

Die Trends und neue Ansichten bei der radioaktive Abfallentlagerung in der Erdkruste

Félix Sekula¹, Tobiáš Lazar², Viliam Bauer und Zsold Szentirmai³

Trends and opportunities for the radioactive waste disposal in the Earth crust

This paper deals with the problems of designing and realization of permanent disposal sites for nuclear wastes. It points out the possibilities of the development of new and modern technologies of drilling, mining, or driving of underground works.

The paper is primarily aimed at the cutting of the period of storage building, the reaching of larger depths, the reduction of territory of storage area as well as the increase of its safety.

Key words: radioactive waste, bore, stack, flame, hydrogen, oxygen

Anleitung

Die Problematik der Realisierung der endgültigen Lagerung des nuklearen Abfalls aus Atomkraftwerken bzw. seine Eliminierung hinsichtlich der Verhinderung seiner möglichen potentiellen langfristigen Einwirkung auf die Umwelt ist eine sehr anspruchsvolle Aufgabe. Infolge der sich verändernden Naturbedingungen während einer sehr langen Zeitdauer kann in unmittelbarer Umgebung des Gesteinraumes und folglich in einer weiteren Umgebung eine potentielle Möglichkeit der Migration des radioaktiven Abfalls in einer breiteren Region entstehen. Diese Migration kann in horizontaler und später auch in vertikaler Richtung realisiert werden. Infolge dessen kann es zur Kontamination des Grundwassers nahe unter der Erdoberfläche kommen, die durch das Niveau der Flußläufe begrenzt ist, wodurch eine potentielle Gefahr der Kontamination der Umwelt entsteht. Wegen einer großen Menge des bis jetzt schon produzierten Abfalls sowie der vorausgesetzten Produktion des weiteren Abfalls in der Zukunft kann durch Zeitintegration eine Gefahr für menschliche Zivilisation als auch für die ganze lebendige Natur verursacht werden.

Die Lösung dieses Problems hat mehrere Phänomene, die folgende sind:

- ökologisches und ethisches;
- politisches;
- Sicherheit der langfristigen Lagerung.

Das ökologische und ethische Phänomen

Aus der ökologischen Sicht ist das Problem dadurch sehr ernst, dass die Kernkraftwerke den radioaktiven Abfall produzieren, der im Prozess der Transformation der Neutronenstrahlung in die Wärmeenergie im Primärkreis des Kernreaktors gleichzeitig Transurane erzeugt, von denen das Plutonium am radioaktivsten ist. Die Halbwertszeit des Plutoniumzerfalls ist mehr als Vierundzwanzigtausend Jahre. Auf Grund dieser Tatsache wird allgemein angegeben, dass eine sichere Deponierung eines solchen Abfalls für Einhunderttausend Jahre gesichert werden soll. Die Halbwertszeiten des Zerfalls von anderen radioaktiven Produktteilen sind niedriger Ordnung, aber in Verbindung mit der Plutoniumstrahlung bilden sie in kürzerer Zeitdauer eine intensivere Radioaktivität.

Vorläufig wird das Produkt des Atomkernabfalls überall nur in provisorischen Deponien gelagert, wobei eine endgültige Lagerung mit sicherer Deponierung bis heute nicht gelöst ist. Dieses Problem ist vor allem aus der Zeitsicht (Einhunderttausend Jahre) schon deswegen abstrakt, weil die bisherige Zeitdauer der Existenz der menschlichen Zivilisation etwa ein Zehntel dieser Zeitdauer beträgt.

An dieses ökologische Phänomen schließt das ethische Phänomen an, und zwar in dem Sinne, dass die gegenwärtigen als auch künftigen Menschengenerationen, die diesen Abfall in einem umfangreichen Maße produzieren, eine moralische Verpflichtung gegenüber einer langen Kette der künftigen Generationen haben. Diese Verpflichtung bedeutet, mit hundertprozentiger Garantie zu sichern, dass das Leben auf der Erde nicht potentiell bedroht wird.

¹ prof. Ing. Félix Sekula, DrSc., prof. Ing. Viliam Bauer, CSc., katedra dobývania ložísk a geotechniky, F BERG, TU v Košiciach Slovenská Republika

² prof. Ing. Tobiáš Lazar, DrSc., katedra avioniky, Letecká fakulta, TU v Košiciach, Slovenská Republika

³ doc. Ing. Zsold Szentirmai, CSc. Strojnícka fakulta, TU v Košiciach
(Recenzovaná a revidovaná verzia 18. 1. 2007)

Das politische Phänomen

Politische Aspekte können in zwei Gruppen eingeteilt werden.

