

## Eigenschaften von Flugasche aus dem Kraftwerk „Dětmarovice“ (KW-D) bezüglich der Möglichkeit von ihrer Untertagedeponierung in den Hohlräumen der Tiefenbergrwerken

Vojtech Dirner<sup>1</sup> a Helena Raclavská<sup>2</sup>

### *Properties of the fly ash from the Power Plant Dětmarovice from the point of view of their deposition in underground mines*

*Mining for the Purposes of Disposal – Facilities, Requirements and Conceptions. Mining for the purposes of disposal can be instrumental in environmental protection in the future. Therefore the utilization of residues in the mining process has to be put into the foreground, whether they are a product of the mining activity itself or coming from other sources. It is possible to use the residual products as filling or building materials. Within the constantly increasing demand for building materials in the mines it is possible to combine the advantages that improve mine safety, rock mechanics and support with the secure long-term sealing of mineralized industrial residues in the lithosphere. Also the disposal of polluted, water-soluble and toxic or radioactive waste in a suitable geological formation underground can be realized ensuring long-term safety. This long-term safety is guaranteed by a multiple system of geological and technical barriers. The storage can be conducted in appropriate void space like chambers, caverns, drifts or boreholes with or without the opinion of retarding the material.*

*Contribution is discussing the possibility of the deposition on fly ash produced by thermal power plants which are using low-grade brown coal as a fuel. Properties of fly ash were studied in detail on samples from Power Plant Dětmarovice, northern Moravia. Results proved that fly ash can be deposited safely in underground.*

**Key words:** mining, power engineering, the environment, wastes

### Einleitung

Bei der industriellen Produktion fallen Abfallprodukte verschiedener Art an auch wenn die Betriebe sich bemühen, unter ökologischen Aspekten zu produzieren.

Probleme mit der Beseitigung von Abfällen zeigen sich vor allem in Gebieten mit einer grossen Produktionskonzentration der Schwerindustrie. Ein solches Gebiet ist auch das ostrauer Ballungsgebiet, wo neben kommunalen Abfällen und Abfällen aus der Schwerindustrie auch grosse Mengen produktionspezifischer Abfälle der Region Ostrava-Karviná anfallen. Es handelt sich um Abfälle aus dem Bergbau und den Kraftwerken. Es betrifft vor allem riesige nichttoxische Abfallmengen, deren Verbringung sich anstatt auf überirdischen Deponien in ehemaligen Bergbaustollen des Ostrava-Karviner Beckens anbietet. Kraftwerksabfälle wurden bisher vor allem überirdisch abgelagert oder in Schlammbecken verbracht (Dirner, 1994).

Allgemein kann man bei uns für fast jedes Territorium konstatieren, dass die Natur keine geeigneten Räume für eine konfliktlose Ablagerung der ständig wachsenden Abfallmengen bietet. Das Territorium des Ostrava-Karviner Industriegebietes ist aufgrund seiner grossen Siedlungsdichte sehr sensibel gegenüber jeglichen Umwelteinflüssen. Eine Untertagedeponierung der Kraftwerksabfälle würde dieser Situation Abhilfe schaffen.

### Untersuchung der Eigenschaften von Flugasche

Die Elektrizitäts- und Heizkraftwerke auf dem Gebiet der ehemaligen ČSFR produzieren jährlich etwa 15 mil. Tonnen Flugasche. Flugasche wurde als ein bedeutender Sekundärrohstoff für die Bauindustrie gesehen.

Hinsichtlich der ökologischen Belastung durch die Deponierung von Abfällen unterschiedlichster Herkunft ist es erforderlich, die Eigenschaften der Flugasche auf ihre Rohstofftauglichkeit für die Wirtschaft zu untersuchen. Falls das entsprechende Material für die jeweilige Technologie ungeeignet ist, müssen andere Lösungen gefunden werden. Gleichzeitig ist eine entsprechende einheitliche Vorgehensweise festzulegen.

