

Concept of low- and intermediate-level radioactive waste disposal at Bábaapáti (Üveghuta) Site

KÁROLY BÉRCI¹, GYULA GRESCHIK², JÓZSEF MESTER³, JÓZSEF MUHEL³, TAMÁS TAKÁCS¹ and JÓZSEF VERBÓCI³

¹ ETV-Erőterv, Energetical Design and Enterprise Co. Ltd., H-1094 Budapest, Angyal u. 1-3.

² GRG Engineering Office Ltd., H-1126 Budapest, Orbánhegyi út 13.

³ Calamites Engineering, Business and Consulting Ltd., H-7634 Pécs, Rácvárosi út 29/A.

Keywords: construction, Hungary, low-level waste, Mórág Block, radioactive waste, solid waste, South-eastern Transdanubia, storage, underground disposal, waste disposal, waste disposal sites

Abstract

With respect to the disposal of radioactive waste the key question is: what type of waste to where? Regarding the final disposal of waste, the basic safety criteria can only be formulated in values of dosage or risk level. Within the framework of the National Project the geological exploration of the potential premises marked at Bábaapáti (Üveghuta) was started in 1996 parallel with the conceptual design of the layout and establishment of the repository. This work was undertaken by ETV-Erőterv Co. and further expert institutes were subcontracted to assist in its fulfilment. During the works completed in 2002-2003 various investigations were performed in order to prepare the ground-based geological exploration and the preliminary environmental impact study.

Framework of the concept

The final disposal of radioactive waste is the subject of debates, investigations, scientific evaluations and other developments among both domestic and international expert opinion. There is accordance among many experts and within international organisations that the protection of human health and the environment — by providing parallel safety conditions for sustainable development — can be achieved. This statement is not necessarily accepted by a wider circle of expert opinion due to the perceived lack of general knowledge, different interests and different scales of value. The views of the latter are on doubts. In this medium a consequent and effective preparation for decision-making and activity can only be established if, based on international experiences and expectations, a coherent approach is represented by the relevant authorities and respective parties not only in quality principles, but in basic qualitative limits and methodology questions as well.

The key question with respect to the disposal of radioactive waste is “what type of waste to where?” In Hungary questions related to the categorisation of waste regarding the temporary and final disposal of radioactive waste (as well as radiation health-related questions of naturally occurring ra-

dioactive materials concentrated during industrial activities) are regulated by the Decree 47/2003 ESZCSM of the Ministry of Health, Social and Family Affairs. The latter was published among the executive decrees of Law CXVI of 1996 on Atomic Energy and it is in accordance with the classification of the safety guidelines of the International Atomic Energy Agency (IAEA 1994).

According to the IAEA guidelines the disposal of wastes with sub-limit exemption characteristics can be realised at communal or industrial waste disposal sites for short lifetime wastes of low- and intermediate-level radioactivity. Such wastes should be disposed at surface or subsurface sites, while high-level activity wastes and long lifetime wastes of low- and intermediate-level radioactivity should be placed in an underground repository.

According to the classification based on lifetime, the term “short lifetime component” means that its half-life, rounded to a total value, is 30 years or less. In the case of high-level radioactive waste the value of heat development originating from radioactive decay is higher than 2 kW/m³.

The basic safety criterion during the final disposal of radioactive wastes can be formulated only on the basis of dosage or risk values. By taking into account international guidelines and experiences with regard to normal emissions

from waste disposal the additional exposure dose of the real or hypothetical critical group should not exceed the value of 0.1 mSv/year. This limit relates to both operational and after-sealed phases.

The waste disposal system consists of the following three components, jointly used for isolation purposes:

- the waste (packaging),
- the environment established by human beings for the disposal of waste packages (space filling, water drainage, sealing),
- the geological environment which, along with the possible path of propagation of active isotopes, increases the time until the human environment is reached.

According to IAEA (1996) instructions together the three components should provide the required level of isolation. Therefore the inappropriate effect of one component can be compensated by the consolidation of other components.

Storage concept

Within the framework of the National Project the geological exploration of the potential site marked at Bábaapáti (Üveghuta) was started in 1996 parallel with the conceptual design of layout and establishment of the waste disposal repository. This work was undertaken by ETV–Erőterv Co. and subcontracted to further expert institutes. The base capacity was calculated as follows: 30 years of operation at the nuclear power plant during which 20,000 m³ of operational and 20,000 m³ of decommissioning waste would be generated, conditioned and disposed of properly. The concept for establishing a subsurface storage was first negotiated in 1996 (Calamites 1996).

Based on geological knowledge at that time experts suggested a granodiorite host rock which was regarded as homogeneous both from rock-mechanical and hydrological viewpoints. Such rock could be found east of Üveghuta below 60 m thick loess and 10 m thick disintegrated granite. They covered a hillside that was higher than 200 m.

The conceptual plan was made on the basis of information mentioned in special literature (SKB 1994; TVO 1992) for the subsurface final disposal sites made in granitoid rocks for low- and intermediate-level radioactive waste established in Forsmark (Sweden) and Olkiluoto (Finland). Further information was gathered during visits to the sites in Sweden and Finland.

The basic design of the horizontal expansion was found to be 300×600 m. MÁFI (Geological Institute of Hungary) designed and performed the site exploration by taking all the available details into account, and also marked the preferred site (Figure 1).

Parallel to continued geological explorations, the comparative investigation was also performed (Calamites 1998; ETV–Erőterv 1999) for the horizontal and vertical alternatives of the subsurface repository. In order to judge the feasibility of the preferred site the geological explo-

rations supervised by MÁFI were completed in summer 1998. The data and findings can be found in the report by BALLA et al. (1998).

The conditioned waste was to be stored in barrels coming from the four blocks of the Paks Nuclear Power Plant Co. According to the existing concept, these were to be placed into reinforced concrete containers in order to maintain recovery and transportability. The waste packages, making up a gross volume of 7.85 m³, were to be transported to the subsurface repository disposed so that visual and instrumental monitoring would be possible until the starts of final sealing (Figures 2 and 3).

MÁFI proposed in the final report that detailed geological site characterisation work should start at the Üveghuta research area. This work would be the basis for licensing and implementation. Exploration results were discussed in competent professional forums and by a wide range of experts. In May 1999 the Hungarian Atomic Energy Authority (OAH) requested the Vienna headquarters of the IAEA to organise international expert supervision of the exploration related to the selection and feasibility of low- and intermediate-level radioactive waste repository sites in Hungary. This was to take place within the framework of the Waste Management Assessment and Technical Review (WATRP) of the Agency.

Based on the examination of documents and professional consultation with Hungarian experts, consultants of high international standing were called upon by the IAEA. Beside discussions on various other topics they made the following statements concerning the concept of establishing the storage (WATRP 2000):

“The Üveghuta site appears potentially suitable for development of a safe repository disposal of low- and intermediate-level operational and decommissioning wastes from nuclear power generation”.

On the basis of the available information related to the geological condition of the site the work-group proposed the following for the potential rock mass at Üveghuta:

- use of the “design as you go” approach, and adjustment of the design of the final storage to geological conditions,
- preference to be given to “small tunnel excavation” as opposed to driving bigger silos, furthermore
- consideration of the selection of different section sizes for different zones of the facility, and adaptation to different types of waste.

Based on WATRP recommendations (WATRP 2000), the expert opinion of the South Transdanubian Regional Office of the Hungarian Geological Survey (MGSZ 1999) and the MÁFI report (BALLA 2000), Erőterv prepared a preliminary safety evaluation in 2000 (BÉRCI, TAKÁCS 2000) substantiating the explorations to be performed in 2002–2005.