Innerstaatliche politisch-soziologische Probleme. Es ist die Frage der Möglichkeit des Aufbaus einer solchen Deponie in einer beliebigen Region Europas in einer ökonomisch annehmbaren Tiefe hinsichtlich der Öffentlichkeitmeinung in entsprechenden Regionen, eventuell in den Ländern, die es betrifft. Heutzutage finden wir in Europa nicht ein Land, in dem die demokratische Öffentlichkeit mit 500 m großer Tiefe der Deponie einverstanden wäre. Die Vertiefung der Deponie würde aber eine enorme Kostensteigerung hervorrufen (die Kosten steigen bei solchen Bauten exponential mit der Tiefe). Mit Vergrößerung der Tiefe entstehen auch die Voraussetzungen der Gebirgserschütterungen. Diese Tatsache geht aus den geomechanischen Erkenntnissen über die Akkumulation der Energie in den Räumen über den realisierten Linienbauten infolge des steigenden geostatischen Drucks hervor. Solche Probleme sind in den Bergwerken in Südafrika bekannt, die bis in die Tiefen von 2000 m reichen. Mit steigender Tiefe steigt dabei auch die zusätzliche Wärmeleistung, die aus dem Gebirgsmassiv

infolge der steigenden durch die Thermalstufe gegebene Temperatur befreit wird. Diese steigende Temperatur ruft auch die Erhöhung des Risikos von Gebirgserschütterungen in Verbindung mit den schon angeführten Wärmedilatationsprozessen hervor. Diese erhöhten Temperaturen erhöhen enorm auch die Kosten für Rekonditionientlüftung in solchen Tiefen.

Die außenpolitischen Probleme hängen mit der nuklearen Sicherheit zusammen, die in der Welt durch die mittels der Vereinten Nationen gesteuerte nukleare Sicherheitsagentur durchgesetzt wird. Die nukleare Sicherheit in Verbindung mit dem radioaktiven Abfall beginnt ein ernsthaftes Weltproblem zu werden, weil der radioaktive Abfall Plutonium enthält. Dies ermöglicht den Ländern, die diesen Abfall produzieren und besitzen, seine Verarbeitung und Gewinnung dieses hochenergetischen Transuranelementes. Plutonium kann zur Erzeugung einer Atom(Plutonium-)bombe genutzt werden. Dieses Produkt kann auch in die Form von neuen energetischen Trägern verarbeitet werden, für Kernreaktoren, aber die Sicherheitsagentur als auch der Sicherheitsrat der Vereinten Nationen sind gegen diese Lösung in einem breiten Maße, d.h. auch außerhalb der Länder, die Atombomben besitzen, weil niemand gewährleisten kann, dass diese Verarbeitung nicht auch zur Erzeugung der Atombomben genutzt wird, wodurch die Zahl der Länder erhöht wird, die in der Zukunft solche Waffen besitzen werden. Ein typischer Beweis dessen sind in letzter Zeit auch Probleme mit Nordkorea und Iran, was zur internationalen politischen Spannung führen kann.

Ein weiterer Faktor dieses internationalen nuklearen Sicherheitsaspektes ist auch die Tatsache, dass Kernkraftwerke in der Welt, konkret in Europa, ziemlich verbreitet sind. Auch eine lange Realisierungszeit der endgültigen Lagerung des Nuklearabfalls ruft ein hohes Risiko der Entwendung eventuell der Destruktion der Container hervor, in denen der Abfall provisorisch gelagert wird, eventuell auch in endgültigen Deponien während des langfristigen Betriebes durch extremistische terroristische Kommandos. Die Destruktion der Container mit radioaktivem Abfall würde beträchtlich ein großes Territorium in der Umgebung dieser Deponien kontaminieren.

Die angeführten Aspekte erfordern, hochproduktive Technologien zu bilden, die ermöglichen, den Bau der Deponien zeitlich zu verkürzen und damit die Nuklearsicherheit zu sichern.

Die Sicherheit der langfristigen Lagerung

Die langfristige Lagerung hinsichtlich der Sicherheitsgewährleistung kann auf Grund der bisherigen klassischen Vorstellungen nicht so hundertprozentig gesichert werden, dass man die Beschädigung der Container verhindert und die Möglichkeit der Migration des radioaktiven Materials in das Gestein ausschließt. Es geht aus der Tatsache hervor, dass das radioaktive Material, das in den Containern für 100 000 Jahre gelagert wird, kann der Korrosion oder der Beschädigung bei eventuellen Gebirgserschütterungen und damit der Perforation ausgesetzt werden. Die untertägigen Bauten, in denen diese Container gelagert sind und deren Ausbau auch mechanische am vollkommendsten dimensioniert eventuell wasserdicht isoliert ist, kann durch die Erschütterungen beschädigt werden, und infolge dessen kann nicht die Migration der radioaktiven Stoffe in den umgebenden Gebirgsraum verhindert werden. Diese ungünstigen Faktoren können wegen der so langen Zeitdauer nicht ausgeschlossen werden. Genauso kann in so langer Zeit nicht ausgeschlossen werden, dass sich die hydrogeologischen Verhältnisse verändern, wodurch der radioaktive Abfall in einigen Fällen in die breite Umgebung des Gebirgsmassivs migrieren kann, und in größeren Entfernungen können sich diese Migrationsströme mit hydrothermalen Ausgangsquellen aus großen Tiefen verbinden. Dadurch kann ein Teil des radioaktiven Abfalls in die Grundwasser gelangen, deren Höhenniveau durch das Niveau der Oberflächenwasserläufe gegeben ist.

Während der 100 000 Jahre kann es zur Verschiebung von aktiven seismischen Gebiete der Erdkruste kommen, die man überhaupt nicht abschätzen, betreten oder bestätigen kann, weil keine Daten der Bewertung solcher Verschiebungen zur Verfügung stehen. Exakte Daten mit genügender Zahl

der seismischen Messungen auf unserer Erde aus der Vergangenheit gibt es nur für einige Jahrzehnte, was nur einen Bruchteil der Dauer von 100 000 Jahren darstellt.