Die Industrie produziert verschiedene Sekundärstoffe unterschiedlichster Zusammensetzung, was aufgrund der nicht normgerechten Beschaffenheit grundsätzliche Schwierigkeiten mit sich bringt. Diese Problematik erfordert eine internationale Zusammenarbeit.

<sup>1</sup> Prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc. Institutsleiter, Institut für Umweltingenieurwesen der Technische Universität Ostrava, Tschechische Republik

<sup>2</sup> Doc. Ing. Helena Raclavská, CSc. Institut für Geologieingenieurwesen der Technische Universität Ostrava, Tschechische Republik (Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 25.7.2001)

Aus den Schnellprüfungen der Qualität von Flugasche und Schlacke ist das thermochemisches Verfahren zu erwähnen, das z. B. die pocolanische Aktivität von Flugasche gemäss der Norm ČSN 72 2061 bestimmt. Es handelt sich im Prinzip um die Lösungskalorimetrie. Ein anderer Typ des Kalorimeterreaktors ist besonders geeignet für die Verfolgung des Verlaufes von Hydratationswärme bei Mörtel- und anderen Zusammensetzungen. Diese Methode ermöglicht z. B. nicht nur der Reaktionsverlauf der Schlacke mit alkalischen Aktivator oder Flugasche mit Kalk zu beobachten, sondern auch der Einfluss verschiedener Zusätze, z. B. Plastifikatoren, Beschleuniger, Verzögerer usw. auf den Reaktionsverlauf auch in den komplizierteren Mörtel-zusammensetzungen empfindlich zu unterscheiden (Dirner, Fečko, Ganguly, Raclavská, Zamarský, 1993).

In diesem Teil, der sich mit der Erforschung der Eigenschaften von energetischen Abfällen befasst, beschreiben wir nur die Forschungsergebnisse, die aus der Flugasche des Kraftwerkes „Dětmarovice“ (KW-D) gewonnen waren.

### Geochemie der Flugasche

Ein wichtiger Faktor bei der Ermittlung des Verhaltens von Spurenelementen im Verlauf der Verbrennung von Kohle ist ihre Bindung an Kohlenstoff. Spurenelemente können organisch oder anorganisch an mineralische Stoffe gebunden sein. Die am häufigsten vertretene Mineralstoffe im Kohle gibt **Badin** an wie folgt (Dirner, Fečko, Ganguly, Raclavská, Zamarský, 1993):

*Apatit, Chalkopyrit, Chlorit, Diopsid, Amfibol, Hypersten, Ilmenit, Magnetit, Mikroklin, Plagioklas, Rutil, Siderit, Gips und andere Sulfate, Titanit, Tonminerale, aus den Sulfiden sind häufig vertreten : Pyrit, Markazit (FeS<sub>2</sub>), Hexagonalpyrhotin, monoklinisches Pyrhotin, Smythit und Gregit*

**Zubovic** (1976) erläuterte die Verbindung der einzelnen Spurenelemente in organischen Substanzen mit Hilfe s. g. organische Affinität. Die Mehrheit der Spurenelemente kann wie an Kohlenstoff, als auch an mineralische Bestandteile gebunden sein, jedoch *Ge, Be, B* und *Ga* sind vorrangig an organische Bestandteile gebunden. Stoffe wie *Hg, Zr, Zn, Cd, As, Mo* sind dagegen vorrangig an anorganische Bestandteile - Asche (Sulfide, Karbonate und Silikate) - gebunden.

Eine Reihe von Autoren befasste sich mit der Problematik der Distribution von Spuren- und Hauptelementen in Aschen und Schlacken in Abhängigkeit von ihrer Krönung, was sehr wichtig bei der Beurteilung der Wirkung von Emissionen auf die Umwelt ist. **Davison** et al. (1974) hat auf der Grundlage von Sublimations- und Kondensationsstudien die Elemente nach ihrer Neigung zur Konzentrierung je nach Teilchengrösse in drei Gruppen eingeteilt.

