt bekövetkezett HQ-fúrócsövek szakadásai (pl. az Üh–26 fúrásban). A hozzájuk kapcsolódó mentési munka mentőtörrel vagy kúpos HQ-forgatóátmenet segítségével néhány óra alatt sikeresen lezajlott.

A másodikba tartozók a laza fedőréteg száraz magfúrásához kapcsolódtak (pl. az Üh–32D fúrásban). Általában kisebb egységek, főleg keményfémbetűtes koronák vagy azok darabjai maradtak a fúrólyukban. Egy nagyobb átmérőjű szerszámmal felbővítettük a fúrólyukat, majd ráfúrunk a lyuktalpon maradt szerszámdarabra. Ezzel a módszerrel a törmelékkel együtt felszínre hoztuk a mentendő fémdarabot is. Ez a mentési munka már hosszabb volt, de egy műszak alatt mindig befejeződött.

A harmadikba tartozók a laza fedőrétegbe mélyített fúrólyukak száraz bővítésénél jelentkeztek (pl. a M6–7A fúrásban). A bővítés kisebb mélységben, nagy átmérőjű spirálfúróval történt. Több esetben a szerszám megszorulását

szakadás követte. A beszakadt spirálfúró először egy nagyobb átmérőjű, fogazott sarujú béléscsővel öblítés használata mellett körülfúrtuk, majd egy megfelelő mentőhangerő segítségével a cső védelmében kimentettük. Ezután kiépítettük a fogazott sarujú béléscsövet is. Ez a mentési munka egy-két napot vett igénybe.

A negyedik csoportba csak egy eset tartozik. HQ magfúrásnál a szerszám megszorult, és a fúrógép nem tudta kihúzni (az Üh–32D fúrásban). Csak hidraulikus emelővel sikerült a szerszámot kimenteni, ami kétnapos kiesést jelentett.

A fúrólyukakban jelentkező *omló zónák átfúrására* az általunk korábban is használt tamponcementezéses módszerrel — cementtejjel történő lyukfal-stabilizálást — ebben a kutatási fázisban nem alkalmaztuk. A fúrás technikailag nehézséget okozó zónák harántolásához a korábban már említett biopolimer alapú iszapot használtuk. Az omló zónákat a megfelelő szakaszokon hasítékolt technikai rakatok beépítésével kizártuk, és az alattuk és felettük lévő szakaszok vizsgálhatóságát biztosítottuk. A végleges kútszerkezetek kialakítása után a technikai rakatokat az előre meghatározott helyen szétcsavartuk vagy elvagtuk és a vágás fölötti szakaszokat kiépítettük, csak a hasítékolt csődarabok maradtak a fúrólyukakban (4. táblázat).

Technikai rakatok szétcsavarásához a hasítékolt technikai rakatokat a beépítéskor egy könnyenoldóval (nagy menetemelkedésű közdarabbal) láttuk el, ami lehetővé tette a rakat későbbi, meghatározott helyen történő szétcsavarását és az e fölötti szakasz kiépítését. Az Üh–25 fúrásban egyszer, az Üh–29-ben és az Üh–30-ban kétszer csavartunk szét technikai rakatot. Az Üh–25 fúrásban a 114/102 mm-es technikai rakatból a 210,71–228,20 m közötti szakaszt hagytuk a fúrólyukban. Az Üh–29 fúrásban az alsó, 89/78 mm-es technikai rakatból a 200,20–231,30 m közötti szakasz, a felső, 140/125 mm-es technikai rakatból a 77,81–96,97 m közötti szakasz maradt a fúrólyukban. Az Üh–30 fúrásban az alsó, 89/78 mm-es technikai rakatból a 207,35–240,00 m közötti, a felső, 132/124 mm-es technikai rakatból a 49,96–82,00 m közötti volt a lyukban maradó szakasz.

Csővágásokat a fentivel azonos céllal akkor végeztünk, ha a technikai rakatok szétcsavarása a könnyenoldónál valamilyen ok miatt nem sikerült. Ilyen csővágás az Üh–26 és Üh–30 fúrásban egyszer-egyszer, az Üh–28 és Üh–36 fúrásban kétszer-kétszer történt. Az Üh–26 fúrásban a 114/100 mm-es technikai rakatból a csővágás után a 207,83–268,95 m közötti szakasz maradt vissza. Az Üh–28 fúrásban az alsó, 114/102 mm-es technikai rakatból a 227,48–251,48 m közötti szakasz, a felső, 140/125 mm-es technikai rakatból a 137,01–146,01 m közötti szakasz maradt meg. Az Üh–30 fúrásban a középső, 114/100 mm-es technikai rakatból a csővágás után a 140,00–182,58 m közötti szakasz maradt. Az Üh–36 fúrásban az alsó, 89/78 mm-es technikai rakatból a 220,95–241,19 m közötti szakaszt, a felső, 114/98 mm-esből a 79,33–88,33 m közötti szakaszt hagytuk a fúrólyukban.