Die Technische Zustand und technologische Probleme bei der Unterirdischen Lagerung Radioaktiver Abfälle

Bestehende technische Systeme RAO Abfallentlagerung – als ökonomisches Phänomen.

Dieses Phänomen ist am wichtigsten, weil die gegenwärtigen Preise für Elektroenergie die realen Kosten für Liquidierung des Kernkraftwerkes sowie zur Sicherung einer sicheren endgültigen Lagerung der angeführten Abfälle nicht berücksichtigen.

Am meisten wird in der Gegenwart die endgültige Lagerung dieser Produkte unter Tage bedacht, und dieser Weg scheint vorläufig am realistischsten zu sein. Als Beispiel kann das Projekt der Tschechischen Republik angeführt werden, das im Jahre 1998 ausgearbeitet wurde und das vor hat, für diese Deponie künstliche untertägige Bauwerke mit umfangreichen Lagerungsstollen zu bauen.

Der Querschnitt dieser untertägigen Räume ist in der Abb. 1 dargestellt.

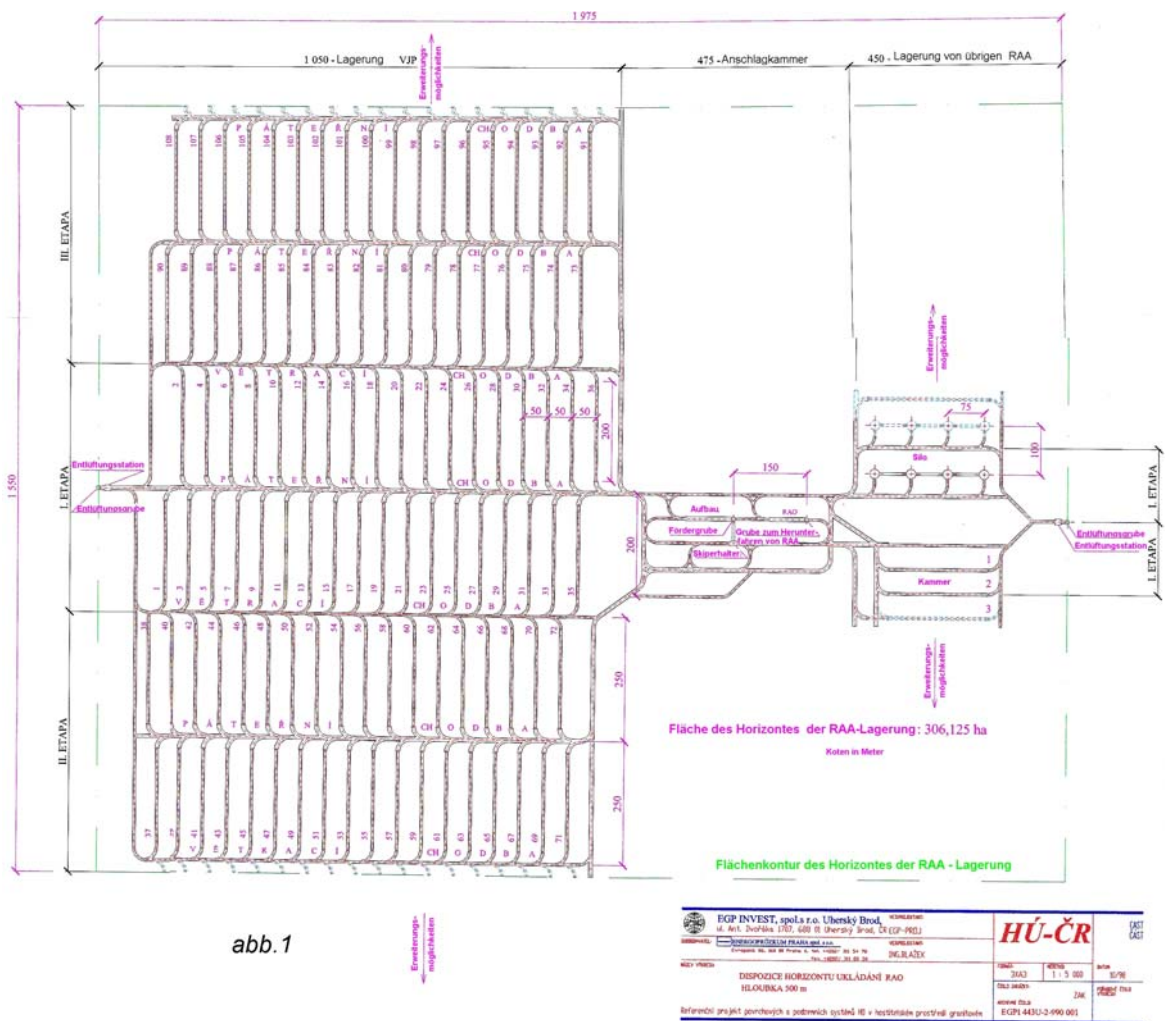


Abb. 1. Der Querschnitt dieser untertägigen Räume.
 Fig. 1. The profile of underground spaces.