Die erste Gruppe bildet Elemente mit erhöhter Konzentrationsfähigkeit (*As, Cd, Cr, Ni, Pb, Sb, Se, Ti, Yn, S*), die zweite Gruppe bildet Elemente mit niedrigerer Konzentrationsfähigkeit (*Al, Be, Fe, Mg, Si, V*) und die dritte Gruppe stellt Elemente ohne Konzentrationsfähigkeit dar (*Bi, Ca, Co, Cu, K, Sr, Ti*). **Coles** et al. (1979) benutzte die Masonovsche geochemische Klassifikation und teilte die Elemente nach ihrer vorrangiger Konzentration folgendermassen in drei Gruppen :

1. Litofilnische (*Al, Ca, Fe, Mg, Na, Ti*) - sie anreichern sich in kleinen teilen der Flugasche.
2. Chalkofilnische (*As, Cd, Mo, Pb, Sb, Se, Zn*) - mit Verkleinerung der teilchen erhöht sich ihre Konzentration.
3. (*Be, Co, Cu, Ni, V*) - die keine Abhängigkeit aufweisen.

Deponieren von Flugasche ist besonders problematisch hinsichtlich der Verunreinigung der Umwelt, der Kontamination des Grundwassers und der Atmosphäre mit feinen Staubteilchen. Flugaschen können säueren, neutralen oder basischen Charakter haben, der weiterhin die Auswaschung der beteiligten Spurenelemente beeinflusst.

Eine Reihe von Autoren befasste sich mit der Problematik der Bestimmung des sauren oder basischen Charakters der Flugaschen in Abhängigkeit von ihrer Korngrößenverteilung. Weil es unmöglich ist, die Distribution der Hauptelemente in Kornklassen zu bestimmen (die Anreicherung der Kornklassen durch bestimmte Elemente), ist die Bestimmung des pH-Wertes nicht realisierbar. **Van der Slot** (1984) stellte fest, dass der sauer-alkalische Charakter der Flugasche von einem Faktor R abhängt, der wie folgt zu ermitteln ist :

$$R = (CaO + MgO) / (SO_3 + 0,04 Al_2O_3)$$

Auch die Distribution einiger Spurenelemente (*As, Sb, W, V, Cr, B, Mn, Se* und *Zn*) ist vom Faktor **R** abhängig. Weil mehr als 90% der Aschenanteile aus einer amorphen Phase besteht (grosstenteils Silikate), ist ein Laugen der Flugasche relativ schwierig. Auslaugung von Spur- und Hauptelementen in Abhängigkeit vom

Faktor R ist in **Tabelle 1.** dargestellt. Im Falle der neutralen Flugasche wird aus dem Gesamtinhalt der Elemente mittels destilliertes Wasser 0,5% As, 2% Sb, 10% Se, 40% Mo, 10% Ca, 1% Cr, 2% Cd, 0,1% Mg, und 0,1% Zn ausgelaugt. Daraus folgt, dass bei einer Konzentration von 50 ppm As in der Flugasche und bei einer Perkolationsrate von 1m / Jahr 25 ppb As ins Wasser gelangen.

Tab.1. Abhängigkeit des Stoffinhaltes in saurer Auslaugung (pH = 5) zu R.  
Tab.1. Dependence of the content of the element in an acid extract (pH = 5) on R.