Subsequent to ground-based geological explorations completed in 2003 (BALLA et al. 2003) the actualisation of layout plans of the storage became necessary; this was carried out by taking into account the geological knowledge recorded in the final report of the exploration.

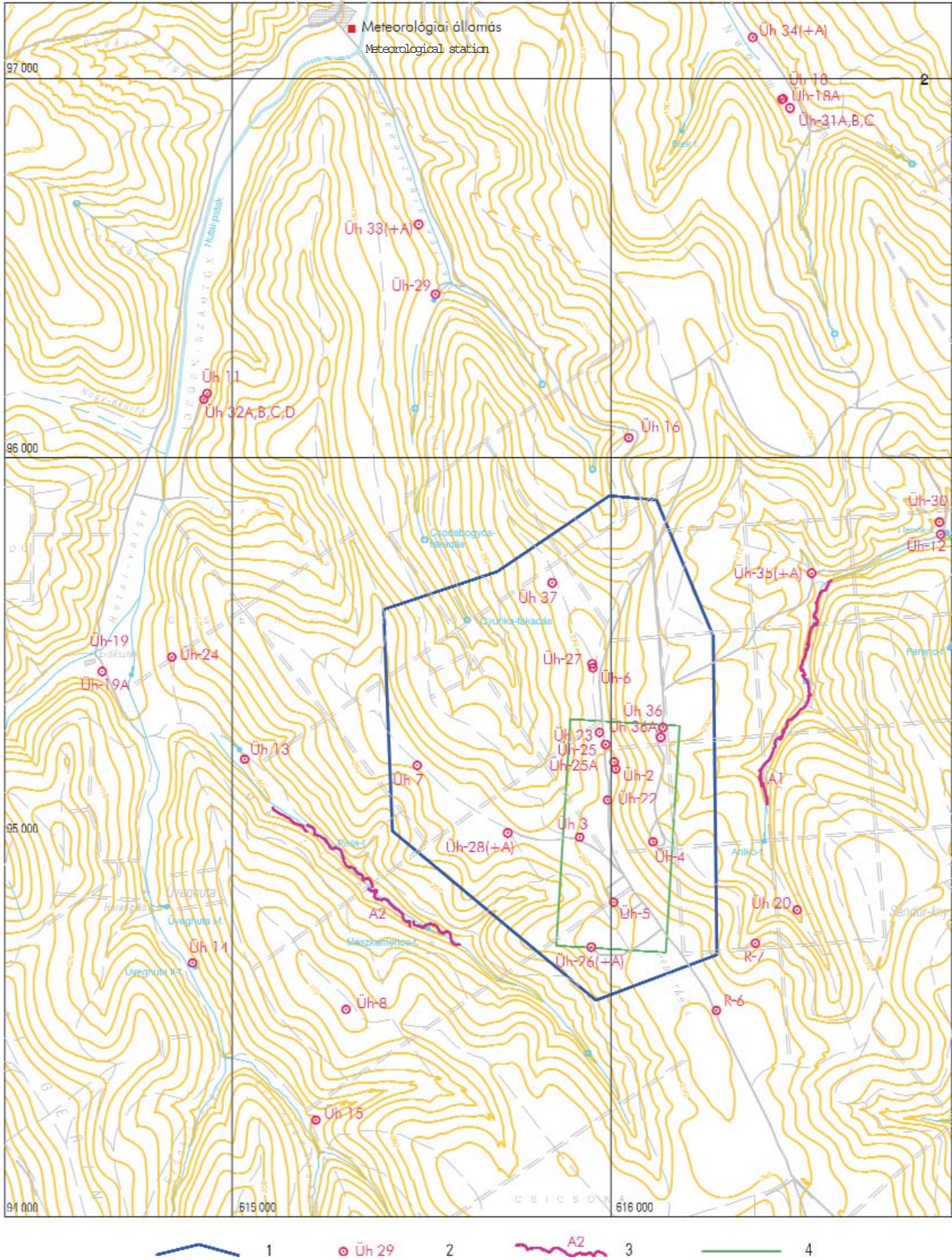


Figure 1. Outlines of the Bátapáti (Üveghuta) Site in 1997 and 2003

1 – final site marked in 2003, 2 – exploratory borehole and its code, 3 – exploratory trench and its code, 4 – preliminary site marked in 1997

1. ábra. A Bátapáti (Üveghutai)-telephely 1997. és 2003. évi körvonala

1 – a 2003-ban kijelölt végleges telephely, 2 – kutatófúrás jele, 3 – kutatóárok és jele, 4 – az 1997-ben kijelölt előzetes telephely

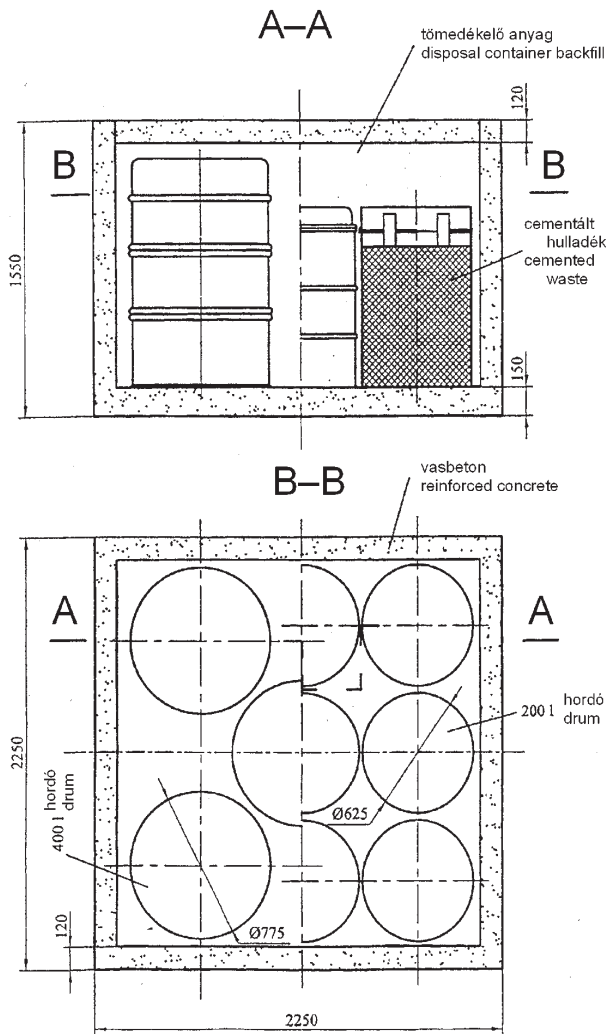


Figure 2. Layout of the disposal container
2. ábra. Elhelyezési konténer vázlata

Methodological instructions of the IAEA (2002) include various recommendations regarding the establishment of underground repositories and these were taken into account during the compilation of this plan alongside Finnish expert opinions and practical experiences.

System elements

The system elements are the followings: size of the repository area, placement applicability of the storage area, optimisation and access capability of the location of the repository area.

Size of the repository area

The “dimensioning base” refers to the expected cumulated average waste volume to be conditioned in barrels over a period of 30 years. The distribution of these can be seen in Table 1.