In der Abb. 2 ist der Oberflächenteil des Innenbereiches zu sehen, das besagt, dass ein solcher Betrieb etwa auf der Ebene eines mittelgroßen Betriebs ist. Den beiden Abbildungen ist zu entnehmen, dass die Deponie drei vertikale Schächte mit vielen Metern der untertägigen Strecken hat (Zugangswege, Lagerungsstrecken und weitere für den Betrieb erforderliche untertägige Räume). Für Lagerungsstrecken wird mit einem 500 m tiefen Niveau unter der Erdoberfläche gerechnet.

In der Abb. 3 ist der Zeitablauf dargestellt, in dem die einzelnen Etappen und Kosten zum Bau einer Deponie angeführt sind. Die Gesamtzeit des Aufbaus der Deponie zusammen mit dem Realisierungsprozess der Lagerung sowie des endgültigen Außerbetriebsetzens beträgt 105 Jahre. Die ähnliche technische Lösung einer untertägigen Abfallentlagerung haben auch in Finnland und der Projekt läuft unter der Name ONKALO. Dieser technische Projekt hat eine sehr ähnliche Zeitplan für eine Herstellung als obengenannt Projekt in Tschechische Republik ist.

Eine neue technische und wirtschaftliche Ansichten auf der Systemplanung einer untertägigen Abfallverbringung in der Untertage.

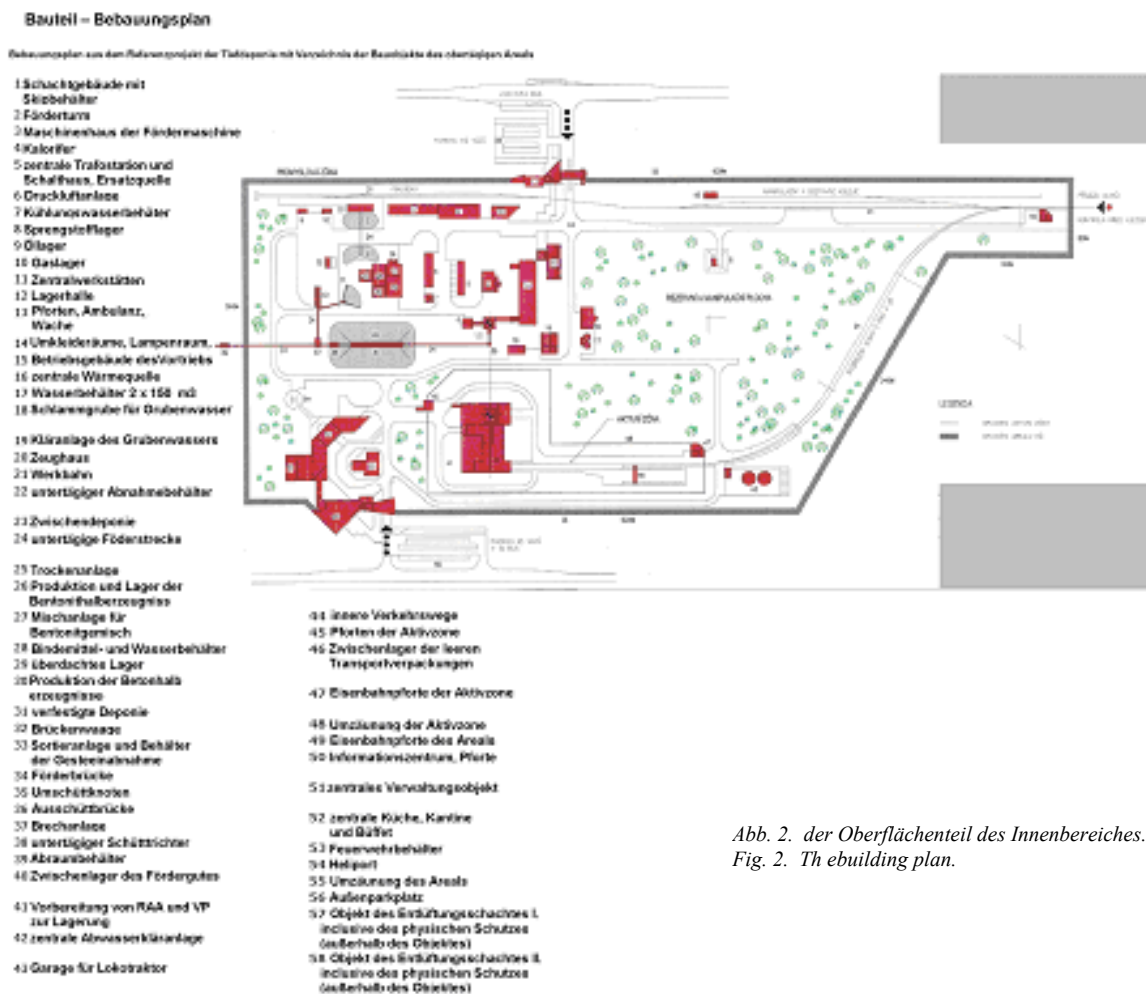


Abb. 2. der Oberflächenteil des Innenbereiches. Fig. 2. Th ebuilding plan.