Probenum.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<b>Faktor R</b>	<b>0,34</b>	<b>0,76</b>	<b>1,03</b>	<b>1,24</b>	<b>1,29</b>	<b>1,39</b>	<b>1,56</b>	<b>1,89</b>	<b>2,04</b>	<b>2,21</b>	<b>2,28</b>	<b>2,79</b>	<b>3,48</b>	<b>3,97</b>	<b>4,19</b>	
<b>Herkunft</b>	<b>Au</b>	<b>Au</b>	<b>Au</b>	<b>Am</b>	<b>Am</b>	<b>?</b>	<b>Au</b>	<b>Au</b>	<b>Au</b>	<b>Au</b>	<b>Am</b>	<b>Au</b>	<b>?</b>	<b>P,Sa</b>	<b>G</b>	
Stoff	Einheit															
<b>Na</b>	%	0,05	0,21	0,05	0,17	0,18	0,50	0,27	0,08	0,23	0,07	0,29	0,27	0,21	0,43	0,58
<b>K</b>	%	1,03	0,43	1,35	2,12	1,67	2,08	1,88	1,35	1,67	1,20	2,00	1,32	1,71	2,35	2,93
<b>Ca</b>	%	0,30	0,48	0,90	0,80	0,73	2,50	0,73	1,40	2,10	2,00	1,50	3,60	2,60	3,60	3,40
<b>Mg</b>	%	0,20	0,27	0,45	0,86	-	1,00	0,40	0,92	0,90	1,22	1,00	1,00	1,20	1,80	2,10
<b>SO<sub>3</sub></b>	%	0,72	1,02	0,18	0,22	0,25	1,58	0,64	0,12	0,38	0,42	0,25	0,68	0,65	1,56	0,77
<b>As</b>	ppm	18,7	9,6	11,2	52	76	96	39	29	26	22	48	19	21	27	43
<b>Sb</b>	ppm	4,8	4,4	16	8,2	7,3	11	9,1	13	10	18,8	8,9	9,7	3,1	14,5	12,1
<b>Cr</b>	ppm	55	28	108	128	176	210	126	89	143	83	127	165	150	165	161
<b>V</b>	ppm	98	110	214	207	298	105	170	161	244	123	172	304	200	209	245
<b>Mn</b>	ppm	65	180	390	270	244	-	380	380	575	385	415	800	-	1050	870
<b>B</b>	ppm	18	144	5	41	46	-	78	36	42	48	67	91	-	212	180
<b>W</b>	ppm	28	10	11,7	7,2	10,1	13	19	9,1	6,6	13,4	18,6	8	1	15,7	6
<b>Zn</b>	ppm	120	120	120	130	130	120	270	150	160	200	260	170	80	340	480

Legende :  $R = (CaO + MgO) / (SO_3 + 0,04 Al_2O_3)$

Land der Herkunft : P - Polen

G - BRD

SA - Süd Afrika

Au - Australien

Am - USA

## Mineralogisch-chemische Untersuchung der Flugasche aus dem KW-D

Wie bereits im vorhergehenden Abschnitt über die Charakteristik und die zu erwartenden Ergebnisse der Laugung von Flugasche beschrieben, ist für diese eine mineralogisch-chemische Untersuchung notwendig. Die Flugasche aus dem KW-D wurde in der Erprobungs- und Entwicklungsanstalt des Hüttenkombinates „Nová Hut“ in Ostrava analysiert. Die chemische Silikatanalyse von Flugasche ist in **Tabelle 2.** dargestellt.

Tab.2. Chemische Untersuchung der Flugasche aus dem KW-D.  
Tab.2. Chemical analyses of fly ash from the power plant "Elektrárna Dětmarovice".

Stoff	Einheit	Wert	Stoff	Einheit	Wert	Stoff	Einheit	Wert
<b>SiO<sub>2</sub></b>	%	52,6	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	%	0,5	<b>Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	%	0,02
<b>CaO</b>	%	3,5	<b>TiO<sub>2</sub></b>	%	1,1	<b>Zn</b>	%	0,02
<b>MgO</b>	%	2,8	<b>MnO</b>	%	0,1	<b>Cu</b>	%	0,03
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	%	26,4	<b>K<sub>2</sub>O</b>	%	3,2	<b>BaO</b>	%	0,1
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	%	7,3	<b>Na<sub>2</sub>O</b>	%	0,2	<b>S</b>	%	0,15

Anhand der chemischen Analyse wurde der Faktor R errechnet, der für die Flugasche aus dem KWD ein Wert von 2,49 beträgt. Diese Flugasche müsste nach *Van der Sloot* bei einem pH-Wert = 5 in saure Auslaugung Stoffe in den in **Tabelle 3.** angegebenen Mengen freigeben.