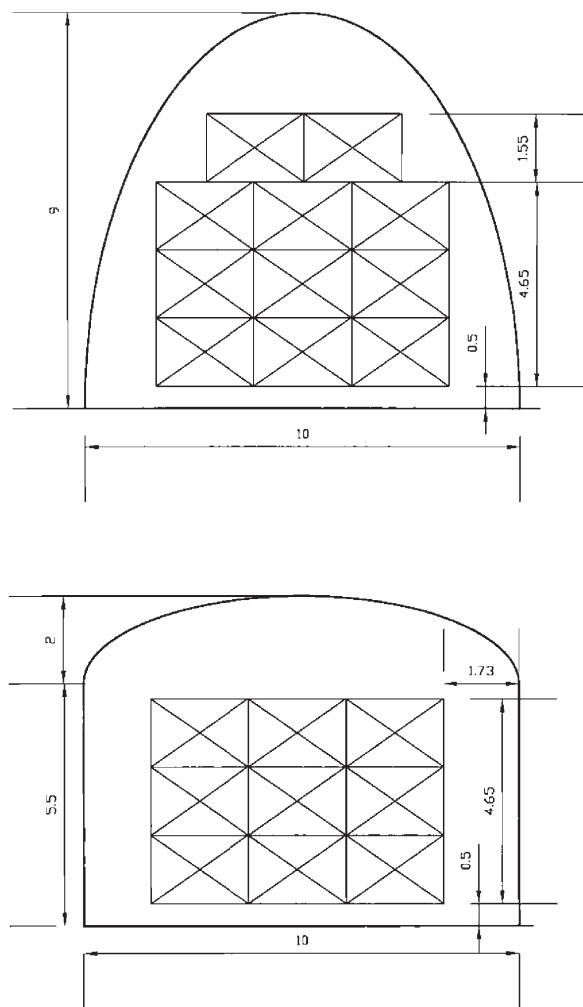


Figure 3. Section showing bunkers in appropriate for reclaimable storage

3. ábra. Tárolókamrák szelvénye visszanyerhető tárolás esetére

At present the storage of waste types is performed by 200 and 400 litre barrels with surface protection. The disposal container shown in Figure 2 can store 9×200 or 5×400 litre barrels. According to the layout shown in Figure 3, the proposed semi-elliptic profile (with a 10 m base width and 9 m height — approximately 72 m²), or the profile rounded by an ellipse on the top with straight walls (7.5 m height — approximately 69 m²) can store 11 or 9 containers loaded onto each other for a length of 2.3 m.

The total calculated active material stock, disposed with full (containerised) recovery, would need an active chamber length of 2000 m. The layout of the storing area was worked out for this alternative (as shown in Figures 4 and 5) which uses bunkers with one or two exits. Another method for the selective placement of short lifetime and low-radiation waste barrels is to load them directly onto pallets or into bunkers with partial filling. In this case the respective lengths of the active chamber requirement are 1635 m.

In bunkers with a single exit the air through ventilation is not ensured and therefore the ventilation of the bunkers

Table 1. The distribution of the expected cumulated average waste volume between package types

Placement applicability		Directly to barrels	In container	Separate container
1	200 liter barrel			
	Solid mixed waste	2,400 m ³	1 680	720
	Cemented ion exchange resin	75 m ³		75
2	400 liter barrel			
	Cemented evaporation residue	13,846 m ³	3 462	10 384
	Cemented other liquid waste	1,978 m ³	495	1 483
Total operational waste		18,299 m ³	5 637	12 587

Based on the investigation of the active material stock as at 30/06/2003 by ETV-Erőterv (BÉRCI, TAKÁCS 2003).

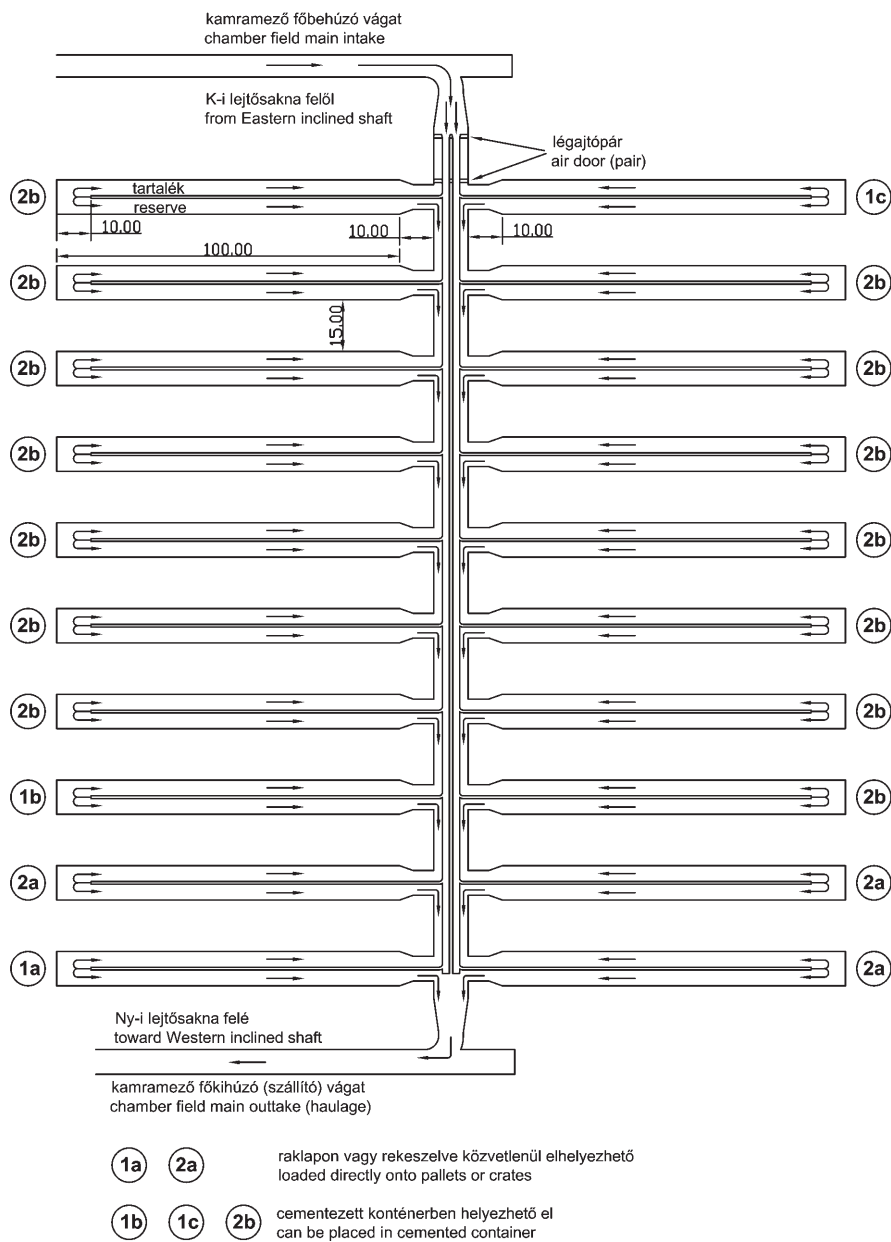


Figure 4. Layout of repository area for bunkers with a single exit
 4. ábra. Tárolóterség kialakítása egykijáratú tárolókamrák esetén