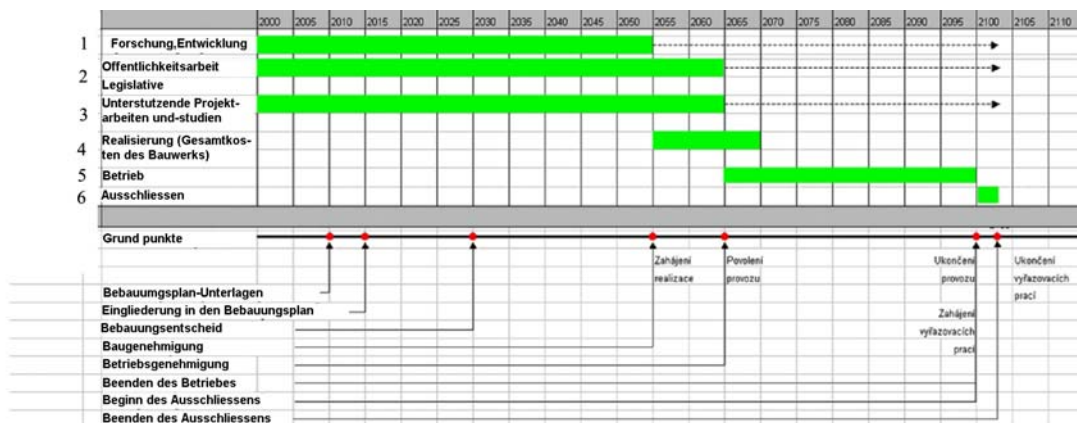


Abb. 3. der Zeitablauf dargestellt. Fig. 3. Time and expenses analysis.

Wenn wir analysieren der Zeitplan des Projekts, angeführten an Abbildung 3, werden sie von dem Konzeptionsbelang die Forschung – und Entwicklungsetappe wieso die förderlichen Projektarbeiten und Machbarkeitsstudien darstellen. Diese Ausbauabschnitte könnten sehr ausdrucksvoll verkürzen nächste zwei Etappe, d.h. die Bauausführung (3) und der Betrieb (4).

Die Forschung und Entwicklung außer bisher gelöste technische Problemen auch konzentriert sich auf der neue fortschreitende Technologien bei der Durchführung einer vertikalen untertägige Bauobjekte sollte konzentrieren würden. Das Hauptziel solcher Regelung sollte die Abfallsvergrabungsstelle überwiegend in der vertikale untertägigen Bauen mit wesentlichen größere Teufe als gegenwärtige 500 m realisiert würden. Gleichzeitig einer Oberflächegebietsanteil der radioaktive Abfallsvergrabungsstelle nach gegenwärtige Maßstab gemäß nicht realisiert sollen würden müssen. Eine neuentwickelte Technologien das Hauptziel sollte würden nämlich solche technologische Verfahrens entwickeln, die der Kostenaufwand bei der tiefe vertikale Bau – und Objektsausführung nicht erhöhen würden, weil bei der gegenwärtigen Technologien es zu teuer und enorm kostspielig können war. Im Fall wenn es dieser Aspekt erreicht hat, die gesamte Kostenaufwand bei der radioaktiv Einheitsmasse Einlagerung wesentlich niedrig gegenüber den bisherigen vorausgesetzten Ausgaben wäre. Es wäre daher weil beispielweise die Erkundungskosten herabbringen würden. Hauptsächlich infolge den, das es könnte eher und besser die Oberflächegebiete festzustellen würden, an welcher gemäß bisherige geologische, hydrogeologische sowie weitere technische und Sicherheitskriterien einer Abfallsvergrabungsstelle zu realisieren sollen würden. Wenn es die gesamte Konzeptionslösung der radioaktive Abfallsvergrabungsstelle im Rahmen die gemeinsame EU Programme realisieren würden, es würde also der Zeitetappe für die Forschung, Entwicklung (1) und für die förderliche Projektarbeiten verkürzen können (2).

Die Ergebnisse bei der Lösungen der Forschungsetappe (1) und bei der förderliche Projektarbeiten (2) erheblich die Bauausführung können würden (4). Gleichzeitig mittels der Organisationsmaßnahmen von EU gegeben erreichen würden, damit die Nachbarstaaten EU die radioaktive Abfälle nur in der einzige Vergrabungsstelle zu verbringen würden. Damit auch der Betriebslauf verkürzen würden (5), was Abfallentlagerung Zeit bedeutet würde, und auch damit die Zeitabstimmung bei der Abfallproduktion und seine Entlagerung gewesen war. In solche Fälle es würde notwendig die Vergrabungsstelle Konzeption gemäß ihre Anzahl und Produktion in EU zu kooperieren.

1. Eine erhebliche Verkürzung die ganze RAO Ausbauprogramm auch eine wesentliche Kosten Verminderung bei seine Realisation überbringen würden. Die Ausbauverkürzung hinsichtlich einen reale Zeitplan, vergleichbar der sonstige Aufbauen in verschiedenen wirtschaftliche Gebiete in der Welt, es soll die Kosten hinsichtlich die Zinsen, die Beseitigung der generelle immer steigende Inflationseinflüsse, die Gemeinkosten und die Wasserpumpenkosten Verminderung und hauptsächlich die Lohnkosten, die bei gegenwärtige Projektvorschläge Weisen zu groß sind würden verkürzen.
2. Es auch die Verminderung des Öffentlichkeitsprotest gegen den Aufbau solche Objekte, weil die Abfälle in der große Tiefe wäre, ermöglichen würden
3. Es außer anderem also eine wesentliche Verminderung des Radionuklid Migrationrisiko in der Unterirdisch und Oberflächekontamination hinsichtlich einer Verordnung für eine sichere RAO Entlagerung für Zeitperiode 100000 Jahre würde gewährleisten.