Utólagosan beépített betétcsöveket (speciális módon rögzített hasítékolt béléscsöveket) a lyukszerkezet végleges kialakításakor az omlékony szakaszok utólagos kizárására alkalmaztunk, az alábbi két változatban:

4. táblázat. A fúrások kúttá való kiépítése

A fúrás jele	Csőátmérő (mm)	Hasítékolt csőhossz (m)	Kizárt szakasz m-től m-ig	Felvégezett művelet
Üh-25	114/102	17,49	210,71–228,20	szétszavará
Üh-26	114/100	61,12	207,83–268,95	csővágás
		8,36	180,54–188,90	beakasztás
	89/78	25,51	297,05–322,56	beakasztás
Üh-28	114/102	24,00	227,48–251,48	csővágás
	140/125	9,00	137,01–146,01	csővágás
Üh-29	89/78	31,10	200,20–231,30	szétszavará
	140/125	19,16	77,81–96,97	szétszavará
Üh-30	89/78	12,55	178,93–191,48	rugós rögzítés
		32,65	207,35–240,00	szétszavará
	132/124	32,04	49,96–82,00	szétszavará
Üh-36	114/100	42,58	140,00–182,58	csővágás
	89/78	20,24	220,95–241,19	csővágás
	114/98	9,00	79,33–88,33	csővágás

— Az Üh-30 fúrásban rugós központosítóval rögzítettük a hasítékolt bélésű csövet. Erre azért volt szükség, mert a 114/100 mm-es hasítékolt technikai rakat beépítés közben 182,58 m-ben megszorult, és így a kizárandó szakaszból közel 9 m nyitva maradt. Ezért a 178,93–191,48 m közötti szakaszba egy 12,55 m hosszú, 89/78 mm-es, hasítékolt bélésű csődarabot építettünk be. A központosító a lyukfalnak feszülve a megfelelő helyen rögzítette a bélésű csövet a 96 mm-es átmérőjű fúrólukban, a két cső közötti átfedés pedig biztosította a fúróluk átjárhatóságát.

— Az Üh-26 fúrásban egy teljesen új bélésű cső-beakasztásos technológiát alkalmaztunk. Ennek lényege, hogy egy speciális oldalmaró szerszámmal a fúróluk palástjába kb. 10 cm széles, néhány mm mély bemarást készítettünk. A beépítendő hasítékolt bélésű cső végére egy háromcsapos, feszítőgyűrűs kapcsolót helyeztünk. A beépítő fej a bemart szakasznál a feszítőgyűrűvel a bemarásba nyomta a csapokat. Ezután a beépítő fejet oldottuk és kiépítettük (az így elhelyezett bélésű cső megfelelő célszámmal szükség esetén a későbbiekben kiépíthető). A fúróluk alsó, 96 mm átmérőjű szakaszában, 297,05–322,56 m közé egy 25,51 m hosszú, 89/78 mm-es hasítékolt bélésű csődarabot építettünk be, a felső, 146 mm átmérőjű szakaszban, 180,54–188,90 m közé egy 8,36 m hosszú, 114/100 mm-es hasítékolt bélésű csődarabot építettünk be.

A gyakorlatban ez a technológia jól működött. Viszont nem alkalmazható biztonságosan, ha a beépítés után más fúrószerszámot kell, pl. lyuktisztítás miatt beépíteni. A rázkódás, a szerszámforgatással együtt járó, lyukfalat érő ütés, kimozdíthatja helyzetéből. Ez ebben a fúrásban is bekövetkezett, szerencsére a mérések elvégezhetőek voltak, és a multipakkeres észlelőrendszert is sikerült a tervezett módon beépíteni.

A fúrások vizsgálata

A fúrásokban végzett vizsgálatokról vizsgálati típusonként a jelen kötetben külön tematikus cikkek számolnak be.

Itt csak megemlíjük az alkalmazott legfontosabb vizsgálatokat.

A fúrásokban a mélyítés közben mélyfúrás-geofizikai méréseket, egyedi kútvizsgálatot és vízmintavételt végeztünk. A fúrások befejezése után nyomjelzéses egymásrahatás- és interferenciás kútvizsgálat, utólagos geofizikai mérések, fúrások közötti szeizmikus mérések történtek. A fúrómagokon földtani és tektonikai magdokumentációt, magszkennelést és részben geotechnikai dokumentálást végeztünk.

Mélyfúrás-geofizikai méréseket és kútvizsgálati gyorseszteket a fúrási tevékenység valamilyen ok miatti megszakadásakor (az akkor nyitva álló szakaszokon), valamint a lyuk befejezésekor végeztünk. A Geo-Log Kft. által végzett mélyfúrás-geofizikai mérések közül a komplex mérések a lyukak egész hosszában, az akusztikus lyukfal-televíziós mérések az alaphegységi szakaszokon, a hőimpulzusos áramlás (HPF)-mérések a függőleges fúrások alaphegységi szakaszain történtek (SZONGOTH et al. 2004). A Golder által végzett kútvizsgálatok közül a mélyfúrásokban és a csoportfúrásokban gyorsesztek, továbbá a gyorsesztek és a HPF-mérések által kiválasztott szakaszokon hosszú idejű tesztek és vízmintavétel zajlottak (BALLA, MOLNÁR 2004), a talajvíz-megfigyelő sekélyfúrásokban nyeletéses tesztek és vízmintavétel történtek.