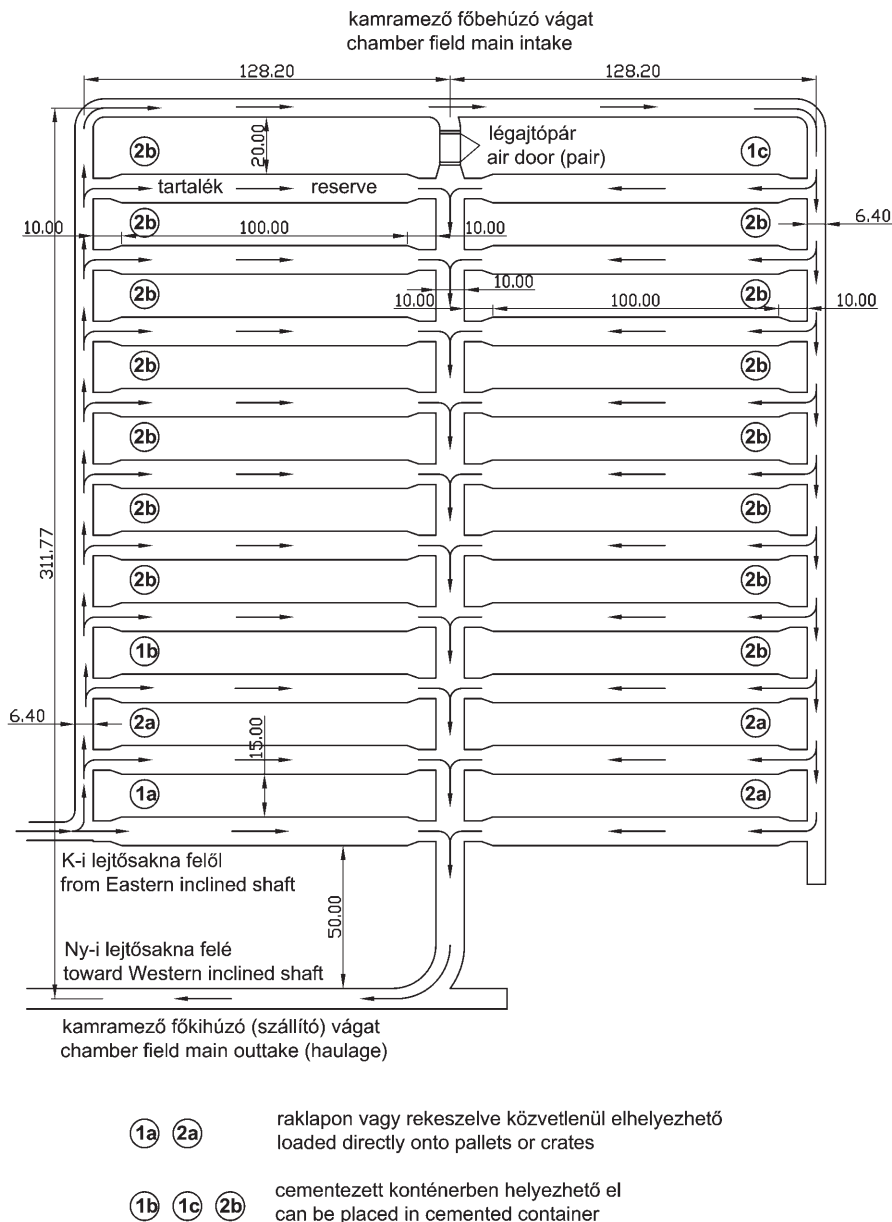


Figure 5. Layout of repository area for bunkers with more than one exit

5. ábra. Tárolótérség kialakítása kétkijáratú tárolókamrák esetén

requires an air tunnel system (Figure 4). Conversely, bunkers with more than one exit require intake airways with fresh air on both sides and need to have the same length as that of the main entry. They are constructed by mining methods (Figure 5). The applicable model can be selected during the design of the working plan if the result of a detailed safety and economy investigation is available.

Selectively, packaged wastes do not always fill bunkers in natural number (e.g. Figure 4, 1c). A fragment space requirement thus occurs and therefore it is necessary to calculate with a reserve bunker area. Given the above, the horizontal size of the storage can be characterised — in the case of one-level placement — as having an area of 260×280 m.

Placement applicability of the storage area

The storage concept was adjusted in June 2002 by the results of ground-based exploration achieved up until that time. These laid emphasis on the approach alternatives of the subsurface area (BÉRCI 2002). Subsequent to a decision concluded with the ETV–Erőterv a draft preliminary environmental impact study (PEIS) was needed. In order to accomplish this, and as a base for design, the geological, tunnel drifting and cavity development experts and experts on the safety evaluation of waste repositories, marked the additional area to be attached to the original site (1997) in a

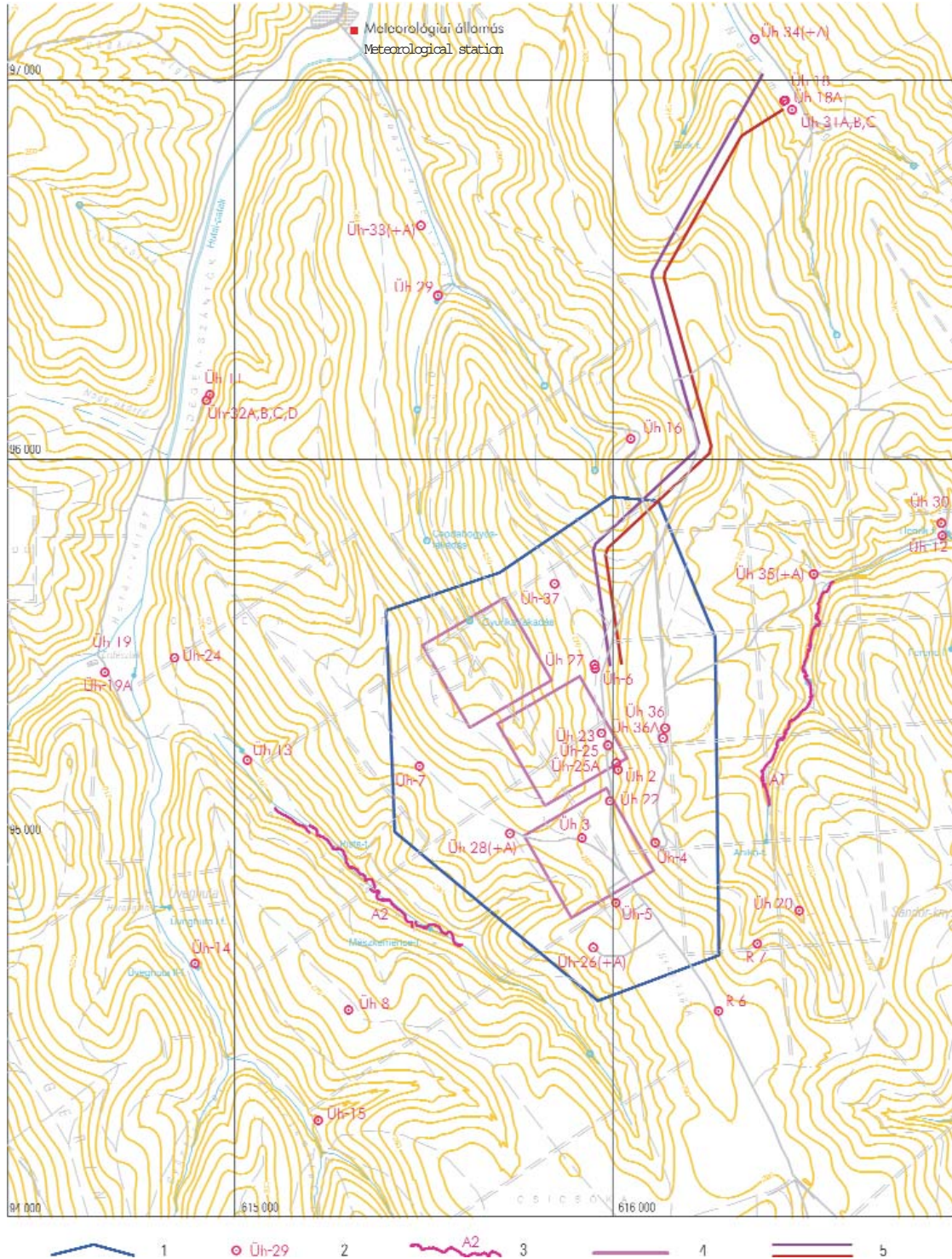


Figure 6. Potential repository areas and development tunnels at the Bataapati (Üveghuta) Site