Die Entwicklung neuen technologien für den Produktive Aufbau der Unterirdische Bauobjekte

Technologie der Gesteinschmelzung - Litho-Jet.

Mit der Aufbau einer untertägige Bauen mittels der fortschreitenden Technologien sind gegenwärtig mehrere wissenschaftliche Weltweit Institutionen beschäftigen werden. Als Beispiel können wir manche Lösungen in der USA einführen werden. Die in Los Alamos entwickelten Prototypanlagen arbeiteten beim Bohren auf dem Prinzip der Energiequelle mit Elektrowiderstand, die der Bestandteil des Schmelzkopfes aus Molybdän war. Der eigentliche Schmelzkopf wurde mit dem elektrischen Strom auf die Temperatur um 1800°C zum Glühen gebracht. Der Schmelzkopf war konusförmig, und auf die Kopfmitte wirkte eine Anpreßkraft, die den Druck in der zerschmolzenen Gesteinszone bildete. Dieser Druck bildete im Gestein Radialrisse und gleichzeitig unter seiner Einwirkung gelang das zerschmolzene Gestein in diese neugebildeten Risse. Dadurch wurde der Transport des zerschmolzenen Gesteins aus dem ganzen Volumen des gebildeten vertikalen Baus gesichert. Die schematische Darstellung dieser Anlage ist in der Abb. 4 angeführt. Hydraulischer spaltbar Druck muß mit der Tiefe wachsen, darum die tangentialen Spannungen herum des Werks müssen übertreffen die Gebirgefestigkeit und seitlichen geostatischen Druck auch, der mit der Tiefe des horizontale Werks wächst an.

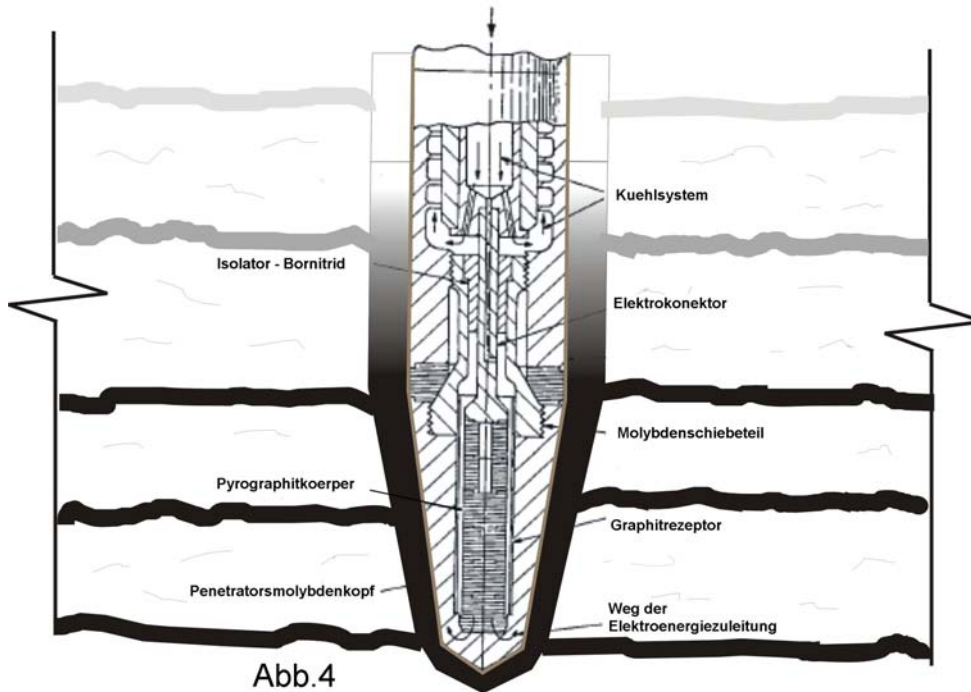


Abb.4

Abb. 4. Die schematische Darstellung dieser Anlage angeführt.
Fig. 4. Scheme of sinking.

Das erwähnte Institut in Los Alamos arbeitete an der Forschung, Entwicklung und dem Einsatz der Prototypanlagen zum horizontalen Vortrieb der Untertagebauten bis zum Durchmesser von 12 m. Diese Prototype arbeiteten auf dem Prinzip des Gesteinsschmelzens mit dem speziellen ringförmigen Schmelzindenter, der bis zu 1800°C geblüht wurde, wodurch ein Kern wie beim klassischen Aufsuchensbohren gebildet wurde, dieser Kern wurde weiter durch thermodynamische Spannungen zerstört, die durch spezielle geblühte nadelförmige Indentoren hervorgerufen wurde, die auf 1800°C erhitzt wurden. Der Transport des auf diese Weise zerstörten Materials wurde aus dem Grubenbau auf die Oberfläche mit klassischem, auch in der Gegenwart bei vollprofilierten Vortriebsmaschinen eingesetzten Förderer herausgetragen.