Tab.3. Vorausgesetzte Menge an Stoffen in saurer Auslaugung der Flugasche aus dem KW-D  
Tab.3. Expected content of elements in the acid extract of fly ash from the power plant "Elektrárna Dítmarovice"

Stoff	Einh.	Wert	Stoff	Einh.	Wert	Stoff	Einh.	Wert
Na	%	0,285 - 0,265	SO <sub>3</sub>	%	0,25 - 0,68	V	ppm	172 - 304
K	%	2,00 - 1,32	As	ppm	48 - 19	Mn	ppm	415 - 800
Ca	%	1,50 - 0,60	Sb	ppm	9,7 - 8,9	B	ppm	18,1 - 18,6
Mg	%	1.10 - 1,20	Cr	ppm	127 - 165	Zn	ppm	170 - 260

Mineralogische analyse der Flugasche aus dem KW-D wurde wieder in der Erprobungs- und Entwicklungsanstalt des Hüttenkombinates „Nová Hut“ in Ostrava realisiert. Die Probe der Flugasche wurde auf ein Messingträger aufgetragen und mit Kohlenstoff bedampft. Danach wurde sie mit der Elektronenmikrosonde PHILIPS SEM 535M analysiert. In der Flugasche wurden Bariumanteile, wahrscheinlich an  $BaSO_4$  gebunden, festgestellt. Die Flugaschenkörner sind vorrangig kugelförmig (**Abb. 1.**). Im Falle der Flugasche aus dem KW-D ist die Anwesenheit von  $ZrSiO_4$ -Teilchen interessant. Die mineralische Analyse ergab, dass die Flugasche aus dem KW-D grösstenteils Fe-Oxide enthält, interessant sind auch die Ba- und Zr-Anteile.

Zur Beurteilung der Eignung einer unterirdischen Deponierung dieses Materials sind Auslaugungsanalysen und ekotoxikologische Tests erforderlich. Auslaugungsanalysen der Flugasche aus dem KW-D wurden nicht nur, wie bereits beschrieben, bei Feinasche, sondern auch bei Grobasche und Schlacken durchgeführt. Diese Analysen wurden von der Kreishygienestation in Karviná durchgeführt. Die Analysenergebnisse sind in den **Tabellen 4. und 5.** dargestellt.

Tab.4. Der Stoffinhalt in Wasserauslaugung 1:10.  
Tab.4. The contents of substances in the water extract in the ratio of 1:10.