1 – Outline of the site during the ground-based exploration in 2002–2003, 2 – exploratory borehole, 3 – exploratory trench, 4 – outline of a potential storage areas, 5 – track of the planned inclines

6. ábra. A lehetséges tárolóterek és a feltáró vágatok a Bataapati (Üveghutai)-telephelyen

1 – a telephely körvonala a 2002–2003. évi felszíni kutatás nyomán, 2 – kutatófúrás, 3 – kutatóárok, 4 – lehetséges tárolóterek körvonala, 5 – a tervezett lejtáknák nyomvonala

NW direction. This has a joint basic area of 0.87 km², and has as an irregular octagon shape with a level between ±0 and +65 m (Figure 6). Within the total area of the facility that is suitable from geological viewpoints, sections

around the 0 m level of Boreholes Üh-3, Üh-22, Üh-2, Üh-23, Üh-27 and Üh-37 may be used as a basis for marking the rock volume capable of being used for establishing a repository. Around the 0 m level the data from Boreholes

Üh-3 and Üh-22 seem to be merged (hereinafter: Southern Object); this also appears to be the case with the data from Boreholes Üh-2 and Üh-23 (hereinafter: Middle Object); from Boreholes Üh-27 and Üh-37 (hereinafter: Northern Object).

The summary of the results of the geological explorations performed the MÁFI are contained in the final report (BALLA et al. 2003). This states that the general geological and hydrogeological conditions of the Bábaapáti (Üveghuta) Site are unequivocally favourable for the final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste. With the emphasis of the conclusion the final report was approved by the Transdanubian Hungarian Office of the Hungarian Geological Survey.

In order to determine the size of the repository chambers (*i.e.* tunnel profile, pillar size) the available rock-physical and rock-mechanical parameters were investigated. On the basis of calculations relating of the rock-mechanical structure and the processing of RQD values, a conclusion was made that the information available at present is not sufficient to decide about the three potential objects.

From the rock-mechanical viewpoint the Northern Object seems to be the best, furthermore, it would require the shortest access road — which is a very important cost parameter. At the same time, from a hydrogeologic viewpoint this object is not as favourable as the other two. Therefore the location and access (development) of the repository area were also investigated according to the geometrical layout shown on Figures 4 and 5 (Calamites 2003).

The optimisation and access capability of the location of the repository area

By examining the access (exploration) capability of the planned repositories a conclusion was reached that, beside the given landscape and environmental restrictions and requirements, there is no more favourable alternative than a double incline. Consequently, the coordinates of the mouth of the inclines were fixed according to this judgment. During the planning of the alignment of the incline it was attempted to achieve any zone of the Northern Object by a flexible turn and without any drift loss. One conventional design for locating the repository areas can be seen in Figure 6, while the development of the suitable repository through the exploration incline can be seen in Figures 8 and 9. The closed section (inverted) layout and support for the first 100 m of the incline is justified by the expected fracture of the subsurface layers and the overall support of the packing conditions of the tunnel casing. The length of the section can be shortened in accordance with the knowledge acquired about the actual rock conditions (Figure 7). This type of section

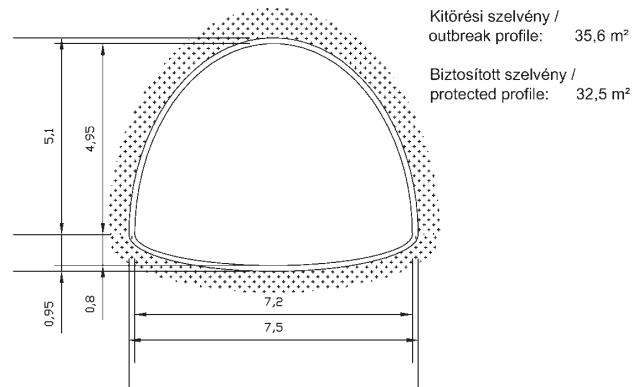


Figure 7. Section of the first 100 m of the haulage (Western) incline
7. ábra. A szállító (Ny-i) lejtősakna első 100 mének szelvénye

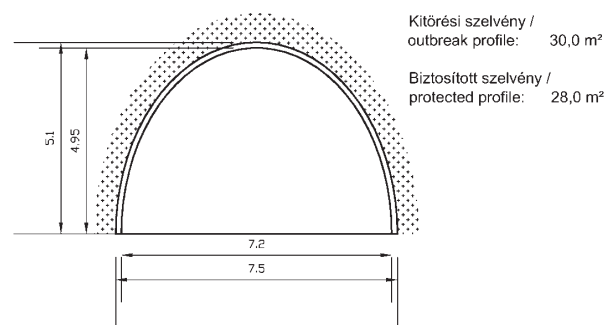


Figure 8. Section showing deeper sectors of the haulage (Western) incline

8. ábra. A szállító (Ny-i) lejtősakna mélyebb szakaszainak szelvénye

can also be used at deeper levels when intersecting broken zones, while for homogeneous rock conditions the open section without an inversion can provide satisfactory safety (Figure 8). During the finalisation of the profile of the incline the requirements related to functionality and stability have to be taken into account.

Summary

After consideration of the recommendations of the WATRP group (WATRP 2000) and the Preliminary safety assessment (BÉRCI, TAKÁCS 2000) based on the expert opinion of the Transdanubian Hungarian Regional Office of the Hungarian Geological Survey (MGSZ 1999), the continuation of the exploration of the proposed premises is now an actuality. Furthermore, the interactive preparation of the integrated safety assessment and the initiation of conditions for the environmental licensing are in the process of compilation. The actualisation of the disposal concept for low- and intermediate-level radioactive waste has the same objective.