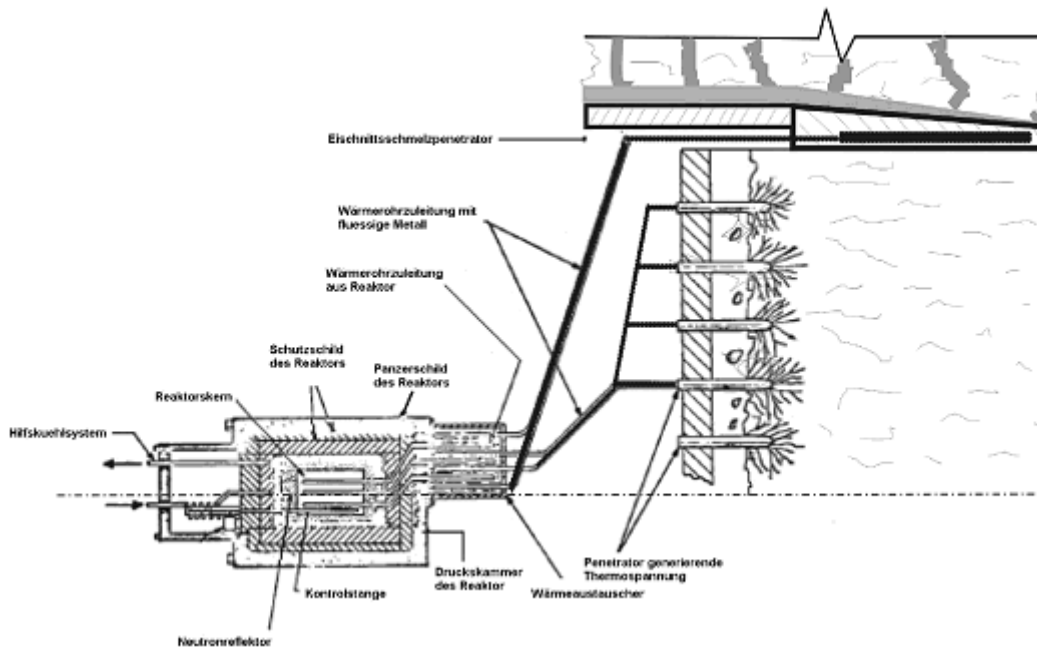


Abb. 5. Die schematische dieses Prinzips ist dargestellt.
Fig. 5. Scheme of the principle of thermic drilling.

Die Wärmeenergiequelle wurde über den Sekundärkreis des Atomreaktors in die oben erwähnten Indentoren übertragen. Das Medium des Übertragungssystems der Wärmeenergie war das flüssige Metall. Die schematische dieses Prinzips ist in der Abb. 5.

Die Technologie Gesteinschmelzung mit der Sauer – und Wasserstoff Flamme.

Die Institute der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, die Technische Universität in Košice, Konštrukta Defense Trenčín, Armeehochschule für Flieger in Košice und ATC Consult in der BRD haben sich seit dem Jahre 1992 mit dieser Problematik auch intensiv beschäftigt und suchten die Möglichkeiten des Ersatzes der Atomenergie durch eine günstige hochleistungsfähige Energiequelle, die gleichzeitig umweltfreundlich wäre. Auf Grund der gewonnenen Erkenntnisse sowie einer Analyse sind diese Institutionen dazu gekommen, dass als solche Energiequelle die Sauerstoff-Wasserstoffflamme mit einer gut regulierbaren Leistung und mit den in den Zufuhrzweigen sowie unter dem Kopf der Schmelzanlage verlaufenden Drucken.

Zu diesem Zweck wurde ein Flammeninjektor aus Kobalt hergestellt, auf Oberfläche dessen durch Plasmatechnologie eine 200 Mikrometer dicke keramische Schicht aus Hafniumnitrid aufgetragen wurde. Am Kopfboden hatte der Injektor eine Abflußdüse, über die im stochiometrischen Verhältnis das Sauerstoff-Wasserstoffgas strömte, das das Gestein schmelzte. Unter Laborbedingungen wurden Öffnungen mit Durchmesser von 70 mm in verschiedenen Gesteinblöcken mit den Abmessungen 0,5 x 0,5 x 0,5 Meter geschmolzen. Das Schmelzen der Öffnungen verlief auf die Weise, dass die Brennprodukte in die freie Atmosphäre über geschmolzene Öffnungen entwichen. Bei diesen Versuchen wurden Durchschnittsgeschwindigkeiten von 7 mm/sek. erreicht. Obwohl unter dem Injektorkopf kein Spaltdruck gebildet wurde, entstanden Radialrisse solcher Abmessungen, dass die Gesteinsblöcke im Endstadium in Stücke zerfielen. Dadurch gelang das geschmolzene Gestein, auch unter Laborbedingungen, aus den gebildeten Öffnungen in die Radialrisse. Auf Videoaufnahmen, Abb.6 ist zu sehen, dass auf einigen Stellen auch Kruste in der Umgebung der geschmolzenen Öffnung sowie auf den zerfallenen Proben gebildet wurde, d.h. auf gebildeten Rissen blieb das zerschmolzene Gestein. Bei diesen Versuchen wurden die Radialrisse nicht durch den Spaltdruck gebildet, wie es bei den Versuchen in Los Alamos im realen Massiv war, sondern nur infolge der Thermospannungen. Die Thermospannungen bildeten Radialrisse in Richtung zu den freien Flächen der Steinblöcke /wären diese Blöcke ins Gesteinmassiv eingespannt, könnten die Radialrisse überhaupt nicht entstehen/.