Indikator	Einh.	FA	AK	HP	AK	SL	AK
pH		11.2	IIa	11.4	IIa	2.7	Ia
Leitfähigkeit	[mS/m]	92.9	Ia	134.4	Ib	22.4	Ia
Geruch		-	Ia	-	Ia	-	Ia
PAU Summe	[mg/l]	$28 \cdot 10^{-6}$	Ia	$33 \cdot 10^{-6}$	Ia	$34 \cdot 10^{-6}$	Ia
Fenole	[mg/l]	0.028	Ia	0.021	Ia	0.044	Ia
CHSK-Cr	[mg/l]	79.6	IIa	79.6	IIa	179	IIb
Anionenzide	[mg/l]	0.08	Ia	0.31	IIa	0.24	IIa
Al	[mg/l]	4.1	IIa	2.2	IIa	<0.4	Ib
As	[mg/l]	0.002	Ia	<0.01	Ia	0.014	Ia
Ba	[mg/l]	1.0	Ia	1.9	IIb	1.1	IIb
Be	[mg/l]	<0.0001	Ia	<0.0001	Ia	<0.0001	Ia
Pb)	[mg/l]	<0.05	Ia	<0.05	Ia	<0.05	Ia
Cd	[mg/l]	<0.005	Ia	<0.005	Ia	<0.005	Ia
Cr (gesamt)	[mg/l]	0.19	IIa	<0.05	Ia	<0.05	Ia
Fe	[mg/l]	0.05	Ia	0.04	Ia	0.04	Ia
Co	[mg/l]	<0.05	Ia	<0.05	Ia	<0.05	Ia
Cu	[mg/l]	<0.03	Ia	<0.05	Ia	<0.03	Ia
Mn	[mg/l]	<0.03	Ia	<0.03	Ia	<0.03	Ia
Ni	[mg/l]	<0.05	Ia	<0.05	Ia	<0.05	Ia
Hg	[mg/l]	<0.0005	Ia	<0.0005	Ia	<0.0005	Ia
Ag	[mg/l]	<0.01	Ia	<0.01	Ia	<0.01	Ia
V	[mg/l]	<0.2	Ib	<0.01	Ia	<0.2	Ib
Zn	[mg/l]	<0.05	Ia	<0.05	Ia	<0.05	Ia
Sn	[mg/l]	<0.05	Ia	<0.05	Ia	0.057	Ia
Fluoride	[mg/l]	0.48	Ia	0.38	Ia	<0.09	Ia
Ammonienionen	[mg/l]	2.1	IIa	1.06	Ib	0.60	Ib
Chloride	[mg/l]	16.0	Ia	9.0	Ia	18.6	Ia
Kyanide (ges.)	[mg/l]	<0.001	Ia	<0.001	Ia	<0.001	Ia
Nitrat	[mg/l]	2.2	Ia	1.6	Ia	6.6	Ia
Nitrit	[mg/l]	0.02	Ia	0.003	Ia	0.05	Ia
Phosphaten	[mg/l]	<0.01	Ia	<0.01	Ia	0.17	Ia

Sulphaten	[mg/l]	224	Ia	93.0	Ia	53	Ia
-----------	--------	-----	----	------	----	----	----

Tab.5. Gesamte Stoffinhalte.  
Tab.5. The total content of substances.

Indikator	FA	GA	SL
PAU - Summe	0.024	0.008	0.022
PCB	<0.5	<0.5	<0.5
Kyanide (gesamt)	<0.05	<0.05	<0.05
Fenole	<0.15	<0.15	<0.15
Hg	0.31	0.041	<0.01
As	5.6	5.6	2.0
Pb	45	5	<5
Cd	<0.6	<0.6	<0.6
Ni	56	37	22

Legende zu den Tabellen 4. und 5. :  
**FA** ... Feinasche  
**GA** ... Grobasche  
**SL** ... Schlacke  
**AK** ... Auslaugungsklasse  
**<** ... dieses Zeichen bedeutet, dass der Stoffinhalt unter der Nachweissgrenze der benutzten Analysenmethode lag

Aus diesen Ergebnissen geht hervor, dass die Fein- als auch die Grobasche aus der Sicht der Wasserauslaugungen im Verhältniss 1:10 der Zuordnung als sonstige Abfall entspricht, die sich in dem Entwurf von „Regierungsverordnung der ČR über die Einzelheiten der Abfallbehandlung“ aus dem Jahre 1992 befindet. Im Gegensatz dazu werden Schlacken in die Klasse IIIa - Sonderabfall eingeordnet.

#### Auswertung von ekotoxikologischen Tests

Die ekotoxikologischen Tests wurden im toxikologischen Labor EKOTEST in Hradec Králové durchgeführt. Diesen Tests wurde Grobasche unterzogen, aus der eine Wasserauslaugung in destilliertem Wasser im verhältnis 1:10 angefertigt wurde. Die Auslaugung wurde anhand bio-logischer Tests unter folgenden Bedienungen auf akute Toxizität untersucht :