References — Irodalom

- BALLA Z. 2000: Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése. Az üveghutai telephely. Földtani összefoglalás biztonsági értékeléshez (in Hungarian: Final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from the nuclear power plant. Geological summary for the safety assessment). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- 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, Bataapati (Üveghuta), 2002–2003 [in Hungarian: Programme for final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from the nuclear power plant. Final report of the geological exploration from the ground surface, Bataapati (Üveghuta), 2002–2003]. – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- BALLA Z., CHIKÁN G., DUDKO A., GYALOG L., HORVÁTH I., KÓKAI A., KOLOSZÁR L., MAROS GY., MARS I., PÁLFI É., PALOTÁS K., RÁLISCH-FELGENHAUER E., ROTÁR-SZALKAI Á., TÓTH GY., VETŐ I., MOLNÁR P., TUNGLI GY., BUDA GY., DITRÓI-PUSKÁS Z., MEZŐ GY., SZILÁGYI G., 1998: Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése. Telephelykutatás és alkalmassági vizsgálat zárójelentése, Üveghuta 1997–1998 (in Hungarian: Final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from the nuclear power plant. Final report of the site exploration and suitability assessment, Üveghuta, 1997–1998). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- BÉRCI K. 2002: Előzetes környezeti hatástanulmány (EKHT) előkészítése. A felszín alatti tárolóterület megközelítési változatainak vázlatlattervei (in Hungarian: Preparation of the Preliminary Environmental Impact Study; preliminary study of access alternatives of the subsurface storage area). – *Manuscript*, ETV-Erőterv Co., Budapest.
- BÉRCI K., TAKÁCS T. 2000: Előzetes biztonsági értékelés. (in Hungarian: Preliminary safety assessment). – *Manuscript*, ETV-Erőterv Co., Budapest.
- BÉRCI K., TAKÁCS T. 2003: Összegző biztonsági értékelés előkészítése. A várható hulladékmennyiségek és az aktivitáskészlet felülvizsgálata (in Hungarian: Preparation of safety evaluation summary. Review of expected waste volume and active material stock). – *Manuscript*, ETV-Erőterv Co., Budapest.
- Calamites 1996: Bányászati módszerekkel megvalósítandó hulladékéltelhelyezési létesítmény Üveghután (in Hungarian: Waste disposal facility established by mining methods). – *Manuscript*, ETV-Erőterv Co., Budapest.
- Calamites 1998: Az üveghutai felszín alatti tároló preferált telephelye létesítésének összehasonlító vizsgálata (in Hungarian: Comparative investigation of a preferred site for the establishment of an underground repository at Üveghuta). – *Manuscript*, ETV-Erőterv Co., Budapest.
- Calamites 2003: A felszín alatti tárolóterület vázlatlattervei a felszíni kutatás eredményeinek ismeretében (in Hungarian: Draft plan for an underground repository area on the basis of results of the ground-based exploration). – *Manuscript*, ETV-Erőterv Co. Budapest.
- ETV-Erőterv 1999: Paksi atomerőmű kis- és közepes aktivitású radioaktív hulladékai végleges elhelyezésére szolgáló felszín alatti tároló horizontális és vertikális elrendezés változatainak összehasonlító vizsgálata (in Hungarian: Comparative investigation into alternatives for horizontal and vertical arrangements of the underground repository for the final disposal of low- and intermediate-level radioactive waste from the Paks nuclear power station). – *Manuscript*, ETV-Erőterv Co., Budapest.
- IAEA 1994: Classification of radioactive waste. – *Safety Series No. 111-G-1.1*, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA 1996: The principles of radioactive waste management. – *Safety Series No. 111-F*, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- IAEA 2002: Scientific and technical basis for the near surface disposal of low- and intermediate-level waste. – *Technical Reports Series No. 412* International Atomic Energy Agency, Vienna.
- MGSZ 1999: Magyar Geológiai Szolgálat Dél-dunántúli Területi Hivatala. Szakvélemény a „Kis és közepes radioaktivitású erőművi hulladékok végleges elhelyezése, Telephelykutatás és alkalmassági vizsgálat zárójelentése, Üveghuta, 1997–1998” c. dokumentációról (in Hungarian: Hungarian Geological Survey, South Transdanubian Regional Office. Expert opinion on the documentation: “Final disposal of low- and intermediate radioactive nuclear power plant waste. Final report of premises and feasibility investigation, Üveghuta, 1997–1998”). – *Manuscript*, Geological Institute of Hungary, Budapest.
- SKB 1994: *Final repository for radioactive operational waste*. – *Manuscript*, SKB (Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.), Forsmark; ETV-Erőterv Co., Budapest.
- TVO 1992: Final repository for low- and intermediate-level waste. – *Manuscript*, TVO (Teollisuuden Voima Oy), Olkiluoto; ETV-Erőterv Co., Budapest.
- WATRP 2000: Report of the WATRP Review Team on the evaluation of the Hungarian Work on Selecting a site for Disposal of Low- and Intermediate-Level Waste). – *Manuscript*, Hungarian Atomic Energy Authority (Országos Atomenergia Hivatal, Budapest).

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezési koncepciója a Bataapáti (Üveghutai)-telephelyen

BÉRCI KÁROLY¹, GRESCHIK GYULA², MESTER JÓZSEF³, MUHEL JÓZSEF³, TAKÁCS TAMÁS¹, VERBÓCI JÓZSEF³

¹ETV–Erőterv, Energetikai Tervező és Vállalkozó Rt., 1094 Budapest, Angyal u. 1–3.

²GRG Mérnöki Iroda Kft., 1126 Budapest, Orbánhegyi út 13.

³Calamites Mérnöki, Üzleti és Tanácsadó Kft., 7634 Pécs, Rácvárosi út 29/A.

Tárgyszavak: Délkelet-Dunántúl, építés, felszín alatti elhelyezés, hulladék-elhelyezés, hulladék-elhelyezési telephely, kis aktivitású hulladék, Magyarország, Mórággyi-rög, radioaktív hulladék, szilárd hulladék, tárolás

Összefoglalás

A radioaktív hulladékok elhelyezésének kulcskérdése a „milyen hulladék hova kerüljön”. A hulladékok végleges elhelyezésekor az alapvető biztonsági kritérium csak dózis- vagy kockázati értékekben fogalmazható meg. A Nemzeti Projekt keretében Bataapáti (Üveghuta) mellett kijelölt potenciális telephely földtani kutatásával párhuzamosan 1996-ban megindult a hulladéktároló elrendezésének és létesítésének koncepcionális tervezése is, amit az ETV–Erőterv Rt. végzett szakértői intézmények bevonásával. A 2002–2003. évi munkák során a felszíni földtani kutatás és az előzetes környezeti hatástanulmány előkészítése érdekében sok vizsgálat történt. Számos elemzés, jelentés, műszaki terv készült, amelyek mind térbelileg, mind módszertanilag megalapozzák a kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezési koncepcióját, a felszín alatti földtani kutatás tervezését.

A koncepció keretei

A radioaktív hulladékok végleges elhelyezése mind a hazai, mind a nemzetközi szakmai közvéleményen belül viták, vizsgálatok és tudományos értékelések, fejlesztések tárgya. A kérdéskörrel foglalkozó szakértők között és nemzetközi szervezeteken belül egyetértés van abban, hogy az emberi egészség és a környezet védelme — a fenntartható fejlődés feltételeinek egyidejű biztosítása mellett — megoldható. Ezt a megállapítást a szélesebb szakmai közvélemény — általános ismerethiány, eltérő érdekek és értékrendi különbözőségek alapján — már nem szükségképpen fogadja el, s állásfoglalásait a kételyekre alapozva alakítja ki. Ebben a közegben következetes és hatékony döntés-előkészítés és tevékenység csak úgy alapozható meg, ha a hatóságok a nemzetközi és hazai tapasztalatokra és elvárásokra építve nemcsak a minőségi alapelvekben, hanem az alapvető mennyiségi korlátokban és a módszertani kérdésekben is koherens álláspontot képviselnek.

A radioaktív hulladékok elhelyezésének kulcskérdése a „milyen hulladék hova kerüljön”. Hazánkban a hulladékkategorizálást a radioaktív hulladékok átmeneti tárolásának és végleges elhelyezésének egyes kérdéseiről, valamint az ipari tevékenységek során bedűsülő, a természetben előforduló radioaktív anyagok sugár-egészségügyi kérdéseiről szóló

47/2003. (VIII. 8.) ESZCSM rendelet szabályozza, amely az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény végrehajtási rendeleteinek egyikeként jelent meg, és amely összhangban van a bécsi székhelyű Nemzetközi Atomenergetikai Ügynökség (NAÜ, International Atomic Energy Agency — IAEA) által 1994-ben kiadott biztonsági útmutató (IAEA 1994) osztályozásával.

E szerint a mentességi korlátok alatti jellemzőkkel rendelkező hulladékok kommunális vagy ipari hulladéklerakókban elhelyezhetők, a kis és közepes aktivitású rövid élettartamú hulladékok felszíni vagy felszín közeli létesítményekbe, a nagy aktivitású hulladékok és a hosszú élettartamú kis és közepes aktivitású hulladékok geológiai tárolókba kell, hogy kerüljenek.

Az élettartam alapján történő minősítés szerint rövid élettartamú az a komponens, amelynek felezési ideje egész értékre kerekítve 30 év vagy ennél kisebb. Nagy aktivitásúnak a radioaktív hulladékot akkor tekintjük, ha a radioaktív bomlásból származó hőfejlesztése 2 kW/m^3 értéknél nagyobb.