Damit keine Radialrisse infolge des hydraulischen Spaltdruckes entstehen, war es erforderlich, eine neue technische Philosophie des Mechanismus der Bildung von Radialrissen mittels des Spaltdruckes unter dem Kopf des Flammeninjektors zu bilden. Es war erforderlich zu sichern, dass die Brennprodukte /Wasserdampf/ vom Bereich unter dem Kopf über den abgeteufte Bau in die freie Atmosphäre entweichen.

In der Zusammenarbeit mit der eingeführte Institutionen wurde ein neue Plasmainjektor hergestellt, der für einen physikalischen Labormodel konstruiert wurde. Der Labormodel wurde die Druck – und Wärmebedingungen unter der Plasmainjektorkopf in einer Bohrloch nachbildet. Mit der Ausnutzung dieser Labormodel wurde ein Forschung getan, bei welchem wurde nachgewiesen, dass es mittels eine automatische Verfahren der Injektorflamme bei der dynamisch verändert Druckbedingungen in einer geschlossene Raum zu steuern. Genauso als es bei eines reale Verfahren bei der Penetration der Flammeinjektor in der Gebirgsmassive. Dieses Forschung wird gegenwärtig weiter in Zusammenarbeit mit die ausländische Partnern aus Frankrieich und Bundes Republik Deutschland, die Firmen Technofi und i.kon durch EU Unterstützung fortsetzen können.

Nachwort und empfehlungen

Nach der allgemeine Prognose in der allernächste Jahrzenten es wird in der EU Mangelhaftigkeit der elektrische Energie sein. In der Slowakische Republik nach dem Jahr 2007 wird rund um 2 TWH elektrische Energie jährlich fählen.

Die gesamt elektrische Energiemangelhaftigkeit in der EU und also in der unsere Republik es wird möglich durch eine wahlweise Aufkommen zu ersetzen kann. in der allernächste Jahrzenten es kann man vorgeschlagen, dass in nächste 20 Jahren es wird zum Wachsen der Kernenergieproduktion eintreffen und in keinen Fall es wird zur Rückgang der radioaktive Abfälle Produktion in EU und also in der Slowakei eintreffen.

Ansicht diese Hintergrunde es wird erforderlich, damit es eine besondere Aufmerksamkeit den radioaktive Abfallentlagerungen sich widmen würden und gleichzeitig auch eine große Beachtung den koordinierte EU Forschung nachgehen würden. Die beide könnte eine starke Bedingungen für die Technologienentwicklung ermöglichen würden.

Zugrundgelegte Literatur

- [1] Pochylý, P.: Referenčný projekt povrchových i podzemných systému HÚ v hostiteľskom prostredí granitových hornin v dohodnutej skladbe úvodného projektu a hĺbke projektovú štúdie., *EGP Invest s.r.o., 1999.*
- [2] Jadrová energetika Pyramída vydavateľstvo SAV Bratislava, 1990.
- [3] Ostenak, C. A., Whitty, W. J., Dietz, R. J.: Preliminary Concepts: Materials Management in an Internationally Safeguarded Nuclear-Waste Geologic Repository. *LA-8049-MS, November 1979.*
- [4] Altseimer, J. H.: Systems and Cost Analysis for a Nuclear Subterrene Tunneling Machine. *A Preliminary Study. LA-5354-MS, September 1973.*
- [5] Hanold, R. J.: Large Subterrene Rock-Melting Tunnel Excavation Systems. *A preliminary Study. LA-5210-MS, Februar 1973.*
- [6] Stark, Jr. W. A., Krupka, M. C.: Carbon Receptor Reactions in Subterrene Penetrators. *LA-5423-MS, October 1973.*
- [7] Sekula, F., Rybár, P., Lazar, T., u.a.: Technológia termického tavenia hornin za účelom hĺbenia stihlych vertikálnych diel, *Vyskumná správa za rok 1995, Kosice 1996.*
- [8] Sekula, F., Rybár, P., Lazar, T., u.a.: Technológia termického tavenia hornin za účelom hĺbenia stihlych vertikálnych diel, *Vyskumná správa za rok 1996, Kosice 1997.*
- [9] Sekula, F., Rybár, P., Lazar, T., u.a.: Technológia termického tavenia hornin za účelom hĺbenia stihlych vertikálnych diel, *Vyskumná správa za rok 1997, Kosice 1998.*
- [10] Sekula, F.: Litho-Jet-Technologie – Forschungsprojektantrag 2003, *unveröffentlichtes Manuskript, Košice.*
- [11] Rybár, P., Lazar, T., Hamrák, H.: Štúdium problematiky tavenia nerastných surovín v extrémnych podmienkach, *Edičné stredisko/AMS, F BERG, TU v Košiciach, 2004.*
- [12] Peren, F., Geothermische Energiesysteme Eine ökonomische Machbarkeitsstudie., *Dizertationsarbeit, TU Košice, 2005.*
- [13] Bauer, V. et al.: Prozess Untersuchung bei der untertägige radioaktive Abfallentlagerung und Untersuchung der Einflüsse einer Multibarierensystem auf Umweltschutz. *Schlussbericht der VEGA Projekt, TU Kosice, 2005.*