- Test auf Fischen (*Poecilia reticulata*)
  - Temperatur ... 25°C
  - Expositionsdauer ... 96 St. (Auswertung jede 24 St.)
  - 10 Stück in jede Konzentration, 3 parallele Versuche
  - ohne Heizung und Belüftung
- Test auf Daphnien (*Daphnia magna*)
  - Temperatur ... 25°C
  - Expositionsdauer ... 48 St. (Auswertung jede 24 St.)
  - 10 ml Lösung pro ein Organismus
  - Organismenalter ... 6-24 St.
  - 10 Stück in jede Konzentration, 6 parallele Versuche
- Test auf Grünalgen (*Scenedesmus quadricauda*)
  - Temperatur ... 25°C
  - 50 ml Lösung, 3 parallele Versuche
  - Dauerbeleuchtung ... 7000 Lux
  - Expositionsdauer ... 96 St. (Auswertung jede 24 St.)
- Test auf Pflanzensamen (*Sinapis alba*)
  - Temperatur ... 25°C
  - Expositionsdauer ... 96 St. (Auswertung jede 24 St.)
  - 10 ml Lösung pro Schale
  - 30 Stück Samen pro Scale, 3 parallele Versuche

*Testergebnisse :*

- Inhalt der aufgelösten Stoffe in Wasserauslaugung : 630 mg / l
- pH der Wasserauslaugung : 9,1
- Test auf Fischen : nicht festgestellt, Tod der Fischen entstand nicht
- Test auf Daphnien : nicht festgestellt, Tod des Organismus entstand nicht
- Test auf Grünalgen : nicht festgestellt, Tod oder Immobilisation des Organismus entstand nicht
- Test auf Pflanzensamen : nicht festgestellt, 20% Stimulation des Wurzelwachstums

Die ekotoxikologischen Tests, die auch bei Wiederholung die gleichen Ergebnisse zeigten, ergaben, dass die Flugasche des KW-D in Tests auf akute Toxizität keine toxikologischen Einflüsse auf die getesteten Organismen zeigten. Auf der Grundlage der methodischen Anleitung über die Beurteilung des Risikos des Industrieabfalles, veröffentlicht vom Haupthygieniker in der Anlage Nr. 3/1989 zum AHEM, können wir den getesteten Abfall in die IV. Kategorie, was toxikologisch unbedenkliche Abfälle sind, einordnen (Dirner, 1993).

### Resümee

Der Verbringung von Abfällen wird verdientermassen weltweit und in letzter Zeit auch bei uns immer grossere Beachtung zuerkannt. Dieser Zustand ist zurückzuführen auf den ständig wachsenden Anfall von Abfällen aller Art sowie die zunehmende Verschlechterung der Möglichkeiten ihrer gefahrlosen, ökonomischen und ökologischen Ablagerung. Daraus folgt, dass immer weniger Flächen zur Deponierung von Abfällen bereitstehen (Dirner, 1994), (Smolík, Raclavský, Dirner, 1997).

Aufgrund dessen wird die Deponierung untertage in Betracht gezogen, das heisst in besonders dafür vorbereiteten Räumen oder in bereits bzw. demnächst verlassenen Schächten, die in unserem Land aufgrund der ehemals ausgedehnten Montanindustrie reichlich vorhanden sind.

Wie der überwiegende Teil der antropogenen Aktivitäten der Erdkruste hat auch die Ablagerung in Untertagedeponien positive und negative Seiten. Einerseits verhindern die abgetrennte Räume z.B. den Einfluss der Atmosphäre und den direkten Kontakt mit den Einwohnern, andererseits aber besteht das Risiko der Grundwasserkontamination gegebenenfalls der unkontrollierten Verschüttungen in Untertagedeponien. Alle diese Umstände sind jedoch, bei geeigneter Kombination von Bergmassiv, Schächten, Abfallmengen und technischer Mittel, die mittlerweile der modernen Geomechanik zur Verfügung stehen, sehr gut und sicher zu bewältigen. Stets bleibt jedoch der starke Faktor des Misstrauens, beruhend darauf, dass sich die untertage abgelagerten Mengen praktisch der Leihkontrolle entziehen, woraus die Befürchtung eines Missbrauchs solcher Deponien erwächst.