A radioaktív hulladékok végleges elhelyezésekor az alapvető biztonsági kritérium csak dózis- vagy kockázati értékekben fogalmazható meg. A nemzetközi ajánlásokat és tapasztalatokat figyelembe véve a hulladék-elhelyezésből eredő normál kibocsátások esetén a valós vagy hipotetikus

kritikus csoport járulékos sugárterhelése a 0,1 mSv/év értéket nem haladhatja meg. Ez a korlát mind az üzemeltetési, mind a lezárást követő fázisokra vonatkozik.

A hulladék-elhelyezési rendszer három, az izolációt létrehozni hivatott komponensből tevődik össze:

- a hulladékból (csomagolás),
- az elhelyezett hulladékcsomagok ember által kialakított környezetéből (térkitöltés, vízvezetés, eltömődékelés),
- a geológiai környezetből, amely a radioaktív izotópok lehetséges terjedési útvonalán az emberi környezetig történő eljutás időtartamát növeli.

A NAÜ-ajánlások (IAEA 1996) szerint a három komponens együttesen kell, hogy biztosítsa a megkívánt mértékű izolációt, így az egyik vagy másik komponens nem kielégítő hatása a többi összetevő megerősítésével kompenzálható.

Tároló-koncepció

A Nemzeti Projekt keretében Bábaapáti (Üveghuta) mellett kijelölt potenciális telephely földtani kutatásával párhuzamosan 1996-ban megindult a hulladéktároló elrendezésének és létesítésének koncepcionális tervezése is, amelyet az ETV–Erőterv Rt. végzett szakértői intézmények bevonásával. Ennek során kiindulási adatként az atomerőműben a 30 éves üzemeltetés alatt keletkező és ott kondicionált 20 000 m³ üzemi és kb. 20 000 m³ leszerelési hulladék befogadására alkalmas kapacitással számoltunk. A felszín alatti tároló kialakítási koncepcióját először 1996-ban (Calamites 1996) tárgyaltuk.

Az akkori geológiai ismeretek alapján az Üveghutától keletre lévő 200 m-nél magasabb dombtetőt takaró, mintegy 60 m vastag lösz és 10 m gránitmurva alatt a szakértők kőzetmechanikai és hidrológiai szempontból homogén granodiorit befogadó kőzetet prognosztizáltak.

A koncepcióterv a svédországi Forsmarkban és a finnországi Olkiluotoban működő, kis és közepes radioaktivitású hulladékok végső elhelyezésére granitoid kőzetekben létesített felszín alatti tárolók kialakítására vonatkozó szakpublikációkból (SKB 1994; TVO 1992) és helyszíni látogatásokból származó információk figyelembevételével készült.

A tárolótér horizontális kiterjedése az alapváltozatban 300×600 méternek adódott. A Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) a telephelykutatást ennek figyelembevételével tervezte, illetve végezte, kijelölve egy preferált telephelyet (1. ábra).

A folytatódó geológiai kutatásokkal párhuzamosan elvégeztük a felszín alatti tároló horizontális és vertikális elrendezési változatainak összehasonlító vizsgálatát (Calamites 1998, ETV–Erőterv 1999). A preferált telephely alkalmasságának megítélése céljából a MÁFI irányításával folyó geológiai vizsgálatok 1998 nyarán befejeződtek, ezek adatait és megállapításait BALLA et al. (1998) munkája tartalmazza.

A Paksi Atomerőmű Rt. négy blokkjának üzemeltetéséből származó, hordókban kondicionált hulladék az akkori elgondolás szerint a végleges tároló külszíni telephelyén a visszanyerhetőség és a kiszállíthatóság fenntartása érdeké-

ben vasbeton konténerbe kerül, s az így kiadódó 7,85 m³ bruttó térfogatú hulladékcsomagok szállítandók a föld alatti tárolótérsgébe, ahol úgy helyezendők el, hogy vizuális és műszeres megfigyelésük a végső tömedékelés megkezdéséig lehetséges legyen (2. és 3. ábra).

Összefoglaló jelentésében a MÁFI javaslatot tett arra, hogy az üveghutai kutatási területen kezdődjenek meg az engedélyezést és létesítést megalapozó részletes geológiai telephely-jellemzési munkák. A kutatási eredményeket az illetékes szakmai fórumok megvitták, és azokat a széles körű szakmai közvélemény is megismerhette. 1999 májusában az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) felkérte a NAÜ bécsi központját, hogy a Hulladékkezelés Értékelési és Technikai Felülvizsgálati Program (Waste Management Assessment and Technical Review — WATRP) keretében szervezze meg a magyarországi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok tárolójának telephely-kiválasztásával és -alkalmasságával kapcsolatos kutatások nemzetközi szakértői felülvizsgálatát.

A NAÜ által felkért nemzetközileg elismert szakértők áttanulmányozták a részükre átadott dokumentumokat, megbeszélést folytattak a magyar szakértőkkel, a magyar hatóságok képviselőivel, és a szakmai konzultáció tapasztalatai alapján a WATRP-csoport — számos egyéb témakör mellett — a tároló kialakításának koncepciójával kapcsolatban a következő megállapításokat tette (WATRP 2000):

— az „Üveghutai terület potenciálisan megfelelőnek látszik a kis és közepes aktivitású, nukleáris energiatermelésből származó üzemviteli és bontási, felszámolási hulladékok biztonságos tárolására, elhelyezésére”.

A telephely földtani állapotára vonatkozó, meglévő információk alapján a munkacsoport azt javasolta, hogy az Üveghutánál várható köztömeggel kapcsolatban:

— alkalmazzák a „tervezz a munkák előrehaladásával párhuzamosan” („design as you go”) megközelítési módot, és a végleges tároló terveit igazítsák a földtani körülményekhez;

— részesítsék előnyben a „kis szelvényű vágatokkal történő kihajtást” (small tunnel excavation) a nagyobb silók kihajtásával szemben; továbbá

— fontolják meg különböző szelvényméretek kiválasztását a létesítmény más-más szakaszára, alkalmazkodva a különböző hulladékáramokhoz.

A WATRP-ajánlások (WATRP 2000), a Magyar Geológiai Szolgálat (MGSZ) Dél-dunántúli Területi Hivatalának (DDTH) szakvéleménye (MGSZ 1999) és a MÁFI jelentése (BALLA 2000) alapján az ETV–Erőterv Rt. 2000-ben előzetes biztonsági értékelést (BÉRCI, TAKÁCS 2000) készített, amely támogatta a 2002–2005-ben végrehajtandó kutatásokat.

A 2003-ban befejezett felszíni földtani kutatások (BALLA et al. 2003) után szükségessé vált a tárolóterület elrendezési vázlatterveinek aktualizálása, a kutatási zárójelentésben rögzített földtani ismeretek figyelembevételével.

A NAÜ 413. direktívájában (IAEA 2002) is számos ajánlást fogalmaz meg a geológiai tárolók kialakításával kapcsolatban, amelyeket a jelen terv készítésénél is figyelembe vettünk, a finn szakvélemények, gyakorlati tapasztalatok mellett.

Rendszerelemek

A rendszerelemek a következők: a tárolótér méretei, a tárolótér elhelyezési lehetőségei, a tárolótér elhelyezésének optimalizálása és megközelítési lehetőségei.

A tárolótér méretei

A tárolótér méretezési alapja a hordókban kondicionált 30 éves várható kumulált átlagos hulladékmennyiség, amelynek megoszlását az 1. táblázat mutatja.