A fúrások befejezése után a telephelyi mélyfúrásokban lyukközi többpakkeres interferenciás kútvizsgálatok három különböző jeladó kúttal (Üh-5, Üh-2, Üh-27), a csoportfúrásokban fúrások csoportonként nyomjelzéses anyagáramlás-vizsgálatok (Üh-31, Üh-32 és M6-7 kútcsoport) történtek (BALLA, MOLNÁR 2004).

Az utólagos lyukgeofizikai mérések közül fúrólukokban az ELGI szeizmikus (PSQ/PQ) méréseket és lyukbeli radarméréseket végeztünk. A fúrólukok közötti mérések közül a sebességtomográfia, valamint az abszorpciós tomográfia emelhető ki (TÖRÖS et al. 2004).

A fúrómagokon a műszaki ellenőrzés helyszíni töredettségvizsgálatokat (RQD- és Kiruna-mérések), a magfeldolgozás során a MÁFI a teljes magfúrásos szakaszokon részletes földtani dokumentációt, az alaphegységi szaka-

szokon tektonikai dokumentálást, a nem teljesen zúzott szakaszokon magzkennelést végzett (GYALOG et al. 2004). Egyes fúrások kijelölt szakaszain a Mecsekérc Rt. szakemberei külön geotechnikai dokumentálást végeztek. A vizsgálatok után a 23 kúttá kiképzett fúrásban a MÁFI rendszeres vízföldtani méréseket kezdett a hosszú távú monitoring keretében (ROTÁRNÉ et al. 2004).

Összefoglalás

A 2002–2003. évi felszíni földtani kutatás során 23 fúrás mélyült. Mélyítésük több, különböző cél elérése érdekében történt (az Üh–2 fúrással korábban feltárt töréses öv helyzetének pontosítása, a telephely bővítése, a dombtetőn mélyült fúrások talajvízszintjeinek megfigyelése, a völgyek alatti térrészek kutatása, a gránit transzportparamétereinek meghatározása).

Az Üh–2 fúrás töréses övét két, a töréses öv várható dőlésével ellentett dőlésű ferdefúrással (Üh–25 és Üh–36) kutattuk meg. Mindkét fúrás harántolta a töréses övet, ezáltal igazolta azt és pontosította helyzetét. A telephely bővítésére mélyült fúrások (Üh–26, Üh–27, Üh–28) először 3 irányban adtak megnagyobbított területről adatokat, a legígéretesebb (a kőzetmechanikailag jobb monzonitos kőzetcsoportot harántolt) Üh–27 fúrástól É-ra a terület további kiterjesztése céljából mélyült az Üh–37 fúrás. A 6 dombtetői helyzetben mélyült fúrásból 4 mellett külön talajvíz-megfigyelő fúrás is mélyült

(Üh–25A, Üh–26A, Üh–28A, Üh–36A). A völgyek alatti térrészek kutatására két fúrást (Üh–29 és Üh–30) mélyítettünk a feláramlási zónában, völgytalpához közeli helyzetben. A transzportparaméterek meghatározására völgyekben 3 fúrascsoportot mélyítettünk, csoportonként egy központi és 2–3 mellékfúrással (Üh–31A–C, Üh–32A–D, Mó–7A–D).

A 3298,72 m fúrásból 424,70 m teljes szelvényvel, 451,74 m száraz, 2422,28 m öblítéses magfúrással mélyült. Ebből 533,0 m negyedidőszaki fedőüledéket, 2765,7 m alaphegységi kőzetet (gránitot) harántolt. A magfúrásokat a fedőüledékben hagyományos technológiával, szimplafalú magcsővel, keményfémbetűtes koronával, a kemény gránittestben hagyományos vagy gyorsmagszedős (wireline), duplafalú gyémántfúrási technológiával mélyítettük. A magkihozatal a 90%-ot minden esetben, a 95%-ot a fúrások többségében meghaladta.

A fúrások kivitelezését műszaki ellenőrzés segítette, a fúrásoknál történt valamennyi esemény rögzítésével. A műszaki ellenőr minden fúrási tevékenységgel járó munka esetén a fúrási vállalkozó 24 órás munkarendjéhez alkalmazkodva folyamatosan a helyszínen tartózkodott. A fúrások mélyítése során meg kellett oldanunk egyes, lyukban maradt tárgyak kimentését, valamint az omló zónáknak a harántolás utáni kizárását, egyúttal a lehetőségekhez képest minél részletesebb utólagos vizsgálatukat.

A fúrásokban részben mélyítésük során, részben befejezésük után, valamint a fúrómagokon sokrétű geofizikai, vízföldtani és földtani-tektonikai vizsgálat történt.