Gerade erwähnte Umstände führen zu der Überzeugung, dass die Ablagerung von Abfallmengen in der Erdkruste (aber selbstverständlich auch übertage) die Anwendung der wissenschaftlichen Erkenntnisse und den Zugang zu diesem Wissen im wahrsten Sinne des Wortes erfordert. Es geht dabei nicht um Entwicklung neuer wissenschaftlicher Disziplinen, sondern es besteht markante Anknüpfung auf solche Disziplinen wie bergmännische Geomechanik und Geophysik (natürlich auch Geologie und Hydrogeologie), denn bei der Ausbeutung der Lagerstätte wurden Probleme, wie die Sicherung der Bergmassiven und des Grundwassers gegen Kontamination durch Abbauprodukte, Sicherung der Stabilität von Grubenwerken, Isolation der Wasserhorizonte, Versetzen usw., gelöst, die den Problemen bei Deponierung untertage sehr ähnlich sind.

Erwähnte Umstände und die Wirklichkeit, dass sich die bergmännisch-geologische Fakultät der TU Ostrava mit der Problematik der Ausbeutung von Lagerstätten im Speziellen und mit der antropogenen Tätigkeit in der Erdkruste im Allgemeinen beschäftigt, führen dazu, dass wir uns am Wettbewerb um die Lösung der Aufgaben hinsichtlich der Umwelt beteiligten und für die Grant-Agentur der Ministerium für Ausbildung der Tschechischen Republik ein Projektentwurf anfertigten (CEZ 59 016: Die Umweltschutzprobleme der Bergbau- und Industrielandschaft).

### Literatur

- DIRNER, V.: Stand und Entwicklung des Kohlenbergbaus in der Tschechoslowakei. Bergbau 42. Jahrgang, 4/1994 Essen
- DIRNER, V.: Ausbruchsfreie Sprengarbeit in der Bedingungen der Grube A. Zapotocky, Ostrava – Kaviner Revier. Bergbau 42. Jahrgang, 8/1994 Essen
- DIRNER, V.: Teorie a možnosti realizace skládkového hornictví jako úkolu budoucnosti při hlubinném dobývání ložisek. Habilitační práce, BF TU Košice 1993.

- DIRNER, V.: Feasibility consideration for underground disposal of power plant wastes. Zusammenfassung der internationalen Konferenz „Mine Planning and Equipment Selection '97, Balkema Rotterdam, 1997, S. 843-845.
- DIRNER, V., FEČKO, P., GANGULY, P., K., RACLAVSKÁ, H., ZAMARSKÝ, V.: Erforschung von Abfällen aus der Bergbau und Energiewirtschaft aus der Sicht ihrer Untertagedeponierung in den karbonischen Bedenungen des OKR – Reviere, 1993.  
Forschungsbericht Nr. : 105/93/2374, Frýdek-Místek, Tschechische Republik.
- DIRNER, V., ANGULY, P. K.: Few Technical Considerations for Underground Waste disposal, Geotechnical and hydrogeological aspects of Waste disposal. Internationale Konferenz, Hohe Tatra, Slowakei 1993.
- GONDEK, H., DIRNER, V.: Underground waste dumping. Zusammenfassung der internationalen Konferenz „Mine Planning and Equipment Selection '97, Balkema Rotterdam, 1997, S. 859-864.
- KNISSEL, W.: Die Nutzung von Grubenräumen für den Umweltschutz. Glückauf 127, Nr. 15/16 1991.
- KNISSEL, W., FORNEFELD, M.: Bergtechnische Hohlraumkonzepte für neue Entsorgungsbergwerke. Die Führungskraft 55, 1988 S. 22-28.
- SMOLÍK, D., RACLAVSKÝ, K., DIRNER, V.: Mining waste and land reclamation in Ostrava – Karvina Coal District. Zusammenfassung der internationalen Konferenz „Mine Planning and Equipment Selection '97, Balkema Rotterdam, 1997, S. 971-973.