A hulladékfeleségek tárolása jelenleg is rozsdamentes, 200 és 400 literes acélhordókban történik. A 2. ábrán bemutatott elhelyezési konténerben 9 db 200 l-es vagy 5 db 400 l-es hordó fér el. A 3. ábra szerinti elrendezésben a javasolt 10 m talpszélességű, 9 m magasságú fél ellipszis szelvényű (~72 m²), vagy a 7,5 m magasságú, egyenes falú, felül fekvő ellipszissel gömbölyített szelvényű (~69 m²) kamrákban egymásra halmozottan 11, illetve 9 db konténer helyezhető el 2,3 m hosszban.

A számított aktivitáskészlet teljes körű visszanyerhető (konténeres) elhelyezése közel 2000 m aktív kamrahosszat igényel. E változatra dolgoztuk ki a tárolótér elrendezését a 4. és 5. ábrán bemutatott egyikjáratú és kétjáratú kamrák esetére. Lehetőséget látunk azonban a rövid élettartamú, kis aktivitású hulladékok hordóinak közvetlenül raklapon vagy rekeszekben történő szelektív elhelyezésre, szakaszos tömedékeléssel. Ez esetben az aktív kamrahosszigény 1635 m-re csökken.

Az egyikjáratú tárolókamrákban az áthúzó légáram nem biztosított, ezért a kamrák szellőztetése csak külön e célból beépített légcsatorna-rendszerrel valósítható meg (4. ábra). A kétjáratú tárolókamrák viszont mindkét oldalról — a főszállító vágattal azonos hosszúságú — friss levegőt behúzó légvágat bányászati kiképzését igénylik (5. ábra). Az alkalmazható modellt azonban csak részletes biztonsági és gazdaságossági vizsgálat eredményének ismeretében lehet majd a kiviteli tervezéskor kiválasztani.

A szelektíven csomagolt hulladékok természetesen nem töltenek meg mindig egész számú kamrát (pl. 4. ábra, 1c), vagy töredék helyigény merül fel, ezért célszerű tartalék kamrahelyekkel számolni. A tárolótérség horizontális mérete így — egy szinten történő elhelyezés esetén — 260×280 m-rel jellemezhető.

A tárolótér elhelyezési lehetőségei

2002 júniusában a felszíni kutatás addigi eredményeinek ismeretében pontosítottuk a tároló koncepcióját, a hangsúlyt a felszín alatti terület megközelítési változataira helyezve (BÉRCI 2002). 2003 februárjában az ETV–Erőterv Rt.-ben lefolytatott egyeztetést követően az Előzetes környezeti hatástanulmány (EKHT) előkészítéséhez szükséges vázlat-tervek elkészítéséhez a geológiában, vágathajtásban és térképészben, valamint a hulladéktároló biztonságának értékelésében járatos szakemberek tervezési alapként, az addigi eredményekből levont következtetések alapján az 1997. évi előzetes telephelyet ÉNy-i irányban kiegészítő, együtt 0,87 km² nagyságú szabálytalan nyolcszög formájú kutatási terület 0 és +65 m Bf közötti tartományát jelölték meg (6. ábra). A telephely egészében véve földtanilag alkalmas közettömegén belül az Üh–3, Üh–22, Üh–2, Üh–23, Üh–27 és Üh–37 fúrás 0 m Bf szintmagasság körüli szakaszai olyanok, hogy tároló kialakítására alkalmas közettér fogat kijelöléséhez alapul szolgálhatnak. A 0 m Bf körüli szinten összevonhatónak látszik az Üh–3 és az Üh–22 (a továbbiakban: Déli Objektum), az Üh–2 és az Üh–23 (a továbbiakban: Középső Objektum), valamint az Üh–27 és Üh–37 fúrás adata (a továbbiakban: Északi Objektum).

Az eddig végzett földtani kutatások eredményeit összegezve a MÁFI 2002–2003. évi zárójelentése (BALLA et al. 2003) megállapítja, hogy a Bábaapáti (Üveghutai)-telephely általános földtani és vízföldtani jellegei kifejezetten kedvezőek kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezéséhez. A zárójelentést — ezt a következtetést kiemelve — jóváhagyta az MGSZ DDTH.

A tárolókamrák méreteinek (vágatszélvények, pillérméret) meghatározásához megvizsgáltuk a rendelkezésre álló kőzetfizikai–kőzetmechanikai paramétereiket. A kőzetmechanikai szerkezeti számítások, az RQD-értékek feldolgozása alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy jelenleg nincs elegendő információ ahhoz, hogy válasszunk a három perspektívikus objektum közül. Kőzetmechanikai szempontból az Északi Objektum látszik legjobbnak, s ehhez kell a legrövidebb megközelítési útvonal, ami jelentős költségtényező. Ugyanakkor ez a térség vízföldtani szempontból kevésbé kedvező a másik kettőnél, ezért megvizsgáltuk mindhárom objektumban a tárolótérség elhelyezési

1. táblázat. A várható kumulált hulladékmennyiség megoszlása csomagolási típusonként

Elhelyezési lehetőség		Közvetlenül hordóban	Konténerben	Külön konténerben
1.	200 l-es hordóban			
	vegyes szilárd hulladék	2 400 m ³	1 680	720
	cementezett ioncsereelő gyanta	75 m ³		75
2.	400 l-es hordóban			
	cementezett bepárlási maradék	13 846 m ³	3 462	10 384
	cementezett egyéb folyékony hulladék	1 978 m ³	495	1 483
Üzemviteli hulladék összesen		18 299 m ³	5 637	12 587

Készült az ETV–Erőterv Rt. 2003. 06. 30-i aktivitáskészlet-vizsgálata (BÉRCI, TAKÁCS 2003) alapján.

és megközelítési (feltárási) lehetőségét a 4. és 5. ábrán részletezett geometriai elrendezések szerint (Calamites 2003).

A tárolótér elhelyezésének optimalizálása és megközelítési lehetőségei

A tervezett tárolók megközelítésének (feltárásának) lehetőségét felülvizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy az adott táj- és környezetvédelmi korlátok, követelmények mellett a lejtősaknapárnál nincs kedvezőbb alternatíva. A nyitópontok koordinátáit ennek megfelelően rögzítettük. A lejtősaknák vonalvezetésének megtervezésekor arra törekedtünk, hogy a perspektivikus terület elérésekor az Északi Objektum bármely része flexibilis irányváltoztatással vágatvesztés nélkül elérhető legyen. A tárolótérsegek elhelyezésének egyik lehetőségét, valamint az alkalmas telephely kutatóvágattal (lejtősaknákkal) történő megközelítését a 6., a Ny-i lejtősakna javasolt szelvényeit a 7. és 8. ábrán mutatjuk be. A lejtősaknák első 100 méterének zárt szelvényű (elleníves) kiképzését és biztosítását a felszín közeli kőzetrétegek várható repedezettsége, a vágatköpeny

tömítési feltételeinek teljeskörű biztosítása indokolja; a vágathossz a tényleges kőzetállapot ismeretében lerövidíthető (7. ábra). Ez a szelvénytípus alkalmazható mélyebb szinteken is a zúzott zónák harántolásakor, míg homogén kőzet-tartományban kielégítő biztonságot nyújt az ellenív nélküli nyitott szelvény is (8. ábra). A lejtősaknák szelvényének véglegesítésekor a funkcionális és vágatállékonysági követelményeket kell figyelembe venni.

Összefoglalás

A WATRP-csoport ajánlásai (WATRP 2000) és az MGSZ DDTH szakvéleménye (MGSZ 1999) alapján készített Előzetes biztonsági értékelés (BÉRCI, TAKÁCS 2000) nyomán aktuálissá vált a javasolt telephely kutatásának folytatása, az integrált biztonsági értékelés azzal kölcsönhatásban való elkészítése és a környezetvédelmi engedélyezés feltételeinek megteremtése. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezési koncepciójának aktualizálása is ezen célt szolgálja.